



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE CON BASE EN EL ANÁLISIS DE CASOS PARA LOS TEMAS “REPLICACIÓN, TRANSCRIPCIÓN Y TRADUCCIÓN DEL DNA” DEL BACHILLERATO

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
(BIOLOGÍA)**

P R E S E N T A:

BIÓL. SELENE YAZMIN CONTRERAS LANDEROS

**DIRECTORA DE TESIS: DRA. AMÉRICA NITXIN CASTAÑEDA SORTIBRÁN
FACULTAD DE CIENCIAS**

MÉXICO, D.F. ENERO, 2015



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.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado en la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (Biología) que me proporcionó las herramientas necesarias para llevar a cabo mi trabajo de tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada en el marco de la Convocatoria de Becas Nacionales 2011 – 2012. Cuarto periodo.

Al Colegio de Ciencias y Humanidades por la oportunidad de realizar mi práctica docente, pilar fundamental para la aplicación de la estrategia didáctica de esta tesis.

De manera especial le doy las gracias a la Dra. América Nitxin Castañeda Sortibrán por aceptar ser mi tutora y la enorme ayuda de trabajo en conjunto para la realización de la tesis desde el inicio hasta el final.

Agradezco y reconozco el trabajo y apoyo incondicional que recibí de parte de todos mis profesores durante el curso de las asignaturas.

A mis compañeros y amigos de la MADEMS por enriquecer de manera muy precisa este trabajo.

A mis sinodales, Dra. Luz Lazos Ramírez, M. en Psic. Consuelo Arce Ortíz, M. en D. Hilda Claudia Morales Cortés y M. en D. Silvia Toro Badillo por sus consejos, observaciones y aportaciones que permitieron la culminación de este trabajo.

“La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo”.

Nelson Mandela

DEDICATORIA

*Porque su presencia ilumina mi vida y su compañía es mi mayor felicidad,
con amor a:*

Mis padres Selene y Antonio

Mis hermanos Lucero y Anthony

Mi esposo Francisco

Mi mamita Margarita

Con mucho cariño a:

Mis tíos Salvador y Alicia

Con aprecio y admiración a:

*Cada profesor por su compromiso y esfuerzo por
una mejor educación de nuestro amado México.*

ÍNDICE

1. RESUMEN	7
2. INTRODUCCIÓN	8
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
4. JUSTIFICACIÓN	15
4.1. Importancia de la enseñanza de las ciencias	15
4.2. Enseñanza de la Biología	16
4.3. ¿Por qué enseñar genética?	17
4.4. Enseñanza de la Replicación, Transcripción y Traducción del DNA	18
5. MARCO TEÓRICO	19
5.1. Teorías del aprendizaje y la labor docente	20
5.2. Constructivismo	21
5.3. Cognición situada	25
5.4. Enseñanza situada	26
5.5. Aprendizaje con base en el análisis y discusión de casos	28
5.5.1. ¿Qué es un estudio de casos?	28
5.5.2. Clasificación de casos	30
5.5.3. El rol del docente en la aplicación de la estrategia de estudio de casos	31
5.5.4. ¿Cómo diseñar un caso?	32
5.5.5. Evaluación mediante el estudio de casos	33
5.6. Contenidos escolares	34
5.6.1. Contenidos conceptuales	35
5.6.2. Contenidos procedimentales	36
5.6.3. Contenidos actitudinales	40
5.7. Evaluación	44
5.7.1. Evaluación de los contenidos escolares	45
5.7.2. Evaluación de los contenidos conceptuales	45
5.7.3. Evaluación de los contenidos procedimentales	47
5.7.4. Evaluación de los contenidos actitudinales	48
5.7.5. Evaluación diagnóstica	49
5.7.6. Evaluación formativa	49

5.7.7.	Evaluación sumativa	50
5.8.	Planeación	50
5.9.	Estrategias de enseñanza	51
5.9.1.	Preinstruccionales	51
5.9.2.	Coinstruccionales	51
5.9.3.	Posinstruccionales	52
6.	OBJETIVOS	53
6.1.	Objetivo general	53
6.2.	Objetivos específicos	53
7.	METODOLOGÍA	54
7.1.	Institución	54
7.2.	Ubicación del contenido disciplinar: replicación, transcripción y traducción del DNA en el mapa curricular y programa escolar del CCH	54
7.3.	Temas antecedentes y consecuentes al contenido a desarrollar en la presente estrategia	55
7.4.	Población estudiantil	56
7.5.	Encuesta de datos generales de los alumnos	56
7.6.	Cuestionario de opción múltiple	56
7.7.	Elaboración del caso “Músculos, mutaciones y miostatina”	57
7.8.	Cuestionario de preguntas abiertas	58
7.9.	Exposición de los temas a través de imágenes multimedia	58
7.9.1.	Descripción de la exposición a través de imágenes	59
7.10.	Elaboración de carteles	59
7.11.	Elaboración del caso miostatina mutada en humanos y diseño de la problemática	60
7.12.	Discusión grupal del caso	60
7.13.	Análisis estadístico	61

7.14. Diseño de la secuencia didáctica	62
7.14.1. Objetivos	62
7.14.2. Sistematización	62
7.14.3. Contenidos	62
7.14.4. Planeación por sesiones	63
8. RESULTADOS	67
8.1. Caracterización general de la población de estudiantes	67
8.2. Cuestionario de opción múltiple	70
8.3. Datos de cada pregunta	71
8.4. Frecuencia de respuestas del cuestionario de opción múltiple	76
8.5. Cuestionario de preguntas abiertas	87
8.6. Evaluación de carteles	90
8.7. Evaluación discusión de caso	92
9. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	97
10. CONCLUSIONES	110
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
12. ANEXOS	119
Anexo 1: Encuesta de datos generales del alumno (a)	119
Anexo 2: Cuestionario de evaluación diagnóstica de opción múltiple	120
Anexo 3: Lectura “Músculos, mutaciones y miostatina”	122
Anexo 4: Cuestionario de evaluación diagnóstica de respuestas abiertas	124
Anexo 5: Rúbrica analítica para evaluar cuestionario de preguntas abiertas	125
Anexo 6: Presentación del tema con imágenes a través de diapositivas	126
Anexo 7: Rúbrica para evaluación de carteles	129
Anexo 8: Caso miostatina mutada en humanos	131
Anexo 9: Rúbrica para evaluar el análisis y discusión de casos del grupo	133
Anexo 10: Cuestionario de evaluación final de respuestas abiertas	135
Anexo 11. Presentación de carteles grupo 1	136
Anexo 12. Presentación de carteles grupo 2	139

1. RESUMEN

Los conceptos genéticos en torno a la replicación, transcripción y traducción del DNA son ampliamente mencionados a través de los medios de comunicación y en el lenguaje cotidiano, sin embargo, los estudiantes de bachillerato los consideran abstractos, complejos y de difícil comprensión, por lo cual, tratan de formular explicaciones con base en información que han adquirido fuera de la escuela. En este sentido, su participación en el ámbito científico es muy limitada o nula, debido en gran medida al modelo de enseñanza tradicional que no permite a los estudiantes ir más allá del conocimiento declarativo memorístico sin comprensión. La presente tesis se fundamenta en el enfoque de la enseñanza situada, que tiene como finalidad cambiar la dinámica prevaleciente en las aulas y lograr una verdadera educación para la vida. Para ello, se empleó la estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el estudio de casos que se diseñó con el objetivo de propiciar tanto el aprendizaje de los temas mencionados, como de contenidos procedimentales y actitudinales que en conjunto dotan al estudiante de conocimientos que puede trasladar y emplear en su vida cotidiana.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de tesis muestran que: a) los casos de estudio propuestos generaron interés, dilemas y controversias, que favorecieron el trabajo individual, en equipo y grupal; b) la prueba de opción múltiple muestra que los alumnos lograron apropiarse de manera estadísticamente significativa de los conceptos genéticos estudiados; c) el cuestionario de preguntas abiertas da evidencia de que la estrategia promueve la incorporación de los conceptos fundamentales del tema, por lo que los alumnos logran formular respuestas de alto nivel a cuestiones complejas; d) los alumnos lograron explicar los procesos de replicación, transcripción y traducción del DNA a través de la elaboración y exposición de carteles en trabajo colaborativo, asimismo, destacaron la importancia de dichos procesos y comprendieron que el DNA tiene la capacidad de replicar su información y transcribirla para que se traduzca en proteínas; y e) el análisis y discusión de casos permitió la aplicación de los conceptos genéticos para la comprensión de situaciones problemáticas y favoreció el establecimiento de argumentos y conclusiones con base en conocimiento científico para la toma de decisiones frente a una problemática, desarrollando habilidades de pensamiento crítico, la expresión de emociones y valores. En conclusión, la estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el estudio de casos es una herramienta didáctica viable que promueve aprendizajes significativos de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales referentes a los temas: replicación, transcripción y traducción del DNA en el nivel bachillerato.

2. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo principal diseñar una estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el análisis y discusión de casos para el aprendizaje de los temas: replicación, transcripción y traducción del DNA para el programa de Biología del Bachillerato, esto se derivó a partir de la problemática detallada en el apartado de planteamiento del problema, en el que se señala que constantemente estamos en contacto directo con conceptos como DNA, cromosomas, clonación, transgénicos, etcétera, a través de medios de comunicación, por lo que es necesario tener un dominio básico de conocimientos genético-biológicos que nos permitan comprender los debates contemporáneos y poder participar en ellos. Sin embargo, muchos de estos conceptos no son entendidos a cabalidad por el público y en específico, en el caso de los estudiantes de bachillerato, se ha encontrado que los alumnos los consideran abstractos, complejos y de difícil comprensión (Caballero, 2008; Ayuso y Banet, 1995).

De acuerdo a Venegas (2005), la sociedad no cuenta con los conocimientos científicos que nos permitan tomar decisiones en la vida cotidiana con base en argumentos derivados o fundamentados científicamente. Estas dificultades se deben en gran medida a los modelos didácticos que tienen los profesores para enseñar genética, en particular al empleo de la enseñanza tradicional en la que se concibe al estudiante como una página en blanco y por tanto no tiene en cuenta los esquemas conceptuales previos, el profesor es el único transmisor de conocimientos y la evaluación se realiza con base en la memorización principalmente.

Ante esta problemática se plantea en la justificación de este trabajo, la necesidad de aplicar dentro de las aulas de clases formas diferentes para la enseñanza de la genética debido a la importancia que tiene la enseñanza de las ciencias dentro de la formación escolar de los individuos, la justificación está elaborada desde lo general, que implica la importancia de la enseñanza de las ciencias, de la Biología, la genética y el tema central de este trabajo.

De manera particular, la enseñanza de temas de genética son fundamentales ya que dotan a los estudiantes de un marco conceptual elemental sobre la localización, la transmisión y los cambios de las características hereditarias, lo que contribuye a

comprender mejor el significado de ciertos fenómenos biológicos importantes como la división celular o la reproducción de los sistemas vivos (Ayuso y Banet, 2002).

En el marco teórico se presenta el modelo pedagógico a partir del cual se ha diseñado la estrategia didáctica iniciando con las teorías del aprendizaje para abordar el constructivismo como eje fundamental de este trabajo ya que recoge aquellos aspectos de otros modelos pedagógicos que han contribuido de manera importante en la educación.

Posteriormente se detalla cómo dentro del constructivismo se encuentran enfoques tales como el constructivismo cognitivo y el constructivismo social que se han logrado integrar dentro de la enseñanza situada, la cual tiene como reto cambiar la dinámica prevalente en las aulas y lograr una verdadera “educación para la vida”, que se refiere al individuo como la materia más importante a enseñar y aprender; que su mayor riqueza son sus potencialidades humanas y consecuentemente la tarea individual y social más importante es el desarrollo y utilización de potencialidades humanas para una vida más plena y de mejor calidad (Torroella, 2001). Asimismo, dentro de las estrategias de enseñanza-aprendizaje que considera la enseñanza situada, se encuentra la estrategia denominada “aprendizaje con base en el análisis y discusión de casos”.

El aprendizaje con base en el análisis y discusión de casos es una estrategia pedagógica que tiene la particularidad de presentar un aspecto de la realidad con la finalidad de que los alumnos analicen sus características, elementos y dinámica particular; participando en ella como si fueran actores sociales en condiciones de ejercer una acción en la situación planteada. Dicha estrategia promueve habilidades de aplicación e integración del conocimiento, el juicio crítico, la deliberación al diálogo, la toma de decisiones y la solución de problemas, lo especial es que los alumnos no solo examinan y analizan el caso, sino que se involucran en él (Boehrer, 2002).

Continuando con el marco teórico, también se detallan aspectos como los contenidos escolares en los que se abordan los conceptuales, procedimentales y actitudinales así como las formas de evaluarlos, posteriormente se plantean los puntos más importantes para llevar a cabo una planeación y también se definen las estrategias de enseñanza que deben ser consideradas para el diseño de una estrategia didáctica, estas herramientas teóricas le proporcionan al profesor diversas actividades didácticas para facilitar el

aprendizaje, promoviendo en los alumnos habilidades, actitudes y valores definidos en la misión del bachillerato de México.

Con base en lo anterior se diseñaron los puntos que componen el apartado de metodología en el cual se describen las características de la institución en la que se aplicó la estrategia didáctica, la ubicación del contenido disciplinar dentro del programa escolar de dicha institución así como, los detalles de la elaboración de los recursos didácticos, actividades e instrumentos de evaluación empleados durante el desarrollo de la estrategia didáctica.

Una vez integrado lo anterior, en el siguiente apartado se presentan los resultados obtenidos, los cuales incluyen los datos de: la encuesta de datos generales, el cuestionario de opción múltiple, el cuestionario abierto, la evaluación de carteles y la evaluación de la discusión del caso. En seguida se analizan y discuten los resultados con base en cada una de las actividades antes mencionadas lo que da evidencia de los siguientes puntos:

- La prueba de opción múltiple permitió evaluar contenidos conceptuales de los temas de estudio.
- La estrategia didáctica con base en el estudio de casos además del aprendizaje de contenidos conceptuales promueve el desarrollo de habilidades que permitieron a los estudiantes estructurar respuestas de alto nivel de complejidad en cuestionarios de preguntas abiertas.
- El trabajo colaborativo en la elaboración de carteles y la discusión de casos propició el aprendizaje de los temas a través del intercambio de puntos de vista, lo cual favoreció la integración de los contenidos actitudinales con los procedimentales y conceptuales.

Las conclusiones del presente trabajo se abordan en el último apartado y hacen énfasis en cómo la estrategia de enseñanza-aprendizaje diseñada con base en el análisis y discusión de casos a partir del modelo pedagógico descrito, permitió a alumnos del bachillerato de la UNAM construir aprendizajes significativos de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales referentes a los temas replicación, transcripción y traducción del DNA.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad los distintos medios de comunicación han permitido a la sociedad estar en contacto con conceptos y temas relativos a la genética. De tal forma que incluso algunos programas de ciencia ficción mencionan el uso del DNA en cuestiones forenses como por ejemplo, el análisis de paternidad o como prueba de que una persona cometió un delito.

Como se ha mencionado anteriormente, en general muchos de los conceptos que son empleados en dichos medios de comunicación no son comprendidos por el público y en específico, en el caso de los estudiantes de bachillerato, diversos estudios han encontrado que los alumnos los consideran abstractos, complejos y de difícil comprensión (Caballero, 2008; Ayuso y Banet, 1995).

Esta situación conduce a una problemática importante relativa a qué y cómo enseñar ciencia. En nuestro país no hay una política educativa pública clara acerca de cómo deseamos que la sociedad participe en la generación de conocimiento científico y en cómo se debe llevar la educación científica de los futuros ciudadanos.

Algunos trabajos evidencian la falta de comprensión de términos como: DNA, gen, alelo, cromosoma, gameto, etcétera, ya que los alumnos no logran establecer definiciones sustentadas a partir de los principios y conceptos básicos de la genética, sino que tratan de dar explicaciones con base en la información que han adquirido fuera de la escuela, en los medios de comunicación, a partir de conversaciones coloquiales, etcétera (Caballero, 2008).

A pesar de los años de escolarización, y que las ciencias ocupan un lugar muy importante en el currículo de la educación básica y media superior, los conocimientos científicos no logran incorporarse en la estructura cognitiva de las personas, por lo que ellas mantienen un conjunto de explicaciones generadas en el contexto de la vida cotidiana en relación con fenómenos físicos, químicos y biológicos. En este sentido, poco éxito se logra en la educación formal, más allá del conocimiento declarativo sin comprensión que solo permite que los estudiantes aprueben exámenes a partir de la memorización de datos.

Al respecto, diversos estudios han identificado que las ideas previas de los alumnos que ingresan al nivel medio superior no logran ser modificadas por ideas alternas de carácter

científico. Esto se ha encontrado en alumnos mexicanos, españoles y londinenses de entre 14 y 16 años de edad sobre temas relacionados con la genética. A continuación se presenta un resumen de algunas ideas previas encontradas en estos trabajos (Gómez, 2010; Caballero, 2008; Wood *et al.*, 1998).

- No logran clasificar a humanos, animales y plantas como sistemas vivos.
- No identifican en los sistemas vivos características tales como la presencia de: células, cromosomas y genes.
- Consideran que no todas las células como musculares, espermatozoides, óvulos y cerebrales contienen información hereditaria, o no todas tienen cromosomas.
- No todos los sistemas vivos tienen células
- El DNA se encuentra solo en la sangre
- No todas las células tienen DNA
- Solo las células sexuales tienen DNA
- Solo las células sexuales tienen cromosomas
- Gen como “algo que se transmite de padres a hijos”
- La herencia reside en la sangre
- Todas las células del mismo tipo tienen la misma información genética. Cada tipo de célula tiene distinta información genética.
- Clonación es copiar genes
- Código genético “como” un identificador personal

Al realizar un análisis de estos enunciados, es claro que estas ideas destacan la necesidad de considerar las influencias de los medios de comunicación y la transmisión oral errónea de algunos conceptos tales como “somos de la misma sangre” o “la mutante Dolly” (Wood *et al.*, 1998). Desafortunadamente la información que se brinda en la escuela no permite a los alumnos establecer lazos entre la realidad y la fantasía respecto al tema y en ocasiones obstaculizan la comprensión del conocimiento científico debido a la forma en la que con base en el modelo tradicional se intenta transmitir la información.

Las ideas previas erróneas propician la necesidad de proponer estrategias de enseñanza que promuevan aprendizaje significativo de conocimientos científicos que brinde a los estudiantes las herramientas necesarias para llegar a cumplir con los objetivos planteados en las instituciones escolares.

Estas dificultades se deben en gran medida a los modelos didácticos que tienen los profesores para enseñar genética, específicamente el empleo de la enseñanza tradicional. Este modelo de enseñanza es el más empleado en las instituciones escolares y por parte de los profesores. Aún cuando no se encuentran satisfechos con los resultados de su aplicación.

De acuerdo a Iñiguez (2005), algunas de las características del modelo de enseñanza tradicional se enuncian a continuación:

- Se considera al estudiante una página en blanco y por lo tanto no se tienen en cuenta sus esquemas conceptuales previos.
- Los profesores al no tener información sobre las ideas previas de sus alumnos sobre temas específicos, no pueden elaborar estrategias que promuevan la construcción de su conocimiento hacia concepciones científicamente correctas.
- Los contenidos que se trabajan son fundamentalmente conceptuales, se apunta un poco hacia los procedimentales, pero hacia la resolución de problemas de tipo causa-efecto.
- Los problemas que se plantean no son familiares para los alumnos y están fuera de su contexto.
- Los esquemas y dibujos utilizados pueden llevar a confusión o a reforzar errores en el alumnado.
- El profesor lleva a cabo su lección magistral en clase, exponiendo los conceptos, tomando algún libro de texto como referencia y sin permitir interacción con el alumnado.
- El conocimiento que se transmite ya está elaborado y por lo tanto los estudiantes no tienen un papel activo en la construcción de significados.

De esta forma, se concibe a la ciencia como un cúmulo de conocimientos acabados, objetivos, absolutos y verdaderos (Kaufman, 2000).

Por otro lado, Pozo (1998) en lo que respecta al docente, menciona que *“su función se reduce a exponer desde la explicación rigurosa, clara y precisa, los resultados de la actividad científica y en donde la intención y perspectiva del aprendizaje es que los educandos apliquen el conocimiento en la resolución de problemas cerrados y cuantitativos”*.

De acuerdo a las características mencionadas, en los profesores se observa una tendencia a considerar la enseñanza como una actividad en la que el docente es el principal protagonista, facilita las explicaciones y determina las actividades y el orden de la clase; es claro entonces que bajo estas prácticas no se lograrán los siguientes fines educativos:

- Que los alumnos, además de incorporar los elementos necesarios para que accedan con éxito a estudios superiores, adquieran mejores explicaciones acerca de los fenómenos naturales.
- Incidir en los tres ámbitos de formación: conceptual, procedimental y actitudinal.
- Que en su manera de proceder y actuar, los alumnos demuestren una actitud responsable y de respeto hacia los sistemas vivos y el ambiente, etcétera.

Ante esta problemática es importante aplicar dentro de las aulas de clases formas diferentes de enseñar genética. Para ello es recomendable orientar el proceso educativo desde otra perspectiva didáctica, que se aleje del paradigma de la transmisión para enfocarse en promover por parte de los estudiantes aprendizajes significativos a través de un proceso constructivo, que reconozca que para aprender se requiere la acción intelectual de los estudiantes, la puesta en duda de sus ideas previas, etcétera, al respecto, el presente estudio se llevó a cabo con base en los principios didácticos del constructivismo, dentro de los cuales se considera que el alumno es capaz de construir aprendizajes significativos.

4. JUSTIFICACIÓN

4.1. Importancia de la enseñanza de las ciencias

En la actualidad ya no es posible reservar la cultura científica y tecnológica a una élite. La sociedad en general requiere tomar conciencia de la importancia de las ciencias y de su influencia en temas como la salud, los recursos alimenticios, energéticos y la conservación del ambiente que le permitan identificar condiciones que mejoran la calidad de vida del ser humano. *“Es necesario entonces que amplios sectores de la población, sin distinciones, accedan al desafío y la satisfacción de entender el universo en que vivimos”* (Nieda y Macedo, 1998: p. 1).

En este sentido, la enseñanza de la ciencia en el nivel medio superior juega un papel fundamental, ya que es en esta etapa en la que los estudiantes comienzan a asumir mayores responsabilidades dentro de su entorno social, por lo que deben adquirir los elementos suficientes para hacerlo, desarrollando su pensamiento lógico y crítico, además de adquirir contenidos que sean relevantes en su vida (Marin, 2010). Es también la etapa en la que por última vez, la gran mayoría recibirá formación en ciencias, ya sea porque no continuarán con estudios superiores o porque elegirán carreras de otras áreas del conocimiento. Por ello es fundamental hacer el máximo esfuerzo por lograr que los jóvenes bachilleres construyan bases de conocimiento científico que les permitan comprender su entorno desde una visión con mayor fundamento que el sentido común, y con base en ella tomar decisiones en relación con sí mismo, con la sociedad, el entorno y su proyecto de vida.

En México, el bachillerato constituye una fase de la educación de carácter formativo e integral además de propedéutico, donde el estudiante debería obtener una visión del mundo en relación con la realidad de su país y su región. Sin embargo las ciencias en este nivel se desarrollan por campos distintos y son introducidas y tratadas como partes importantes del currículo pero desarticuladas; no solo en el diseño sino que también en la práctica por parte de los encargados del desarrollo del currículo (Ortiz, 1991, citado en Balam, 2007). Ello aunado a la falta de una propuesta didáctica que promueva aprendizajes significativos en relación con los contenidos científicos; y en especial para el caso de la presente tesis, el conocimiento biológico.

4.2. Enseñanza de la Biología

La enseñanza de la Biología en la formación del estudiante es crucial, ya que ésta se manifiesta constantemente en diversos ámbitos como el personal, social, económico, político e ideológico. En este sentido, la Biología apoya la formación del alumno mediante la generación de conocimientos y principios propios de la disciplina y el desarrollo de habilidades, actitudes y valores.

Conocer sobre la Biología no se refiere a la memorización de características y funciones de los sistemas vivos, va mucho más allá, es decir, tiene como prioridad que el alumno incorpore en su manera de ser, de hacer y de pensar una serie de elementos necesarios para desenvolverse en la vida diaria y que lo conduzcan a cambiar su concepción del mundo (Programas de estudio [CCH, 2004]).

De manera particular y con base en los temas de estudio del presente trabajo, el eje que involucra las propiedades de los sistemas vivos, busca reconocer a éstos como sistemas complejos cuyos componentes están relacionados de modo tal que, el objeto se comporta como una unidad y no como un conjunto de elementos. Esto se propiciará por medio del conocimiento de que los sistemas vivos son sistemas dentro de un orden jerárquico – células, organismos, poblaciones, comunidades, ecosistemas, biomas- e implica, necesariamente, hacer evidente que hay elementos de las explicaciones que se comparten o son válidos en los distintos niveles de la jerarquía biológica, y que ningún nivel es más importante que otro.

Si bien todas las áreas de la biología son relevantes para la vida, de manera muy próxima a la cotidianidad de alumnos se encuentran los temas de genética, es muy probable que todos nos hayamos preguntado: ¿Por qué somos o no somos parecidos a nuestros padres? ¿De qué color tendrán los ojos o la piel nuestros hijos? ¿Por qué algunas personas solo tienen hijas? ¿Por qué algunas personas nacen con algunos problemas en su cuerpo? Todo ello susceptible de una explicación desde la Genética, rama de la Biología que ha tenido muy notables avances en los últimos años; basta recordar la clonación, la decodificación del DNA y por mencionar algún ejemplo la ingeniería genética, etcétera

Desde un punto de vista didáctico, en la enseñanza de las ciencias, es necesario la dosificación y el tratamiento gradual de los contenidos, pues el avance tan extraordinario que ha tenido este campo ha generado una enorme cantidad de información que no puede estudiarse en su totalidad. Por la naturaleza de estos contenidos, debe considerarse la aplicación de diversos tipos de actividades didácticas que involucren la exposición verbal por parte del profesor, y de manera fundamental, la búsqueda y análisis de información documental, la utilización de modelos de las estructuras moleculares de estudio que permitan entender su funcionamiento. También se recomienda incluir actividades que involucren la exploración y uso de herramientas informáticas, como las bases de datos de genes, proteínas y la realización de ejercicios prácticos en el laboratorio que ejemplifiquen en forma sencilla algunas fases del trabajo en genética y genómica (Ruíz [Coord] *et al.*, 2008).

4.3. ¿Por qué enseñar genética?

Para Ayuso y Banet (2002), la enseñanza de la genética es de gran importancia al dotar a los estudiantes de un marco conceptual elemental sobre la localización, la transmisión y los cambios de las características hereditarias, lo que contribuye a comprender mejor el significado de ciertos fenómenos biológicos importantes. Este conocimiento puede permitir la generación de una sociedad informada a un nivel básico sobre los avances de esta ciencia e incidir en que los ciudadanos se interesen por sus repercusiones tecnológicas y sociales.

También se dice que el estudio de la genética permite que los estudiantes desarrollen actitudes positivas hacia la ciencia, al darse cuenta de que la ciencia se encuentra en continua revisión del trabajo colectivo de una comunidad de investigadores así como actitudes personales de tolerancia y respeto hacia otras personas (Finley *et al.*, 1982).

El estudio de la genética es vital por las implicaciones que socialmente tienen los avances del conocimiento y manipulación del material genético. En este sentido, el hecho de que el alumno tenga conocimientos científicos le puede permitir mayor comprensión sobre algunas cuestiones genéticas de interés, por ejemplo: cómo se generan y qué impacto tienen productos que se han derivado de organismos modificados genéticamente como son la insulina y las hormonas del crecimiento (Wood *et al.*, 1998).

En el caso del bachillerato de la UNAM, la enseñanza del conocimiento genético es importante porque permite al alumno comprender cómo se llevan a cabo los mecanismos de transmisión y modificación de la información genética en los sistemas vivos, es decir, conocer qué permite su continuidad y diversidad genética. Para ello se estudia la estructura y función de las moléculas de la herencia y los procesos de replicación, transcripción y traducción que permiten a los sistemas vivos perpetuarse y conservarse.

Considerando entonces que en la actualidad estamos en contacto directo y constante con conceptos de genética, a través de los medios de comunicación, es necesario tener un dominio básico de conocimientos genético-biológicos que nos permitan comprender los debates contemporáneos y poder participar en ellos.

4.4. Enseñanza de la replicación, transcripción y traducción del DNA

La enseñanza de la replicación, transcripción y traducción del DNA tiene como objetivo en los programas de estudio del CCH que el alumno comprenda que en los sistemas vivos el DNA tiene la capacidad de replicar su información y transcribirla para que se traduzca en proteínas (CCH, 2004). La estrategia de enseñanza-aprendizaje del presente estudio se llevó a cabo con base en el análisis y discusión de casos para comprender dichos temas. Esta estrategia permite a los alumnos lograr un aprendizaje significativo, el cual pretende que el alumno adquiera bases sólidas respecto a temas específicos. Ello, le proporcionará el conocimiento básico tal que le permita apropiarse de los contenidos y hacerlo participe de temas actuales de genética.

La información que proporciona el presente trabajo será útil para conocer la efectividad de esta estrategia en el aprendizaje de conceptos básicos de genética, como lo son la replicación, transcripción y traducción del DNA; además de que apoyará al profesor de Biología del bachillerato en la enseñanza de este tema y le brindará una posibilidad didáctica más para facilitar el aprendizaje promoviendo en los alumnos habilidades, actitudes y valores definidos en los sistemas de educación media superior en México.

Entre las bondades del enfoque constructivista con el cual se llevó a cabo el presente estudio están: evitar la memorización *per se*, aplicar los contenidos a situaciones cotidianas y promover el trabajo colaborativo como una forma de socializar el conocimiento y crecimiento individual de los estudiantes.

5. MARCO TEÓRICO

A continuación se resume en un organizador gráfico la estructura del modelo pedagógico con algunas de las referencias estudiadas y que sustentan el presente trabajo, posteriormente se detalla cada uno de los enfoques enmarcados (Figura 1)

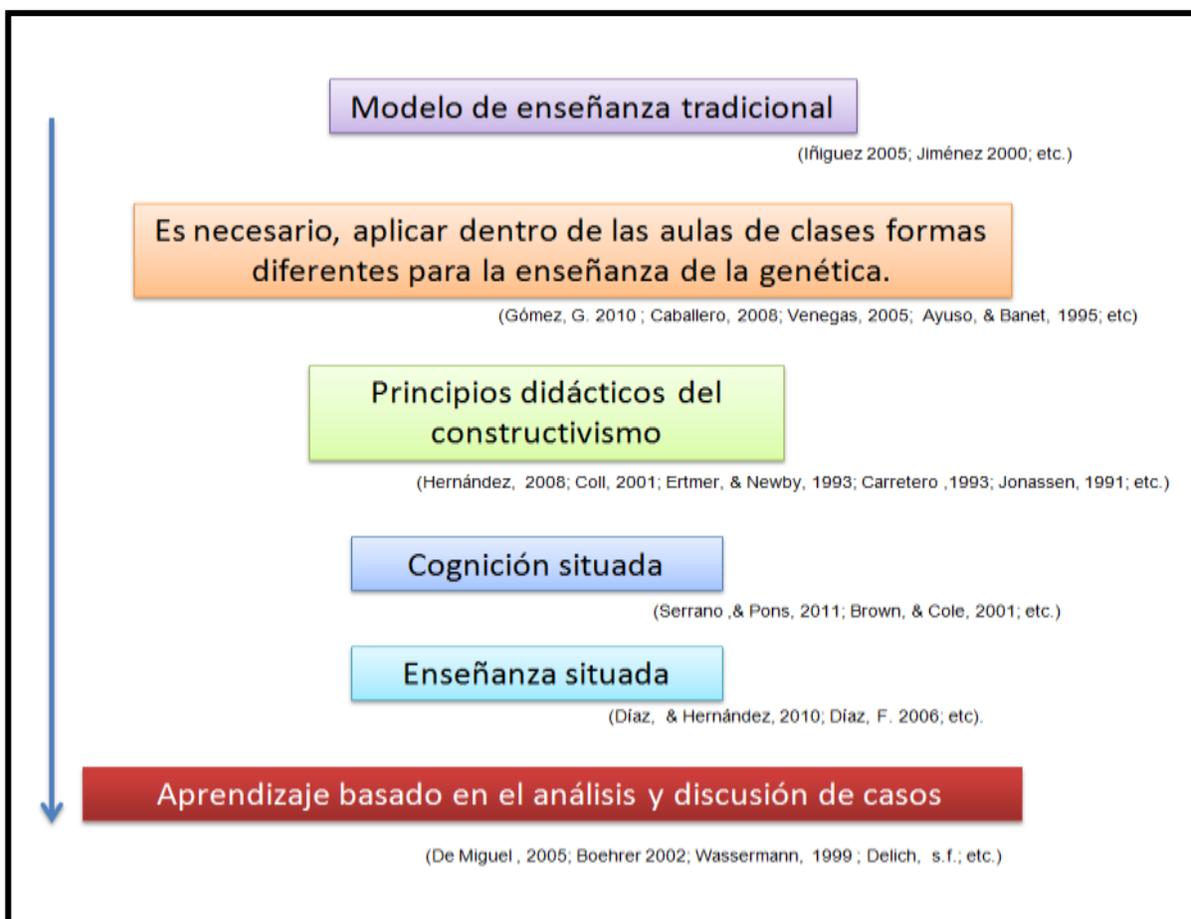


Figura 1. Organizador gráfico de la estructura del modelo pedagógico de la propuesta de tesis.

5.1. Las teorías del aprendizaje y la labor docente

Es necesario que el docente dentro de su labor educativa cuente con conocimientos y habilidades que le permitan establecer un puente entre la aplicación de estrategias didácticas y el conocimiento que se genera en el área de investigación educativa. Es decir, se trata de la comprensión de las teorías del aprendizaje humano, éstas brindan al docente las bases para la selección de estrategias inteligentes y razonadas para enfrentar un determinado problema educativo.

De acuerdo con la investigación en este campo, la forma cómo el profesor concibe el aprendizaje está estrechamente ligada a la manera cómo enseña a sus estudiantes. Por ello es recomendable que las ideas previas sobre el proceso de aprendizaje sean trabajadas por todos los docentes, y acercarlas lo más posible a las teorías contemporáneas derivadas de la investigación en el campo de la Psicología y la Neurociencia, como las disciplinas que se encargan de manera más específica del estudio de este fascinante proceso psicológico (Ertmer y Newby, 1993).

“El aprendizaje es un proceso complejo que ha generado numerosas interpretaciones y teorías de cómo se efectúa realmente. De todas estas teorías, ¿Cuál debe recibir la atención del diseñador de instrucción? Cuando se diseña la instrucción, ¿Es mejor seleccionar una teoría o extraer ideas de diversas teorías?” (Ertmer y Newby, 1993: p.3).

Respecto a la primera cuestión, es importante conocer los aspectos básicos de las diferentes teorías, pues a partir de ese conocimiento el docente debe ser capaz de seleccionar aquella teoría que le ofrezca el mejor camino para lograr los resultados deseados respecto a su práctica docente; en este sentido, se trata de un análisis crítico por parte del docente, en el cual puede establecer las estrategias, recursos, actividades, interacciones, etcétera, respaldados o fundamentados por dicha teoría. Respecto al segundo cuestionamiento, el docente debe ser muy flexible al trabajar con determinada teoría, ya que puede enfrentarse a problemas prácticos de aprendizaje difíciles de resolver bajo los criterios de una sola posición teórica; así puede hacer una selección de aquellos principios y concepciones que tengan valor para su enseñanza particular conociendo y aplicando diversas teorías.

Bajo este argumento, en el presente trabajo se ha optado por trabajar con un enfoque constructivista debido a que éste, ha surgido de importantes teorías del aprendizaje tales como la Teoría Genética de Jean Piaget, la Teoría del Origen Sociocultural de los

procesos psicológicos superiores de Vigotsky, la Psicología cultural de Michael Cole, la Teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, entre otras, y por tanto integra principios que le han dotado de características mejoradas de acuerdo a las necesidades de nuestra sociedad cambiante. A continuación se brinda un panorama general de dicho enfoque que proporciona una fundamentación estructurada para planificar y conducir las actividades en el diseño de innovadoras estrategias didácticas.

5.2. Constructivismo

El constructivismo equipara el aprendizaje con la creación de significados a partir de experiencias, sustenta en palabras de Jonassen (1991), que “el que aprende construye su propia realidad o al menos la interpreta de acuerdo a la percepción derivada de su propia experiencia, de tal manera que el conocimiento de la persona es una función de sus experiencias previas, estructuras mentales y las creencias que utiliza para interpretar objetos y eventos” (Jonassen, 1991).

Para el constructivismo, el aprendizaje es una representación de contenidos que se integran a otros ya establecidos, de tal forma que se construyen otros nuevos a través de la modificación de esquemas y por lo tanto se da significado a lo aprendido, es decir, el aprendizaje no parte de cero sino que ya existe y ha sido producto de experiencias y conocimientos anteriores.

Para Carretero (1993), el constructivismo:

“Básicamente es la idea de que el individuo -tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los afectivos- no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia; que se produce día a día como resultado de la interacción entre esos factores. En consecuencia, según la posición constructivista, el conocimiento no es una copia de la realidad, sino una construcción del ser humano. ¿Con qué instrumentos la realiza? Fundamentalmente con los esquemas propios, es decir, con lo construido en su relación con el medio” (p. 23).

Bajo esta definición, se puede entender entonces, que los humanos crean significados, no los adquieren, dado que de cualquier experiencia pueden originarse diversos significados posibles. En este sentido, los estudiantes no transfieren el conocimiento del mundo hacia su memoria, sino que construyen interpretaciones personales con base en sus experiencias e interacciones propias.

El constructivismo difiere de otros puntos de vista que le dan relevancia y gran sentido de cambio respecto a otras teorías del aprendizaje, por ejemplo; difiere de la concepción del aprendizaje a través del paso de información entre sujetos (maestro-alumno). En el constructivismo el aprendizaje es activo, no pasivo y los alumnos individualmente construyen significados a medida que van aprendiendo (Hernández, 2008).

Diversos estudios han tratado de identificar y clarificar posiciones dentro del constructivismo, se podría decir que se busca dar varias explicaciones alternativas del funcionamiento psicológico que pueden ser recogidas por el constructivismo y que responden a visiones teóricas constructivistas dominantes en la psicología del desarrollo.

Sin embargo, las diversas clasificaciones o formas de entender el constructivismo comparten características esenciales como las que se mencionan a continuación (Coll, 2001; Martí, 1997):

- a) Se rescata al sujeto cognitivo. El sujeto es un “constructor” activo de sus estructuras de conocimiento.
- b) Se explicita la evolución de un estado cognitivo a otro. Se trata de explicar la construcción de ciertas estructuras a partir de otras que son diferentes, principalmente a partir de las diferencias observadas entre autores, por ejemplo, Piaget considera el desarrollo de estructuras psicológicas en el marco de la ontogenia, Vigotsky en la historia de la cultura y Maturana en la evolución de la especie.
- c) Tiene gran interés en asuntos epistemológicos, por lo tanto resulta muy importante aclarar preguntas tales como ¿Quién conoce? ¿Cómo conoce? ¿Qué conoce? y ¿Qué es conocer?

Algunas de las estrategias particulares empleadas por los constructivistas incluyen: situar las tareas en contextos del "mundo real"; usar pasantías cognitivas (modelaje y monitoreo del estudiante para conducirlo al desempeño experto); presentación de perspectivas múltiples (aprendizaje colaborativo para desarrollar y compartir puntos de vista alternativos); negociación social (debate, discusión, presentación de evidencias); el uso de ejemplos como "partes de la vida real"; conciencia reflexiva; y proveer suficiente orientación en el uso de los procesos constructivistas (Ertmer y Newby, 1993).

En este sentido, el constructivismo respecto al diseño de estrategias didácticas se realiza con base en los siguientes principios:

- El conocimiento se construye a través de la participación activa del sujeto.
- El resultado del proceso de aprendizaje son construcciones mentales que adquieren la forma de esquemas de acción (saber hacer) y conceptos (lo que conocemos sobre el mundo).
- Los conocimientos adquiridos no son acumulativos. Se elaboran redes conceptuales.
- El descubrimiento y el aprendizaje humano son el resultado de un proceso de construcción.
- Se hace énfasis en la identificación del contexto en el cual las habilidades serán aprendidas y subsecuentemente aplicadas.
- Presentación de la información en diversas formas.
- Apoyo al desarrollo de habilidades para la solución de problemas.

Bajo estos principios se considera al estudiante un ser completamente activo en el proceso de aprendizaje, es decir, él mismo elabora e interpreta la información brindada (Duffy y Jonassen, 1991). Dicho enunciado no quiere decir que el papel docente no sea importante, por el contrario, su responsabilidad es mayor al instruir al estudiante sobre cómo construir significados y cómo conducir, evaluar y actualizar efectivamente esas construcciones.

Algunos autores se centran en el estudio del funcionamiento y el contenido de la mente de los individuos (por ejemplo, el constructivismo psicogenético de Jean Piaget), pero para otros, el foco de la explicación de los procesos de construcción del conocimiento tiene origen social (como el socioconstructivismo inspirado en Lev Vigotsky y la escuela sociocultural o sociohistórica). También es posible identificar un constructivismo radical en el cual, la construcción del conocimiento es enteramente subjetiva, por lo que no es posible formar representaciones objetivas ni verdaderas de la realidad, solo existen formas viables o efectivas del actuar sobre la misma (Díaz y Hernández, 2010).

Estas diferentes formas de entender el constructivismo, difieren en cuestiones epistemológicas esenciales como pueden ser el carácter más o menos externo de la construcción del conocimiento, el carácter social o solitario de dicha construcción o el grado de disociación entre el sujeto y el mundo. De manera general podemos situar en el siguiente esquema los diferentes enfoques (Figura 2).

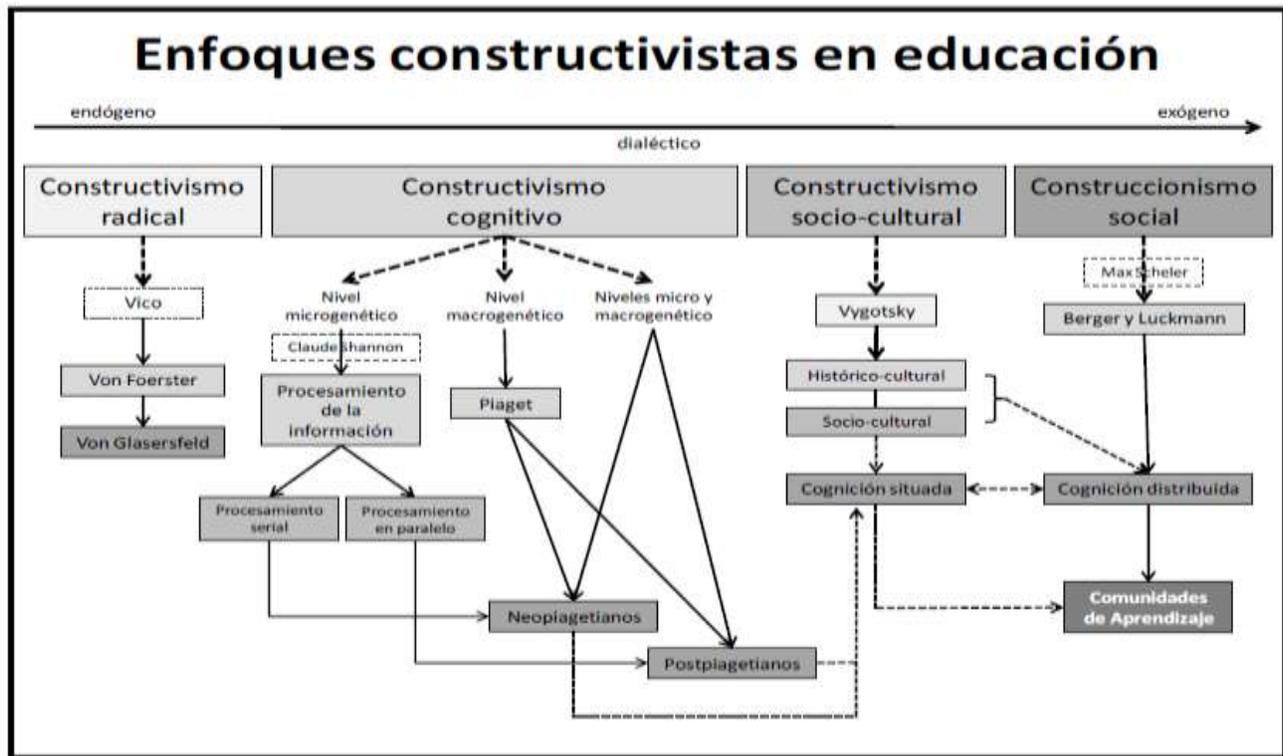


Figura 2. Enfoques constructivistas en educación, (tomado de Serrano y Pons, 2011).

De este modo, en un extremo se encuentra el constructivismo radical para el que, en la construcción del conocimiento, el elemento social es irrelevante, siendo única y exclusivamente un proceso individual. En el extremo opuesto se tiene el construccionismo social y como su nombre lo indica, el elemento social es una condición necesaria y suficiente para la construcción de conocimientos. Para el constructivismo cognitivo el elemento social es coadyuvante a la mejora en la adquisición de los conocimientos pero no es una condición indispensable. Finalmente, en el caso del constructivismo socio-cultural el elemento social es una condición necesaria, pero no suficiente para la construcción.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se puede decir que aunque los enfoques constructivistas difieren entre sí, comparten el principio de la importancia de la actividad mental constructiva del alumno para la realización de los aprendizajes escolares, estos aprendizajes no se producirán de manera satisfactoria si no se proporciona una ayuda específica, a través de la participación del alumno en actividades intencionales, planificadas y sistemáticas, que logren propiciar una actividad mental constructivista (Coll, 1988; citado en Díaz y Hernández, 2010).

En la actualidad existe un conjunto de propuestas cuya finalidad es mostrar que “si incorporamos las perspectivas socio-cultural y lingüística al modelo cognitivo de los procesos mentales, es posible vislumbrar cómo el lenguaje y los procesos sociales del aula constituyen las vías a través de las cuales los alumnos adquieren y retienen el conocimiento” (Nuthal, 2000, p. 758), fundamentalmente porque los procesos mentales son una propiedad de los individuos que actúan en entornos organizados culturalmente (Salomón, 2001).

Es claro que la tendencia actual sigue una línea integradora entre las posiciones más innovadoras del constructivismo cognitivo y los constructivismos de corte social. Este intento de integración, en su vertiente más moderada, ha conducido a la elaboración del constructo denominado “cognición situada” (Serrano y Pons, 2011).

5.3. Cognición situada

Cuando se dice que el conocimiento es situado, quiere decir que es parte y producto de la actividad, el contexto y la cultura en que se desarrolla y utiliza (Brown y Cole, 2001).

En la cognición situada los elementos implicados en el proceso de construcción del conocimiento son: el sujeto que construye el conocimiento, los instrumentos utilizados en la actividad, los conocimientos que deben ser construidos, una comunidad de referencia en la que la actividad y el sujeto se insertan, un conjunto de normas de comportamiento que regulan las relaciones sociales de esa comunidad y un conjunto de reglas que establecen la división de tareas en la actividad conjunta (Serrano y Pons, 2011).

De esta forma, el concepto de la cognición situada nos conduce al concepto de comunidad de aprendizaje, definido como un grupo de personas que aprende en común utilizando herramientas comunes en un mismo entorno. Las comunidades de aprendizaje

se refieren a grupos de personas con distintos niveles de experiencia y conocimiento, que aprenden mediante su implicación y participación en actividades auténticas y culturalmente relevantes, gracias a la colaboración que establecen entre sí, a la construcción del conocimiento colectivo que llevan a cabo y a los diversos tipos de ayuda que se prestan mutuamente, de manera que lo que se pretende es la construcción de un sujeto socialmente competente (Serrano y Pons, 2011).

Considerando que la educación escolar tiene una naturaleza social y una función socializadora, que el aprendizaje de los saberes y formas culturales incluidos en el currículum debe potenciar simultáneamente el proceso de socialización y el de construcción de la identidad personal y que la educación debe tener en cuenta la naturaleza constructiva del individuo, este trabajo propone actividades instruccionales innovadoras, diseñadas y planificadas con base en los puntos previamente mencionados que se circunscriben específicamente en la enseñanza situada.

5.4. Enseñanza situada

Desde la perspectiva de la cognición situada, el proceso de enseñanza está orientado a cultivar a los estudiantes a través de prácticas auténticas, es decir, cotidianas, significativas, relevantes en su cultura, mediante procesos de interacción social similares a los que ocurren en situaciones cotidianas. Desafortunadamente, aún en la actualidad, la forma en que la escuela busca fomentar el conocimiento con frecuencia contradice a la forma en la que se aprende fuera de ella, es decir, se continúan las prácticas de enseñanza tradicionales en las que a diferencia de los supuestos planteados por el constructivismo para lograr la construcción del conocimiento, se hace uso de la memorización, de la participación pasiva del estudiante, los temas se presentan de manera muy descontextualizada a la vida cotidiana de los alumnos, etcétera.

Es claro entonces que el conocimiento escolar es de tipo simbólico-mental, mientras que fuera de ella es físico-instrumental; en la escuela se manipulan símbolos libres de contexto, mientras que en el mundo real se trabaja y razona sobre contextos concretos. En este sentido, el reto que asume la perspectiva del aprendizaje y la enseñanza situada es cambiar la dinámica prevaleciente en las aulas y lograr una verdadera educación para la vida (Díaz, 2006).

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, es importante transformar el sistema educativo, el currículo y los modelos de enseñanza. Al respecto, en la actualidad se ha dado mayor importancia a la reflexión, a nuevas propuestas y opiniones sobre estrategias que promuevan la construcción de los diferentes tipos de conocimientos (conceptuales, actitudinales y procedimentales) que formen un nuevo tipo de ciudadano.

En este sentido, la enseñanza situada se puede definir como la propuesta pedagógica que se diseña y estructura con la intención de promover aprendizajes situados, experienciales y auténticos en los alumnos, que les permita desarrollar habilidades muy similares o iguales a las que se encontrarán en situaciones de la vida cotidiana (Brown, Collin y Duguid, 1989).

En esta misma dirección, se comparte la idea de que aprender y hacer son acciones inseparables. En consecuencia, un principio clave de este enfoque plantea que los alumnos deben aprender en el contexto pertinente, lo cual implica que la construcción de los conocimientos no recae solo en su capacidad individual, sino que se destaca la potencialidad de las situaciones educativas en que participa, en términos de las posibilidades y restricciones que ofrecen para promover su desarrollo (Díaz, 2006).

En síntesis, se puede definir como situado a aquel conocimiento que ocurre en un contexto y situación determinada, y es resultado de la actividad de la persona que aprende al interactuar con otras personas en un marco social.

Algunas propuestas pedagógicas que por sus características propias pueden incluirse dentro de la enseñanza situada son: el denominado aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje basado en el análisis y estudio de casos (ABAC) y el aprendizaje mediante proyectos (AMP) (Díaz, 2006).

Considerando que este tipo de propuestas didácticas son de aplicación general en todos los niveles escolares, en cualquier materia o disciplina académica y que hacen énfasis en el planteamiento de situaciones educativas con mucha aproximación a la realidad a partir de problemas, casos, proyectos, etcétera, con un alto nivel de importancia cultural que promueve en los alumnos una fuerte actividad interactiva y social que se estructura en situaciones de aprendizaje colaborativo, y por lo tanto buscan conseguir la construcción

del conocimiento personal y particularmente la construcción conjunta con los alumnos y con el enseñante quien guía y supervisa todo el proceso.

El presente estudio propone el diseño de una estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el estudio de casos que promueva el desarrollo de habilidades cognitivas, expositivas, comunicativas y de pensamiento crítico en el alumno, tales que le permitan aprender los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de los temas replicación, transcripción y traducción del DNA del programa escolar de Biología del bachillerato.

5.5. Aprendizaje con base en el análisis y discusión de casos

El empleo de los casos en la enseñanza se comenzó a utilizar en el año de 1914 en la Universidad de Harvard para la asignatura de Derecho; el objetivo era que los alumnos del área de leyes buscaran la solución a una historia concreta y la defendieran; con el tiempo, hacia el año 1935, el método se fue estructurando y consolidando como metodología docente en otros campos disciplinarios (Wassermann, 1998).

5.5.1. ¿Qué es un estudio de casos?

El aprendizaje con base en el análisis y discusión de casos, también conocido como análisis y estudio de casos o simplemente estudio o método de casos, es una estrategia pedagógica que tiene la particularidad de presentar un aspecto de la realidad (reproducido o simulado) con el fin de que los alumnos analicen sus características, elementos y dinámica particular y participen de ella como si fueran actores sociales en condiciones de desempeñar un papel en la situación planteada.

Selma Wassermann (1994, p. 3) plantea la siguiente definición:

Los casos son instrumentos educativos complejos que aparecen en forma de narrativas. Un caso incluye información y datos (psicológicos, sociológicos, científicos, antropológicos, históricos, observacionales), así como material técnico. Aunque los casos se centran en materias o áreas curriculares específicas, por ejemplo, historia, pediatría, leyes, administración, educación, psicología, desarrollo del niño, etcétera, son por naturaleza interdisciplinarios. Los buenos casos se construyen en torno a problemas o “grandes ideas”, es decir, aspectos significativos de una materia o asunto que garantizan un examen serio y a profundidad. Las narrativas se estructuran por lo general a partir de problemas y personas de la vida real.

A partir de esta definición podemos observar que la enseñanza con base en casos promueve habilidades de aplicación e integración del conocimiento, el juicio crítico, la deliberación, el diálogo, la toma de decisiones y la solución de problemas, lo especial es que los alumnos no solo examinan y analizan el caso, sino que se involucran en él (Boehrer, 2002). En este sentido, no solo se destaca el razonamiento de los alumnos, sino la expresión de sus emociones y valores. Por otro lado, la discusión grupal de casos permite mezclar los aprendizajes cognitivos y afectivos, a la par que desarrollar habilidades de colaboración y responsabilidad.

Características de la estrategia de estudio de casos

De Miguel (2005) destaca que el estudio de casos vincula la teoría y la práctica en un proceso reflexivo que se convierte en aprendizaje significativo y señala algunas ventajas y desventajas características de esta estrategia:

Ventajas:

- Favorece que los alumnos, por un lado, trabajen individualmente y que, posteriormente, contrasten sus reflexiones con sus compañeros, desarrollando un compromiso y un aprendizaje significativo.
- Se basa en hechos reales, en casos que los estudiantes se podrán encontrar fácilmente en su práctica profesional y que otros profesionales han tenido, lo que aumenta la motivación hacia el tema de estudio.
- Capacitación para el análisis en profundidad de temas específicos.
- Motivación intrínseca por el aprendizaje.
- Entrenamiento en resolución de problemas (casos reales).
- Conexión con la realidad y la profesión.
- Desarrollo de habilidades de comunicación.
- Aceptación y motivación por parte de los estudiantes al tener que ensayar soluciones para situaciones reales.
- Posibilidad de experimentar un aprendizaje y evaluación auténtica, ligada a hechos reales
- Se centra en el razonamiento de los estudiantes y en su capacidad de estructurar el problema y el trabajo para lograr una solución (Boehrer, y Linsky, 1990). No hay una única respuesta correcta.

Desventajas:

- Su utilidad puede estar limitada por la complejidad de determinados casos en algunas áreas de conocimiento, sin soluciones correctas.
- Dificultad para su realización en grupos numerosos, a pesar de contar con estrategias organizativas mixtas.
- Dependencia de las habilidades del profesor para generar empatía y de la humanidad del profesor para contactar sinceramente con los estudiantes y ser respetado por la autoridad que supone su persona, no por el rol de un profesor impuesto.

5.5.2. Clasificación de casos

Los estudios de casos en educación se agrupan en tres tipos diferentes según la naturaleza de su contenido (Sabariego, Massot y Dorio 2009).

- Estudio de casos descriptivo. Presenta un informe detallado del caso eminentemente descriptivo, sin fundamentación teórica ni hipótesis previas. Aporta información básica generalmente sobre programas y prácticas innovadoras.

- Estudio de casos interpretativo. Aporta descripciones densas y ricas con el propósito de interpretar y teorizar sobre el caso. El modelo de análisis es inductivo para desarrollar categorías conceptuales que ilustren, ratifiquen o desafíen presupuestos teóricos difundidos antes de la obtención de la información.

- Estudio de casos evaluativo. Este estudio describe y explica pero además se orienta a la formulación de juicios de valor que constituyen la base para tomar decisiones.

En este sentido, la tarea del docente consiste en diseñar el caso y orientar a los alumnos para que identifiquen el problema, organicen la información ofrecida, seleccionen la más relevante y la analicen de acuerdo al trabajo propuesto; por otro lado, se debe buscar promover el estudio en profundidad con base en el aprendizaje dialógico y argumentativo, así como el desarrollo de habilidades de explicación y argumentación con base en la búsqueda de nueva información que enfatiza el aprendizaje y profundización de los contenidos curriculares por aprender.

5.5.3. El rol del docente en la aplicación de la estrategia de estudio de casos

Las tareas del profesor durante la estrategia se mencionan a continuación (De Miguel, 2005):

El profesor debe estar muy familiarizado con el caso o elaborarlo, determinar los objetivos, preparar detenidamente cada sesión, preguntas, temas y núcleos de debate, así como el sistema organizativo, dinámicas internas y tareas de los estudiantes y del grupo.

Debe presentar el caso, explicar y clarificar las tareas a realizar y dinamizar el grupo, combinando la directividad con la no-directividad, este proceso se observa en la guía de la reflexión, evitando la emisión de juicios propios, observando, reconduciendo el análisis, equilibrando tiempos e intervenciones, creando climas de diálogo y, si es el caso, realizando alguna síntesis final.

Habitualmente se trabaja con grupos y aulas pequeñas aunque el tamaño puede ser mayor, ya que se puede alternar o combinar el trabajo individual, por parejas, minigrupos. Asimismo, se puede recurrir a otras estrategias de dinamización: coloquios-debate, dramatización, torbellino de ideas (brainstorming), redacción de informes escritos, etcétera.

La participación del profesor durante la discusión del caso puede ser la siguiente (López, 1997):

- Formular buenas preguntas (que motiven la reflexión, la relación de ideas, la profundización o juicio crítico, que clarifiquen o ayuden a encontrar puntos clave) durante la discusión.
- Mantener con los alumnos una relación sincera, afable, informal y democrática.
- Conceder la palabra a los alumnos que la pidan.
- Hacer que todos participen, pero sin que nadie acapare la conversación.
- Evitar que un participante sea inhibido por otro.
- Llevar al grupo de una fase a otra.
- Sintetizar progresivamente lo que descubra el grupo.
- Evitar exponer sus propias opiniones.

- Utilizar el pizarrón o algún otro recurso pedagógico para resumir y clarificar.
- Administrar el tiempo para asegurar el avance del grupo.
- Reformular (repetir con otras palabras) las buenas intervenciones de cualquier alumno.
- Forzar tanto el análisis riguroso como la toma de decisiones.

5.5.4. ¿Cómo diseñar un caso?

Un caso consta de un problema principal y en ocasiones problemas específicos de información especialmente seleccionada y adecuada para presentar el caso a los alumnos a través de medios diversos (escrito, oral, gráfico, visual, auditivo, etcétera.). Está dirigido a un público definido, presenta actividades de trabajo que pueden plantearse como indicaciones para el trabajo durante el transcurso del estudio para cada etapa o como consignas generales para todo el trabajo sin etapas, así como actividades que posibilitan una evaluación del aprendizaje con los estudiantes (Delich, nd).

Existen tres grandes momentos en la estrategia de estudio de casos (Wassermann, 1998)

1. Preparación del caso.

Diseño del caso (situación que plantea un dilema abierto) y del cuestionario para su discusión, presentación del caso a los alumnos. El tema debe ser relevante y considerado como eje de trabajo al que se dedicará mucho esfuerzo y tiempo al tratar de resolver una cuestión problemática y compleja por la variedad de aspectos que presenta, debe promover el interés de los estudiantes para lograr los propósitos mencionados anteriormente. Un buen caso debe tener las características siguientes: a) vinculado con el programa escolar, b) plantea dilemas y genera controversia, c) presenta asuntos reales y relevantes, d) promueve pensamiento de alto nivel, y e) se compone de tres elementos: una entrada que introduce el caso y que debe funcionar como “enganche” para interesar al alumno en su análisis; un cuerpo que presenta personajes y eventos realistas, a través de un lenguaje narrativo; un final que plantea el dilema y al cual se anexan preguntas de estudio para revisar y comprender el caso.

2. Análisis del caso en grupos colaborativos.

Informar a los alumnos la mecánica y sentido de la estrategia y proceder a realizar la lectura y revisión del caso en grupos pequeños. Búsqueda de información adicional en diversas fuentes impresas y en línea para comprender el caso y resolver preguntas.

3. Discusión grupal del caso.

Discusión general del caso (sobre las preguntas críticas) con la clase completa, guiada por el profesor que funge como coordinador. En la discusión el profesor deberá realizar un encuadre inicial (contextualizar el caso en relación con los temas del programa, sobre el dilema planteado, sobre su verosimilitud, etcétera), luego, guiará el intercambio de ideas por medio de preguntas a los participantes y procurará evitar la dispersión y la imposición de su punto de vista. Para finalizar, el profesor induce un cierre de la discusión en la que se concluye con los aspectos fundamentales abordados.

Esta metodología pretende desarrollar dentro del salón de clases un ambiente armónico, de constante interacción entre los alumnos permitiendo la colaboración de todos, al momento de resolver un caso, el profesor y los alumnos estarán en constante comunicación e intercambio de puntos de vista, diferente a la tradicional.

5.5.5. Evaluación mediante el estudio de casos

La estrategia del estudio de casos incluye siempre, entre las actividades de desarrollo, tareas individuales, en equipo y grupales a través de intervenciones orales, trabajos escritos, etcétera, por lo cual es importante que el docente realice una evaluación diagnóstica, evaluaciones formativas durante el estudio del caso y finalmente una evaluación de integración sobre la base de conclusiones finales. Es conveniente que el alumno conozca los criterios de evaluación y se encuentre motivado para mejorar su trabajo y autoevaluación (Delich, nd).

En este sentido, algunos aspectos a evaluar en la aplicación de la estrategia de casos son los siguientes:

- a) La solidez de las argumentaciones
- b) El grado de preparación del caso para su discusión

- c) La capacidad para defender la toma de postura
- d) La expresión oral y el nivel de aporte a la discusión general

Como se puede observar, evaluar no implica solo asignar un número a un resultado final dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, es un proceso más complejo que el docente requiere conocer ampliamente para poder evaluar los diferentes contenidos con los cuales se pretende construir aprendizajes. A continuación se presentan y detallan las características de dichos contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales).

5.6. Contenidos escolares

De acuerdo a Chevallard (1991), los contenidos son uno de los elementos del sistema didáctico, así como los alumnos y profesores, estos elementos interaccionan y cuando lo hacen de manera óptima la acción docente es eficaz y por lo tanto, los alumnos aprenden.

Se dice que los contenidos no están en ninguna parte, ni en un libro ni en la red. Son conocimiento, de tal manera que son saberes universales y culturales que presentan diferencias entre contenidos con diferentes niveles de elaboración y con un significado preestablecido de manera socio-cultural que posibilita la conservación, reproducción y legitimación del orden social, cultural y económico de un grupo social (Serrano y Pons, 2011; Coll, *et al.*, 1999).

De manera similar, Odreman (1996) define a los contenidos como el conjunto de saberes culturales, sociales, políticos, económicos, científicos, tecnológicos que conforman las distintas áreas disciplinares y se consideran esenciales para la formación del individuo.

Así, podemos decir que los contenidos son el conjunto de conocimientos que conforman las distintas áreas de conocimiento y que por su valor cultural, social, político, científico, etcétera, merecen y pueden ser enseñados y aprendidos; en este sentido, los contenidos constituyen la base sobre la cual se programarán las actividades de enseñanza-aprendizaje, con el fin de alcanzar los objetivos escolares.

Para conocer más ampliamente los tipos de contenidos y en función de ellos llevar a cabo un diseño didáctico que brinde mayores aprendizajes, a continuación se describe de manera general cada uno de ellos.

5.6.1. Contenidos conceptuales

Los contenidos conceptuales han constituido durante muchos años el fundamento exclusivo en el ámbito de la intervención docente, se refieren al *saber qué* y se definen dentro de cuatro aspectos jerárquicos e interconectados por el nivel de complejidad que representa cada uno.

Dentro de estos cuatro aspectos hay una diferencia básica entre lo factual y lo conceptual, ambos necesarios. Lo factual se refiere a datos y hechos, conocimientos que se deben aprender al pie de la letra y lo conceptual al conocimiento más complejo constituido por el aprendizaje de conceptos, principios y explicaciones, los cuales se aprenden no de manera lineal sino en su significado esencial (López *et al.*, 2005; Pozo, 1992).

Los datos brindan informaciones precisas, concisas y sin ambigüedades; el segundo son los hechos, definidos como eventos que acontecieron en el devenir de la historia, es información que se utiliza para describir, nombrar o referirnos a cosas, seres, situaciones, estados, etcétera. Por otra parte, tenemos al concepto, el cual es una clasificación de un conjunto de ideas o eventos relacionados, es darle sentido o significado a los datos, es decir relacionar datos o hechos dentro de una red de significados que explique por qué se produce y que consecuencias tienen. Por último, los principios son conceptos de un gran nivel de abstracción que suelen subyacer a la organización conceptual de un área, aunque no siempre se hagan lo suficientemente explícitos (Pozo, 1998).

Existen diferencias entre los hechos, los datos y los conceptos porque cada uno representa categorías diferentes, por ejemplo, un dato puede ser enunciado, un hecho narrado y un concepto definido (Ahumada, 2001).

El aprendizaje de los contenidos conceptuales, en lo que refiere a hechos y conceptos, sigue mecanismos diferentes. En el caso del aprendizaje factual, éste se logra por una asimilación literal sin que necesariamente ocurra la comprensión de la información, bajo una lógica reproductiva o memorística y en la que poco importan los conocimientos previos relativos a la información que se quiere aprender; mientras que en el caso del aprendizaje conceptual, ocurre una asimilación sobre el significado de la información nueva y se comprende lo que se está aprendiendo, para lo cual es imprescindible el uso de los conocimientos previos pertinentes que posee el alumno. Considerando estas

diferencias es importante que las actividades de enseñanza que el docente realice estén igualmente diferenciadas (Pozo, 1992).

Cuando se requiere promover el aprendizaje factual, se pueden crear condiciones para que el estudiante practique el recuerdo de los datos o hechos a través del repaso, la relectura u otras actividades parecidas, buscando el establecimiento de vínculos significativos entre la información por aprender. Por otro lado, para promover el aprendizaje conceptual es necesario que los materiales de aprendizaje se organicen y estructuren apropiadamente, para que la riqueza del aprendizaje conceptual pueda ser explotada por los alumnos. También es necesario emplear sus conocimientos y hacer que se impliquen cognitivamente, motivacional y afectivamente en el aprendizaje. El profesor tiene que planear actividades en las que los alumnos tengan oportunidades para explorar, comprender y analizar los conceptos, ya sea mediante estrategias expositivas o por descubrimiento, pero enfocadas al logro del significado (Díaz y Hernández, 2010).

5.6.2. Contenidos procedimentales

Tradicionalmente la enseñanza de la ciencia se ha centrado principalmente en la transmisión de conocimientos conceptuales, sin embargo, en los últimos años se ha puesto atención en ayudar a los alumnos a aprender y a hacer ciencia, es decir enseñarles procedimientos, ya que no están fuera de las aulas y por lo tanto requieren ser puestos dentro de las nuevas propuestas didácticas para la enseñanza de la ciencia, (Pozo y Gómez, 1998).

De acuerdo con Díaz y Hernández (2010), los contenidos procedimentales se refieren al saber *hacer o saber procedimental* y lo definen de la siguiente manera:

El saber hacer o saber procedimental es aquel conocimiento que se refiere a la ejecución de procedimientos, estrategias, técnicas, habilidades, destrezas, métodos, etcétera. Podríamos decir que a diferencia del saber qué, que es de tipo declarativo y teórico, el saber procedimental es de tipo práctico, porque está basado en la realización de varias acciones u operaciones (p. 44).

Al respecto, un procedimiento es un conjunto de acciones ordenadas orientadas al logro de una meta y se puede hacer referencia a la habilidad de los alumnos para dar solución a problemas prácticos desde sus propios recursos de destrezas y conceptos sin recetas de un guión o del profesor (De Pro, 2013; Coll, y Valls, 1992).

Los contenidos procedimentales se dice que anteriormente surgían de los procedimientos que utilizaban los científicos en sus investigaciones como: identificación de problemas, formulación de hipótesis, diseño de experiencias para contrastarlas, búsqueda de información, elaboración de informes, etcétera. En el caso de los estudiantes, los contenidos procedimentales les deben ser útiles para crecer intelectualmente, desarrollar potencialidades y capacidades personales y colectivas, o atender sus necesidades como ciudadanos (de Pro, 2013).

En este sentido, hay que tener claro que el alumno no hace de “científico”, no construye conocimientos científicos nuevos, sino que hace de “científico escolar” reconstruyendo algunos de esos conocimientos en el aula, esto no significa que los contenidos procedimentales sean las actividades de laboratorio que se proponen a los alumnos, tampoco son una metodología, al respecto este tipo de contenidos se deben aprender y requieren que el profesor planifique su enseñanza con el diseño de actividades orientadas específicamente a que los alumnos aprendan a “hacer ciencia” (Izquierdo *et al.*, 2000; de Pro, 1998).

A partir de estos datos, es preciso señalar que los procedimientos en la educación científica no se limitan a aquellos aprendizajes relacionados con la metodología de la investigación o los procesos de la ciencia, sino como indica Monereo (1995), tienen una función comunicativa y expresiva (escribir texto, comunicar oralmente las propias ideas...), una función cognitiva (que facilita el procesamiento mental de la información, como son las técnicas de memorización, de organización de datos...), una función metacognitiva (para indagar sobre la propia manera de aprender y pensar), y una función pragmática (para solucionar conflictos o problemas).

A continuación se presentan la diversidad de contenidos procedimentales que son requeridos en la educación científica, se tiene que considerar que a lo largo del tiempo se han elaborado cantidad de clasificaciones que en gran parte presentan características comunes y algunas difieren. Consideraremos algunas de las propuestas más recientes.

Desde una orientación psicopedagógica, Pozo y Postigo (1994) y Monereo (1995) agrupan los procedimientos en cinco categorías:

- a) Adquisición de la información
- b) Interpretación de la información
- c) Análisis de la información y realización de inferencias
- d) Comprensión y organización conceptual de la información
- e) Comunicación de la información

De Pro (2013) propone cuatro categorías con base en los planteamientos epistemológicos, psicológicos y didácticos actuales.

- a) Destreza técnicas
- b) Destrezas básicas
- c) Destrezas de investigación
- d) Destrezas comunicativas

Esta última clasificación tiene gran relación con la propuesta de este trabajo ya que recoge procedimientos vinculados con la metodología de investigación desde una perspectiva actual de la ciencia así como aquellos vinculados con los principios del constructivismo. En el siguiente cuadro se detalla dicha clasificación.

Cuadro 1. Contenidos procedimentales, (tomado de de Pro, 2013).

Destrezas técnicas	Destrezas básicas
<p>Manejo de material y realización de montajes: Manipulación del material respetando las normas de uso. Realización de montajes siguiendo instrucciones. Representación de montajes realizados. Utilización de técnicas básicas de laboratorio.</p> <p>Construcción de aparatos y máquinas: Construcción de aparatos de medida y máquinas con instrucciones. Construcción de aparatos y máquinas sin instrucciones. Calibración y estimación del error del aparato de medida.</p> <p>Construcción de maquetas: Construcción de maquetas de tamaño natural. Construcción de maquetas a escala. Construcción de maquetas con instrucciones. Construcción de simulaciones, modelos...</p>	<p>Observación: Descripción de observaciones y situaciones. Identificación de propiedades observables sensorialmente (con vista, olfato, oído, gusto, tacto). Registro de datos cualitativos.</p> <p>Clasificación: Utilización de criterios de clasificación o claves de otros. Diseño y utilización de claves propias. Utilización de procesos de seriación y ordenación.</p> <p>Medición; Conocimiento de la utilidad y del funcionamiento del aparato. Registro de datos cuantitativos: lectura y unidades. Estimación de medidas sin realizarlas. Conocimiento de la precisión del instrumento.</p>

<p>Utilización de técnicas audiovisuales e informáticas: Utilización de técnicas audiovisuales (grabaciones, filmaciones, fotografías...).</p> <p>Utilización de técnicas relacionadas con los móviles, i-Pad, tablets...</p> <p>Utilización de aparatos audiovisuales e informáticos.</p> <p>Utilización de programas, aplicaciones... informáticas.</p>	<p>Transformación de datos: Organización de datos (cuadros, tablas...).</p> <p>Representación de datos (gráficas, histogramas, diagramas de barras...).</p> <p>Extrapolación de datos a partir de tablas, gráficas.</p>
<p>Destrezas de investigación</p>	<p>Destrezas comunicativas</p>
<p>Identificación de hechos y fenómenos: Identificación de hechos y fenómenos observables. Identificación de hechos y fenómenos no observables. Reconocimiento de la similitud de hechos y fenómenos.</p> <p>Identificación de problemas: Reconocimiento de la situación problemática. Identificación de las variables y magnitudes asociadas a los diferentes hechos y aspectos de la situación problemática. Identificación de las partes del problema.</p> <p>Realización de predicciones y emisión de hipótesis: Establecimiento de conjeturas contrastables. Realización de predicciones a partir de observaciones, experiencias y hallazgos. Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico.</p> <p>Relación entre variables: Identificación de variables (independientes, dependientes, intervinientes...) y apreciación de sus posibles valores. Establecimiento de relaciones entre las variables y de la forma de estudiarlas. Reconocimiento y utilización de procesos de control y exclusión de variables.</p> <p>Diseño experimental: Identificación y selección de pruebas adecuadas para contrastar una afirmación. Identificación de estrategia para la resolución de un problema.</p> <p>Análisis de datos y situaciones: Interpretación de observaciones, medidas, situaciones... Identificación e interpretación de datos, valores... Reconocimiento de tendencias o relaciones cualitativas. Realización de cálculos matemáticos. Estimación y cálculo de errores.</p>	<p>Representación simbólica: Representación simbólica de sustancias, componentes, unidades, nomenclaturas... Representación simbólica de sistemas. Representación simbólica de observaciones, hechos, fenómenos... Representación y uso de analogías, modelos...</p> <p>Uso de técnicas comunicativas: Uso de esquemas, diagramas... Uso de mapas conceptuales, V de Gowin, redes semánticas.</p> <p>Identificación y análisis de ideas en material: Identificación y análisis de ideas e información en material escrito. Identificación y análisis de ideas e información en un material audio, visual y audiovisual. Contraste de ideas en materiales (escritos, audio, visual y audiovisual). Inferencias próximas a las ideas e información contenida en los materiales (escritos, audio, visual y audiovisual).</p> <p>Búsqueda de información: Búsqueda de información guiada en diferentes materiales (escrito, audiovisual, e-books, internet...).</p> <p>Búsqueda de información no guiada en diferentes materiales (escrito, audiovisual, e-books, internet...).</p> <p>Búsqueda de información mediante entrevistas, encuestas, protocolos, registros...</p> <p>Elaboración de informes: Elaboración de informe a partir de opciones cerradas. Elaboración de informa a partir de cuestiones concretas y preguntas abiertas. Elaboración de informes descriptivos de observaciones, sucesos y experiencias. Elaboración de informes interpretativos y explicativos. Elaboración de informes argumentativos. Elaboración de un ensayo o informe abierto.</p>

<p>Establecimiento de conclusiones: Inferencias inmediatas a partir de observaciones y datos. Establecimiento de conclusiones a partir de resultados. Generalización de las conclusiones y rango de aplicabilidad. Juicio crítico de los resultados encontrados y del proceso seguido.</p>	
---	--

El aprendizaje de los procedimientos consiste en un proceso gradual en el que deben considerarse varias dimensiones relacionadas entre sí, los cuales se enuncian a continuación (Díaz, y Hernández, 2010).

1. De una etapa inicial de ejecución insegura, lenta e inexperta, hasta una ejecución rápida y experta.
2. De la ejecución del procedimiento realizada con un alto nivel de control consciente, hasta la ejecución con un bajo nivel de atención consciente y una realización casi automática.
3. De una ejecución con esfuerzo, desordenada y sujeta al tanteo por ensayo y error de los pasos del procedimiento, hasta una ejecución articulada, ordenada y regida por representaciones simbólicas (reglas).
4. De una comprensión incipiente de los pasos y de la meta que el procedimiento pretende conseguir, hasta una comprensión plena de las acciones involucradas y del logro de una meta plenamente identificada.

En este sentido, es preciso señalar que los procedimientos deben aprenderse de forma significativa al vincularse con los contenidos conceptuales y actitudinales. Podemos decir que un procedimiento se ha aprendido de forma significativa, cuando el alumno ejecuta correctamente las operaciones que lo componen, es decir, automatiza la acción a partir de la guía continua pero paulatinamente decreciente del profesor, la cual ocurre al tiempo que se genera la creciente mejora en el manejo del procedimiento por parte del alumno.

5.6.3. Contenidos actitudinales

En las instituciones educativas, los contenidos actitudinales todavía han sido menos trabajados en comparación con los contenidos procedimentales. En las escuelas se

propone la formación de actitudes, pero muchas veces estas quedan como buenos deseos y se hace muy poco por enseñarlas.

La actitud, tal como la definen León *et al.* (1998) “es considerada como una disposición interna de carácter aprendido y duradera que sostiene las respuestas favorables o desfavorables del individuo hacia un objeto o una clase de objetos del mundo social” (p. 118). Feldman (1998) define la actitud como una predisposición aprendida para responder de manera favorable o adversa ante un objeto específico y, por último, Myers (2000) plantea que las reacciones evaluativas favorables o desfavorables dirigidas hacia una persona o hacia algo definen la actitud.

Las actitudes poseen tres componentes básicos y definitorios que reflejan la complejidad de la realidad social. La formación y el cambio de actitudes opera siempre con estos tres componentes que son (Coll *et al.*, 1992).

- Componente cognitivo (conocimientos y creencias).
- Componente afectivo (sentimientos y preferencias).
- Componente conductual (acciones manifiestas y declaraciones de intenciones).

En el mismo sentido, los contenidos actitudinales se definen como el conjunto de saberes o formas culturales, cuya asimilación y apropiación por los alumnos y alumnas se considera esencial para su desarrollo y socialización. La idea de fondo es que el desarrollo de los seres humanos no se produce nunca en vacío, sino que tiene lugar siempre y necesariamente en un contexto social y cultural determinado (Agudelo y Flores, 2001).

Así mismo, es muy importante destacar por su particular interés en este trabajo, las actitudes hacia la ciencia, estas son definidas como “*disposiciones, tendencias o inclinaciones a responder hacía elementos implicados en el aprendizaje de la ciencia*” (Gardner, 1975 citado en Vázquez y Manassero, 1995. p. 345). En este sentido, las características del método científico promueven el surgimiento de estas actitudes dentro de las actividades de investigación científica realizadas por los científicos, como por ejemplo, curiosidad, disposición, objetividad, humildad, respeto por la naturaleza y la vida, creatividad, etcétera.

Hodson (1985) y Caamaño (1988) sostienen que la escuela debería ser el elemento fundamental en crear una actitud equilibrada en los ciudadanos y distingue los siguientes tipos de actitudes en ciencias:

- **Actitud sobre la ciencia y su imagen pública.** El disfrute de la ciencia en la escuela debe ayudar a desarrollar en los alumnos actitudes positivas hacia ella, y a capacitarlos para valorar los beneficios prácticos que ocasiona, así como a ser conscientes de sus limitaciones y de los perjuicios que puede ocasionar.
- **Actitud sobre los métodos de la ciencia,** es decir, sobre los procesos de observación, clasificación, inferencia, pensamiento hipotético-deductivo y resolución de problemas, en relación a su posible transferencia a otras áreas de conocimiento.
- **Actitud sobre las actitudes científicas,** es decir, una disposición a actuar en la forma que se supone que caracteriza la personalidad de los científicos: con perseverancia, creatividad, espíritu abierto, curiosidad, cooperación, etcétera.
- **Actitud sobre las implicaciones sociales y ambientales de la ciencia.** Por ejemplo, una actitud de responsabilidad sobre el medio ambiente o una actitud de predisposición a contribuir a la discusión pública de los temas científicos.
- **Actitud sobre la enseñanza de las ciencias.** Se supone que los objetivos ligados a los contenidos conceptuales y a las habilidades van a ser alcanzados más fácilmente si los alumnos encuentran la enseñanza de las ciencias interesante, de utilidad y satisfactoria.

Más recientemente, Vázquez y Manassero (1995) proponen una taxonomía para las actitudes relacionadas con la ciencia a partir de las aportaciones realizadas sobre este aspecto a lo largo de su estudio en el tiempo, esta taxonomía revela la complejidad y multidimensionalidad de tema de las actitudes relacionadas con la ciencia, supone una superación del concepto reducido de actitud hacia la ciencia como actitud hacia el aprendizaje de la ciencia, poniendo de manifiesto, por el contrario, su mayor riqueza y variedad, en correspondencia con la riqueza y variedad de valores que subsumen las actividades científicas.

Cuadro 2. Taxonomía de actitudes relacionadas con la ciencia,
(tomado y modificado de Vázquez y Manassero, 1995)

<p>Actitudes relacionadas con la enseñanza/aprendizaje de la ciencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Elementos escolares de la ciencia. El objeto de estas actitudes son los aspectos de la ciencia, tal como se perciben por los alumnos en el contexto escolar, a través de los elementos curriculares (objetivos, contenidos, evaluación, asignaturas, itinerarios...), los procesos educativos, las personas intervinientes (profesores, compañeros), etcétera. 2. Los productos del aprendizaje de la ciencia. El objeto de estas actitudes serían los logros conseguidos como consecuencia de la intervención escolar, tales como la alfabetización científica de los ciudadanos, la opción por estudios y materias científicas, la utilidad y funcionalidad de la ciencia aprendida para la vida diaria (educación para el consumo, la salud, medio ambiente, etcétera).
<p>Actitudes relacionadas con las interacciones entre la sociedad y la ciencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. La imagen social de la ciencia. El objeto de estas actitudes son los aspectos sociológicos de la ciencia como sistema, en interacción con la sociedad y viceversa; aquí se encuadran los temas de control de la ciencia por la sociedad, las relaciones con la industria civil y militar, la toma de decisiones en asuntos científicos que afectan a la sociedad, las consecuencias científicas, contribuciones de la ciencia al bienestar social, al pensamiento, a la cultura, etcétera. 4. Temas específicos de la ciencia con incidencia social. Temas concretos y específicos de ciencia cuya importancia radica en su trascendencia social: preservación del ambiente, proliferación nuclear, contaminación, crecimiento demográfico, recursos alimenticios, hambre, agua, escasez energética, sustancias peligrosas, salud y enfermedades, uso de la tierra, reactores nucleares, extinción de animales y plantas, recursos minerales, genética, etcétera.
<p>Actitudes relacionadas con el conocimiento científico y técnico</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Las características de los científicos. El objeto de este grupo de actitudes son los aspectos relacionados personalmente con los científicos, como la motivación en su trabajo, los valores del trabajo científico (honradez, objetividad, escepticismo, apertura...), la ideología de los científicos, las cualidades personales, etcétera. 6. La construcción colectiva del conocimiento científico. Toma de decisiones en la construcción del conocimiento científico, la competencia entre científicos, la comunicación profesional, el consenso y el desacuerdo entre los científicos, la lealtad al grupo de investigación, la influencia de la sociedad sobre los científicos, etcétera. 7. Actitudes relacionadas con la naturaleza del conocimiento científico. Procesos y productos propios del conocimiento científico, tales como la naturaleza de las observaciones, los esquemas de clasificación, la hipótesis, las teorías, las leyes, los modelos, la precisión y la incertidumbre, el razonamiento lógico, etcétera.

Muchas de las actitudes mencionadas deben de ser abordadas intencionalmente en las escuelas, ya que se ha demostrado que las actitudes se gestan y desarrollan en las instituciones escolares pero sin intención explícita por lo que se denomina aprendizaje incidental y currículo oculto.

De acuerdo con Bednar y Levie (1993), hay tres aproximaciones que han demostrado ser eficaces para lograr el cambio actitudinal, a saber: a) proporcionar un mensaje persuasivo, b) el modelaje de la actitud y c) la inducción de disonancia entre los componentes cognitivo, afectivo y conductual. Dichos autores recomiendan que se planteen situaciones donde éstas se utilicen en forma conjunta.

Algunas técnicas que han demostrado ser eficaces para trabajar directamente con los procesos actitudinales son, por ejemplo, las técnicas participativas y experienciales, como el juego de roles o los sociodramas, el análisis de casos, la discusión de dilemas, la lectura y escritura crítica, las exposiciones y explicaciones de carácter persuasivo con conferencistas de reconocido prestigio o influencia, entre otras (Díaz y Hernández, 2010).

El aprendizaje de las actitudes es un proceso lento y gradual, donde influyen distintos factores como las experiencias personales previas, las actitudes de otras personas significativas, la información y experiencias novedosas y el contexto sociocultural (instituciones, medios y representaciones colectivas).

Como puede apreciarse, los diferentes contenidos tienen características propias y ninguno es más o menos importante que los otros, y el hecho de que se mencionen de manera independiente no quiere decir que se enseñen aisladamente, pero sí es necesario que cada uno de ellos tenga específicas estrategias de enseñanza-aprendizaje para lograr los objetivos propuestos respecto a cada uno. De la misma forma, es claro que no pueden ser evaluados de la misma manera entre ellos, en este sentido, en el siguiente apartado se presenta una visión general de la evaluación desde la perspectiva constructivista y algunos instrumentos de evaluación que apoyaron en la evaluación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el análisis y discusión de casos y los tres tipos de contenidos que permitieron la obtención e interpretación de los resultados de la presente.

5.7. Evaluación

A continuación se presenta una definición del concepto de evaluación educativa, en palabras de Gimeno (1992):

"evaluar hace referencia a cualquier proceso por medio del que alguna o varias características de un alumno, de un grupo de estudiantes, de un ambiente educativo, de objetos educativos, de materiales, de profesores, de programas, etcétera reciben la atención del que evalúa, se analizan y se valoran sus características y condiciones en función de unos criterios o puntos de referencia para emitir un juicio relevante para la educación" (p.338).

Evaluar desde la perspectiva constructivista es reflexionar sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje. Radica en proponer y no obstaculizar aprendizajes con sentido y con valor funcional para los alumnos. En general, se parte de la premisa de que evaluar los aprendizajes significa conocer la relación entre las finalidades educativas, las actividades desarrolladas y los resultados del proceso. Se considera que la evaluación no debe confundirse con los mecanismos de calificación ni con los criterios para la acreditación, sino que se le asigna un papel retroalimentador del proceso de enseñanza-aprendizaje (Díaz y Hernández, 2010).

Estas definiciones comparten características tales como: la medición (recoger información), la valoración (comparar los datos obtenidos en la medición con criterios de referencia y niveles estándar). La evaluación es un proceso sistemático, su elemento más característico es la formulación de un juicio de valor sobre el resultado dado por la medición, tiene múltiples objetos de valoración (institucional, estrategias didácticas, recursos, etcétera.) (Fernández, nd). Como puede apreciarse, la evaluación es un aspecto muy amplio que requiere ser trabajado de manera reflexiva para lograr la valoración de los cambios o resultados producidos como consecuencia del proceso educativo.

5.7.1. La evaluación de los contenidos escolares

Tomando en consideración que los contenidos escolares previamente detallados forman parte fundamental de este trabajo, es preciso señalar diversos aspectos sobre la evaluación de cada uno de ellos, a continuación se presentan características de la evaluación de contenidos escolares en un marco constructivista.

5.7.2. Evaluación de contenidos conceptuales

La evaluación del aprendizaje factual tiene las siguientes características (Díaz y Hernández, 2010):

1. La evaluación debe atender a la simple reproducción de la información. La mejor forma de evaluarlos es solicitar a los alumnos que los reconozcan o que los recuerden tal cual fueron aprendidos.

2. Evaluación de “todo o nada”. Los datos y los hechos tan solo pueden o no aprenderse, por lo que su evaluación intentará averiguar si los alumnos saben o no la información requerida de datos o hechos según sea el caso.

3. Evaluación de tipo cuantitativa. La evaluación del conocimiento factual, dado el punto anterior, facilita que se realice la cuantificación al asignar puntos a las respuestas correctas y luego éstas puedan ser contabilizadas.

Los procedimientos que más se utilizan para la evaluación de aprendizajes de carácter factual son las pruebas escritas, orales, de respuesta guiada y de respuesta estructurada.

Por otro lado, la evaluación del aprendizaje de los conocimientos conceptuales requiere el uso de estrategias y de instrumentos más complejos, es decir, evaluar la comprensión o asimilación significativa es mucho más difícil que el simple recuerdo de datos o hechos. La evaluación de conceptos puede realizarse con base en varios tipos de estrategias (Díaz y Hernández, 2010):

•Solicitar la definición intensiva de un concepto o principio. En este caso no se valora la reproducción de la definición del concepto o principio sino su comprensión, de esta manera el alumno se ve comprometido a ir más allá de ellos; por ejemplo, parafraseando la información, buscando ejemplos, añadiendo explicaciones, etcétera.

•Reconocer el significado de un concepto entre varios posibles. Como en los reactivos de opción múltiple donde se parafrasea la opción correcta y el alumno debe identificarla de entre otras posibles.

•Trabajar con ejemplos. En este caso se le puede solicitar explícitamente que proponga ejemplos, conviene solicitar que además añada explicaciones que justifiquen su proceder.

•Relacionar los conceptos con otros de mayor o menor complejidad, lo importante aquí es analizar cualitativamente cómo relaciona los conceptos, tratando de identificar con ello la riqueza semántica de sus propias construcciones.

•Emplear la exposición temática. En este caso, también los conceptos deben ponerse en relación y saber utilizarse en el plano discursivo. Puede solicitarse a través de la construcción de explicaciones escritas o exposición oral.

•Aplicar los conceptos a tareas de solución de problemas. En esta estrategia de evaluación lo que se requiere es que el alumno utilice el concepto o el principio aprendido para solucionar un problema o realizar una aplicación del mismo en forma estratégica. Constituye sin duda una de las formas más completas de evaluar un contenido conceptual porque involucra valorar su uso funcional y flexible.

Para la evaluación del aprendizaje conceptual, lo que se requiere es seguir una aproximación cualitativa, porque se trabaja esencialmente sobre cómo se interpreta el concepto, o cómo se usa en explicaciones y aplicaciones.

Los instrumentos que permiten la evaluación de los contenidos conceptuales son las pruebas objetivas, las pruebas de ensayo o abiertas, la elaboración de resúmenes, el desarrollo de monografías o ensayos, la resolución de tareas de solución de problemas conceptuales, la categorización y organización de la información conceptual por medio de mapas conceptuales o redes semánticas, etcétera.

5.7.3. Evaluación de contenidos procedimentales

Los conocimientos procedimentales se evalúan principalmente a través de la observación de las tareas que realizan los estudiantes en las actividades de la clase (búsqueda de información, utilización de instrumentos, debates, comunicación de resultados, etcétera.), así como mediante la valoración de la documentación que queda por escrito. En estos casos se sugiere que el profesor utilice una plantilla de observación en la cual se reflejen con detalle los aspectos que van a ser evaluados y los datos resultantes (Cordón, 2008).

Paralelamente a los procesos de observación, el profesor deberá analizar con los estudiantes situaciones prácticas experimentales de laboratorio o taller que les permitan complementar, aplicar y transferir el procedimiento a situaciones reales (Ahumada, 2005).

Para evaluar el conocimiento procedimental pueden utilizarse las siguientes estrategias de evaluación (Díaz y Hernández, 2010):

1. Solicitar a los alumnos directamente que nombren los pasos de los procedimientos
2. Solicitar a los alumnos directamente que se refieran a las reglas que rigen el procedimiento o a las condiciones principales que hay que atender para su ejecución.
3. Solicitar que los alumnos expliquen a otros el procedimiento.
4. Observación y seguimiento directo de la ejecución del procedimiento. La observación podrá ser informal o sistematizarse mediante rúbricas, listas de control diseñadas ex profeso para evaluar el procedimiento, y aplicarse durante la enseñanza del mismo, o después de ella, para valorar el grado de apropiación logrado.
5. Plantear tareas que exijan la aplicación flexible de los procedimientos. Se plantearán tareas donde se solicite a los alumnos que utilicen el procedimiento en nuevos contextos de aplicación, valorando el grado de generalización y adaptación logradas.

5.7.4. Evaluación de los contenidos actitudinales

La evaluación de las actitudes dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje es poco común debido a la complejidad que representan este tipo de contenidos; ante esta situación, los instrumentos y técnicas de evaluación tienen que ser de gran nivel de tal forma que permita valorar fielmente la forma en que se expresan las actitudes frente a objetos, personas o situaciones.

Bolívar (1995), propone algunas técnicas e instrumentos para la evaluación de los contenidos actitudinales.

1. Observación directa. Es necesario realizar la planeación y sistematización de la evaluación de estas actitudes de tal forma que se puedan emplear instrumentos como: registro anecdótico, rúbricas, listas de control, escalas de observación, diarios de clase e incluso triangulación (con otros profesores).
2. Cuestionarios e instrumentos de autoinforme. Permite una valoración cuantitativa de las actitudes expresadas en forma verbal, los datos obtenidos pueden ser interpretados bajo escalas de actitudes (ejemplos de escalas: Tipo-Likert, Thurstone y Gutman, *Ex profeso* para valorar las actitudes hacia conocimientos científicos) y de valores (ejemplo, la escala de Rokeach).

3. Análisis del discurso y solución de problemas. Se puede realizar la evaluación a partir de lo que los alumnos opinan o dicen contra lo que hacen dentro del aula de clase. Algunos instrumentos de evaluación son las entrevistas, debates en clase, resolución de dilemas morales, etcétera.

Como puede observarse, la evaluación de los diferentes contenidos es muy compleja por lo que es recomendable aplicar varias técnicas simultáneamente; evidentemente esto implica un alto costo en tiempo y preparación, sin embargo al realizar la evaluación de manera estratégica permitirá valorar eficazmente los contenidos educativos establecidos dentro de las estrategias didácticas.

A continuación y como una propuesta estratégica, se describen tres tipos fundamentales de evaluación que deben llevarse a cabo dentro de una secuencia didáctica para poder realizar un monitoreo y ajuste efectivo del proceso de enseñanza aprendizaje con base en los contenidos educativos mencionados previamente.

5.7.5. Evaluación diagnóstica

La evaluación diagnóstica servirá para la detección de los conocimientos previos de los alumnos. Esta evaluación se realiza previamente al desarrollo de un proceso educativo, cualquiera que éste sea, de manera que se disponga de información útil para adecuar el proceso de docencia al nivel que los alumnos posean en lo relacionado con la temática al iniciar cada fase. Con esta información se decidirá el nivel de profundidad para comenzar el proceso y se podrá optar por las estrategias didácticas más adecuadas para la superación de las dificultades de aprendizaje de los alumnos (Díaz, 2010; CCH 2004).

5.7.6. Evaluación formativa

La evaluación formativa se usará con la finalidad de detectar los avances que el alumno va alcanzando respecto a los aprendizajes establecidos en cada unidad o temática y para juzgar la eficacia de las estrategias y recursos didácticos utilizados. Esta evaluación se realiza concomitantemente con el proceso de enseñanza y aprendizaje por lo que debe considerarse como una parte reguladora y consustancial del proceso. La información obtenida a través de la evaluación formativa permite saber qué y cómo orientar los ajustes a realizar en las estrategias y materiales utilizados, para que los alumnos logren aprendizajes significativos. Interesa conocer la riqueza cualitativa de las relaciones

logradas ante la información nueva y los conocimientos previos así como los errores que cometen los alumnos los cuales lejos de ser sancionados son valorados (Díaz y Hernández, 2010).

5.7.7. Evaluación sumativa

La evaluación sumativa permite valorar el nivel de dominio que los alumnos han alcanzado en relación con los aprendizajes establecidos y si éste es suficiente para abordar con éxito otras temáticas. Esta evaluación se deberá aplicar al concluir cada fase de aprendizaje, que puede ser un tema o la unidad completa, para conformar a lo largo del curso la decisión sobre la calificación de cada uno de los alumnos. Especialmente, la evaluación sumativa provee información que permite derivar conclusiones importantes sobre el grado de éxito y eficacia de la experiencia educativa global emprendida (CCH 2004).

Para lograr que el proceso de enseñanza-aprendizaje muestre al docente resultados significativos en el aprendizaje de los alumnos, es necesario que las evaluaciones mencionadas anteriormente se organicen en función de una planeación clara y coherente de la estrategia y de las actividades involucradas que se llevarán a cabo en determinados momentos de la secuencia y que brindan el punto de partida para la realización de las evaluaciones previamente mencionadas.

Es decir, la evaluación dentro de la planeación didáctica es un aspecto que debe de estar en sincronía con las actividades, recursos, materiales, contenidos, objetivos e interacciones que se desean propiciar y por lo tanto es importante abordarlo de manera específica como un tema de este trabajo en el cual se recuperan los aspectos hasta aquí mencionados.

5.8. Planeación

La planeación es un aspecto fundamental que debe considerar un profesor, implica desarrollar una estrategia sistemática y organizada para planear las lecciones, decidir qué, cómo y por qué se va a enseñar, lo cual dará confianza y funcionará como guía para cubrir los temas más importantes y evitará que se desperdicie tiempo valioso de las clases (Santrock, 2006).

Se requiere hacer planes para distintos lapsos de tiempo, desde una planeación anual hasta una diaria desarrollando cronogramas sistemáticos para los cuales se requiere saber qué se necesita hacer y cuándo es necesario hacerlo (Santrock, 2006). Se sugiere no planear en exceso, se deben desarrollar planes organizados y ponerlos en práctica, pero siendo flexible conforme a las condiciones de desarrollo de las sesiones.

5.9. Estrategias de enseñanza

Las estrategias de enseñanza son procedimientos que el agente de enseñanza utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos en los alumnos. Estas estrategias pueden incluirse al inicio (preinstruccionales), durante (coinstruccionales) o al término (postinstruccionales). Es decir las podemos clasificar con base en su momento de uso y presentación (Díaz y Hernández, 2010; 2002).

5.9.1. Preinstruccionales

Las estrategias preinstruccionales preparan y alertan al estudiante en relación con qué y cómo va a aprender, tratan de incidir en la activación de conocimientos previos y ayudan a la motivación de los alumnos. Se pueden utilizar, entre otras alternativas, enunciación de propósitos o intenciones, cuestionarios, lluvia de ideas, mapas conceptuales, redes semánticas y organizadores previos. (CCH, 2004; Díaz y Hernández, 2002).

5.9.2. Coinstruccionales

Las estrategias coinstruccionales se centran en el aprendizaje de conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores, a través de un proceso continuo de análisis y síntesis de nueva información sobre el objeto de estudio o problema planteado. Por medio de estas actividades, los alumnos no solo obtendrán nueva información, sino que además, éstas se relacionarán con las ya obtenidas para su reformulación. Se pueden llevar a cabo, entre otras, revisiones bibliográficas, comentarios de textos, resúmenes, analogías, cuadros sinópticos, esquemas, modelos, resolución de problemas, mapas conceptuales, diseño y realización de prácticas, experimentos e investigaciones, redacción y presentación de informes, cuya dificultad deberá graduarse a lo largo de las temáticas del curso y de acuerdo con sus requerimientos de habilidades y manejo de conceptos (CCH, 2004).

5.9.3. Posinstruccionales

Estrategias posinstruccionales. Las actividades de cierre permitirán a los alumnos formar una visión sintética, integradora e incluso crítica del material estudiado, transferir sus aprendizajes a otros contextos y reorganizar su propio esquema referencial a partir de las nuevas síntesis realizadas en la reestructuración del problema objeto de estudio. También promoverán una mayor participación del alumno en su propio proceso de aprendizaje, ya que le brindarán la oportunidad de cuestionar sus esquemas de conocimiento inicial, la introducción de nuevos elementos y el establecimiento de nuevas relaciones. Se puede aplicar la elaboración de mapas conceptuales, redes semánticas, resúmenes finales y ensayos (CCH, 2004; Díaz y Hernández, 2010).

En su conjunto, las actividades deberán estar encaminadas a que el alumno aprenda a aprender, aprenda a hacer, aprenda a ser y aprenda a convivir, lo que contribuirá a formar alumnos críticos y creativos, capaces de generar sus propias estrategias de razonamiento y aprendizaje para la construcción del conocimiento (CCH, 2004).

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Diseñar y aplicar una estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el análisis y discusión de casos para el aprendizaje de los temas “replicación, transcripción y traducción del DNA” para el programa de Biología del Bachillerato.

6.2. Objetivos específicos

- Seleccionar casos y elaborar material de estudio de casos relacionados con los temas de replicación, transcripción y traducción del DNA.
- Elaborar una prueba de opción múltiple para evaluar el aprendizaje de los contenidos conceptuales de los temas mencionados.
- Formular un cuestionario de preguntas abiertas para evaluar la capacidad de análisis, comprensión, exposición y organización de ideas respecto a los temas replicación, transcripción y traducción del DNA.
- Realizar un recurso digital a través de imágenes para complementar y profundizar desde una perspectiva visual los temas enunciados en el caso de estudio.
- Promover en los estudiantes el trabajo colaborativo a través de la elaboración de carteles para desarrollar y compartir puntos de vista alternativos, los cuales evidencien la formación de conocimientos.
- Integrar los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales dentro de una discusión de caso grupal para promover el diálogo, la toma de decisiones y la solución de problemas.
- Evaluar la estrategia propuesta a través de instrumentos de evaluación para cada recurso didáctico empleado.

7. METODOLOGÍA

7.1. Institución

La institución en la cual se aplicó la estrategia de enseñanza aprendizaje fue el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Oriente de la UNAM. Cabe destacar que las finalidades que persigue dicha institución son compatibles con el enfoque constructivista con el cual se desarrolló la presente estrategia didáctica, dentro de éstas, se pretende que los alumnos, además de incorporar los elementos necesarios para que accedan con éxito a estudios superiores, adquieran mejores explicaciones acerca de los fenómenos naturales; es decir, que desarrollen una cultura biológica básica. Asimismo, se procura incidir en los tres ámbitos de formación: conceptos, procedimientos y actitudes, para que como ciudadanos no solo adquieran conocimientos relativos a esta disciplina sino que en su manera de proceder y actuar demuestren una actitud responsable y de respeto hacia los seres vivos y el ambiente (UNAM, 2008).

7.2. Ubicación del contenido disciplinar: replicación, transcripción y traducción del DNA, en el mapa curricular y programa escolar del CCH

Los temas de replicación, transcripción y traducción del DNA se encuentran ubicados como contenido disciplinar de acuerdo al programa vigente del CCH, dentro de los subtemas: *“Replicación del ADN: aspectos generales e importancia”* y *“síntesis de proteínas: aspectos generales de la transcripción y traducción del ADN, e importancia”*, estos subtemas, se encuentran dentro del tema II *“Procesos de conservación”* en la segunda unidad titulada *“¿Cómo se lleva a cabo la regulación, conservación y reproducción de los sistemas vivos?”* del programa escolar de Biología I del CCH que se imparte en el 3er semestre, los aprendizajes establecidos en este programa con respecto a este tema hacen referencia a que el alumno comprenda la importancia de los procesos de regulación, conservación y reproducción como parte de lo que requiere un sistema para mantenerse vivo y perpetuarse, como parte del plan curricular de la Escuela Nacional del Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCH) (CCH, 2004).

7.3. Temas antecedentes y consecuentes al contenido a desarrollar en la presente propuesta didáctica

Tomando en cuenta que los alumnos de tercer semestre del CCH tienen su último encuentro directo con la enseñanza de la Biología en la secundaria, es preciso señalar que dentro de los programas de secundaria en el área de ciencias, la Biología es impartida en 1er año. De acuerdo a los propios objetivos y contenidos en estos programas, los alumnos al egresar deben poder identificar la unidad y diversidad de la vida con base en el análisis comparativo de las funciones vitales, que les permiten reconocerse como parte de la biodiversidad resultante del proceso de evolución, identificándolo a partir de los procesos de nutrición, respiración y reproducción. En relación con la perspectiva evolutiva, y de particular interés como referencia al tema que se propone en este estudio, en la secundaria se aborda el tema de la herencia biológica, destacando la relación entre cromosomas, genes y DNA, reconociendo de esta manera que la manipulación genética se actualiza de manera permanente y dependen de la sociedad en que se desarrollan (SEP, 2011).

Posteriormente, al cursar Biología I y de acuerdo a lo establecido en los aprendizajes del programa del CCH, los temas previos al estudio de la replicación, transcripción y traducción deben permitir a los alumnos explicar cómo se construyó la teoría celular, reconocer la importancia de las biomoléculas en el funcionamiento de las células, relacionar las estructuras celulares con sus funciones y finalmente, comprender que la célula es la unidad estructural y funcional de los sistemas vivos (CCH, 2004).

Por otro lado, se espera que posterior a la aplicación de la presente estrategia didáctica, los alumnos incorporen los conocimientos fundamentales de la temática, de tal forma que puedan abordar con mayor facilidad los temas que se establecen a continuación de la replicación, transcripción y traducción del DNA en el programa de Biología I, tales como, procesos de reproducción que involucra el estudio del ciclo celular, fases e importancia, así como aspectos generales de la reproducción asexual y sexual; los mecanismos de la herencia y la ingeniería genética y sus aplicaciones.

Lo mencionado anteriormente plantea que los estudiantes al comenzar a estudiar los temas de replicación, transcripción y traducción del DNA, cuentan con los conceptos básicos para comprender los temas más fácilmente y una vez que los alumnos logran

integrarlo en su estructura cognitiva servirán como base para la construcción de los conocimientos que integran los nuevos contenidos que están en los programas de Biología del CCH.

7.4. Población estudiantil

Se trabajó con dos grupos de alumnos del CCH plantel Oriente del turno vespertino, durante el ciclo escolar 2013-1, a ambos grupos se aplicó la estrategia de enseñanza-aprendizaje, los grupos fueron seleccionados con apoyo de la coordinación del plantel con la petición de que ambos estuvieran a cargo del mismo profesor y por revisar los temas que corresponden al presente estudio. Se contactó al profesor supervisor con el que se acordó y explicitó la estrategia didáctica propuesta y las condiciones de trabajo respecto al tiempo necesario para la aplicación de la secuencia que involucró actividades, recursos y materiales didácticos.

Se considera como grupo 1 al que cursó la materia en un horario de 17:00-19:00h los días lunes y miércoles y de 17:00-18:00h los días viernes (integrado por 22 alumnos). El grupo 2 tenía un horario de 19:00-21:00h los días lunes y miércoles y 18:00-19:00 los viernes (integrado por 24 alumnos).

7.5. Encuesta de datos generales de los alumnos

Se diseñó una encuesta de datos generales de 10 reactivos, con la finalidad de conocer las características generales de los alumnos de los grupos con los cuales se trabajó y en caso necesario dependiendo de los resultados realizar una discusión más profunda con base en las características de la población. El contenido de dichos reactivos hace referencia a su nombre, género, edad, semestre que cursan o cursan, escuela de procedencia (con opciones pública o privada), si cuentan con un trabajo además de estudiar, estado de procedencia, delegación de vivienda actual, tiempo de traslado de la casa a la escuela y tiempo promedio que pasan frente al televisor (ver anexo 1).

7.6. Cuestionario de opción múltiple

Para poder realizar una evaluación objetiva de conocimientos conceptuales de manera cuantitativa, se diseñó un cuestionario de opción múltiple con base en los lineamientos generales para la elaboración de reactivos (DGEE-SE, nd).

La evaluación consistió en 10 reactivos que incluyeron contenidos conceptuales que forman la base para la comprensión conjunta de los procesos de replicación, transcripción y traducción del DNA (ver anexo 2).

Los conceptos y/o temas abordados en el cuestionario de opción múltiple son los siguientes:

- Estructura de un nucleótido
- Estructura del DNA
- Información hereditaria
- Gen
- Replicación
- Función de la replicación
- Complementariedad de bases
- Transcripción y RNA mensajero
- Traducción y proteínas

El cuestionario de opción múltiple se aplicó en tres tiempos los cuales corresponden a una evaluación diagnóstica para conocer el dominio de dichos conceptos antes de aplicar la estrategia didáctica, al finalizarla para identificar si existían cambios conceptuales con respecto a los contenidos estudiados y finalmente posterior a tres meses para evaluar los aprendizajes significativos.

7.7. Elaboración del caso “Músculos, mutaciones y miostatina”

Para llevar a cabo el estudio de casos, se seleccionó un caso de tipo interpretativo que dadas sus características permite desarrollar los tres tipos de contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales).

El caso “Músculos, mutaciones y miostatina” abarca una amplia variedad de conceptos que incluyen los de interés para este estudio, la replicación, transcripción y traducción del DNA, además de que existe una marcada relación con aspectos que son parte de la vida cotidiana de los estudiantes.

Es importante señalar que en la etapa de la adolescencia que están atravesando los estudiantes surgen gran cantidad de intereses, dentro de ellos aquellos que tienen que

ver con la apariencia física; en este sentido, los medios de comunicación tienen un papel muy importante al presentar en gran parte de su programación modelos de tipo fisicoculturistas que los adolescentes tienden a imitar. Es por este vínculo y las características mencionadas anteriormente que se eligió el presente caso además de que atrae mucho la atención de los jóvenes y genera dilemas, polémicas y controversias al respecto de la información que brinda, lo cual promueve que los alumnos lleven información científica de las aulas a otros contextos en los que se desarrollan promoviendo aprendizajes significativos.

El texto se elaboró a partir de fragmentos extraídos y modificados del libro “Biología. La vida en la tierra con fisiología” (Audesirk *et al.*, 2012), (ver anexo 3).

7.8. Cuestionario de preguntas abiertas

Con la finalidad de apreciar de manera cualitativa la comprensión de los conceptos de los temas de este estudio, se aplicó un cuestionario de preguntas abiertas en el cual los alumnos pudieran expresar sus respuestas de acuerdo con su capacidad de análisis, comprensión, exposición y organización de ideas.

Este cuestionario fue aplicado como una prueba diagnóstica y final (ver anexos 4 y 9). Se evaluó a través de una rúbrica analítica para respuestas abiertas, con la cual se asignaron niveles (Nivel 0-3) que van de respuestas nulas a excelentes de acuerdo con las características de las respuestas dadas (ver anexo 5), (Gatica y Uribarren, 2012).

Es importante mencionar que el cuestionario de evaluación diagnóstica se diseñó con base en el caso “músculos, mutaciones y miostatina” antes mencionado porque éste fungió como activador de conocimientos previos, de esta manera las respuestas nos brindarían un panorama más amplio sobre la habilidad de análisis, interpretación de textos y estructuración de respuestas de los estudiantes.

7.9. Exposición de los temas a través de imágenes multimedia

Tomando en consideración que las imágenes son una forma de comunicación que pueden ser complementarias a un texto y que además permiten conceptualizar a partir de modelos (Perales, 2002). Se realizó una exposición del tema con diapositivas las cuales contenían fundamentalmente imágenes sobre los conceptos abordados en el texto del

caso de estudio presentado. Las diapositivas tuvieron la finalidad de interesar a los alumnos en la indagación y profundización en el caso de estudio, de tal forma que se promoviera la construcción de conocimientos conceptuales y procedimentales así como actitudes positivas hacia las ciencias (Pró, 2003).

Al respecto se ilustraron aquellos conceptos básicos en torno al DNA que son fundamentales para la comprensión de temas de mayor complejidad como los que competen a este trabajo y se fueron vinculando a cada paso con el caso de estudio.

7.9.1. Descripción de la exposición a través de imágenes

A continuación se describe de manera general la presentación de imágenes con diapositivas. Se elaboraron 14 diapositivas, dentro de ellas se presenta el tema de estudio y el objetivo (1), posteriormente se explicita una estructura conceptual que orienta a los estudiantes sobre aquellos conceptos de particular interés (2), en una siguiente se ubica de manera espacial al DNA dentro de los niveles de organización desde átomo a individuo (3) y se procede a presentar a manera de introducción los conceptos en torno a los temas de estudio (4), posteriormente se comienza el vínculo directo con el caso de estudio al explicitar brevemente la diferenciación de las células premusculares, en ambos casos, con mutación y sin ella (5), a continuación se adentra con la estructura del DNA (6), que permite proseguir a explicar conceptos como gen, alelo y cromosoma (7), que dan pie a la presentación de los mecanismos involucrados en el proceso gen-proteína (8), comenzando con la replicación del DNA (9 y 10), después la transcripción y finalmente la traducción o síntesis de proteínas (11 y 12), es importante señalar que el desarrollo de cada proceso estuvo directamente relacionado con el gen de la miostatina por lo que para concluir la presentación se muestra el resultado final de los procesos en conjunto como una proteína regular o con mutación (13) y por lo tanto los diferentes fenotipos observados en el caso de estudio del toro Belgian Blue (14) (Anexo 6).

7.10. Elaboración de carteles

La enseñanza-aprendizaje con base en el constructivismo tiene como uno de sus principios el manejo de la información en diversas formas, ante ello y posterior a la presentación de los contenidos en forma de texto y de imágenes, se solicitó a los estudiantes la elaboración de carteles en equipos de trabajo. Para ello, se dieron las indicaciones correspondientes sobre el contenido que debía abordar el cartel y se sugirió

emplear principalmente imágenes complementadas con textos claves que les facilitara la exposición del cartel.

El contenido involucró la relación de conceptos como DNA, nucleótidos, gen, replicación, transcripción y traducción del DNA con el caso de estudio “músculos, mutaciones y miostatina”. Finalmente debían establecer el producto obtenido a partir de la condición en la que describen al gen miostatina, es decir bajo una mutación por delección en el gen concluirían con la proteína no funcional y por lo tanto el fenotipo de un toro musculoso o por el contrario un toro con fenotipo regular.

Los carteles fueron evaluados a través de una rúbrica analítica en la cual se establecieron diversos criterios a evaluar bajo distintas categorías con respecto a los diferentes contenidos escolares (Anexo 7).

7.11. Elaboración del caso miostatina mutada en humanos y diseño de la problemática

Se utilizó un estudio de caso de tipo evaluativo que a partir de su descripción y explicación, orienta a la formulación de juicios de valor y toma de decisiones. El caso “miostatina mutada en humanos” se elaboró con base en un caso real que ocurrió en Alemania y se encuentra reportado en el estudio realizado por Markus *et al.*, (2004) (Anexo 8).

La problemática se diseñó tomando un tema que es de interés para los jóvenes como lo son las competencias deportivas. El problema hace referencia a la oportunidad que tiene el niño con miostatina mutada (caso de estudio) de participar dentro de una competencia deportiva que dada su condición genética y física le da ventajas de ganar sobre los otros competidores (ver Anexo 8).

7.12. Discusión grupal del caso

Con el empleo de los recursos didácticos descritos previamente se realizó un estudio de casos, es decir, las diferentes formas en las que se presentó y manejó la información favoreció el aprendizaje de contenidos que permiten una comprensión total del caso, este manejo de la información permitió a la estrategia didáctica integrar de manera global los

contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales dentro de una discusión del caso de manera grupal.

La discusión grupal del caso se llevó a cabo de la siguiente manera:

1. Se organizó a los alumnos en equipos de trabajo.
2. Dentro del equipo de trabajo se asignaron al azar diferentes roles dentro de la problemática que previamente se habían descrito (niños con mutación, padres de niño con mutación, competidores regulares, padres de niños regulares y especialistas en genética).
3. Se solicitó a los alumnos que con base en el rol asignado tomaran una postura a favor o en contra respecto a la problemática presentada y la argumentaran con base en conocimiento científico.
4. Nuevamente se formaron equipos integrados por los alumnos con el mismo rol para que intercambiaran, a través de trabajo colaborativo, sus puntos de vista respecto a su papel en el caso.
5. Se pidió que en equipo formularan argumentos para defender su postura dentro de la discusión, tomando en consideración las posturas de los diferentes roles.
6. Finalmente se solicitó que establecieran posibles conclusiones para resolver el caso y que les permitiera tomar decisiones con base en conocimientos científicos.
7. Se procedió a la discusión grupal del caso. El papel de la docente fue moderadora y guía de la discusión que permitiera que los alumnos llegaran a posibles conclusiones vinculadas directamente con el conocimiento científico.

7.13. Análisis estadístico

Para analizar si existía diferencia estadística significativa entre los resultados obtenidos en el promedio de calificación de los dos grupos con respecto a los tres tiempos de aplicación, se empleó una prueba “t de student” de muestra independiente de distinto tamaño, $p < 0.05$.

Por otro lado, para evidenciar un cambio estadístico significativo entre los promedios de calificación obtenidos en el cuestionario de opción múltiple con respecto a la evaluación diagnóstica contra las dos aplicaciones posteriores y entre estas dos últimas, se empleó una prueba “t de student” de una muestra dependiente “antes y después” $p < 0.05$. La

misma prueba se aplicó a los resultados obtenidos en el cuestionario de respuestas abiertas entre la prueba diagnóstica y la final.

Finalmente, para conocer si existía un cambio estadístico significativo entre los tres tiempos de aplicación sobre el porcentaje de aciertos obtenidos a cada una de las preguntas del cuestionario de opción múltiple se utilizó la prueba de McNemar que corresponde al tipo de pruebas “antes-después” $p < 0.05$.

7.14. Diseño de la secuencia didáctica

7.14.1. Objetivos

Al finalizar la estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el análisis y discusión de casos, el alumno:

- Explicará los procesos de replicación, transcripción y traducción del DNA y los relacionará con casos sobre mutaciones genéticas.
- Inferirá que los sistemas vivos se mantienen debido a que el DNA tiene la capacidad de replicar su información y transcribirla para que se traduzca en proteínas.
- Expondrá sus valores respecto a una problemática de la vida cotidiana con base en argumentos con conocimientos científicos.
- Argumentará y tomará decisiones con bases científicas defendiendo una postura frente a una problemática de la vida cotidiana.

7.14.2. Sistematización

Dos sesiones de 120min y 1 sesión de 1h

7.14.3. Contenidos

Conceptuales:

DNA	Replicación	Transcripción
Gen	Nucleótidos	Traducción
RNA mensajero	Alelo	Cromosoma
Mutación		

Actitudinales:

Actitudes relacionadas con la enseñanza/aprendizaje de la ciencia

Actitudes relacionadas con las interacciones entre la sociedad y la ciencia

Actitudes relacionadas con el conocimiento científico y técnico

Procedimentales:

Destrezas técnicas

Destrezas básicas

Destrezas de investigación

Destrezas comunicativas

7.14.4. Planeación por sesiones

Sesión 1

Objetivos

El alumno conocerá el plan de trabajo incluyendo la forma de evaluación para el desarrollo de la temática.

El alumno identificará los conceptos que se desarrollarán durante la propuesta didáctica.

Apertura

Presentación de la profesora, los alumnos, las normas de la clase, la estructura de la estrategia, la evaluación y el tema.

Los alumnos contestarán una encuesta para conocer los datos generales de la población estudiantil.

Desarrollo

Resolución de cuestionario de opción múltiple (evaluación diagnóstica).

Realización de la lectura “Músculos, mutaciones y miostatina” y resolución del cuestionario de preguntas abiertas con base en la lectura y sus conocimientos previos.

Organización de los alumnos en equipos para discutir las respuestas del cuestionario y establecimiento por parte de los equipos de un listado de conceptos genéticos resultado de sus respuestas.

Cierre

La profesora dirige una discusión guiada para la elaboración de un organizador avanzado en el pizarrón con ayuda de los alumnos sobre los conceptos que se desarrollarán en las siguientes sesiones de clase, de tal manera que las respuestas dadas al cuestionario queden sustentadas científicamente después del desarrollo de los conceptos. La organización de la información permitirá tener presente los temas que deberán abordar con mayor precisión y a los estudiantes conocer a profundidad los contenidos de las sesiones.

Evaluación

Datos de la encuesta

Resolución a las preguntas del cuestionario de opción múltiple y cuestionario de preguntas abiertas (diagnóstica).

Material didáctico

Hojas blancas, marcadores, encuesta de datos generales (anexo1), cuestionario de evaluación diagnóstica de opción múltiple (anexo 2), lectura “Músculos, mutaciones y miostatina” (anexo 3), cuestionario de evaluación diagnóstica de preguntas abiertas (anexo 4) y rúbrica de evaluación de cuestionario de preguntas abiertas (anexo 5).

Sesión 2

Objetivo

El alumno conocerá los procesos de replicación, transcripción y traducción del DNA así como los conceptos fundamentales para lograr la comprensión de dichos temas y los relacionará con casos de mutaciones genéticas.

Apertura

Presentación de objetivos y estructura de la sesión.

La profesora retomará los conceptos de la sesión anterior (organizador avanzado) como punto de partida y orientación para los alumnos sobre los temas que se abordarán en el desarrollo de la sesión.

Desarrollo

Exposición de los temas “replicación, transcripción y traducción del ADN”

La presentación de los temas se llevará a cabo con una presentación multimedia a través de imágenes (ver anexo con base en el caso de miostatina mutada en belgian blue, galgos y ratones, se pretende que el alumno relacione dichos temas con situaciones reales, para lo cual se pedirá a los alumnos constantemente que realicen observaciones respecto a los casos y los temas presentados.

Actividad de reforzamiento de conceptos, trabajo colaborativo

El alumno realizará en trabajo colaborativo, un cartel en el que establezcan los procesos y conceptos presentados en la sesión, tomando como ejemplo la síntesis de la proteína miostatina y finalmente se llevara a cabo la exposición de carteles al grupo.

Cierre

Retroalimentación grupal dirigida con respecto a los conceptos identificados en la actividad y destacando la importancia de cada uno de estos en forma de resumen.

Evaluación

Monitoreo: Resolución de preguntas por parte de los alumnos durante la exposición.
Presentación y explicación de los carteles haciendo énfasis en los conceptos analizados con relación al caso de miostatina mutada.
Desempeño actitudinal y procedimental durante la elaboración de carteles.

Material didáctico

Exposición de los temas a través de imágenes en diapositivas, pliegos de papel bond, plumones, crayolas, etcétera, y rúbrica para la evaluación de carteles (Anexo 7).

Sesión 3

Objetivos

El alumno comprenderá que los sistemas vivos se mantienen debido a que el DNA tiene la capacidad de replicar su información y transcribirla para que se traduzca en proteínas.

El alumno expondrá y aplicará sus valores dentro de una discusión de caso grupal respecto a una problemática de la vida cotidiana con base en argumentos con conocimientos científicos.

Argumentará y tomará decisiones con bases científicas defendiendo una postura frente a una problemática.

Apertura: Presentación de objetivos y estructura de la sesión.

Desarrollo

Se analizará el caso de la miostatina mutada en humanos así como de la problemática y las instrucciones para desarrollar la discusión del caso.

Conformación de equipos de trabajo y reparto al azar de roles.

El alumno tomará una postura referente a su papel en la problemática establecida y la defenderá considerando los procesos y conceptos científicos estudiados en las sesiones previas.

El alumno discutirá su postura con los compañeros que tienen el mismo rol y establecerán conclusiones que defenderán frente al grupo.

Discusión grupal del caso y problemática, los alumnos expondrán sus argumentos de manera ordenada y se retomarán los conceptos principales del tema, el papel de la profesora es de moderadora de la discusión.

Cierre

Establecimiento de conclusiones, cierre de discusión de caso y resolución del cuestionario de evaluación final

Evaluación

Discusión del caso miostatina mutada en humanos.

Material didáctico

Lectura del caso miostatina en humanos con problema (Anexo 8), rúbrica de evaluación del análisis y discusión de casos grupal (Anexo 9), cuestionario de evaluación final de respuestas abiertas (Anexo 10).

8. RESULTADOS

8.1. Caracterización general de la población de estudiantes

Los datos obtenidos en la encuesta realizada a los alumnos de los dos grupos a los cuales se aplicó la estrategia didáctica de la presente tesis serán presentados a continuación como una sola población y por pregunta.

De un total de 46 alumnos el 46% son mujeres y el 54% hombres, en general se puede decir que en los dos grupos el número de alumnos hombres y mujeres se presentaron en proporciones prácticamente iguales (Gráfica 1).

Dentro de los grupos, las edades van de los 15 a los 25 años, sin embargo, como se muestra en la gráfica, la edad de la mayoría es de 16 años (63%), siguiendo los de 17 años (13%) y las demás edades en menor proporción (Gráfica 2).

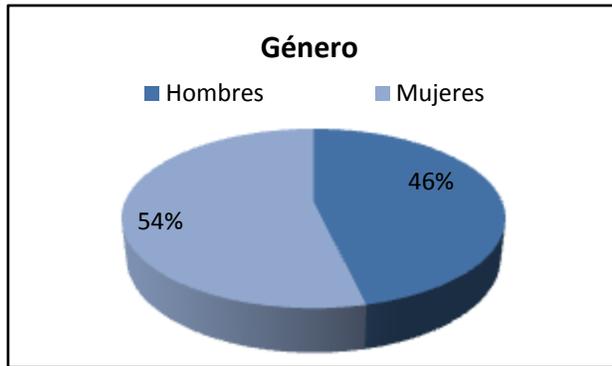
Respecto al semestre al que se encuentran inscritos, de los 46 alumnos 42 son alumnos regulares lo que equivale al 91 % y 4 (9%) se encuentran recursando la materia (Gráfica 3). La escuela de procedencia de 44 alumnos (96%) es pública lo cual es muy contrastante con solo 2 alumnos (4%) que vienen de una escuela privada (Gráfica 4).

Es importante destacar que dentro de la población de estudiantes, el 30% trabajan además de estudiar y el 70% restante no trabajan (lo cual equivale a 14 y 32 alumnos respectivamente) (Gráfica 5). Por otro lado, 24 son originarios del Distrito Federal, 19 del estado de México, 2 de Michoacán y 1 de Veracruz. (Gráfica 6).

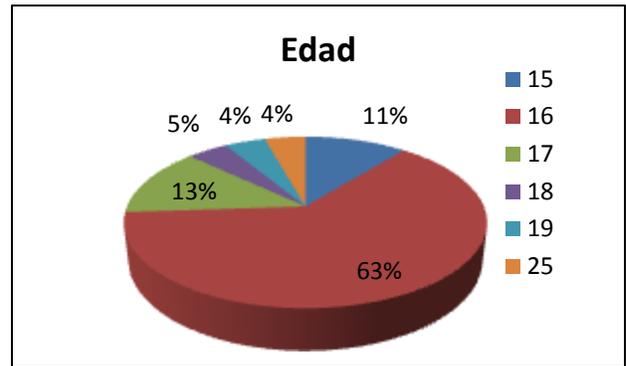
El lugar de residencia es variable, sin embargo, la mayoría se concentra en delegaciones y municipios aledaños al CCH Oriente como lo es la delegación Iztapalapa con un 39% y el municipio de Nezahualcóyotl con el 24% (Gráfica 7).

La mayoría de los alumnos viven relativamente cerca del plantel por lo que ellos hacen un recorrido de 20 a 60 minutos en contraste con los que hacen hasta 120 minutos (Gráfica 8).

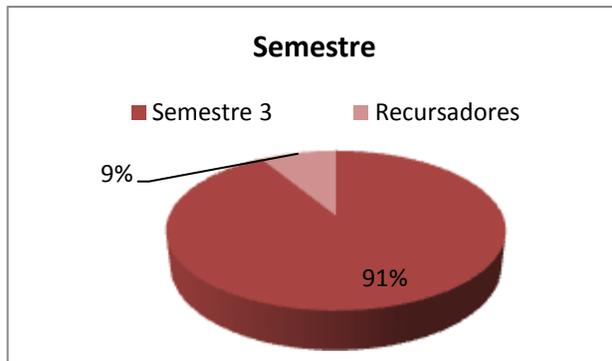
De acuerdo con los resultados obtenidos en esta cuestión, se puede decir que el televisor no es el centro de atención para la población de estudiantes a los que se aplicó la estrategia didáctica ya que un 72% menciona estar frente al televisor de 0 a 7 horas a la semana lo cual como máximo implica 1 hora diaria (Gráfica 9).



Gráfica 1. Porcentaje de alumnos de cada género.



Gráfica 2. Porcentaje de alumnos en cada edad reportada.



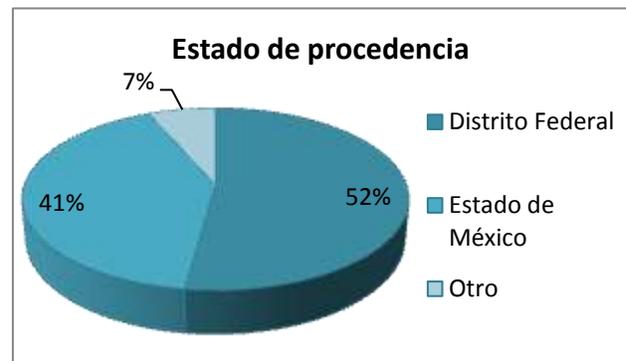
Gráfica 3. Porcentaje de alumnos que se encuentran recurriendo el tercer semestre.



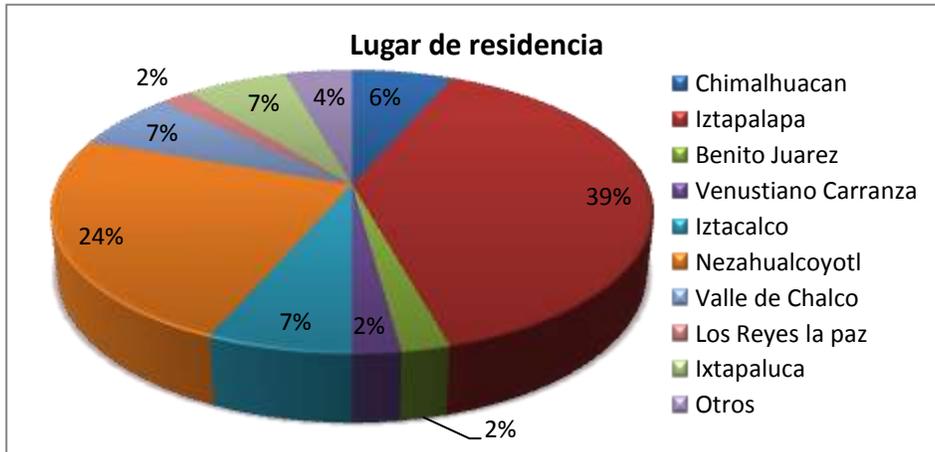
Gráfica 4. Porcentaje de alumnos por escuela de procedencia.



Gráfica 5. Porcentaje de alumnos que trabajan además de estudiar.



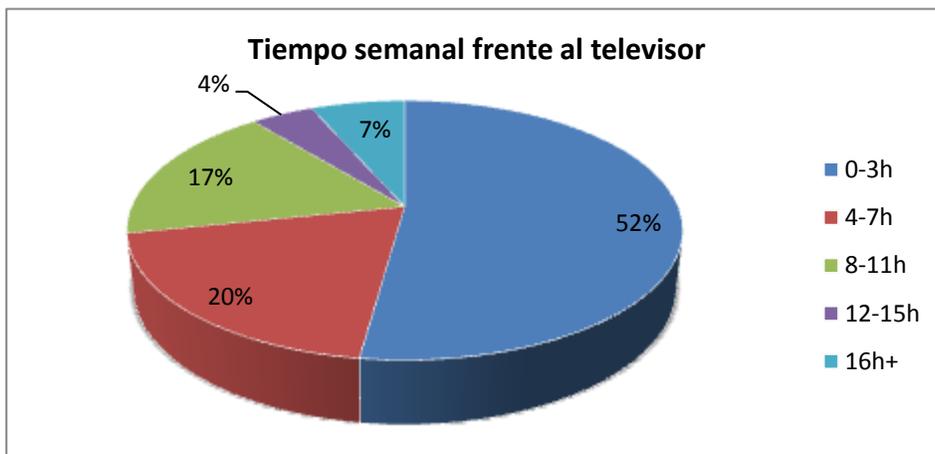
Gráfica 6. Porcentaje de alumnos por estado de procedencia.



Gráfica 7. Porcentaje de alumnos por lugar de residencia.



Gráfica 8. Porcentaje de alumnos por rango de tiempo de traslado desde su vivienda a la escuela.



Gráfica 9. Porcentaje de alumnos por rango de tiempo que dedican al televisor.

8.2. Cuestionario de opción múltiple

A continuación se detallan los resultados obtenidos en el cuestionario de opción múltiple el cual funcionó como un instrumento de evaluación en tres tiempos: diagnóstico, al finalizar la aplicación de la propuesta didáctica y posterior a 3 meses, estos tres tiempos se presentaran como tiempo 1, tiempo 2 y tiempo 3 respectivamente.

La calificación promedio que obtuvo el grupo 1 (G1) en el tiempo 1 fue de 4.04, en el tiempo 2 de 7.18 y en el tiempo 3 de 6.3, por otro lado, en el grupo 2 (G2) se obtuvo en el tiempo 1 un promedio de 3.90, en el tiempo 2 llegaron a 7.08 y en el tiempo 3 disminuyó a 5.81 (Figura 3).

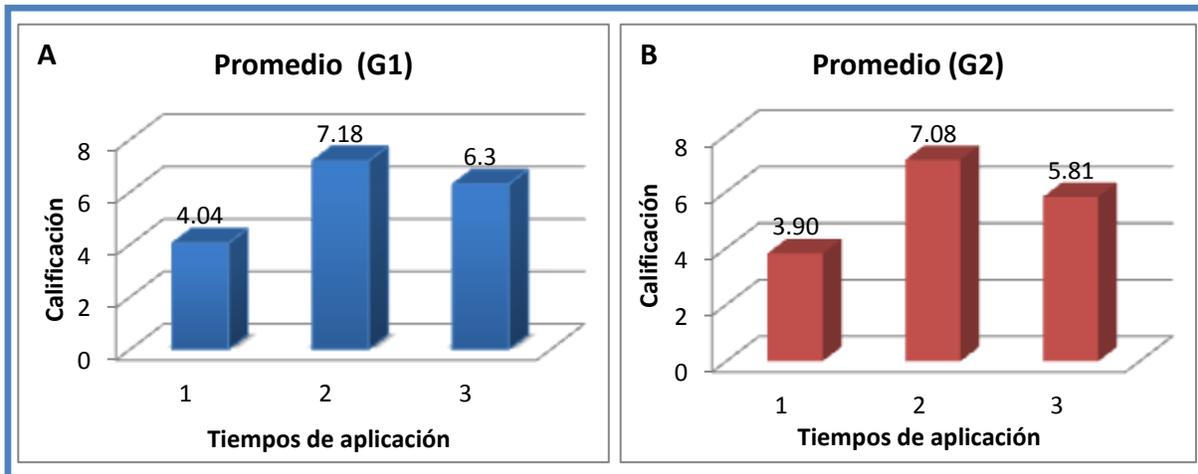


Figura 3. Promedio de calificaciones obtenidas del cuestionario de opción múltiple en los tiempos de evaluación diagnóstica, al finalizar la aplicación de la secuencia didáctica y posterior a tres meses. (T1, T2 y T3 respectivamente). **A)** Resultados obtenidos en el grupo 1. **B)** Resultados obtenidos en el grupo 2

Como se observa en las gráficas el promedio de calificación se comporta de manera similar en los dos grupos, por lo cual se procedió a analizar si existía diferencia estadística significativa que permitiera analizar los datos como una sola muestra. Los resultados obtenidos a partir de una prueba "t de student" permiten constatar que efectivamente los promedios de las calificaciones obtenidas en los tres tiempos para ambos grupos se comportaron de la misma forma.

Al analizar los datos como una sola muestra, los resultados obtenidos de las calificaciones para el tiempo 1, 2 y 3 son de 3.97, 7.09 y 6.02 respectivamente, de tal manera que del tiempo 1 al tiempo 2 existe un aumento favorable en el promedio de calificación de un

31.2%, el cual presenta un decremento de solo 10.7% posterior a tres meses. Estos datos son el resultado de cada una de las calificaciones obtenidas de los cuestionarios de opción múltiple de 42 alumnos en los tres tiempos (Figura 4).

Posteriormente se procedió a analizar los promedios de calificación entre los tres tiempos de aplicación del cuestionario de opción múltiple para conocer si existían diferencias estadísticas significativas mediante una prueba *t de student* de una muestra “antes y después”.

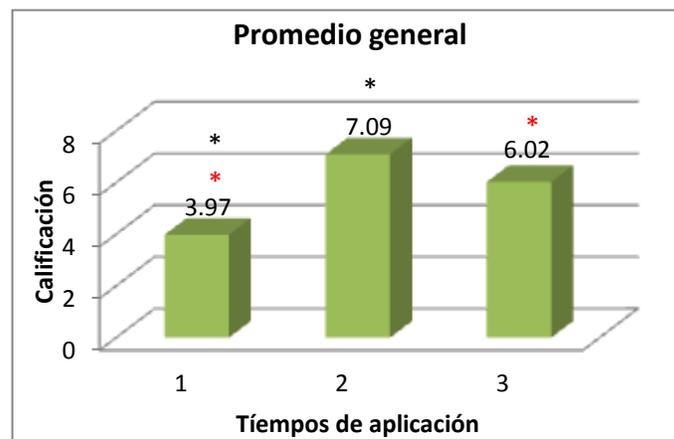


Figura 4. Promedio de calificación general obtenida de la unión de promedios de calificación de los dos grupos en los tres diferentes tiempos de aplicación. * $P < 0.05$ T1 vs T2; * $P < 0.05$ T1 vs T3.

8.3. Datos de cada pregunta

Para conocer cómo había sido el comportamiento del porcentaje de alumnos que contestaron correctamente en los tres tiempos de evaluación para cada una de las preguntas se procedió a graficar los datos obtenidos. Por otro lado se realizó una prueba McNemar para conocer si entre los resultados obtenidos en los tres tiempos de aplicación de cada pregunta existía un cambio estadísticamente significativo. A continuación se describen los resultados obtenidos en cada una de estas preguntas para cada grupo, para una mayor apreciación se presentan en la tabla 1, y en la figura 5 se detalla de manera grafica para observar el comportamiento del porcentaje de aciertos obtenidos en cada pregunta en los tres tiempos de aplicación del cuestionario de opción múltiple por parte del grupo 1 que serán descritos a continuación.

En la pregunta No. 1 se encontró que en el tiempo correspondiente a la evaluación diagnóstica se obtuvo un porcentaje de alumnos de 76.1 que contestó correctamente el cual aumentó en el T2 un 9% alcanzando un porcentaje de 85% y en el tiempo 3 aumentó todavía más hasta un 95%.

En la cuestión No. 2 el porcentaje de alumnos que acertaron en el tiempo 1 es de 76.1, el cual en el tiempo 2 incrementó hasta un 95% pero disminuyó a 50% en el tiempo 3.

En el reactivo No. 3 se observó que en los resultados del cuestionario diagnóstico el 52.38% de los alumnos acertó pero disminuyó en las aplicaciones posteriores a 45% en T2 y 20% en T3.

En la interrogante No. 4 se encontró un incremento importante en el porcentaje de alumnos que contestaron adecuadamente que va de un 9.52% en T1 hasta un 55% en T2 lo cual de acuerdo a la prueba estadística y de manera muy evidente presenta una diferencia estadística significativa, la cual no se mantiene en el tiempo 3 con un porcentaje de 35%.

En el cuestionamiento No. 5 se observó un fenómeno previamente descrito en la pregunta uno en la cual acertaron el 66% de alumnos en T1, aumenta a 80% en T2 e incrementa aún más en T3 hasta un 90%.

En la pregunta No. 6 se presentó un porcentaje de 57.1 en T1 que aumentó de manera considerable en T2 hasta un 85% y decreció solo un 10% en T3 quedando este porcentaje en 75%.

En la pregunta No. 7 se encontró en T1 un bajo porcentaje de alumnos que acertaron (9.52) el cual de manera interesante incrementó en las dos evaluaciones posteriores a 45 y 60% en T2 y T3 respectivamente.

En la interrogante No. 8 se obtuvo un 42.8% en T1, porcentaje que aumentó a 70% en T2 e incrementó un poco más en la evaluación posterior a 3 meses hasta 75%.

En la pregunta No. 9 de manera muy evidente se observó que hay un incremento muy importante que va de 4.76 en T1 hasta un 65% en T2 y T3 y este comportamiento

presenta una diferencia estadística significativa entre el porcentaje obtenido en T1 con los dos subsecuentes tiempos de aplicación.

En el reactivo No. 10 se observó de manera similar a la pregunta anterior que hay un cambio estadísticamente significativo entre el porcentaje de alumnos que acertaron de 9.52 obtenido en la evaluación diagnóstica y el T2 con un 85%, este porcentaje disminuyó a 60% en T3 pero la diferencia estadística significativa contra T1 se mantiene.

Pregunta	Porcentaje de alumnos que contestaron correctamente.		
	Tiempo1	Tiempo 2	Tiempo3
1	76.1	85	95
2	76.1	95	50
3	52.38	45	20
4	9.52	55	35
5	66	80	90
6	57.1	85	75
7	9.52	45	60
8	42.8	70	75
9	4.76	65	65
10	9.52	85	60

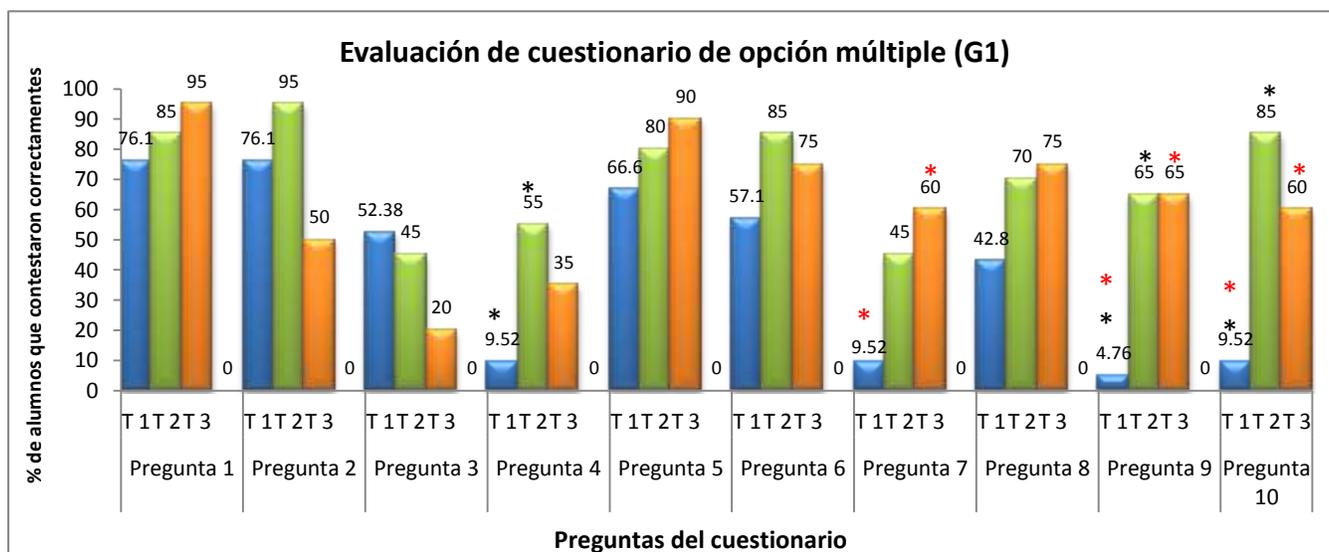


Figura 5. Evaluación de cuestionario de opción múltiple del grupo 1. Se presenta el porcentaje de de alumnos que contestaron correctamente en cada pregunta del cuestionario en los tres tiempos de aplicación. * $P < 0.05$ T1 vs T2; * $P < 0.05$ T1 vs T3.

En la figura 6 se detalla el porcentaje de de alumnos que contestaron correctamente en cada pregunta en los tres tiempos de aplicación por parte del grupo 2 y a continuación se describen los resultados obtenidos en cada una de estas preguntas mismos que son presentados de manera sintetizada en la tabla 2.

En la interrogante No. 1 se encontró un incremento importante que va de un 63% en T1 hasta un 91% en T2 lo cual de acuerdo a la prueba estadística y de manera muy evidente presenta una diferencia estadísticamente significativa, la cual no se mantiene en el tiempo 3 con un porcentaje de 59%, este porcentaje con respecto al obtenido en T2 presenta una diferencia estadísticamente significativa, lo cual de manera inesperada indica que el porcentaje de alumnos que acertaron entre tiempo 2 y T3 disminuyó de manera significativa.

En el cuestionamiento No. 2 se observa un 45% en T1, aumentó a 69% en T2 y disminuyó en T3 al mismo porcentaje obtenido en T1.

En la cuestión No. 3 el porcentaje de alumnos que acertaron en los 3 tiempos de aplicación se mantuvo de manera cercana obteniendo en el tiempo 1 31%, en tiempo 2 incrementó a 39% y disminuyó a 27% en el tiempo 3.

En la pregunta No. 4 se encontró en T1 un porcentaje de alumnos que acertaron de 31% el cual de manera interesante incrementó en las dos evaluaciones posteriores a 65 y 63% en T2 y T3 respectivamente, al respecto el porcentaje en T1 contra tiempo 2 y 3 presentó un incremento significativo de acuerdo al análisis estadístico realizado.

En el reactivo No. 5 se observa que el porcentaje más alto de aciertos se encuentra en los resultados del cuestionario aplicado en T2 con un 91% y es diferente estadísticamente al 59% obtenido en T1, lo cual no es así al analizarlo contra T3 (81%).

En el reactivo No. 6 se observó un cambio estadísticamente significativo entre el porcentaje de alumnos que acertaron de 50% obtenido en la evaluación diagnóstica y el T2 con un 91%, este porcentaje disminuyó ligeramente a 86% en T3 pero la diferencia estadística significativa contra T1 se mantiene presente.

En la pregunta No. 7 se presentó un cambio evidentemente significativo que va de un 4% en T1 hasta un 56% en T2 y decrece un 25% en T3 quedando este porcentaje en 31%. La diferencia estadística significativa se presenta entre T1 con T2 y T3.

En la interrogante No. 8 se observan los picos de los gráficos para los tres tiempos de manera muy similar obteniendo un 54% en T1, 47% y 50% en T3.

En la pregunta No. 9 de manera muy evidente se observó un incremento muy importante que fue de 18% en T1 hasta un 65% y 68% en T2 y T3, este comportamiento presenta una diferencia estadística significativa entre el porcentaje obtenido en T1 con los dos subsecuentes tiempos de aplicación.

En la pregunta No. 10 se encuentra un fenómeno similar al descrito en el reactivo No. 9 respecto a la diferencia estadística significativa entre T1 con T2 y T3 de tal manera que en el tiempo correspondiente a la evaluación diagnóstica se obtuvo un porcentaje de 22% que aumentó en el T2 un 60% alcanzado un 82% y en el tiempo 3 disminuyó a 60%.

Tabla 2. Resultados del cuestionario de opción múltiple del grupo 2			
Pregunta	Porcentaje de alumnos que contestaron correctamente.		
	Tiempo1	Tiempo 2	Tiempo3
1	63	91	59
2	45	69	45
3	31	39	27
4	31	65	63
5	59	91	81
6	50	91	86
7	4	56	31
8	54	47	50
9	18	65	68
10	22	82	68

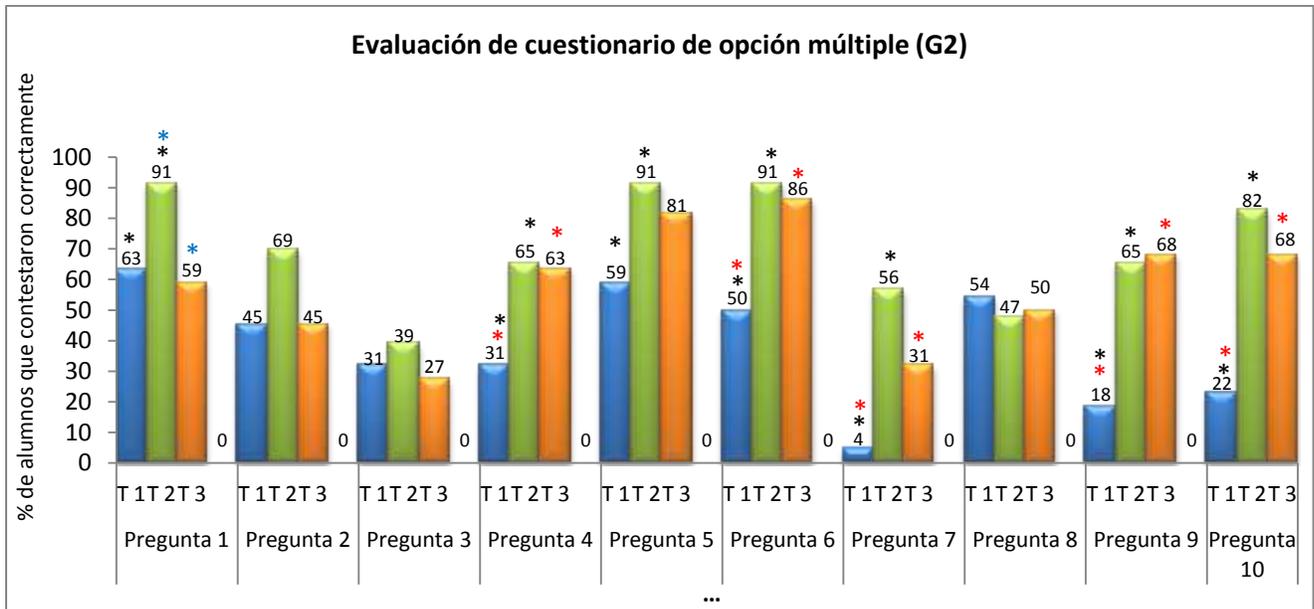


Figura 6. Evaluación de cuestionario de opción múltiple del grupo 2. Presenta el porcentaje de alumnos que contestaron correctamente en cada pregunta del cuestionario en los tres tiempos de aplicación. * $P < 0.05$ T1 vs T2; * $P < 0.05$ T1 vs T3; * $P < 0.05$ T2 vs T3.

8.4. Frecuencia de respuestas del cuestionario de opción múltiple

Para conocer de manera particular cuáles fueron las respuestas dadas para cada una de las preguntas y poder analizar y discutir detalladamente los resultados obtenidos previamente, se procedió a graficar el porcentaje de frecuencia de las respuestas dadas por los alumnos para cada pregunta por grupo.

En las figuras 7 a 16 se presenta cada una de las preguntas con las cuatro opciones propuestas y de manera particular se encuentra en color rojo la respuesta correcta, estas preguntas están acompañadas de sus respectivas gráficas que muestran el porcentaje de frecuencias en que se presentaron las opciones de respuestas.

PREGUNTA 1 Un nucleótido consta de:

- A. Una base de nitrógeno
- B. Una base nitrogenada y un azúcar
- C. Una base de nitrógeno, azúcar, y fosfato
- D. Dos bases de nitrógeno, un azúcar y un fosfato

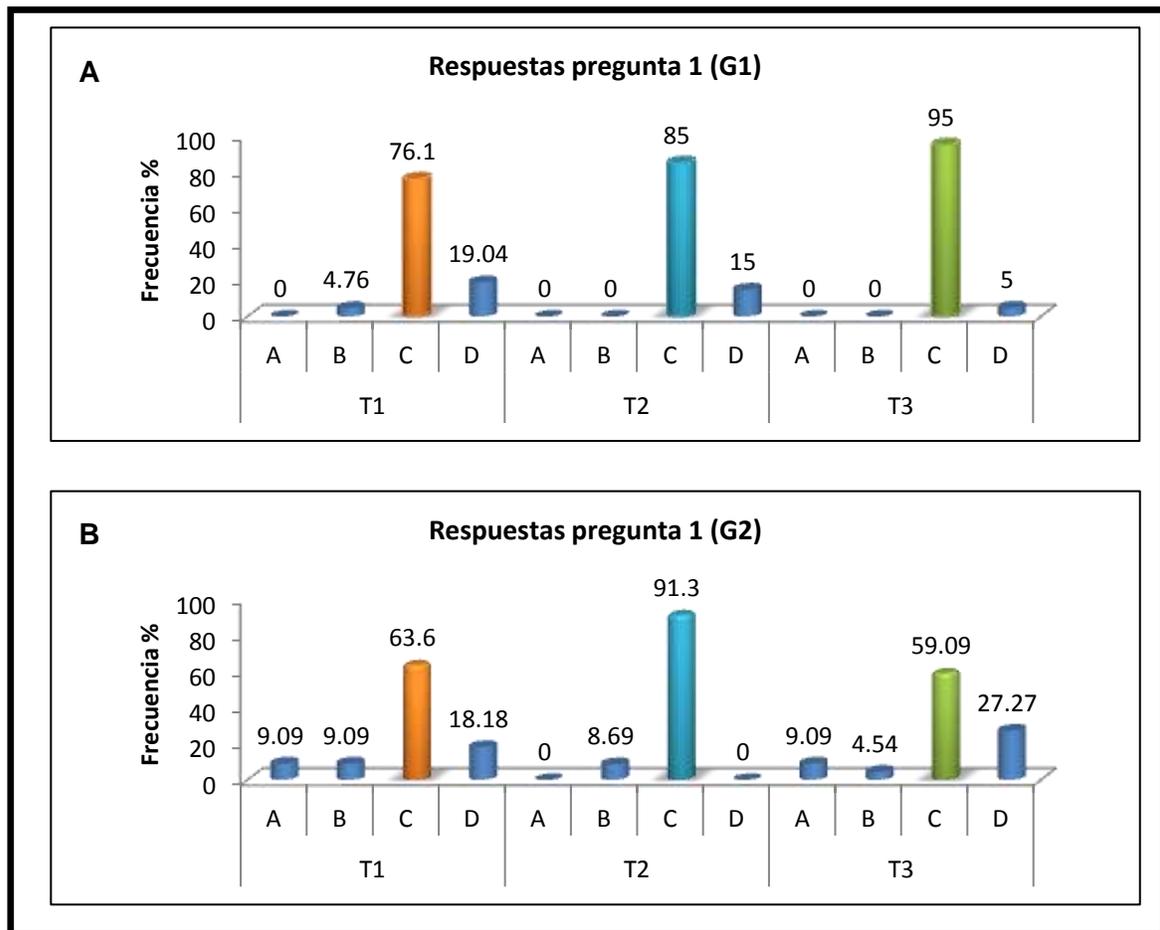


Figura 7. Respuestas a la pregunta 1. Se presentan los porcentajes de frecuencia obtenidos a cada opción de las pregunta en los tres tiempos de aplicación. **A)** Grupo 1 **B)** Grupo 2.

PREGUNTA 2. El DNA es un polímero de:

- A. Nucleótidos
- B. Nucleósidos
- C. Aminoácidos
- D. Proteínas

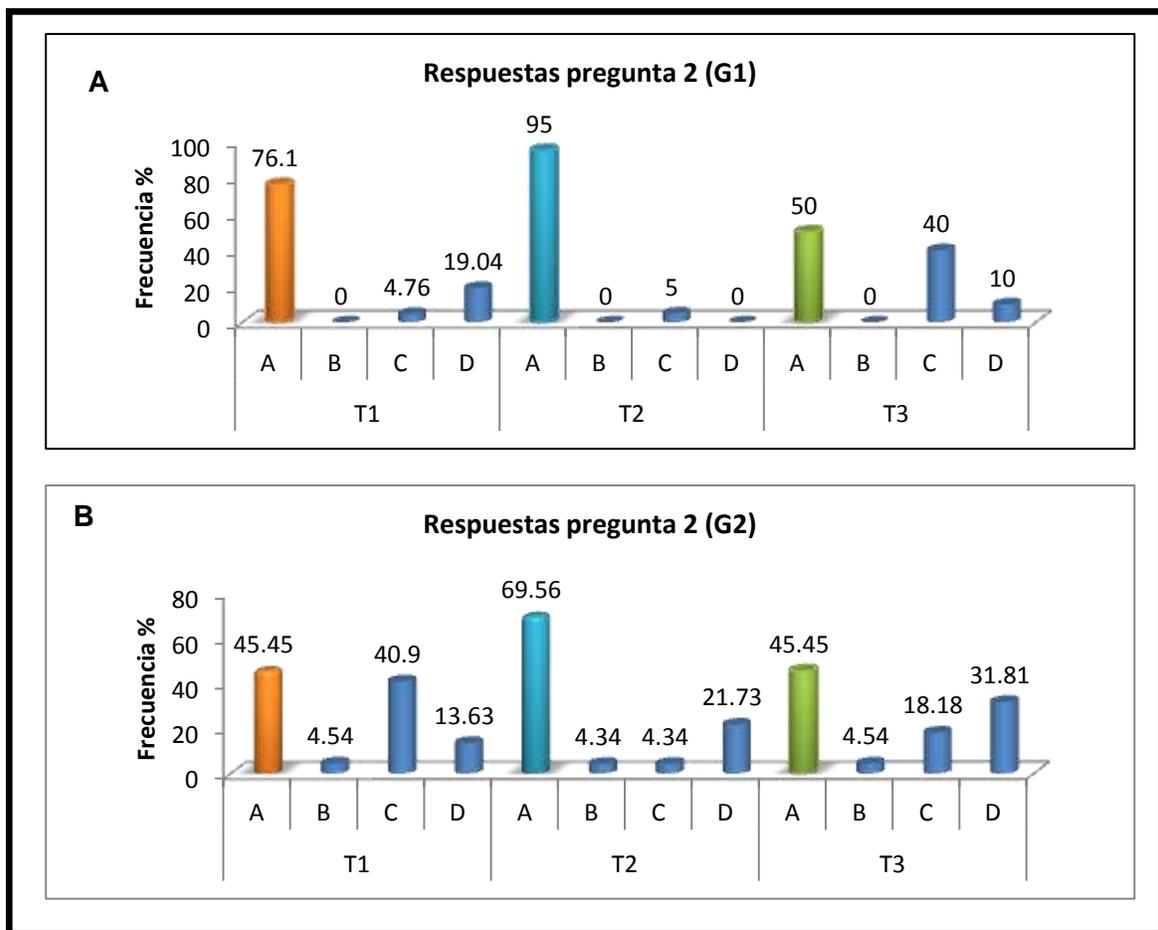


Figura 8. Respuestas a la pregunta 2. Se presentan los porcentajes de frecuencia obtenidos a cada opción de las pregunta en los tres tiempos de aplicación. **A)** Grupo 1 **B)** Grupo 2.

PREGUNTA 3. La información contenida en el DNA está en:

- A. El esqueleto formado por los enlaces azúcar-fosfato de una de las dos cadenas de DNA
- B. Las proteínas que se unen a la doble hélice
- C. El orden de los nucleótidos de una cadena de DNA
- D. Los enlaces que unen los nucleótidos de una y otra cadena del DNA

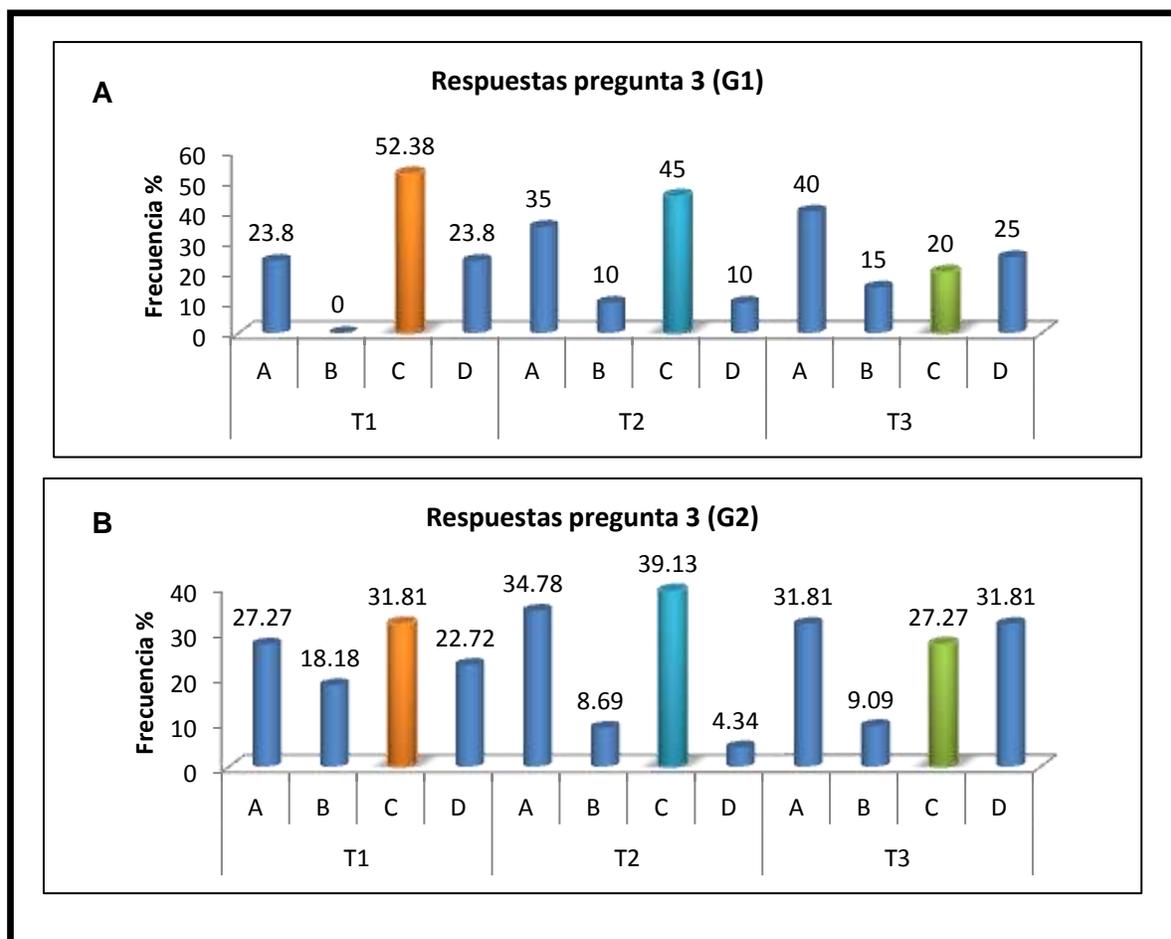


Figura 9. Respuestas a la pregunta 3. Se presentan los porcentajes de frecuencia obtenidos a cada opción de las pregunta en los tres tiempos de aplicación. **A)** Grupo 1 **B)** Grupo 2.

PREGUNTA 4 ¿Qué es un gen?

- A. Sinónimo de cromatina
- B. Sinónimo de cromosoma
- C. Cualquier secuencia de DNA
- D. Una secuencia de nucleótidos con información para sintetizar una proteína

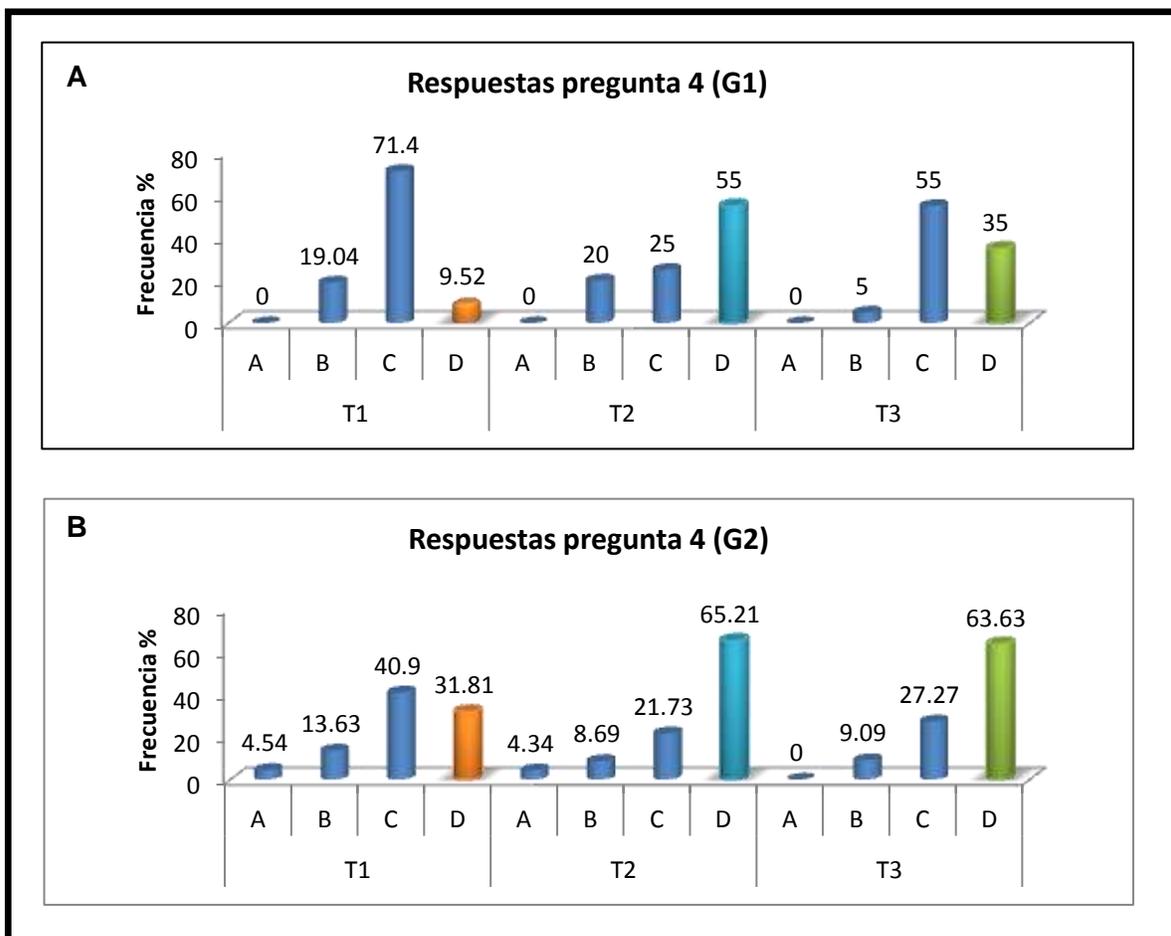


Figura 10. Respuestas a la pregunta 4. Se presentan los porcentajes de frecuencia obtenidos a cada opción de las pregunta en los tres tiempos de aplicación. **A)** Grupo 1 **B)** Grupo 2.

PREGUNTA 5 El proceso por el que se obtiene una molécula de DNA a partir de otra preexistente se denomina:

A. Replicación

B. Transcripción

C. Traducción

D. Mutación

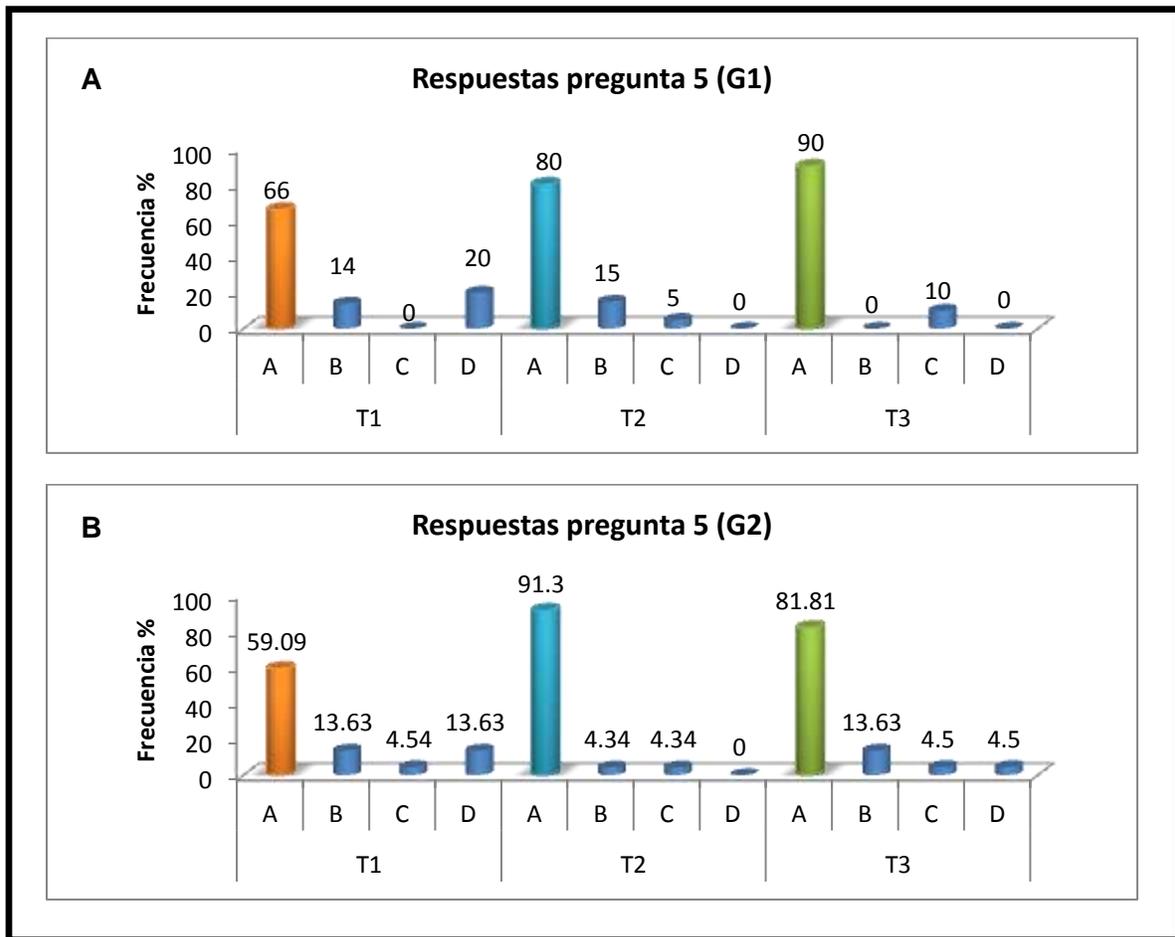


Figura 11. Respuestas a la pregunta 5. Se presentan los porcentajes de frecuencia obtenidos a cada opción de las pregunta en los tres tiempos de aplicación. **A)** Grupo 1 **B)** Grupo 2.

PREGUNTA 6. La replicación del DNA da como resultado:

- a. 2 moléculas de DNA completamente nuevas
- b. 2 moléculas de DNA que contienen una hebra original cada una
- c. 2 moléculas viejas de DNA
- d. 2 moléculas nuevas de RNA

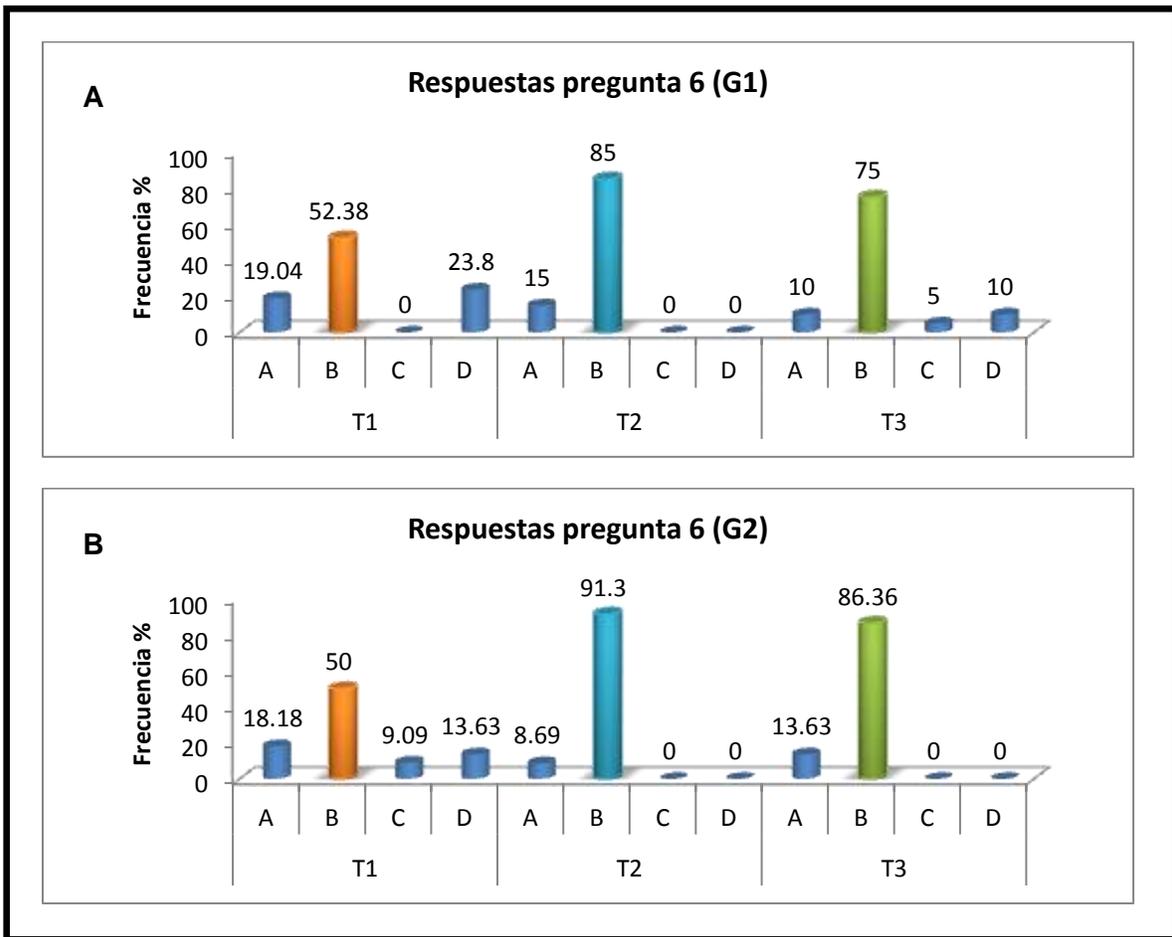


Figura 12. Respuestas a la pregunta 6. Se presentan los porcentajes de frecuencia obtenidos a cada opción de las pregunta en los tres tiempos de aplicación. **A)** Grupo 1 **B)** Grupo 2.

PREGUNTA 7 Una cadena de ADN tiene la siguiente secuencia: AAGCCA. ¿Cuáles son las bases de su cadena complementaria?

- a. A A G C C A
- b. A C C G A A
- c. T T C G G T
- d. C C A T T C

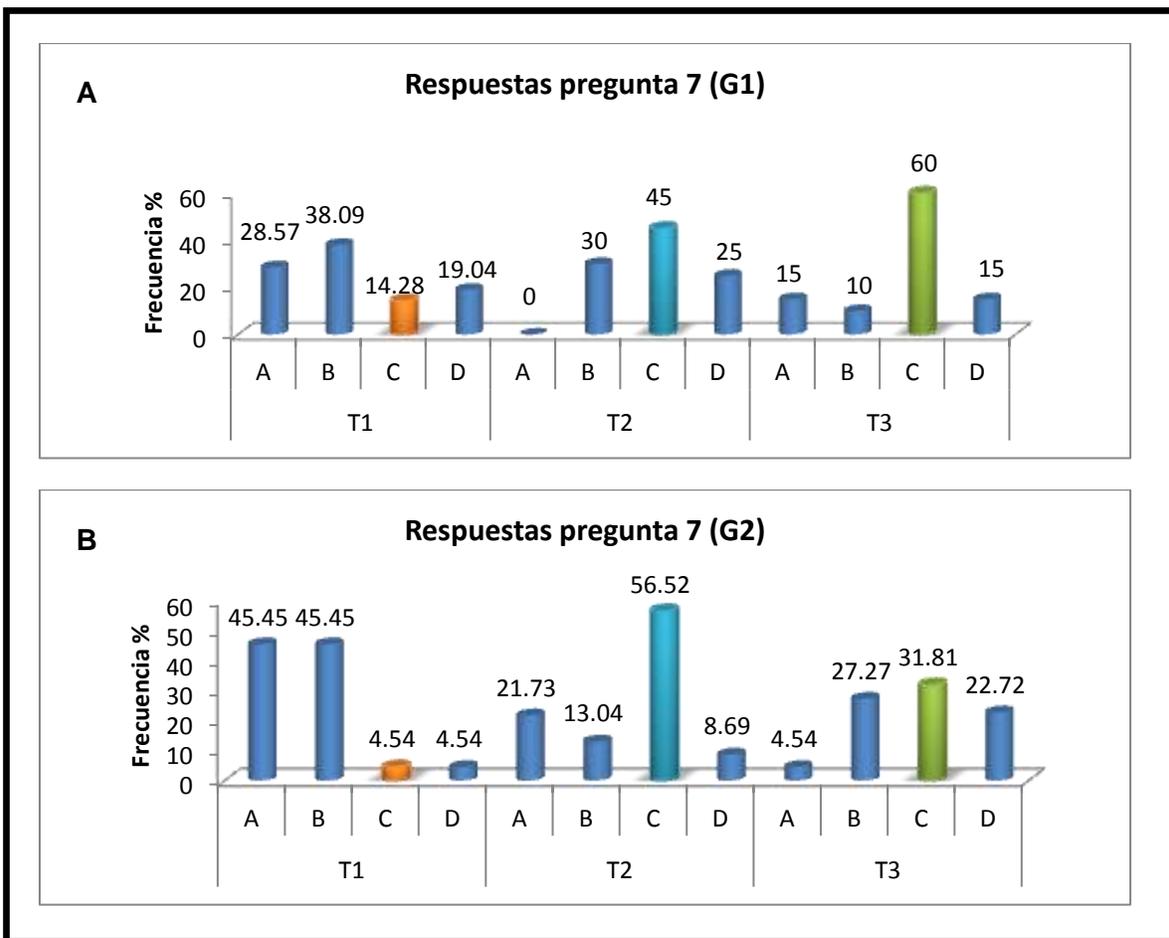


Figura 13. Respuestas a la pregunta 7. Se presentan los porcentajes de frecuencia obtenidos a cada opción de las pregunta en los tres tiempos de aplicación. **A)** Grupo 1 **B)** Grupo 2.

PREGUNTA 8. ¿Qué molécula es sintetizada durante la transcripción de la información genética?

- a. DNA **b. RNAm** c. Proteína d. Carbohidrato

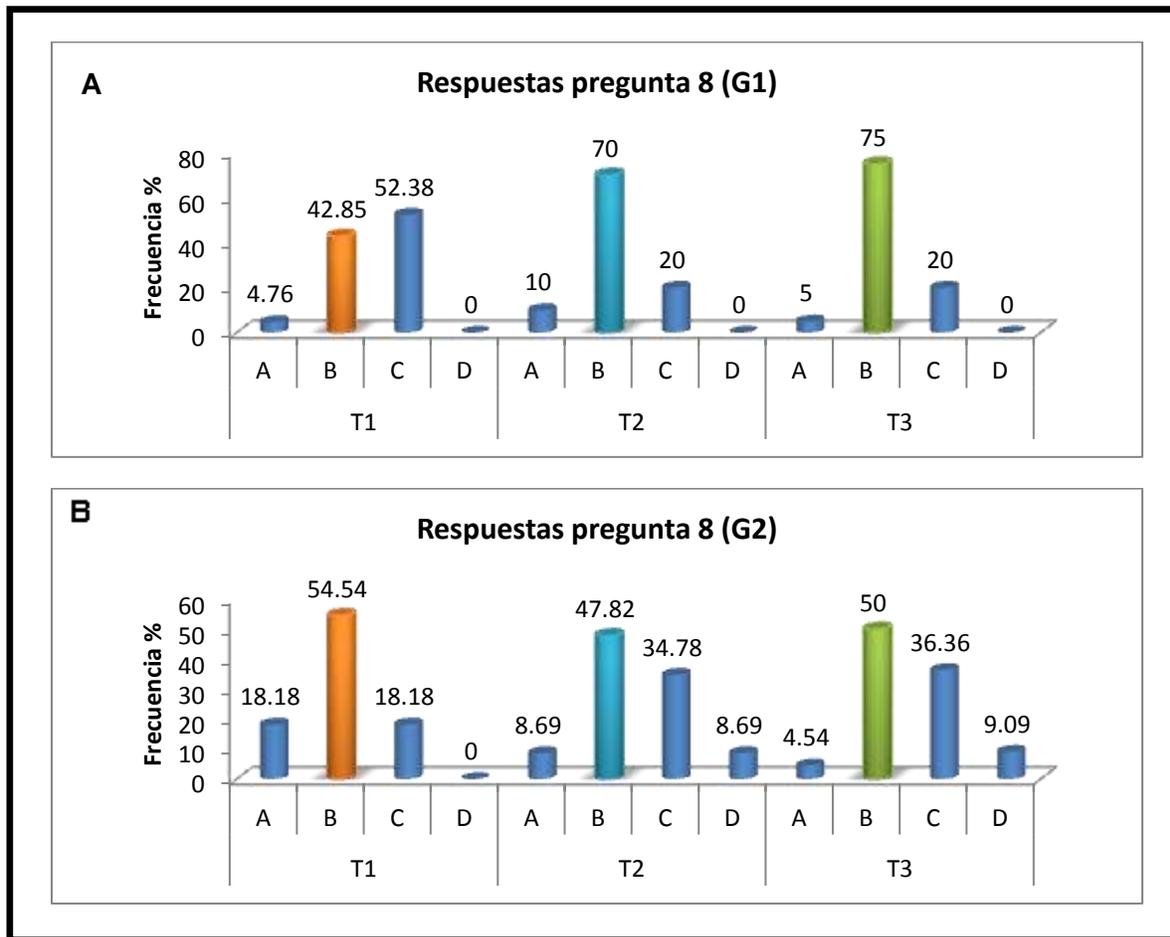


Figura 14. Respuestas a la pregunta 8. Se presentan los porcentajes de frecuencia obtenidos a cada opción de las pregunta en los tres tiempos de aplicación. **A)** Grupo 1 **B)** Grupo 2.

PREGUNTA 9. Proceso en el que la información del RNA se utiliza para fabricar la secuencia de aminoácidos de una proteína.

- a. Traducción b. Replicación c. Elongación d. Transcripción

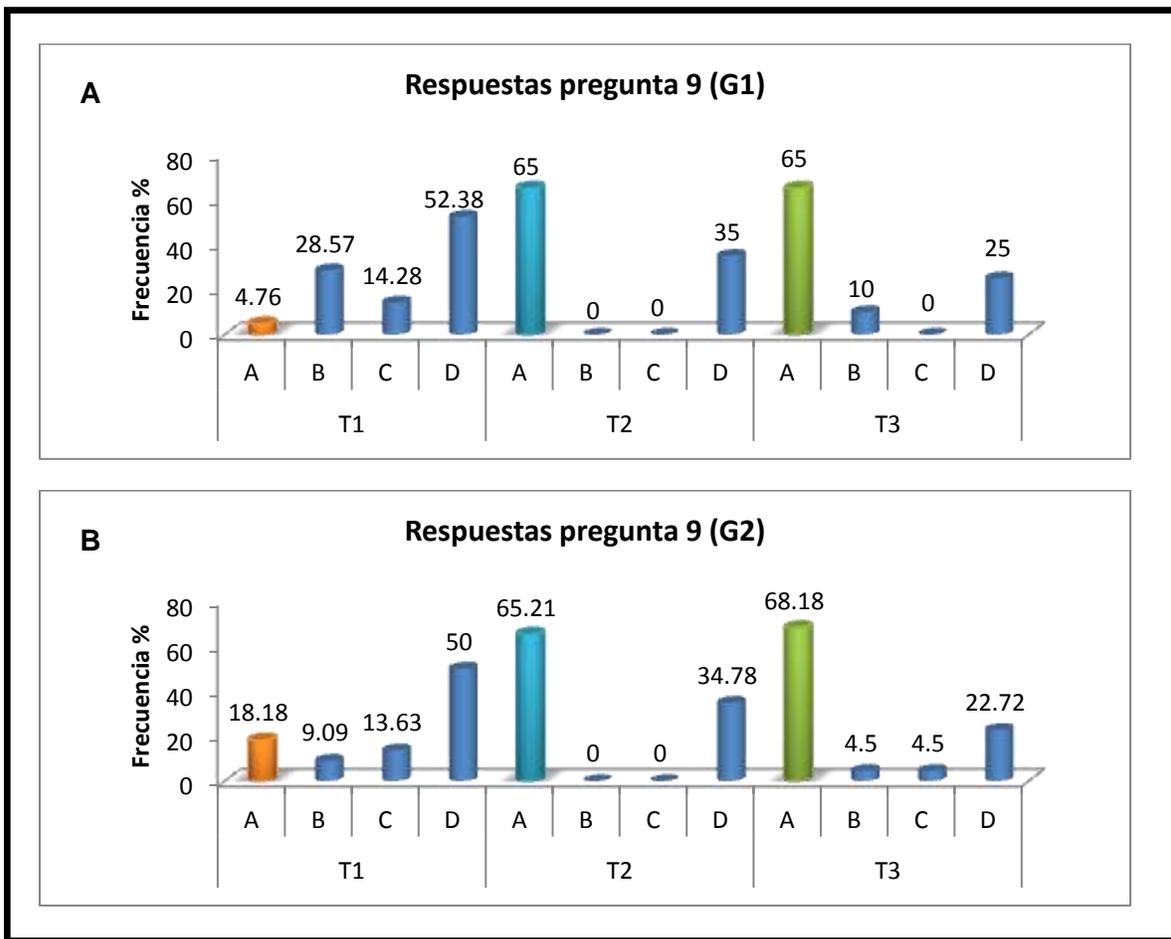


Figura 15. Respuestas a la pregunta 9. Se presentan los porcentajes de frecuencia obtenidos a cada opción de las pregunta en los tres tiempos de aplicación. **A)** Grupo 1 **B)** Grupo 2.

PREGUNTA 10. El producto final de la expresión de un gen es:

- a. Un codón
- b. Una proteína
- c. Un nucleótido
- d. Una base nitrogenada

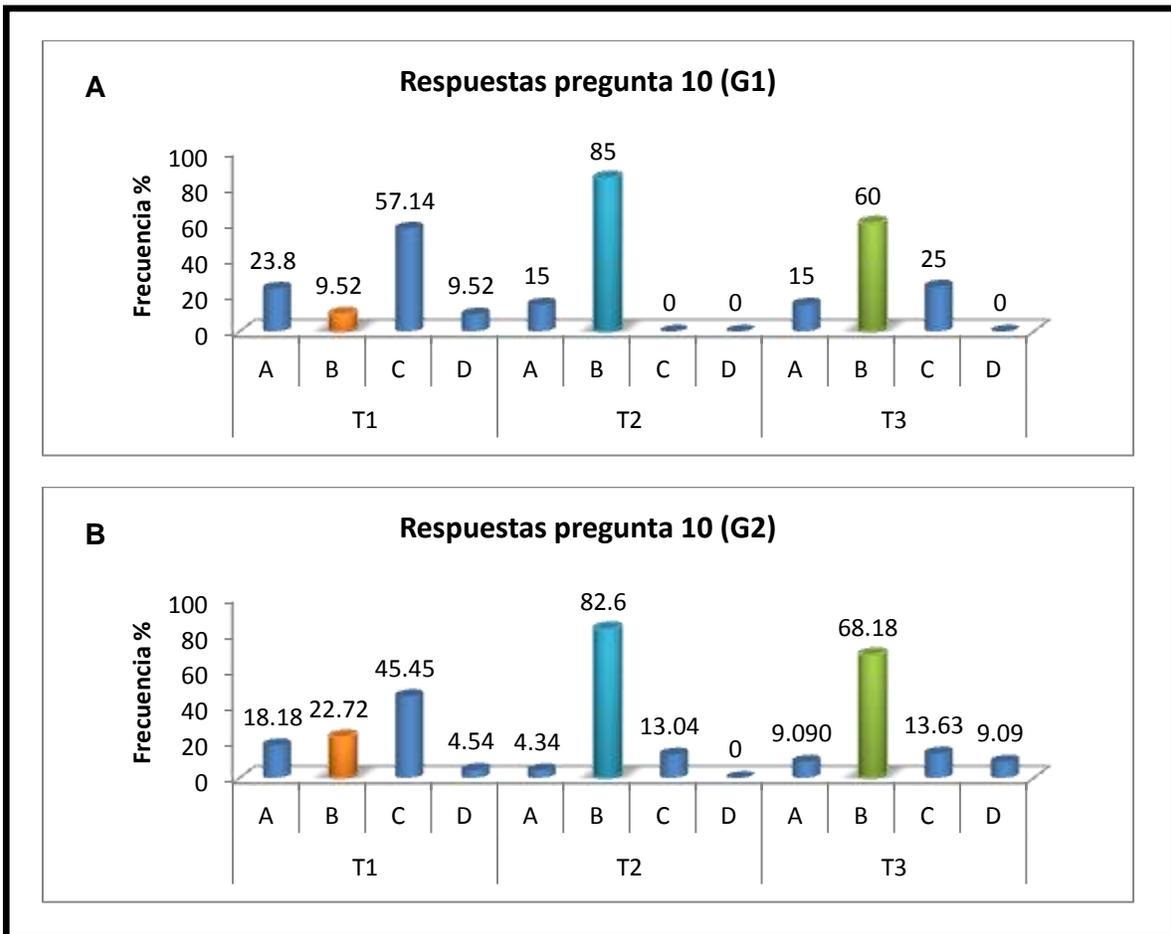


Figura 16. Respuestas a la pregunta 10. Se presentan los porcentajes de frecuencia obtenidos a cada opción de las pregunta en los tres tiempos de aplicación. **A)** Grupo 1 **B)** Grupo 2.

8.5. Cuestionario de preguntas abiertas

Para conocer el nivel de comprensión, análisis, exposición y organización de ideas respecto a los temas de interés se diseñó un cuestionario en el que los alumnos pudieran dar respuesta con sus propias palabras a cuestionamientos relacionados directamente con los temas de replicación, transcripción y traducción del DNA. Este cuestionario fue aplicado como una prueba diagnóstica y final.

El cuestionario se evaluó con ayuda de una rúbrica analítica para respuestas abiertas. Esta presenta indicadores que describen las características de las respuestas y equivalen a niveles alcanzados.

Los resultados obtenidos se presentan en la figura 17 A) para el grupo 1 la cual muestra que en promedio el nivel alcanzado en la prueba diagnóstica es de 1.82 es decir de acuerdo a los indicadores se encuentra como respuestas que van de no aceptables a respuestas satisfactorias y en la evaluación final alcanzan un nivel de 2.48 consideradas como respuestas satisfactorias a respuestas completas.

Para el grupo 2 se encuentra un nivel más bajo en la evaluación diagnóstica de 1.42 pero de manera similar al grupo 1 elevan su nivel hasta 2.1. Figura 17 B)

Los resultados descritos previamente para los dos grupos presentan diferencias estadísticas significativas que nos indica que posterior a la aplicación de la estrategia los alumnos lograron un nivel más alto estadísticamente significativo.

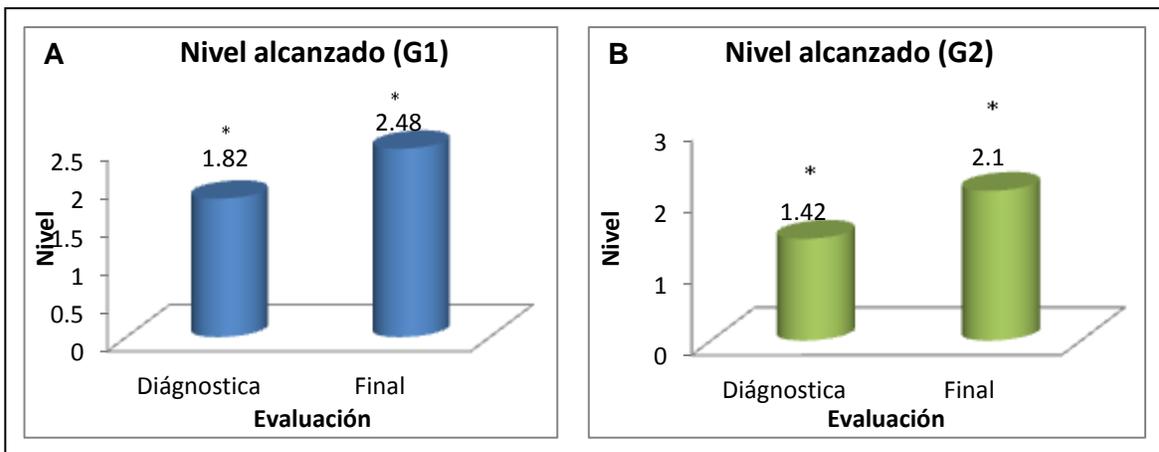


Figura 17. Evaluación del cuestionario de respuestas abiertas. Presenta el nivel alcanzado en la prueba diagnóstica y final. A) Grupo 1. B) Grupo 2. * $P < 0.05$ Diagnóstica vs final.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada pregunta, en la figura 18 se muestra el promedio del nivel alcanzado a cada pregunta en las dos pruebas: diagnóstica y final (T1 y T2) por parte del grupo 1 y en la figura 19 los del grupo 2.

En la pregunta No. 1 del grupo 1 se encuentra una diferencia de 0.62 puntos entre el nivel 2.16 de la evaluación diagnóstica con respecto a la final 2.78, para el grupo 2 la diferencia es de 0.5 puntos yendo de un nivel 1.90 a 2.40.

En el cuestionamiento No. 2, el grupo 1 fue del nivel 2.12 a 2.57 con una diferencia de 0.45 puntos, de manera coincidente se encontró la misma diferencia en el grupo 2 de un nivel 1.86 a 2.31.

En la interrogante No. 3 se obtuvo en el grupo 1 un bajo nivel en la prueba diagnóstica de 1.54 el cual aumentó 0.72 puntos hasta obtener un nivel 2.26, de manera interesante el grupo 2 tuvo un aumento de 1.04 puntos yendo de un nivel 1.09 a 2.13.

En la cuestión No. 4 el grupo 1 tuvo un cambio de 0.57 puntos del nivel 1.95 de la prueba diagnóstica a 2.52 de la final, por otro lado, el grupo 2 alcanzó una diferencia mayor de 0.86 obtenida de un nivel 1.04 a 1.90.

Por último en la pregunta No 5 el grupo 1 fue del nivel 1.33 a 2.26 obteniendo una diferencia de 0.93 puntos y el grupo 2 fue del nivel 1.22 a 1.72 logrando un cambio de medio punto.

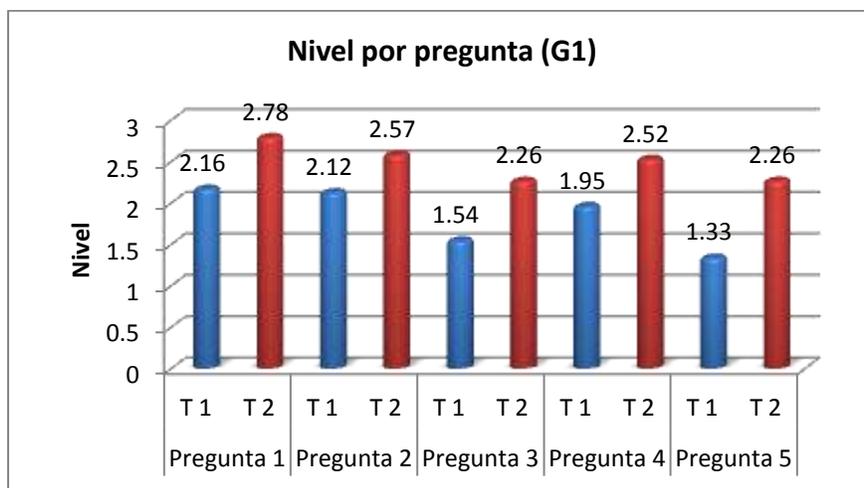


Figura 18. Evaluación de cada pregunta del cuestionario de preguntas abiertas del grupo 1. Se presenta el nivel alcanzado en la prueba diagnóstica (T1) y en la final (T2).

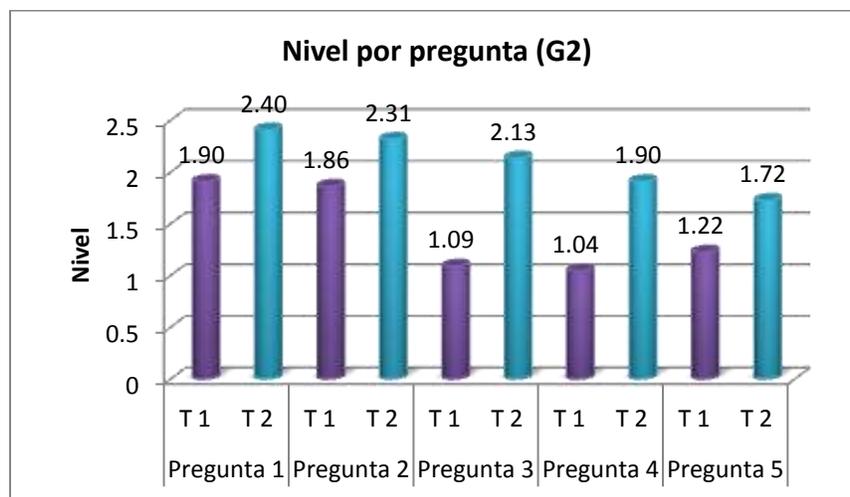


Figura 19. Evaluación de cada pregunta del cuestionario de preguntas abiertas del grupo 2. Se presenta el nivel alcanzado en la prueba diagnóstica (T1) y en la final (T2).

8.6. Evaluación carteles

Los alumnos elaboraron un cartel en el cual de acuerdo a lo que se les solicitó ilustraron los procesos de replicación, transcripción y traducción del DNA, tomando como ejemplo el gen de la miostatina y su proteína.

En los anexos 10 y 11 se presentan las exposiciones de los alumnos (grupos 1 y 2 respectivamente) en forma de texto así como algunas observaciones que se aprecian de las señalizaciones físicas realizadas durante la exposición de los alumnos y que brindan mayor coherencia y significado al texto, también se muestra la imagen digitalizada de los carteles elaborados por los equipos de trabajo que corresponden a cada exposición.

Los carteles se evaluaron con base en los diferentes contenidos escolares bajo los siguientes criterios: dominio del tema (conceptuales), exposición y formato (procedimentales), organización y participación (actitudinales), los cuales se encuentran detallados en la rúbrica para evaluación de carteles (Anexo 7). A cada uno de estos criterios se le asignaron diferentes categorías y puntajes que en resultados totales se clasificaron con base en la siguiente escala.

Escala

19-25 ptos --- Avanzado
12-18 ptos --- En desarrollo
5-11 ptos --- Principiante

En la tabla 3 se muestran los puntajes obtenidos para cada equipo del grupo 1, estos resultados muestran que el equipo 1 logró un resultado excelente con el puntaje mayor, por otro lado los equipos 3 y 5 consiguieron un puntaje de 23 en el cual de manera coincidente obtuvieron 3 puntos en el criterio formato, estos 3 equipos tienen la categoría de avanzado, por otro lado el equipo 2 obtuvo 17 puntos al haber conseguido 5 puntos en participación y 3 puntos para los criterios restantes, por último el equipo 4 obtuvo 13 puntos colocándose en la categoría en desarrollo al haber obtenido 1 punto en los criterios de exposición y formato, 3 puntos en dominio del tema y participación y 5 puntos en organización.

En la tabla 4 se encuentran los resultados del grupo 2, los datos muestran que los equipos 1 y 2 alcanzaron el máximo puntaje colocándolos como avanzados, de igual

manera que el equipo 4 solo que obtuvo un puntaje de 23 debido a los 3 puntos obtenidos en el criterio formato, el equipo 3 se colocó en la categoría en desarrollo con 15 puntos al haber obtenido 3 puntos en todos los criterios, finalmente el equipo 5 solo obtuvo 11 puntos lo cual lo colocó en la categoría de principiante ya que tiene únicamente 1 punto en los criterios de dominio del tema y formato y 3 puntos en los criterios restantes.

Tabla 3. Evaluación de carteles del grupo 1						
Contenido	Criterio	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5
Conceptual	Dominio del tema	5	3	5	3	5
Procedimental	Exposición	5	3	5	1	5
	Formato	5	3	3	1	3
Actitudinal	Organización	5	3	5	5	5
	Participación	5	5	5	3	5
Puntaje total		25	17	23	13	23
Nivel		Avanzado	En desarrollo	Avanzado	En desarrollo	Avanzado

Tabla 4. Evaluación de carteles del grupo 2						
Contenido	Criterio	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5
Conceptual	Dominio del tema	5	5	3	5	1
Procedimental	Exposición	5	5	3	5	3
	Formato	5	5	3	3	1
Actitudinal	Organización	5	5	3	5	3
	Participación	5	5	3	5	3
Puntaje total		25	25	15	23	11
Nivel		Avanzado	Avanzado	En desarrollo	Avanzado	Principiante

Para conocer el desempeño general de los grupos en la presentación de carteles se diseñó la tabla 5 que muestra el puntaje total de cada grupo obtenido para cada criterio y se categorizó con base en la escala previamente descrita. Los datos muestran que todos los criterios consiguieron puntajes tales que les permitieron colocarse en un nivel avanzado a excepción del criterio formato, en el cual se ubicaron en un nivel en desarrollo para ambos grupos.

Tabla 5. Desempeño general de la presentación de carteles de los grupos 1 y 2.					
Contenido	Criterio	Grupo 1		Grupo 2	
		Puntaje	Nivel	Puntaje	Nivel
Conceptual	Dominio del tema	21	Avanzado	19	Avanzado
Procedimental	Exposición	19	Avanzado	21	Avanzado
	Formato	15	En desarrollo	17	En desarrollo
Actitudinal	Organización	23	Avanzado	21	Avanzado
	Participación	23	Avanzado	21	Avanzado
Total		101		99	

8.7. Evaluación de la discusión de caso

A continuación se presentan en forma de texto (cuadro 3 y 4), las discusiones realizadas en cada grupo a partir de la problemática planteada respecto a la mutación en humanos.

Cuadro 3. Discusión de caso grupo 1

Profesora — ¿Cuál es la postura que toman respecto a su papel?

Padres del niño con mutación

Integrante 1 — Como padres estamos a favor de que el niño participe en el deporte aprovechando sus oportunidades sin ser excluido.

Niños con la mutación — Estamos a favor.

Especialistas en genética — Somos neutrales.

Padres y niños regulares — Estamos en contra.

Profesora — ¿Cuál es la razón por la que han tomado dicha postura?

Padres del niño

Integrante 2 — Porque no deja de ser un niño aunque tenga esa mutación pero dada su condición física se le facilitaría ganar en esa competencia.

Profesora — ¿Ustedes como papás saben que su hijo va a ganar?

Integrante 2 — No solo es por su físico sino por sus méritos y esfuerzos para llegar a la competencia.

Integrante 3 — Como padres naturalmente apoyamos a nuestra cría

Integrante 1 — Él no tiene la culpa de tener esa mutación, y esa mutación no tiene que ser usada como exclusión.

Profesora — Ellos dicen que su niño se está ejercitando y está practicando el deporte, igual que ustedes (hacia los niños regulares).

Niños regulares

Integrante 1 — Pero aún así llevan una ventaja porque aparte de que está practicando lo favorece la mutación de miostatina.

Niños mutados

Integrante 1 — Nosotros no sabemos también qué ventajas pudieran tener ustedes.

Profesora (hacia niños regulares) —Ustedes cómo aseguran que no tienen ninguna mutación de ese tipo.

Niños regulares

— ¡Que nos hagan los estudios!

Profesora — Para los especialistas en genética, qué implica que se tengan que hacer estudios.

Niños regulares — También podemos argumentar que nuestros papás no son como los de ellos. (se refieren a los papás de los niños con la mutación que son atletas de alto rendimiento porque son heterocigotos para la mutación).

Padres de niños mutados

Integrante 1 — Yo creo que una competencia está formada por los mejores competidores, por los más aptos y si los papás o los niños se sienten que no dan la talla pues que no compitan.

Profesora — ¿Ustedes creen que no puedan?

Niños mutados

Integrante 2 —No se nos puede negar el derecho de poder participar porque como sea no se está alterando físicamente a propósito de ninguna manera, entonces no le pueden negar ese derecho de participar.

Profesora — Para los especialistas en genética, hay algunos casos en ratones en los que se ha podido bloquear la proteína de la miostatina, ¿ustedes creen que se podría hacer algo así con los niños regulares?

Especialistas

Integrante 1 — No porque, por ejemplo, los niños asmáticos tienen una desventaja, sin embargo con ellos no se hace una opinión así de ellos y por ejemplo si tu eres bueno para bailar obviamente vas a bailar no te vas a meter a otra competencia.

Los especialistas opinamos que el niño puede participar porque tiene el derecho, ahora ese niño fue reportado el caso y el analizar a los otros niños tendría un costo muy elevado.

Profesora — Hacia niños mutados ¿Cómo son genéticamente sus papás?

Niños

Integrante 4 — Están mutados de un alelo.

Profesora — Ellos eran heterocigotos y eran atletas y fuertes por lo cual los niños regulares deben de argumentar respecto a la cuestión de cómo aseguran que son regulares, puede ser describiendo el fenotipo y habilidades de sus padres que son como la gran mayoría de la población

Por otro lado habría que estudiar las reglas establecidas en los deportes

Integrante 2 — Es lo que yo iba a decir, por ejemplo en el boxeo es por categorías, entonces a los especialistas antes de que un competidor participe le hacen pruebas y lo ponen con alguien que este al nivel, entonces yo creo que en este caso deberían de existir estas categorías para superdotados.

Profesora- Conclusión

Cuadro 4. Discusión del caso grupo 2

Equipo 1 Padres del niño con mutación

Integrante 1 — Nosotros somos los padres y estamos a favor de la participación de nuestro hijo ya que su condición se derivó de la adquisición de los genes heterocigotos que como padres poseemos ya que en ningún momento tuvimos que ver en la herencia de nuestros genes mutados. Estamos a favor de la participación.

Padres y niños regulares

(En este equipo hay división de opinión, a favor y en contra)

Padres en contra

Integrante 1 — Desde el punto de vista de los padres de los demás niños estamos en contra ya que nuestros hijos tienen una clara desventaja frente al niño mutado, tal vez solo es por un error genético pero no pertenecen a la misma categoría al menos desde ese punto de vista.

Integrante 2 — No puede competir con alguien de su edad porque está más desarrollado que el otro.

Padres del niño con mutación

Integrante 2 — Por ejemplo en un equipo de básquetbol a uno que esté más alto apoco lo van a quitar.

Padres a favor

Integrante 3 — Nosotros somos la parte que estamos a favor de que el niño si compita porque no es una deficiencia provocada por anabólicos, etcétera, no, él heredó el gen de sus padres, no es culpa del niño, el niño si está más desarrollado no tiene importancia por qué no competir con nuestros niños porque al final de cuentas él mismo decía que son de la misma edad, entonces por eso mismo pueden competir, ¿si me entienden?

Profesora — Pero ¿No les parece mejor la opción de ubicarlos por categorías?

Especialistas en genética

Integrante 1 — Nosotros estamos en un neutro porque el competidor caso o sea al que se le acusa, al reportado, tiene el derecho de competir ya que no sufre de ninguna patología.

Profesora — Entonces lo que estamos considerando aquí son los reglamentos del deporte, como especialistas es lo que están tomando en cuenta.

Integrante 1 — Y en todo caso de que hubiera inconformidad de los padres de familia de los niños regulares...

Integrante 2 — Lo que podríamos hacer es ubicar al niño en una categoría en la que pueda competir.

Integrante 1 — Por ejemplo en el peso que compita con otro niño pero que esto no signifique que el niño tenga que competir con señores más fuertes.

Profesora — Entonces ellos proponen que el niño pueda participar con personas mayores y con más experiencia.

Grupo — ¡Nooo, Nooo!

Niños mutados

Integrante 1 — Yo no decidí nacer así y ningún reglamento prohíbe alguna alteración genética y también tengo derecho a desarrollar mi habilidad y como dicen allá que nos pongan con niños más grandes pues tampoco sería justo porque los niños que son más grandes ya tendrían mucho más experiencia y maña y él es todavía un niño y si el problema es el peso también hay niños gorditos que los ponen a competir.

Especialistas en genética

Integrante 2 — En ese caso no sería una desventaja para el niño porque tendría maestros que le enseñarían la experiencia que necesita para poder competir.

Padres del niño

Integrante 2 — Por ejemplo en un equipo de basquetbol hay un integrante que está más alto y no por eso lo van a sacar.

Padres de niños regulares

Integrante 2 — Él pone el ejemplo de basquetbol, yo juego básquet y exactamente no me voy a comparar porque su condición muscular es muy diferente a la mía y con su fuerza él es un poste.

Niños mutados

Integrante 2 — No es cierto Anthony, a mí me pasó eso porque yo desde chiquita fui muy alta y entonces no me dejaban jugar con niños de mi edad porque los aplastaba y me ponían con niños mayores y aunque yo estaba muy alta no tenía la habilidad de ellos.

Integrante 1 — Además si el niño participa con otros, los demás también pueden tener habilidades que en este caso el niño sí tiene la mutación que es una ventaja pero ¿los otros niños pueden tener otro tipo de habilidades que les puedan ayudar no?

Especialistas en genética

Integrante 1 — Este equipo lo que no toma en cuenta fue mi recalculación final, por ejemplo si lo ponemos en un rango mayor en donde no esté en desventaja o sea mirar la expectativa del niño no solamente a los que están en contra de que no participe, lo que tenemos que hacer es establecer condiciones en la que todos estén en buenos términos.

Profesora — Elaborar un reglamento, es una opción ¿no?

Padres y niños regulares

Integrante 4 — Yo me pongo en el lugar del papá del niño caso porque es el que se siente más orgulloso de su hijo porque si yo tuviera un hijo que hubiera nacido así de mamado y no dejarlo competir con sus dones de nacimiento, hubiera sentido feo que fuera discriminado.

Conclusión profesora

La discusión del caso se evaluó con base en los siguientes criterios: dominio del tema y conceptos, relación del caso con el contenido, soluciones viables, exposición oral, secuencia, actitudes, trabajo colaborativo y trabajo grupal, en estos criterios se evaluaron implícitamente los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, y se encuentran detallados en la rúbrica para evaluación de discusión de casos del grupo (Anexo 9), a cada uno de estos criterios se le asignaron diferentes categorías y puntajes y los resultados finales se clasificaron de acuerdo a la siguiente escala.

Escala

30-40 pts --- Avanzado
 19-29 pts ---En desarrollo
 8-18 pts ---Principiante

El puntaje obtenido para cada criterio se muestra en la tabla 6 para cada grupo. De manera general el grupo 1 alcanzó un total de 34 puntos lo que lo coloca en un nivel avanzado, por otro lado, el grupo 2 obtuvo un puntaje final de 26 puntos ubicándose en un nivel en desarrollo.

Tabla 6. Evaluación de la discusión de casos.				
Criterio	Grupo 1	Nivel	Grupo 2	Nivel
Dominio del tema y conceptos	5	Avanzado	3	En desarrollo
Relación del caso con el contenido	5	Avanzado	3	En desarrollo
Soluciones viables	5	Avanzado	3	En desarrollo
Exposición oral	3	En desarrollo	1	Principiante
Secuencia	3	En desarrollo	5	Avanzado
Actitudes	5	Avanzado	5	Avanzado
Trabajo colaborativo	5	Avanzado	3	En desarrollo
Trabajo grupal	3	En desarrollo	3	En desarrollo
Puntaje total	34	Avanzado	26	En desarrollo

9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- La prueba de opción múltiple permitió evaluar el aprendizaje de los contenidos conceptuales de los temas de estudio

Considerando que las pruebas de opción múltiple son objetivas y brindan una alta representatividad del conjunto de conocimientos que poseen los alumnos respecto a determinados contenidos (Arocena, 2010), se empleó un cuestionario de opción múltiple. El cuestionario fue aplicado en tres tiempos, considerados como evaluación diagnóstica (tiempo1), al finalizar la aplicación de la propuesta didáctica (tiempo 2) y posterior a tres meses (tiempo 3) para analizar si se presentaba el declive de dichos aprendizajes a medida que transcurre el tiempo de acuerdo con la curva del olvido de Ebbinghaus (1885), la cual ilustra cuánto se mantiene un contenido en la memoria. Sugiere que mientras más intensa y significativa sea la experiencia con la que se produce un recuerdo, más tiempo se mantendrá.

Los resultados obtenidos de los promedios de calificación (figura 4) muestran que entre el tiempo 1 y el tiempo 2 hay una diferencia estadísticamente significativa que permite decir que el aprendizaje de los conceptos estudiados posterior a la aplicación de la estrategia aumentó significativamente. Los conocimientos incrementaron un 31.2%, retomando la curva del olvido, se menciona que posterior al estudio de un contenido, 2 días después se recordará máximo un 30%, en este caso pasaron 3 días para la aplicación del cuestionario en el tiempo 2 y el porcentaje se mantiene elevado (Ebbinghaus, 1885).

Por otro lado, se encontró que la diferencia estadísticamente significativa también se presenta entre el tiempo 1 y el tiempo 3 (figura 4), así, es claro que la aplicación de la propuesta didáctica resultó ser muy eficiente para lograr la comprensión de los conceptos de los temas estudiados, considerando la curva del olvido que hemos referenciado se dice que una semana después solo se recordará un 3% si no se ha repasado la información, sin embargo, los resultados de la prueba posterior a 3 meses sugieren que los alumnos podrían haber repasado los contenidos en ciertos momentos lo que permite inferir que han integrado los conceptos y datos estudiados dentro de sus actividades escolares y cotidianas, asimismo y de acuerdo a las graficas, también es importante mencionar que los alumnos lograron apropiarse de dichos temas de manera trascendente al no existir una diferencia estadística significativa entre el tiempo 2 y el tiempo 3 con solo un 1.07

puntos de disminución en la calificación de la prueba respecto a los temas estudiados (Figura 4).

Para tener una valoración más precisa de los resultados del promedio de calificación mencionado con anterioridad, se procederá a analizar y discutir los resultados obtenidos en cada pregunta y que muestran comportamientos diversos e interesantes que se muestran a continuación.

En las preguntas 1, 5, 7 y 8 para el grupo 1 y las preguntas 8 y 9 para el grupo 2, los gráficos se comportan de manera similar al observarse un aumento progresivo del porcentaje de alumnos que contestaron correctamente en los dos tiempos posteriores a la aplicación de la estrategia, en dicho caso. Resulta cuestionable la razón por la cual en el tiempo 3 logran un mayor porcentaje de aciertos con respecto a lo esperado en relación a la curva del olvido, en la cual, el porcentaje tendría que haber disminuido en el tiempo 3, sin embargo el fenómeno que se aprecia es que posterior a tres meses existió mayor porcentaje de alumnos que respondieron correctamente, esto sugiere que la comprensión de los conceptos correspondientes a las preguntas mencionadas (nucleótidos, replicación, complementariedad de bases, transcripción y traducción), permitió a los alumnos emplear los conceptos en sus actividades escolares y cotidianas posterior a la aplicación de la estrategia, lo que implicó un repaso constante de los contenidos y por lo tanto un aprendizaje significativo (Ebbinghaus, 1885).

Por otro lado, en las preguntas 2, 4, 6, 9 y 10 para el grupo 1 y las preguntas 1-7, y 10 del grupo 2, el porcentaje de alumnos que acertaron a la respuesta, se comportó de una manera más próxima a lo esperado con respecto a la curva del olvido que hemos venido señalando, de tal manera, que en el tiempo 1 se obtuvo menor porcentaje, el cual, aumentó notoriamente en el tiempo 2 y este porcentaje se observó disminuido o mantenido en el tiempo 3. Es importante mencionar que no se presentó diferencia estadísticamente significativa entre el tiempo 3 con respecto al tiempo 2, únicamente se dio el caso de la pregunta 1 del grupo 2 en el que este cambio es estadísticamente significativo lo que puede indicar que el aprendizaje de este contenido no fue significativo, ya que prácticamente se volvió al resultado obtenido en la prueba diagnóstica.

En las preguntas No. 2, 3 y 8 del grupo 2 encontramos que el porcentaje de alumnos que respondieron correctamente en el tiempo 1 es menor que en el tiempo 2 y este porcentaje

es disminuido ligeramente o conservado en el tiempo 3, sin embargo, los cambios no presentan diferencia estadística significativa, lo cual se atribuye a que el porcentaje obtenido desde la evaluación diagnóstica fue alto, esto es un indicador de que los alumnos manejan correctamente el concepto por lo cual no se encuentra un cambio notorio.

Continuando con el análisis es importante destacar que, entre las críticas que se han hecho a las pruebas de opción múltiple se menciona que pueden ser contestadas correctamente por azar; sin embargo, este fenómeno puede ser observado y minimizado, ante ello, y para llevar a cabo una valoración más precisa de los resultados, Arocena (2010) menciona diferentes características que podemos encontrar en los datos arrojados de una prueba de opción múltiple, a continuación las enunciaremos y discutiremos con base en los resultados propios de este estudio.

- a) Cuando un alto porcentaje de estudiantes no contesta la pregunta se presume que existe un amplio desconocimiento del tema.

Esta característica no es compartida por ninguno de los datos obtenidos en nuestros resultados ya que la mayoría de los estudiantes (97-100%) contestaron a las diferentes cuestiones, esto es de gran interés ya que nos indica que los alumnos consideran tener conocimiento del tema; al respecto, es claro que los alumnos por lo menos han escuchado los términos sobre lo que se les está cuestionando, por lo que deciden dar una respuesta que no en todos los casos fue la correcta. Estos resultados son similares a los encontrados en un estudio realizado por Caballero (2008), en el cual, al interrogar a los alumnos sobre si han escuchado algunos conceptos genéticos, el mayor porcentaje afirma haberlos escuchado, sin embargo en la prueba en la que se solicita la definición de dichos conceptos, no logran establecerla.

- b) Cuando las respuestas, es de suponer que el tema fue abordado pero de manera incorrecta, dando origen a las más diversas interpretaciones.

En la pregunta 2 se observa esta característica en los resultados en el tiempo 3, a pesar de que la respuesta correcta tiene el mayor porcentaje se presenta también con frecuencia las respuesta C y D (figura 8), en tal caso, podemos decir que los alumnos

recordaron principalmente los conceptos relacionados con la síntesis de proteínas y tuvieron confusión respecto a los conceptos aminoácidos y proteínas.

Otro ejemplo claro de esta característica la encontramos en las respuestas dadas a la pregunta No. 3, en la que ambos grupos reflejan en los gráficos porcentajes similares de frecuencia de las diferentes opciones y se observa de manera regular en los tres tiempos de aplicación (figura 9). Estos datos sugieren que no quedó establecido que la información contenida en el DNA está en el orden de los nucleótidos de una cadena de DNA, por lo que respondieron a las diferentes opciones de respuestas propuestas. Es preciso mencionar que esta cuestión tiene un grado de dificultad amplio y las respuestas pudieron causar gran confusión en los alumnos ya que todas ellas tienen como característica formar parte de la molécula de DNA.

- c) Si existe una opción errónea que es ampliamente seleccionada, el abordaje ya sea por parte de los docentes o los estudiantes, o incluso los libros, adoleció de un error sesgado hacia un falso mensaje, siempre que la formulación haya sido correcta.

Esta característica se aprecia claramente en la pregunta 7 del grupo 2 en el T1 (figura 12), al respecto es preciso señalar que en este tiempo no se había aplicado la propuesta didáctica entonces la información con la que contaban no permitió establecer lazo alguno entre la pregunta y la respuesta correcta, por otro lado es interesante que las opciones de respuestas incorrectas A y B hayan sido seleccionadas y esto pudo ser debido a que los alumnos trataron de establecer una relación lógica entre pregunta y respuesta, por ejemplo, con respecto al inciso A pudieron suponer que la complementariedad se llevaba a cabo exactamente con las mismas letras (bases nitrogenadas).

Dadas estas características se puede proponer una nueva en la que un alto porcentaje de estudiantes contesta la pregunta acertadamente, es presumible que existe un amplio conocimiento del tema, lo que indica que los temas fueron abordados de manera correcta durante la aplicación de la estrategia.

Esta aseveración es la predominantemente observada en los resultados de la mayoría de las preguntas al analizar las respuestas dadas a cada una de ellas, por ejemplo, en las respuestas seleccionadas para la pregunta 1 por parte de los dos grupos, se encontró que

predomina con el mayor porcentaje la opción correcta (figura 7), otro ejemplo claro está en las respuestas de las preguntas 5, 6, 8, 9 y 10 (figuras 11, 12, 14, 15 y 16 respectivamente), lo cual sugiere que los conceptos establecidos en estas cuestiones fueron trabajados correctamente y por lo tanto los alumnos lograron dar en gran proporción la respuesta correcta.

Por otro lado, entre las críticas a las pruebas de opción múltiple se sostiene que tienen un papel muy importante en medir conocimientos conceptuales, sin embargo, están muy limitadas en medir contenidos procedimentales tales como la habilidad para resolver problemas, la articulación de explicaciones, argumentación, organización y exposición de ideas propias, interpretación, ejemplificación, entre otros, (Haldyna, 2000; Burton, 1991). Ante esto y para lograr un equilibrio de evidencias entre los resultados obtenidos se procedió a emplear una combinación de diversos instrumentos de evaluación que incluyeran la evaluación de las habilidades antes mencionadas.

- La estrategia didáctica con base en el estudio de casos además del aprendizaje de contenidos conceptuales promueve el desarrollo de habilidades que permitieron a los estudiantes estructurar respuestas de alto nivel de complejidad en cuestionarios de preguntas abiertas

En los objetivos de este trabajo, los contenidos conceptuales no son los únicos relevantes, por lo cual, se procedió a emplear otros instrumentos de evaluación que permitieran valorar diversas habilidades que no pueden ser apreciadas a través de los cuestionarios de opción múltiple.

Uno de estos instrumentos fue un cuestionario de preguntas abiertas, el cual, se diseñó con la finalidad de que los alumnos expresaran respuestas propias de acuerdo a su capacidad de análisis, comprensión, exposición y organización de ideas respecto a los temas de replicación, transcripción y traducción del DNA. Este cuestionario fue aplicado como una prueba diagnóstica y final y se evaluó a través de una rúbrica analítica para respuestas abiertas.

La rúbrica describe diversas características de las respuestas, las cuales a la vez, equivalen a niveles alcanzados (anexo 5). En ambos grupos se logró una diferencia estadísticamente significativa favorable entre el promedio de nivel alcanzado de la

evaluación diagnóstica con respecto a la final, es decir, fueron de un nivel no aceptable en el que no demuestran comprensión del contenido de las preguntas, se observan inconsistencias en la reflexión, sintaxis y exposición ordenada de ideas, dadas estas características no resuelven las preguntas o son incorrectas y se logra apreciar que se hace referencia a detalles fuera de contexto; por otro lado, en la evaluación final pasaron a un nivel de respuesta satisfactoria en la que ya logran demostrar comprensión del contenido de las preguntas, se encuentra mayor consistencia en la reflexión y exposición de ideas, brindan explicaciones mayormente coherentes, y sustentan la respuesta aunque limitadamente.

Estos resultados brindan evidencia clara y alentadora de que la estrategia didáctica con base en el estudio de casos promueve el desarrollo de habilidades que permiten a los estudiantes estructurar respuestas con un nivel de complejidad mayor al encontrado antes de la aplicación de la misma.

Para conocer más a detalle sobre estos resultados procederemos a discutir los resultados obtenidos de manera particular para cada pregunta y su diversidad de respuestas, cabe señalar que en ningún caso se consideró a discusión aquella respuesta correcta o incorrecta que solo se apreció una vez, de tal forma que las respuestas que a continuación se analizan, representan globalmente las respuestas de la mayoría de estudiantes.

La pregunta 1 del cuestionario diagnóstico solicita a los alumnos que expliquen la razón por la cual un Belgian Blue (caso de estudio) parece un campeón fisicoculturista en comparación con el ganado ordinario, en este caso es importante destacar que los alumnos se apoyaron mucho del texto que se había proporcionado y que fungió junto con este cuestionario como activador de ideas previas, al respecto, la mayoría de los alumnos extrajeron la respuesta del texto pero fue considerada satisfactoria ya que se apreció su habilidad de interpretación del texto, así encontramos respuestas como la siguiente: *“Se debe a que tiene una proteína llamada miostatina y esa proteína se encarga de controlar el crecimiento de los músculos por lo tanto en este caso esa proteína no es funcional”*, de manera contrastante también encontramos respuestas muy vagas como *“mutación genética”*, o *“porque así es la anatomía del Belgian Blue”*.

Por otro lado en la aplicación final del cuestionario se solicita la misma explicación solo que bajo una cuestión más amplia al referirse a algunos mamíferos en lugar de solo el Belgian Blue, en dicha prueba se aprecia la formulación de respuestas propias de los alumnos y se distingue su capacidad de explicación al brindar respuestas de alto nivel como las siguientes: *“Se debe a un fenómeno en el que se eliminan partes del DNA, en específico en el gen de la miostatina que origina una proteína defectuosa”*; *“tiene más células musculares debido a una mutación en el ADN y hace que se dividan más de lo normal”* *“el Belgian blue produce miostatina defectuosa debido a una mutación en el DNA en el gen de la miostatina”*.

También encontramos respuestas breves en las que los estudiantes no logran establecer una explicación amplia pero son concisas y también dan respuesta a la pregunta, es importante destacar que en esta pregunta de la evaluación final no se encontraron respuestas incorrectas o sin contestar.

La cuestión número 2 tuvo como finalidad que los alumnos identificaran la razón por la cual algunos mamíferos tienen células musculares más grandes, en este caso, en la evaluación diagnóstica los estudiantes tenían las herramientas en el texto para dar una explicación amplia al respecto, sin embargo, la mayoría se limitó a dar respuestas de nivel 1 ó 2 en las que encontramos algunas como *“porque no es funcional la proteína”*, *“porque la miostatina está defectuosa”*, *“porque no controla su crecimiento muscular”*, *“porque en ellos la miostatina no les sirve”*, entre otras similares.

En contraste, en la evaluación final la mayoría de los alumnos pasaron de un nivel bajo a más complejo y establecieron respuestas claras que dan respuesta a la cuestión de forma precisa, entre ellas encontramos algunas como: *“porque la miostatina regula el crecimiento de los músculos y al estar mutada no realiza esta función”*, *“porque al estar mutada la proteína miostatina las células premusculares se dividen más de lo normal y se hacen más grandes a medida que se diferencian”*.

En la interrogante 3 se solicitó a los alumnos describir el fenotipo de individuos que presentan concentraciones elevadas de miostatina, inesperadamente en la prueba diagnóstica la mayoría de los estudiantes, a pesar que es una cuestión considerada de baja complejidad debido a las explicaciones en el texto, la contestaron incorrectamente, al asentar que serían musculosos y fuertes, esto puede ser debido a una falta de análisis y

reflexión de la cuestión así como una debilidad en la habilidad de interpretación del texto, por el contrario y destacadamente en la prueba final el nivel fue altamente contrastado ya que la mayoría ofreció una descripción detallada del fenotipo esperado “delgado, débil, poco crecimiento muscular”, etcétera, lo cual demuestra ampliamente el desarrollo de las habilidades mencionadas gracias a la estrategia didáctica aplicada.

La pregunta número 4 pide a los estudiantes que reconozcan la forma en la que el DNA almacena la información hereditaria, las respuestas proporcionadas en la prueba diagnóstica mayormente refieren únicamente a los nucleótidos, esta respuesta se presentó con gran frecuencia debido a que el texto del caso de miostatina hace referencia a los nucleótidos en un apartado que menciona que si se altera el orden o la secuencia de estos se modifica el mensaje lo que puede producir cambios en las proteínas, en este sentido, podemos considerar que los alumnos relacionaron la formulación de la cuestión con estos datos y no lograron esclarecer que la información genética se almacena en forma de genes, sin embargo, en la prueba final lo establecen adecuadamente e incluso proporcionan más datos que complementan la respuesta y ofrecen evidencia de la comprensión del concepto gen, por ejemplo señalan como respuesta “en los genes dentro de los cromosomas”, *“los nucleótidos conforman al DNA y partes específicas son los genes, es ahí donde se almacena la información”*, *“en genes formados por nucleótidos que estos a la vez están formados por una base, un fosfato y azúcar”*, como se puede apreciar los estudiantes integraron al concepto gen así como su conformación como una secuencia de nucleótidos e identificaron su ubicación dentro de los cromosomas.

Finalmente, en el último reactivo se cuestiona cómo se transmite la información genética de generación en generación sin alterarse, esta pregunta es de un nivel de dificultad mayor ya que involucra la replicación del DNA, el cual es un tema considerado complejo y de difícil comprensión para los alumnos. En este sentido se pudo observar que en la prueba diagnóstica casi la totalidad de alumnos dieron respuestas de nivel 1 en las que tratan de sustentar su respuesta básicamente en conocimientos que han adquirido principalmente a través del empleo del lenguaje coloquial así como de medios de comunicación tal como lo ha presentado Wood *et al.*, (2008) en su estudio, así, esta información no permite al estudiante establecer lazos con la información científica. En este sentido, encontramos respuestas muy vagas como: *“se transmite de padres a hijos”*, *“por los cromosomas”* *“por la herencia genética del padre y de la madre”*, *“a través del apareamiento”*, etcétera.

Por otro lado, en la prueba final los alumnos logran identificar que es debido a la replicación del DNA y a pesar de que no brindan una explicación profunda sobre este proceso, sí, logran identificar la función de la replicación del DNA, se puede observar en respuestas como las siguientes: *“mediante el DNA, gracias a la replicación, que hace células con la misma información genética”, “se debe a la replicación de ADN en el que los nucleótidos deben ser leídos en el mismo orden sin alterarse”*.

Es preciso señalar que las respuestas de alto nivel que proporcionaron la mayoría de los estudiantes en la prueba final, dan evidencia de que la aplicación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el estudio de casos de los temas de replicación, transcripción y traducción del DNA, promueve ampliamente la incorporación de los conceptos asociados a dichos temas en su vocabulario lo que les permitió desarrollar diferentes habilidades como organización de ideas, exposición escrita, resolución de problemas, pensamiento crítico, etcétera, en la formulación de respuestas coherentes a cuestiones consideradas complejas y meramente genéticas.

- El trabajo colaborativo en la elaboración de carteles y la discusión de casos propició el aprendizaje de los temas a través del intercambio de puntos de vista, lo cual favoreció la integración de los contenidos actitudinales con los procedimentales y conceptuales.

El trabajo colaborativo fue otra herramienta importante para el desarrollo de la estrategia didáctica ya que permitió desarrollar y compartir puntos de vista alternativos, además se ha sugerido que si se incorporan las perspectivas socio-cultural y lingüística al modelo cognitivo de los procesos mentales, es posible vislumbrar cómo el lenguaje y los procesos sociales del aula, constituyen las vías a través de las cuales los alumnos construyen el conocimiento (Nuthal, 1997). Resulta muy útil considerar los procesos mentales como una propiedad de los individuos que actúan en entornos organizados culturalmente (Salomón, 2001).

Al respecto se empleó dentro de la estrategia didáctica la elaboración de carteles que tuvo como objetivo principal el que los alumnos construyeran aprendizajes de manera más eficiente a través de la reciprocidad de ideas entre los miembros de un grupo de alumnos que diferencian y contrastan sus puntos de vista, de tal manera que llegan a generar una

construcción de conocimientos, en este proceso cada integrante aprende más de lo que aprendería por sí solo.

Bajo la línea del trabajo colaborativo, la elaboración de carteles les permitió a la mayoría de los estudiantes identificar conceptos como: DNA, nucleótidos, gen, azúcar, grupos fosfatos, bases nitrogenadas, complementariedad de bases, replicación del DNA, transcripción, traducción, proteínas, mutación, así como los productos de los procesos ilustrados en los carteles, por ejemplo, en la replicación muestran las dos dobles hélices que surgen a partir de una parental, en la transcripción presentan como resultado al RNA mensajero, en la traducción identifican la síntesis de proteínas a partir de enlaces entre aminoácidos, asimismo, señalaron puntualmente si el gen que expusieron presentaba o no mutación y por lo tanto establecen el fenotipo obtenido.

Así podemos mencionar que en general los alumnos identificaron la función principal de cada proceso para lograr la expresión genética y reconocieron la importancia de la fidelidad de estos, a excepción del equipo 5 del grupo 2 (ver tabla 4), que obtuvo el puntaje más bajo, esto indica que los conceptos solicitados no se presentaron de forma clara, precisa y completa, por lo tanto no consolidaron la relación entre los procesos explicados. A partir de la transcripción de la exposición del cartel a través de la filmación de las sesiones de clase, se observa que los alumnos de este equipo no lograron dominar el tema o solo alguno de los integrantes intentó dar una explicación, esto sugiere que en este equipo no existió la reciprocidad de ideas que se ha señalado, es decir no se compartieron puntos de vista, por lo que no se construyeron uniformemente los aprendizajes conceptuales esperados.

Como se ha mencionado con anterioridad, es de particular interés para el presente trabajo promover además de contenidos conceptuales el desarrollo de contenidos procedimentales, así como de actitudinales por lo cual los carteles fueron evaluados bajo criterios que incluyen los tres contenidos escolares (conceptuales, procedimentales y actitudinales), desglosados bajo los criterios de dominio del tema, exposición, formato, organización y participación (Anexo 7).

De manera grupal, los dos grupos alcanzaron el nivel avanzado en los criterios de dominio del tema, exposición, organización y participación. De la misma manera, un nivel en desarrollo en el criterio de formato y estilo que refiere a poca limpieza en el cartel,

dificultad para realizar la lectura de los textos, errores ortográficos, no existió resalte de ideas principales, etcétera.

Bajo estos criterios los contenidos procedimentales que se promovieron con la elaboración de carteles, de acuerdo a los propuestos por de Pro, (2013), son aquellos que se encuentran dentro de las destrezas básicas como lo es la observación; destrezas de investigación en las cuales se encuentran la identificación de hechos y fenómenos, la realización de predicciones y emisión de hipótesis así como el establecimiento de conclusiones, por último también se promovieron destrezas comunicativas como la representación simbólica, uso de técnicas comunicativas y elaboración de informes, estas destrezas fueron evaluadas bajo los criterios de exposición, formato y estilo.

Por otro lado, los contenidos actitudinales que se fomentaron en esta misma actividad, de acuerdo a Vázquez y Manassero (1995), fueron principalmente actitudes relacionadas con el conocimiento científico dentro de las cuales están involucradas la construcción colectiva del conocimiento científico y las actitudes relacionadas con la naturaleza del conocimiento científico. Estas se apreciaron claramente en los criterios de organización y participación, entre los que se destacan la motivación en su trabajo y los valores del trabajo científico como la colaboración, la apertura, la comunicación y el consenso.

Finalmente, se procederá a analizar la discusión del caso y la problemática, en las que todas las actividades previas se conjuntaron en un verdadero escenario que promovió habilidades de aplicación e integración de conocimiento, el juicio crítico, la deliberación al diálogo, la toma de decisiones y la solución de problemas. En este sentido, los alumnos no solo examinaron y analizaron el caso desde fuera, sino que se involucraron con él. Con el desarrollo de estas habilidades no solo se destacó el razonamiento de los alumnos, sino la expresión de emociones y valores.

Primeramente, se destaca que de acuerdo a la evaluación de la discusión de casos a través de la rúbrica analítica para el análisis y discusión de casos, en la parte conceptual los alumnos denotan que manejan y explican la información científica precisa para desarrollar la discusión del caso de estudio, por otro lado, los procedimientos claramente observados, son aquellos relacionados con destrezas de investigación como la identificación de problemas, el análisis de datos y situaciones, así como, el establecimiento de conclusiones, también apreciamos las destrezas comunicativas tales

como la identificación y análisis de ideas en material escrito y la elaboración de informes a partir de cuestiones concretas y preguntas abiertas presentadas al ritmo de la discusión.

Con respecto a las actitudes trabajadas se encontraron presentes características particulares de cada una de las actitudes mencionadas en la taxonomía de actitudes relacionadas con la ciencia descritas en el cuadro 2, especialmente aquellas actitudes relacionadas con las interacciones entre la sociedad y la ciencia, también son claramente apreciadas y valoradas aquellas actitudes mencionadas por Hodson (1985) y Caamaño (1988), dentro de las cuales se enuncia el disfrute de la ciencia en la escuela la cual ayudó a desarrollar en los alumnos actitudes positivas hacia ella y a capacitarlos para valorar los beneficios prácticos que ocasiona, también encontramos la resolución de problemas, la predisposición a contribuir a la discusión pública de los temas científicos y finalmente se buscó que los alumnos encontraran la enseñanza de las ciencias interesante, de utilidad y satisfactoria.

Para obtener datos acerca de estas características se evaluaron las discusiones de caso grupales a partir de la problemática planteada, estos resultados mostraron datos diferentes entre los dos grupos, al respecto, es preciso mencionar que el grupo 2 tuvo un nivel de desempeño menor al grupo 1, esto puede ser explicado al analizar los resultados obtenidos en las otras pruebas discutidas previamente en las que el grupo 2 obtiene en general resultados más bajos que el grupo 1; sin embargo, es importante destacar que en la mayoría de los casos, el grupo 2 partió de niveles de desempeño muy bajos que incrementaron significativamente en las pruebas finales. En este sentido, es preciso apreciar el grado en el que avanzaron ambos grupos, de tal forma que, independiente del nivel alcanzado lo importante de reconocer es cuánto avanzaron desde el punto de partida.

Por último, es preciso señalar que la encuesta de datos generales se realizó con la finalidad de caracterizar a la población estudiantil a la cual se aplicó la estrategia didáctica, los datos obtenidos muestran en promedio, una población característica del nivel escolar que se encontraban cursando los estudiantes, al respecto no existió ningún dato que sea relevante resaltar sobre este apartado y en consecuencia no fue necesario hacer un análisis de correlación de estos datos con los resultados obtenidos en las demás pruebas.

Cabe señalar que la estrategia diseñada con base en el análisis y discusión de casos al ser aplicada a alumnos de Biología del bachillerato produjo diversos productos con los que se obtuvieron resultados muy alentadores al incidir en los tres tipos de contenidos escolares para la enseñanza-aprendizaje de los temas de replicación, transcripción y traducción del DNA. A los alumnos se les observó en todo momento con gran interés, disposición hacía el trabajo y estudio de los temas, esto promovió la comprensión de los contenidos establecidos en la estrategia didáctica y el logro en los objetivos señalados.

10. CONCLUSIONES

La contribución de la presente investigación consistió en proponer y poner a prueba una estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el análisis y discusión de casos que permitió a alumnos de dos grupos de la asignatura de Biología en el bachillerato de la UNAM, construir aprendizajes significativos de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales referentes a los temas replicación, transcripción y traducción del DNA.

Lo anterior se evidencia de manera puntual a continuación:

La selección y elaboración de casos que abordan conceptos con relación a la replicación, la transcripción y la traducción del DNA, permitió a los alumnos interpretar y conceptualizar información sobre el caso. Además, promovió el interés de los mismos lo cual se reflejó en su participación en la discusión de los dilemas y controversias que surgieron durante las sesiones. Esta estrategia también favoreció el trabajo individual, en equipo y grupal; en este sentido, los estudiantes construyeron interpretaciones personales con base en interacciones y experiencias propias.

La prueba de opción múltiple fue un instrumento de evaluación que facilitó el análisis cuantitativo del aprendizaje de los conceptos que comprendieron los estudiantes respecto al tema, los datos obtenidos brindaron una representatividad de dichos conocimientos, los promedios de calificación obtenidos aumentaron de manera estadísticamente significativa al finalizar la estrategia; y se conservó, tres meses después, En este sentido, existió un aprendizaje significativo de los conceptos genéticos evaluados en la prueba de opción múltiple.

El nivel de respuestas dadas por parte de los alumnos en el cuestionario de preguntas abiertas incrementó de manera estadísticamente significativa con la aplicación de la estrategia, los estudiantes pasaron de un nivel no aceptable a un nivel satisfactorio, se evidenció que la propuesta promovió el desarrollo de habilidades como la articulación de explicaciones, la argumentación y la organización de las ideas, así como la interpretación y ejemplificación de la información. Lo anterior permitió en su conjunto que los estudiantes estructuraran respuestas de mayor complejidad.

La exposición de los temas a través de imágenes permitió presentar a los estudiantes la información desde una perspectiva visual que los instruyó en la indagación y profundización de la información del caso de estudio en diferentes formas y así se promovió la conceptualización a partir de modelos.

El trabajo colaborativo en la elaboración de carteles propició el aprendizaje de los temas a través del desarrollo, intercambio y contraste de puntos de vista alternativos; se observaron actitudes positivas hacia el trabajo en el que los estudiantes participaron con entusiasmo, opinaron, escucharon a sus compañeros y contribuyeron en la realización de la actividad; se evidenció cómo el lenguaje y los procesos sociales del aula constituyeron la vía a través de la cual los alumnos generaron conocimiento científico.

Los alumnos lograron exponer los carteles elaborados y, en general explicaron correctamente los temas de replicación, transcripción y traducción del DNA, así como los conceptos básicos que componen dichos procesos; establecieron adecuadamente una relación entre los temas y el caso de estudio a modo de ejemplo. Reconocieron la importancia de los procesos genéticos explicados y comprendieron que el DNA tiene la capacidad de replicar su información y traducirla en proteínas.

Presentaciones multimedia, elaboración de carteles y la interpretación de casos a través de la simulación de roles dentro de una problemática, son recursos didácticos que complementaron la estrategia con base en el estudio de casos, al favorecer en los estudiantes el desarrollo de habilidades de búsqueda de información, de análisis y de aplicación de conceptos para la comprensión de situaciones problemáticas de la vida cotidiana, así como la formulación de argumentos, el establecimiento de conclusiones y la toma de decisiones respecto a la defensa de posturas frente a una problemática de la vida cotidiana, todas ellas con base en conocimiento científico.

La discusión de casos no solo permitió a los estudiantes adquirir conocimientos conceptuales y procedimentales, sino también actitudinales al exponer y poner a consideración de sus pares sus valores respecto a una problemática de la vida cotidiana.

Los instrumentos de evaluación empleados, como los cuestionarios de opción múltiple, abiertos y las rúbricas analíticas, permitieron valorar cuantitativa y cualitativamente los aprendizajes y productos elaborados por los alumnos, lo que evidenció que la estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el estudio de casos propuesta en el presente estudio es una herramienta didáctica viable que promueve aprendizajes significativos de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales referentes a los temas: replicación, transcripción y traducción del DNA.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo, A. y Flores, de Lovera, H. (2001). El proyecto pedagógico de aula y la unidad de clase. *Educere*, 5(14).
- Ahumada, P. (2001). *La evaluación en una concepción de aprendizaje significativo*. Chile: Ediciones universitarias de Valparaíso.
- Ahumada, P. (2005). *Hacia una evaluación auténtica del aprendizaje*. México: Paidós mexicana.
- Audesirk, T, Audesirk, G, y Byers B. (2012). *Biología. La vida en la tierra con fisiología*. (9ª ed). México: Editorial Pearson.
- Ayuso, G. y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias*. 20(1), 133-135.
- Ayuso, G.E., y Banet, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 137-153.
- Balam, A. (2007). El currículo escolar mexicano de las ciencias en el nivel medio. Un estudio proyectivo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Bednar, A. y Levie, W. H. (1993). Attitude-change Principles. En Fleming, M. y Levie, W. H. *Instructional Message Design* (2da. Ed.)- Englewood Cliffs.
- Bohrer, J. (2002). *On teaching a Case*. Kennedy School of Government. Harvard University, 1-8.
- Bolívar, A. (1995). *La evaluación de valores y actitudes*. Madrid: UNED
- Brown, J., Collins, A. y Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 12(1), 32-42.
- Brown, K. y Cole, M. (2001). Cultural historical activity theory and the expansion of opportunities for learning after school. En Packer M. J. y Tappan M. B., *Cultural and critical perspectives on human development*. Nueva York: SUNY Press.
- Caamaño, A. (1988). Tendencias actuales en el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 265-277.
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las ciencias* 26(2), 227-244.
- Carretero, M. (2002). ¿Qué es el constructivismo? En *Constructivismo y Educación*. (2da. Ed.). México: Progreso, 19-37.
- CCH. 2004. Programas de estudio para Biología I a IV. CCH-UNAM, México.

- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica*. Buenos Aires: Aique.
- Coll, C. (2001). Constructivismo y educación: la concepción constructivista de la enseñanza y el aprendizaje. En Coll, C. Palacios J. y Marchesi A. *Desarrollo psicológico y educación 2*. Psicología de la educación escolar Madrid: Alianza Editorial, 157-186.
- Coll, C., y Valls, E. (1992). El aprendizaje y la enseñanza de los procedimientos. Los contenidos de la reforma, en Enseñanza y aprendizaje de conceptos procedimientos y actitudes. Madrid: Santillana, 85-127.
- Coll, C., Martín, E., Mauri, T., Miras, M., Onrubia, J., Solé, I., y Zabala, A. (1999). *El constructivismo en el aula*. Barcelona: Editorial Graó.
- Coll, C., Pozo, J. I., Sarabia, B., y Valls E. (1992). *Los contenidos de la reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid: Santillana.
- de Miguel, M. (2005). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias. Orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior*. Universidad de Oviedo. Ministerio de educación y Ciencia
- de Pro, A. (2013), Enseñar procedimientos por qué y para qué. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 73, 69-76.
- de Pro, A. 1998. ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 21-41.
- Delich, A. (nd). *Estudio de casos para docentes. Tercer Ciclo de educación General Básica para Adultos. Modalidad semipresencial*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Educación de la Nación.
- Díaz F, y Hernández G. (2002). *Estrategias Docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. (2da Ed.). México: Mc Graw- Hill Interamericana.
- Díaz, F. y Hernández, G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. (3ª Ed.). México: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Díaz, F. (2006). *Enseñanza situada. Vinculo entre la escuela y la vida*. México: McGraw-Hill.
- Duffy, T. M. y Jonassen, D. (1991). Constructivism: New implications for instructional technology? *Educational Technology*, 31(5), 3-12.

- Ebbinghaus, H. (1885). *Memory: A contribution to Experimental Psychology*. Translated by Ruger, H. y Bussenius, C. (1913). (En línea). Consultado el 30 de septiembre de 2014. Accesible en: http://hwkpsych.rutgers.edu/.../Ebbinghaus_1885.pdf.
- Ertmer, P. A. y Newby, T. J. 1993: (1993). Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features from an Instructional Design Perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 6(4), 50-72.
- Feldman, R. (1998). *Psicología con aplicaciones a los países de habla hispana*. México: McGraw Hill.
- Fernández, A. (nd). La evaluación de los aprendizajes en la universidad: nuevos enfoques. Instituto de ciencias de la educación. Universidad Politécnica de Valencia.
- Finley, F., Stewart, J. y Yarroch, W. (1982). Teachers' Perceptions of Important and Difficult Science Content. *Science Education*, 66(4), 531-538.
- Gatica, F. y Uribarren, T. (2012). ¿Cómo elaborar una rúbrica? *Inv Ed Med*, 2 (1), 61-65.
- Gimeno, J. (1992). El curriculum: Los contenidos de la enseñanza o un análisis de la práctica, en Gimeno, J. y Pérez, A.I. *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata
- Gómez, G. (2010). La enseñanza de los contenidos “Mecanismos hereditarios” y “Expresión Genética y variación”, para el mejoramiento de la práctica docente en el Colegio de Ciencias y Humanidades, Azcapotzalco. Tesis de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior con especialidad en Biología. UNAM, México.
- González, G. (2001). Educación para la vida: el gran reto. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 33(1), 73-84.
- Hernández, S, (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *RUSC*, 5(2), 26-35
- Iñiguez, F. (2005). La enseñanza de la genética: una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona, España.
- Izquierdo, M. 2000. Fundamentos epistemológicos. En Perales, F. J. y Cañal, P (Eds.), “Didáctica de las ciencias experimentales”, Alcoy: Marfil, 35-64.

- Jonassen, D. H. (1991). Evaluating constructivistic learning. *Educational Technology*, 31(9), 28-33.
- Kaufman, M. y Fumagalli, L. (2000). Enseñar Ciencias Naturales. Reflexiones y propuestas didácticas, Ed. Paidós Educador B.A. ,Barcelona, México.
- León, J., Barriga, S., Gómez, T., González, B., Medina, S. y Cantero, F. (1998). *Psicología social, orientaciones teóricas y ejercicios prácticos*. Madrid, España: McGraw Hill.
- López, A. (1997): *Iniciación al análisis de casos, una metodología activa de aprendizaje en grupos*. Bilbao, España: Mensajero, S. A.
- López, E., Bravo, M. y Gonzalez, E, J. (2005). *La profesionalización de los educadores ambientales hacia el desarrollo humano sustentable*. México: ANUIES.
- Marin, E. (2010), Enseñar ciencias en el bachillerato. Concepciones de los profesores. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Markus, M.D., Kathryn R. Wagner, M.D., Ph.D., Leslie E. Stolz, Ph.D., Christoph, M.D., Thomas, M.D., Wolfgang, M.D., Thomas, M.D., Ph.D., James F. T, Ph.D., and Se-Jin Lee, M.D., Ph.D. (2004). Myostatin Mutation Associated with Gross Muscle Hypertrophy in a Child. *N Engl J Med*; 350, 2682-2688.
- Martí, E. (1997). El constructivismo y sus sombras. *Anuario de Psicología*, 69, 3-18.
- Monereo, C. (1995). De los procedimientos a las estrategias: implicaciones para el proyecto Curricular Investigación y renovación Escolar (IRES). *Investigación en la escuela*, 27, 21-38.
- Myers, D. (2000). *Psicología social*. Bogotá, Colombia: McGraw Hill.
- Nieda, J., Macedo, B. (1998). Capítulo 1.Importancia de la enseñanza de las ciencias en la sociedad actual. En *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años*. México, SEP. 19-24
- Nuthall, G. (2000). El razonamiento y el aprendizaje del alumno en el aula. En Biddle, B. J., Good T. L y. Goodson I. F, *La enseñanza y los profesores. 2: La enseñanza y sus contextos*. Barcelona: Paidós.
- Odreman, N. (1996). La reforma curricular venezolana. Educación Básica
- Perales, F. y Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Análisis de libros de texto. Enseñanza de las ciencias*, 20(3), 369-386.
- Pozo, J. I. y Gómez, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid España: Morata.

- Pozo, J. I. y Postigo, Y. (1994). La solución de problemas como contenidos procedimentales en la educación obligatoria. En Pozo, J. I. *Solución de problemas*, Madrid: Santillana.
- Pozo, J. I. (1992). El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos. En Coll, C., Pozo, J. I., Sarabia, B., y Valls, E. *Los contenidos de la reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid: Santillana.
- Pró, M. (2003). Aprender con imágenes. Incidencia y uso de la imagen en las estrategias de aprendizaje. México: Paidós.
- Sabariego, M., Massot, I., y Dorio, I. (2009). Métodos de investigación cualitativa. En Bisquerra, R., *et al.*, *Metodología de la Investigación educativa*. Barcelona: Muralla.
- Salomon, G. (2001). No hay distribución sin la cognición de los individuos. Un enfoque interactivo dinámico. En Salomon G., *Cogniciones distribuidas. Consideraciones psicológicas y educativas*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Santrock W. (2006). *Psicología de la educación*. (2da. Ed.). México: Mc Graw- Hill Interamericana.
- Serrano, J. M. y Pons, R. M. (2011). El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(1).
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2008). Conocimientos fundamentales para la enseñanza media superior, una propuesta de la UNAM para su bachillerato. México: UNAM.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (nd). Lineamientos generales para la elaboración de reactivos. Consultado en línea (<http://www.evaluacion.unam.mx/>), México, D.F.
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), 337-346.
- Venegas, E. (2005, julio). ¿Por qué hacer y enseñar ciencia en México? Publicado en el periódico *Milenio*.
- Wassermann, S. (1994). *Introduction to case method teaching*. Nueva York: Teachers College Press, Columbia University.
- Wassermann, S. (1998). *El estudio de casos como método de enseñanza*. Buenos Aires, Argentina: Amorrortu

- Wood, C., Lewis, J., Leach, J., 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), 43-61.2

12. ANEXOS

Anexo 1

Encuesta de datos generales del alumno (a)

Marca con una cruz tus respuestas y, en su caso, anota los datos que se piden.

Encuesta de datos generales del alumno (a)	
1.-Nombre completo	_____
2.- Género:	Hombre () Mujer ()
3.- Edad	_____ años
4.-Semestre	_____ Recursando el semestre sí () no ()
5.-Escuela de procedencia (secundaria)	pública () privada ()
6.- ¿Trabajas además de estudiar?	sí () no ()
7.- Estado de procedencia:	DF () otro () ¿Cuál? _____
8.-Colonia y Delegación de vivienda actual:	_____
9.- Tiempo de traslado de la casa a la escuela:	_____
10.-Tiempo promedio semanal que estás frente a la televisión:	_____ hora(s)

Anexo 2

Cuestionario de evaluación diagnóstica de opción múltiple

REPLICACIÓN, TRANSCRIPCIÓN Y TRADUCCIÓN DEL DNA

Nombre completo _____

Grupo _____

Subraya la respuesta correcta

1. Un nucleótido consta de:

- a. Una base de nitrógeno
- b. Una base nitrogenada y un azúcar
- c. Una base de nitrógeno, azúcar y fosfato
- d. Dos bases de nitrógeno, un azúcar y un fosfato

2. El DNA es un polímero de :

- a. Nucleótidos
- b. Nucleósidos
- c. Aminoácidos
- d. Proteínas

3. La información contenida en el DNA está en:

- a. El esqueleto formado por los enlaces azúcar-fosfato de una de las dos cadenas de DNA
- b. Las proteínas que se unen a la doble hélice
- c. El orden de los nucleótidos de una cadena de DNA
- d. Los enlaces que unen los nucleótidos de una y otra cadena del DNA

4. ¿Qué es un gen?

- a. Sinónimo de cromatina
- b. Sinónimo de cromosoma
- c. Cualquier secuencia de DNA
- d. Una secuencia de nucleótidos con información para sintetizar una proteína

5. El proceso por el que se obtiene una molécula de DNA a partir de otra preexistente se denomina:

- a. Replicación
- b. Transcripción
- c. Traducción
- d. Mutación

6. La replicación del DNA da como resultado:

- a. 2 moléculas de DNA completamente nuevas
- b. 2 moléculas de DNA que contienen una hebra original cada una
- c. 2 moléculas viejas de DNA
- d. 2 molécula nuevas de RNA

7. Una cadena de ADN tiene la siguiente secuencia: AAGCCA. ¿Cuáles son las bases de su cadena complementaria?

- a. A A G C C A
- b. A C C G A A
- c. T T C G G T
- d. C C A T T C

8. ¿Qué molécula es sintetizada durante la transcripción de la información genética?

- a. DNA
- b. RNAm
- c. Proteína
- d. Carbohidrato

9. Proceso en el que la información del RNA se utiliza para fabricar la secuencia de aminoácidos de una proteína.

- a. Traducción
- b. Replicación
- c. Elongación
- d. Transcripción

10. El producto final de la expresión de un gen es:

- a. Un codón
- b. Una proteína
- c. Un nucleótido
- d. Una base nitrogenada

Anexo 3

Realiza detenidamente la siguiente lectura

“Músculos, mutaciones y miostatina”

Fragmentos extraídos y modificados del libro “**Biología. La vida en la tierra con fisiología**” de Audesirk T, et al., 2012 (Novena Edición)

No, el toro que aparece en la fotografía superior no levanta pesas: es un toro de la raza Belgian Blue, la cual se caracteriza por tener músculos prominentes.



Cuando un mamífero se desarrolla, sus células se dividen muchas veces, se agrandan y se especializan para una función determinada. El tamaño, forma y tipo de las células de los órganos están regulados con precisión durante el desarrollo, de modo que uno no adquiere una cabeza del tamaño de una pelota de basquetbol ni le crece pelo en el hígado. El desarrollo muscular no es la excepción.



Cuando eras pequeño, las células destinadas a formar tus músculos se dividieron, se unieron y formaron células largas y relativamente gruesas con numerosos núcleos y sintetizaron las proteínas especializadas que hacen que los músculos se contraigan para mover el esqueleto. Una proteína llamada miostatina, que se encuentra en todos los mamíferos, detiene este proceso. La palabra “miostatina” significa de forma literal “hacer que los músculos se queden iguales” y eso es exactamente lo que hace. Cuando los

músculos se desarrollan, la miostatina lentifica y al final detiene las divisiones de estas células premusculares. La miostatina regula también el tamaño definitivo de las células musculares y, por tanto, su fuerza. Un fisicoculturista aumenta su volumen muscular levantando pesas, lo cual agranda sus células musculares pero, por lo regular, no adiciona muchas células nuevas.

El Belgian Blue tiene más células musculares que son más grandes que las del ganado común. Las proteínas se sintetizan según las instrucciones genéticas contenidas en el ácido desoxirribonucleico (DNA). El DNA del Belgian Blue es significativamente diferente del DNA del ganado común: tiene un cambio, una mutación en el DNA en el gen de la miostatina. Por consiguiente, produce miostatina “defectuosa”. Las células premusculares

del Belgian Blue se dividen más de lo normal y se hacen muy grandes a medida que se diferencian, lo que produce este ganado de gran tamaño.

Todos los mamíferos “regulares” tienen una secuencia de DNA que codifica una proteína miostatina funcional que limita el crecimiento de los músculos. El ganado Belgian Blue tiene una mutación en el gen de la miostatina que lo hace no funcional y por lo tanto ya no codifica una proteína funcional, de modo que sufre un desarrollo muscular excesivo.

En condiciones regulares, la miostatina evita que las células premusculares repliquen su DNA. Por consiguiente, las células dejan de dividirse y se limita el número de células maduras. En cambio si la miostatina se encuentra mutada no se inhibe la replicación del DNA, así que las células premusculares siguen dividiéndose y producen mayor masa muscular.

El ganado Belgian Blue tiene una mutación en el gen de la miostatina. El resultado es que sus células sintetizan la proteína miostatina aproximadamente al 50% de su cantidad normal. Otras razas de ganado con “músculos dobles” tienen la misma mutación.

En ciertas razas de perros también existen mutaciones en la miostatina. En general, son diferentes de las mutaciones ocurridas en las razas de ganado, pero producen efectos fenotípicos semejantes. Lo que si tienen en común es que su miostatina no funciona.

El flujo de la información genética desde el DNA hasta la formación de una proteína sigue una secuencia sencilla, en la que las bases que constituyen al DNA son “leídas en cierto orden” (nucleótidos). Si se altera el orden o la secuencia de estas letras (bases) el mensaje se modifica lo que puede producir una proteína no funcional o bien la ausencia completa de la misma.

En las crías del ganado Belgian Blue la miostatina no es funcional, lo que provoca que sean enormes y no puedan atravesar el canal de parto, haciendo necesaria una cesarea.

En cambio en los ratones, las crías con deficiencia de miostatina tienen tendones pequeños y quebradizos, así que sus músculos de tamaño excesivo están débilmente unidos a los huesos. Por otro lado, los galgos que portan un alelo normal y otro mutante (heterocigotos) corren más de prisa que los galgos comunes.

Como puedes ver, una misma proteína modificada puede tener diferentes efectos en las diversas especies.

Bibliografía:

Audesirk, T, Audesirk, G, y Byers B. 2012. Biología. La vida en la tierra con fisiología. (9ª ed). Editorial Pearson, México. (pp.200-215)

Anexo 4

Nombre: _____ Grupo _____

Cuestionario de evaluación diagnóstica de respuestas abiertas

Con base en la lectura “músculos, mutaciones y miostatina” y tus conocimientos adquiridos a lo largo de tu trayectoria de vida, contesta individualmente las siguientes preguntas.

1. ¿A qué se debe que un Belgian Blue parezca un campeón fisicoculturista en comparación con el ganado ordinario como el Herford de la fotografía inferior?

2. ¿Por qué el Belgian Blue tiene células musculares más grandes que las del ganado común?

3. ¿Cuál será el fenotipo de un individuo que presenta concentraciones elevadas de miostatina?

4. ¿En qué forma el DNA almacena la información para codificar características como el tamaño de los músculos, color de las flores o la determinación del sexo?

5. ¿Cómo se transmite la información genética de generación en generación sin alterarse?

Anexo 5

Rúbrica analítica para evaluar cuestionario de preguntas abiertas

INDICADORES			
NIVEL 3	NIVEL 2	NIVEL 1	NIVEL 0
Respuesta completa (Excelente)	Respuesta satisfactoria (Regular)	No aceptable (Rechazada)	Nulo
<p>Demuestra total comprensión del contenido de la pregunta.</p> <p>Denota amplia consistencia en la reflexión, sintaxis y exposición ordenada de las ideas.</p> <p>Su respuesta es completa y lógica, con explicaciones claras y coherentes respecto a la pregunta.</p> <p>Todos los requerimientos de la pregunta están comprendidos en la respuesta.</p> <p>La organización de la respuesta focaliza la idea o tema central.</p>	<p>Demuestra una comprensión parcial del contenido de la pregunta.</p> <p>Denota regular consistencia en la reflexión, sintaxis y exposición ordenada de las ideas</p> <p>Su respuesta es incompleta, con explicaciones coherentes respecto a la pregunta.</p> <p>La mayor cantidad de los requerimientos de la pregunta están comprendidos en la respuesta.</p> <p>Existe un intento por sustentar la respuesta pero es limitado, muy general o fuera de balance.</p>	<p>Demuestra muy poca o ninguna comprensión del contenido de la pregunta.</p> <p>Denota inconsistencia en la reflexión, sintaxis y exposición ordenada de las ideas</p> <p>Su respuesta no resuelve la pregunta por lo que es incorrecta</p> <p>Carece de una idea o tema central, hace referencia a detalles fuera de contexto.</p>	<p>No comprende ningún contenido de la pregunta.</p> <p>No responde</p> <p>No intento contestar la pregunta</p>

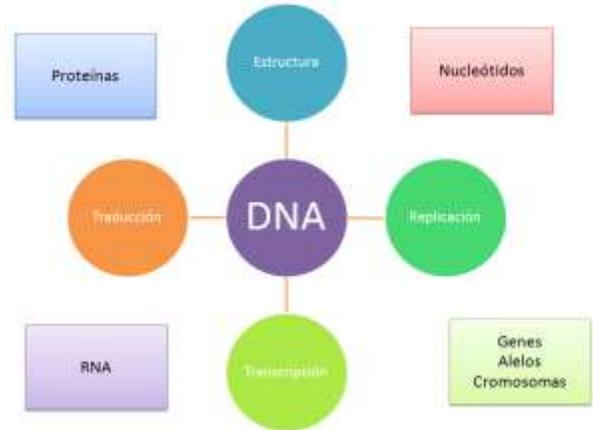
Anexo 6. Presentación del tema con imágenes a través de diapositivas

“REPLICACIÓN, TRANSCRIPCIÓN Y TRADUCCIÓN DEL DNA”

Conocer los procesos de replicación, transcripción y traducción del DNA” y relacionarlos con el caso de miostatina mutada.

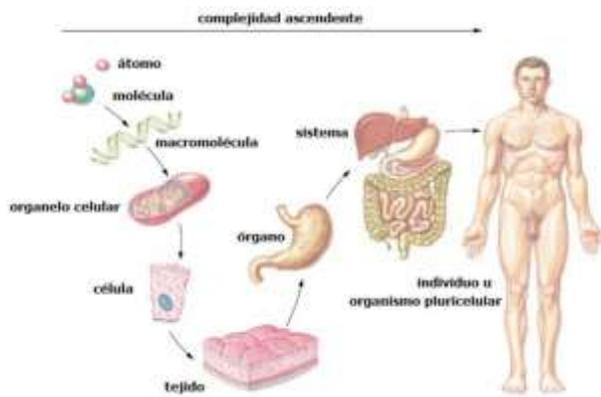
(1)

Estructura conceptual



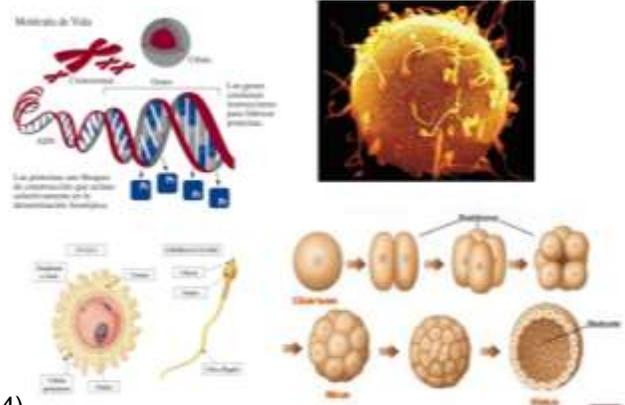
(2)

Niveles de organización



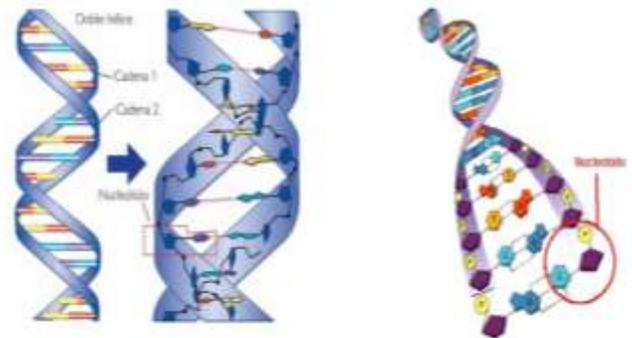
(3)

Información genética

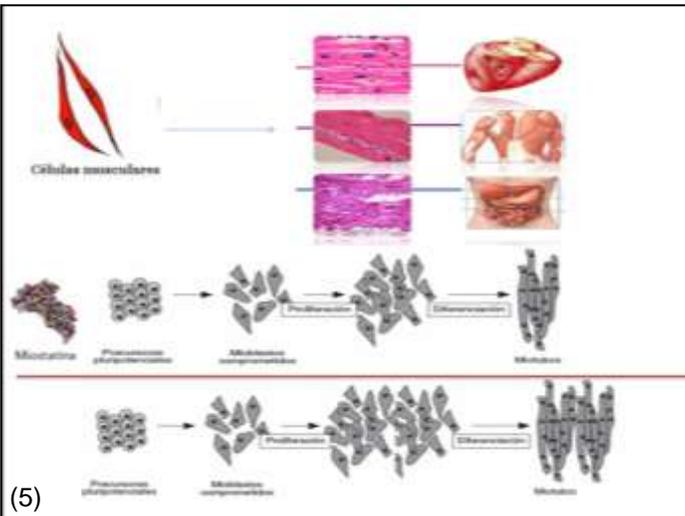


(4)

Las proteínas se sintetizan según la información contenida en el DNA

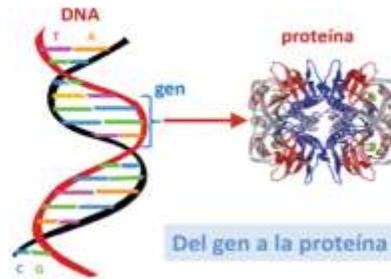
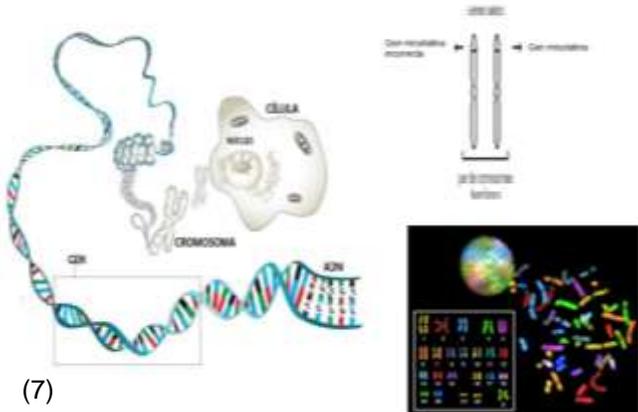


(6)

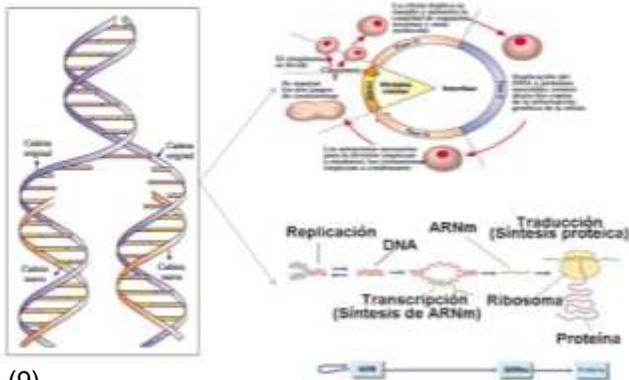


(5)

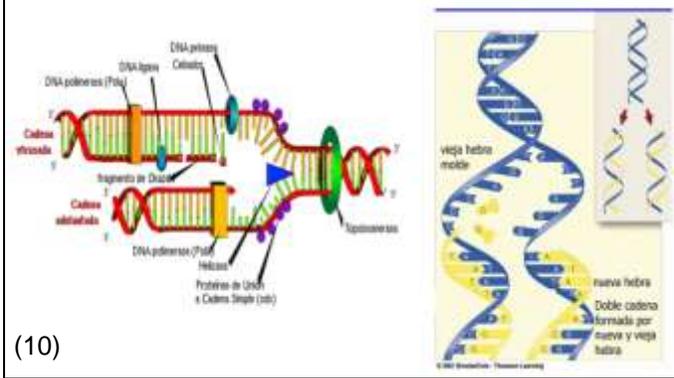
Gen, cromosoma, alelo



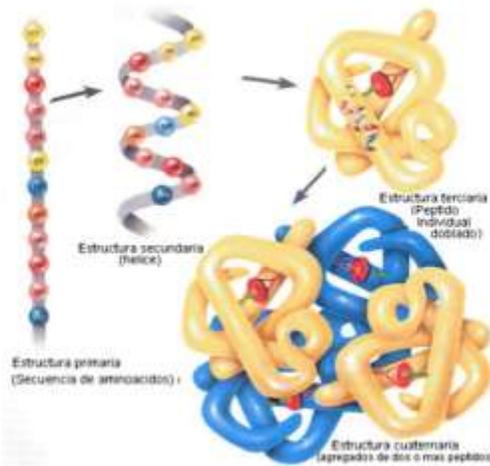
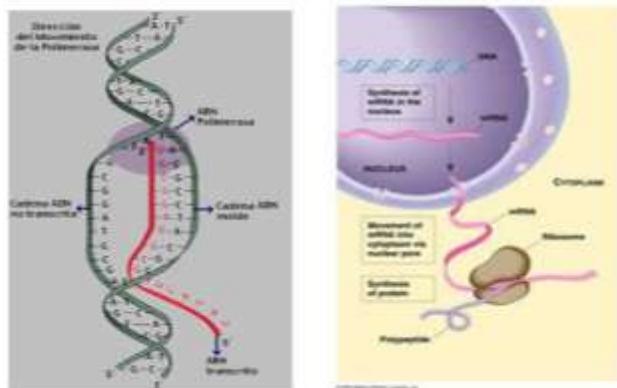
Replicación del DNA



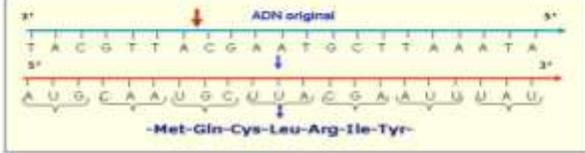
Replicación



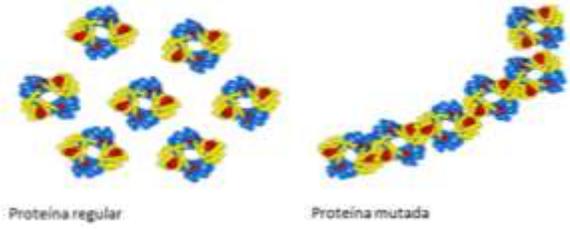
Transcripción y traducción



Consecuencias de una adición: Corrimiento en el orden de lectura.



(13)



(14)

Anexo 7

Rúbrica para evaluación de carteles

CONTENIDO	CRITERIO	PUNTUACIÓN		
		5 puntos	3 puntos	1 punto
CONCEPTUAL	DOMINIO DEL TEMA	<ul style="list-style-type: none"> Los contenidos indicados, se presentan en forma clara, precisa y completa. Realiza una relación coherente de los procesos explicados con una mutación. Todos los integrantes demuestran que conocen y dominan el tema de exposición. Todos los integrantes saben explicar el cartel. 	<ul style="list-style-type: none"> Los contenidos indicados, no se presentan en forma clara y precisa, y completa. Intenta realizar una relación de los procesos explicados con una mutación pero lo hace de forma incorrecta. Conocen el tema pero no lo dominan completamente. Solo algunos integrantes saben explicar el cartel. 	<ul style="list-style-type: none"> Los contenidos indicados, no se presentan en forma clara y precisa, y completa. No realiza la relación de los procesos explicados con una mutación No conoce ni domina el tema de exposición. Solo un integrante saben explicar el cartel.
		PROCEDIMENTAL	EXPOSICIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Utiliza el tiempo asignado para la presentación. Se dirige a sus compañeros con voz clara y de manera fluida. Usa vocabulario apropiado y coherencia en las ideas. Se apoya de manera correcta con los esquemas e ilustraciones.
FORMATO Y ESTILO	<ul style="list-style-type: none"> Presenta limpieza. La letra es legible No existen faltas de ortografía. Presenta un diseño innovador en el que usaron diferentes materiales proporcionados y propios. Resaltaron ideas principales. Tiene esquemas y/o dibujos. 		<ul style="list-style-type: none"> Presenta poca limpieza Es complicado realizar la lectura de los textos empleados. Tiene 1 ó 2 faltas de ortografía. El diseño es sencillo y utilizaron pocos materiales proporcionados y ninguno propio. Resaltaron algunas ideas principales. Tiene escasos esquemas y/o dibujos. 	<ul style="list-style-type: none"> No presenta limpieza. La letra no es legible. Tiene varias faltas de ortografía No tiene diseño original y emplearon escasos materiales proporcionados. No resaltaron ideas principales. No tiene esquemas ni dibujos.

ACTITUDINAL	ORGANIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los integrantes de los equipos tienen un rol definido y lo ejecutan de manera efectiva por lo que el trabajo se concreta sin dificultades. • Se aprecia el trabajo colaborativo. • La transición de ideas es efectiva y realiza conclusiones apropiadas a partir del intercambio de puntos de vista entre los integrantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cada integrante de los equipos tiene un rol asignado, pero no está claramente definido y por lo tanto no lo ejecuta de forma consistente. • No se aprecia el trabajo colaborativo. • La transición de ideas es deficiente, Intenta establecer conclusiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los equipos no se organizan y los miembros no se distribuyen roles de trabajo • No se observa el trabajo colaborativo. • No logra establecer conexiones entre ideas. • No realiza conclusiones.
	PARTICIPACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra una actitud positiva hacia el trabajo. • Todos participan con entusiasmo, escuchan, opinan y contribuyen en la resolución de la actividad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene una actitud positiva hacia el trabajo. • Al menos la mitad de los estudiantes dan evidencia de plantear ideas, interactuar o escuchar con atención a los demás miembros del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pocas veces tiene una actitud positiva hacia el trabajo. • La mayor parte de los integrantes del equipo están distraídos o desinteresados y solo una ó dos personas participan activamente.

Anexo 8

Analiza cuidadosamente el siguiente texto

Caso miostatina mutada en humanos

Los seres humanos también tenemos miostatina y no es de sorprender que puedan ocurrir mutaciones en el gen humano de esta proteína. Un niño hereda dos copias de la mayor parte de los genes, uno de cada padre.

Hace unos años, en Alemania nació un niño que heredó una mutación puntual en el gen de miostatina de ambos padres. Esta mutación en particular dio por resultado proteínas de miostatina cortas e inactivas. A los siete meses, el niño ya tenía músculos bien desarrollados en pantorrillas, muslos y glúteos (Figura 1). A los cuatro años, podía cargar una pesa de más de tres kilos en cada mano y con los brazos completamente extendidos a los lados en sentido horizontal. La madre del chico alemán y otros familiares, presumiblemente heterocigotos para la mutación de la miostatina, eran atletas de alto rendimiento o inusualmente fuertes.

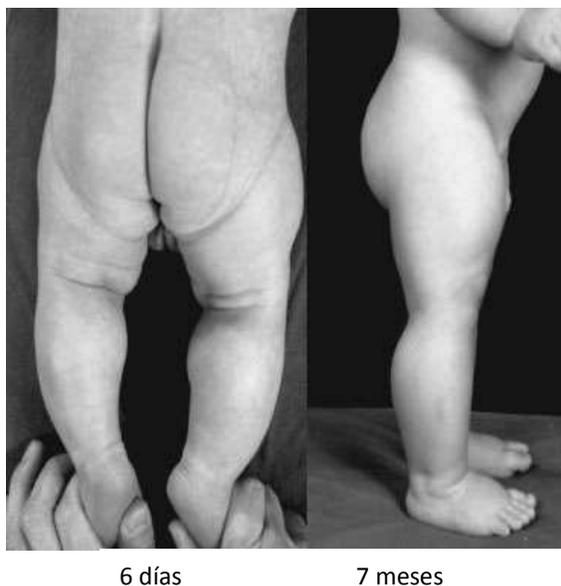


Figura 1. Fotografías del niño con mutación en el gen miostatina a la edad de 6 días y 7 meses.

Bibliografía

Markus, M.D., Kathryn R. Wagner, M.D., Ph.D., Leslie E. Stolz, Ph.D., Christoph, M.D., Thomas, M.D., Wolfgang, M.D., Thomas, M.D., Ph.D., James F. T, Ph.D., and Se-Jin Lee, M.D., Ph.D. 2004. **Myostatin Mutation Associated with Gross Muscle Hypertrophy in a Child.** *N Engl J Med*; 350:2682-8.

Anexo 9

Rúbrica para evaluar el análisis y discusión de casos del grupo.

Criterios	Avanzado (5 Puntos)	En desarrollo (3 puntos)	Principiante (1 punto)
Dominio del tema y conceptos	La información que proporcionan se basa en diversas fuentes de información. Manejan y explican conceptos, leyes o procedimientos con lógica y claridad al nivel de entendimiento de los compañeros.	La información que proporcionan se basa en una fuente de información y su experiencia personal. Manejan conceptos, leyes o procedimientos con lógica pero no está acorde al nivel de entendimiento de sus compañeros.	La información que proporcionan se basa solamente en su experiencia personal. Utilizan conceptos, leyes o procedimientos sin lógica y claridad.
Relación del caso con el tema	La información que proporcionan está acorde al caso estudiado. La argumentación se relaciona con el tema disciplinar y el caso. Excelente defensa del rol.	La información que proporcionan se basa en intuiciones, buscan relación con el caso estudiado. La argumentación se adapta con dificultad al tema disciplinar y el caso. Defensa del rol mejorable.	La información que proporcionan se basa en intuiciones. La argumentación no está relacionada ni con el tema ni con el caso. Defensa del rol incorrecta.
Soluciones viables	Presentan soluciones viables al problema, expuestas de manera clara, crítica, coherente y concisa. Apoyan su postura con argumentos sólidos y ofrece evidencia científica para cada una de ellas.	Presentan de forma limitada soluciones al problema. Toman su postura con argumentos y ofrece evidencias que, aunque claras y realistas, son superficiales.	Presentan muy pocas soluciones o no presentan solución alguna al problema presentado. La postura es apoyada de manera superficial sin argumento o evidencia científica.
Exposición oral	Hablan fluidamente, en el tiempo indicado, emplean vocabulario y tono apropiado para la audiencia.	Necesitan mayor fluidez al hablar, respetan el tiempo indicado y emplean vocabulario y tono apropiado para la audiencia.	Hablan sin fluidez, no respetan el tiempo indicado y no emplean vocabulario y tono apropiado para la audiencia.
Secuencia	Los argumentos e ideas están presentadas en un orden lógico que hace que las ideas sean fáciles e interesantes a seguir.	Algunas de las ideas o argumentos no están presentados en el orden lógico esperado, lo que distrae a la audiencia y hace que las ideas sean complicadas de seguir.	Las ideas o argumentos no están en orden lógico lo que distrae a la audiencia y hace que las ideas sean muy confusas.
Actitudes escolares del grupo	Siempre proporcionan ideas útiles a la discusión, contribuyen con mucho esfuerzo. Procuran la unión del grupo trabajando colaborativamente con	Difícilmente comparten y apoyan el esfuerzo de otros, es un grupo que se esfuerza.	No muestran respeto ya que no escuchan, comparten ni apoyan el esfuerzo de otros. Frecuentemente causan problemas.

	todos.		
Trabajo colaborativo dentro del grupo	Siempre tienen una actitud positiva hacia el trabajo. Todos los integrantes de los equipos tienen un rol definido y lo ejecutan de manera efectiva por lo que el trabajo se concreta sin dificultades.	Tienen una actitud positiva hacia el trabajo. Cada integrante de los equipos tiene un rol asignado, pero no está claramente definido y por lo tanto no lo ejecuta de forma consistente.	Pocas veces tiene, una actitud positiva hacia el trabajo. Los equipos no se organizan y los miembros no se distribuyen roles de trabajo
Trabajo grupal	Todos participan con entusiasmo, todos escuchan, opinan y contribuyen en la resolución de la actividad.	Al menos la mitad de los estudiantes dan evidencia de plantear ideas, interactuar o escuchar con atención a los demás miembros del grupo.	La mayor parte de los integrantes del grupo están distraídos o desinteresados y solo una o dos personas participan activamente

Anexo 10

Cuestionario de evaluación final de respuestas abiertas

Con base en tus conocimientos adquiridos a partir del desarrollo de los temas “replicación, transcripción y traducción del DNA” contesta detalladamente las siguientes preguntas.

1. ¿A qué fenómeno genético se debe que algunos mamíferos presenten el fenotipo de fisicoculturistas en comparación con los organismos ordinarios?

2. ¿Por qué la miostatina mutada ocasiona en los mamíferos células musculares más grandes?

3. ¿Cuál será el fenotipo de un individuo que presenta concentraciones elevadas de miostatina?

4. ¿En qué forma el DNA almacena la información para codificar características como el tamaño de los músculos, color de las flores o la determinación del sexo?

5. ¿Cómo se transmite la información genética de generación en generación sin alterarse?

Anexo 11

Presentación de carteles grupo 1. Muestra la exposición realizada por los alumnos, las observaciones apreciadas a partir de los videos y la imagen del cartel presentado.

Exposición	Observaciones	Imagen de cartel
<p>Equipo 1</p> <p>Integrante 1 –Para explicar el proceso de una proteína a partir de su gen, es necesario conocer primero qué es un gen, el gen es una parte del ADN que está constituido por azúcar, fosfatos y bases, las bases son las partes que unen las dos cadenas(1), el azúcar y el fosfato están en los extremos-</p> <p>Integrante 2 – Los genes se replican y de dos se va formando uno solo(2), se van entrelazando, la transcripción es cuando se forma el ARN mensajero que es de cadena sencilla</p> <p>Integrante 3 – Una vez que tenemos la cadena simple, el ARN mensajero pasa por el ribosoma, el ribosoma se encarga de traducirlo y obtener como producto una proteína</p> <p>Integrante 4 –Ahora ustedes se preguntaran que cambia en todo este proceso cuando el gen muta o es modificado, todo empieza desde el principio, lo que pasa es que en el gen los componentes azúcar, fosfato y base faltan once nucleótidos, entonces a partir de ahí todo el proceso sale diferente y en esta parte cuando pasa por el ribosoma sale una proteína mutada (3)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indica la unión entre las dos cadenas de la doble hélice 2. Hace referencia a las dos nuevas hélices a partir de una doble cadena 3. Señala el proceso de traducción 	
<p>Equipo 2</p> <p>Integrante 1 –El DNA está constituido por una serie de nucleótidos, un gen es una parte del DNA, está constituido por un fosfato, un azúcar y una base</p>		

Integrante 2 –El gen lleva a cabo una replicación en la cual se abre la cadena y sigue manteniendo su complementariedad y quedan dos genes

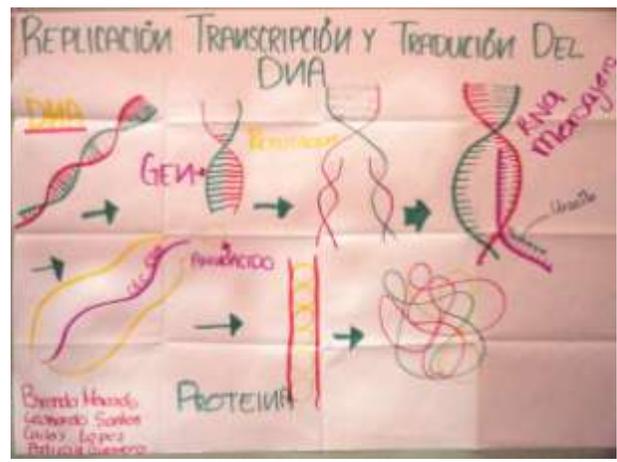
Integrante 1 –El gen se replica

Integrante 3 –Aquí en el RNA mensajero se sustituye a la timina por uracilo que es una de sus bases

Integrante 1 –Después de ahí el RNA mensajero sale solo y llega al ribosoma y el RNA mensajero está formado por un triplete y cada triplete forma un aminoácido, el aminoácido después se va a la proteína, es decir, un grupo de aminoácidos forman la proteína

Integrante 4 –Después esas proteínas van pasando por una serie de pasos que hace que se complementen todos y se forme ya la proteína llamada miostatina

Integrante 1 –En este caso en el proceso no hubo mutación entonces obtenemos el toro normal, sin gran musculatura.



Equipo 3

Integrante 1 –El DNA está constituido por una cadena de nucleótidos y el gen es en donde se transporta la información hereditaria

Integrante 2 –Está constituido por un fosfato, un azúcar y una base que es esto PAB (1)

Integrante 3 –Esto representa las bases (2) está el azúcar y el fosfato(3)

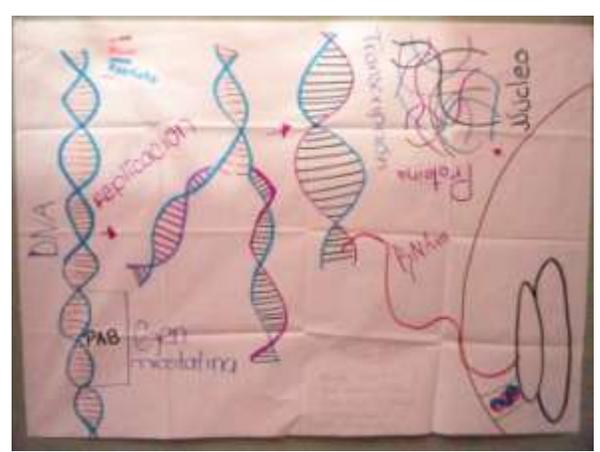
Integrante 4 –En la replicación se separan las cadenas y se forman dos nuevas cadenas

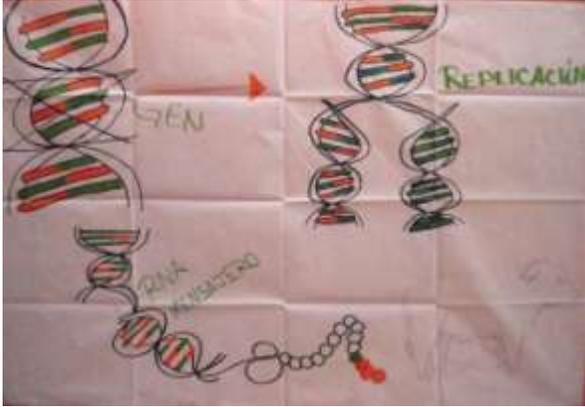
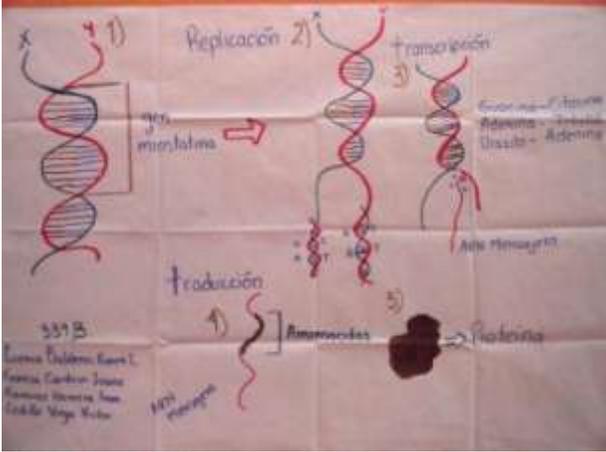
Integrante 3 –Después se abre y es lo que da origen al RNA mensajero (4), es el encargado de llevar la información a los ribosomas, estos están fuera del núcleo y ya sale una proteína

Profesora y si tuviéramos mutado al gen ¿Qué pasaría? Identifique al gen, ¿qué pasaría si quitamos 11 nucleótidos?

Integrante 2 –en la replicación como ya no tenemos los 11 se replica así y entonces en la traducción la secuencia se va recorriendo y entonces ya sale otra cosa. (5)

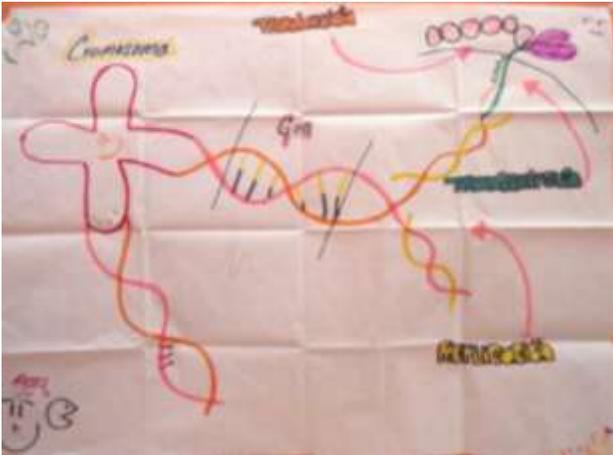
1. Señala al gen y a las partes que lo integran y que denominaron en el cartel PAB
2. Indica las líneas entre las dos cadenas del DNA
3. Señala el esqueleto azúcar fosfato
4. Señala el proceso de transcripción
5. Se refiere a una proteína mutada



<p>Equipo 4</p> <p>Integrante 1 –Aquí está el DNA donde se eliminan los 11 nucleótidos Integrante 2 –Aquí empieza la replicación y pasa con el mismo error de la cadena original Integrante 3 Aquí es donde el RNA mensajero elimina los 11 aminoácidos, se modifica una proteína y es donde se presenta la mutación en el toro Profesora –A la integrante 4 ¿Dónde están los nucleótidos? ¿Cómo los representaron ahí? (1)</p>	<p>1. Los integrantes tuvieron confusión al identificar a los nucleótidos y sus componentes, la profesora intervino para aclarar los conceptos y realizó algunos cuestionamientos a los integrantes para complementar su exposición</p>	
<p>Equipo 5 –</p> <p>Integrante 1 –Para crear la proteína de la miostatina se debe de pasar por tres procesos a partir de que tenemos el ADN y el gen de la miostatina, estos tres procesos son la replicación, la transcripción y la traducción. Integrante 2 –Lo primero que ocurre es la replicación, en esta la hélice se puede decir que se forman dos y estas se van a formar porque se van a aparear la guanina con la citosina y la timina con la adenina, bueno ya después de esto se llega a la transcripción Integrante 3 – Aquí se separa esta (1) y se hace el RNA mensajero que sale del núcleo y el uracilo sustituye a la timina. Integrante 4 – La traducción es cuando al ARN mensajero se le pegan los aminoácidos y hacen la proteína. (2)</p>	<p>1. Señala la doble hélice a partir de la cual se sintetiza el RNA mensajero 2. La profesora realiza una intervención corrigiendo esta última parte acerca de la síntesis de proteínas.</p>	

Anexo 12

Presentación de carteles grupo 2. Muestra la exposición realizada por los alumnos, las observaciones apreciadas a partir de los videos y la imagen del cartel presentado.

Exposición	Observaciones	Imagen de cartel
<p>Equipo 1</p> <p>Integrante 1-Vamos a explicar la replicación, esto es un cromosoma, al cromosoma lo conforman las cadenas de ADN que están conformadas por genes, cada fragmento del ADN es un gen</p> <p>Integrante 2 –La cadena se separa y forman dos cadenas dobles, esto se llama replicación, está conformada por una cadena vieja y una nueva (1) y las cadenas están formadas por nucleótidos</p> <p>Integrante 3 –En la transcripción se sintetiza el RNA mensajero de una sola cadena sencilla, el RNA mensajero es el encargado del traslado de la información genética desde el núcleo de la célula hasta el citoplasma</p> <p>Integrante 4 –El RNA mensajero sale al citoplasma, pasa por el ribosoma y cada triplete o cada grupo de tres (2) crean un aminoácido y estos crean una proteína y esto es la traducción</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Señala las dos dobles hélices recién sintetizadas 2. Señala las bases nitrogenadas 	

Equipo 2

Integrante 1 -Primero que nada el ADN está dentro del núcleo de la célula ahora él está formado por un grupo fosfato, una base y un azúcar, cada nucleótido se encuentra apareado por las bases la guanina con la citocina y la adenina con timina, cada fragmento es un gen (1, 2)

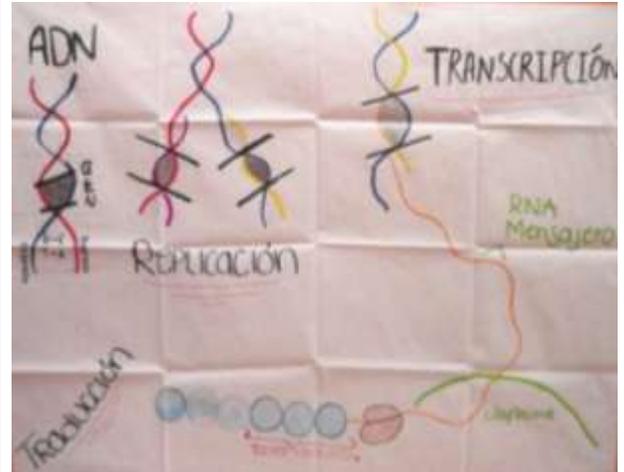
Integrante 2 Bueno aquí sería la replicación que sale de la cadena original y aquí la cadena con diferente color es la cadena nueva que se está formando con el gen mutado

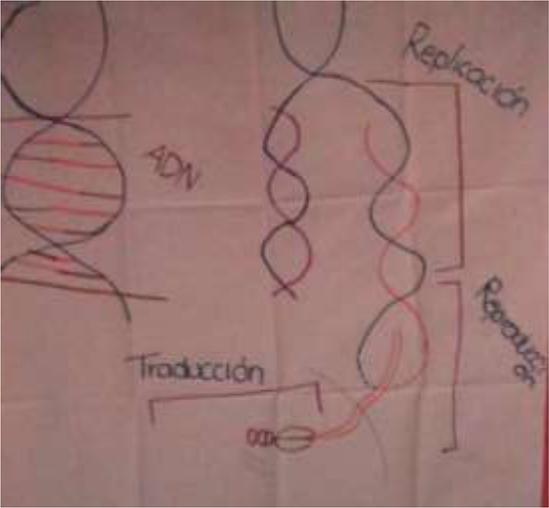
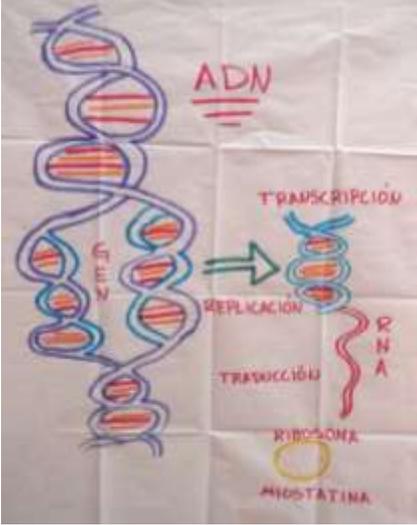
Integrante 3 –Después de que ya tenemos aquí el gen mutado vamos a tomar esta parte de la cadena y la vamos a pasar para acá (3), esta es la parte del gen mutado que se conserva desde esta parte (4) y es así en todas las cadenas porque recordemos que esta se divide en dos partes (5). En la transcripción entra el RNA mensajero, este lo que hace es que sale del núcleo y se va al citoplasma

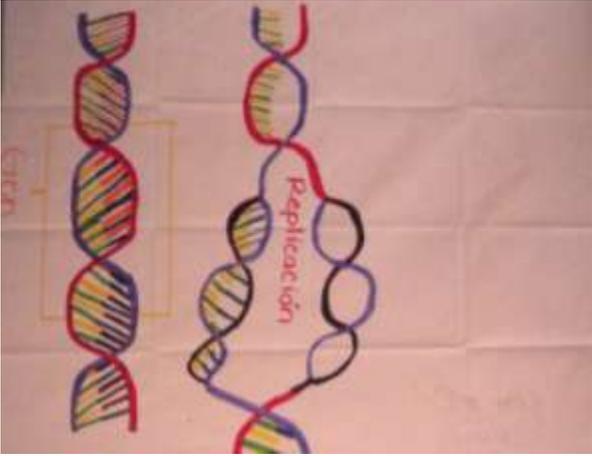
Integrante 4 –El RNA sustituye a la timina por el uracilo, entonces se va hacia el citoplasma y acá ya se forman las proteínas, cada triplete forma un aminoácido y aquí por ejemplo el gen que estaba mutado y digamos que iba guanina, citocina y timina y le quitamos once nucleótidos, entonces la cadena se va a recorrer y si iba un aminoácido como la cadena se recorre forma otro diferente

Integrante 3 – y como forma uno diferente, entonces como una proteína está compuesta por cadenas de aminoácidos, se forma otra proteína que es lo que pasaba con el toro que ya no tenía la estructura normal sino estaba como hecha bola.

1. Señala el fragmento de la cadena de DNA
2. La profesora aclara que no cada fragmento es un gen sino determinadas secuencias de nucleótidos
3. Indica que la cadena recién sintetizada en la replicación ahora pasa al proceso de transcripción
4. Se refiere a la replicación
5. Indica las dos nuevas dobles cadenas sintetizadas en la replicación



<p>Equipo 3</p> <p>Integrante 1 –El DNA es el encargado de hacer las proteínas que tienen diferente función</p> <p>Integrante 2 –En la replicación vemos que una parte de la cadena se divide para formar otras dos, hay una parte que se mantiene y la nueva es la complementaria y se forma otra que es igual a esta (1) y de ahí sigue la transcripción</p> <p>Integrante 3 - En la transcripción la nueva cadena que se había formado se hace una sola (2), se forma una sola cadena de RNA.</p> <p>Integrante 1 –La cadena de RNA sale del núcleo y se va al citoplasma donde se sintetizan los aminoácidos, pero si hay una modificación en la cadena de DNA base se modifica todo el proceso y salen otros aminoácidos y afecta a la proteína como la miostatina en el toro que hace que sea musculoso</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Señala la cadena original 2. Se refiere a la cadena sencilla del ARN mensajero 	
<p>Equipo 4</p> <p>Integrante 1 –Esta es la cadena principal del ADN y un fragmento es el gen por ejemplo esta parte y la siguiente es la replicación (1)</p> <p>Integrante 2 –La replicación es que este fragmento que es el gen se abre y entonces forma dos nuevas cadenas, esto es lo que da la replicación y después una de estas cadenas puede pasar a la transcripción</p> <p>Integrante 3 En la transcripción con ayuda del ARN se forma la ribosoma que es característica de la miostatina (2)</p> <p>Integrante 4 –Después de la transcripción es cuando la cadena simple pasa por el ribosoma, para eso sale del núcleo y entra al citoplasma donde están los ribosomas, pasa por ellos y lo que hace el ribosoma es sintetizar las proteínas</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Señala en el cartel las imágenes correspondientes 2. Intervención de la profesora para aclarar la confusión 	

<p>Equipo 5</p> <p>Integrante 1 – Aquí podemos ver toda una cadena de ADN, se toma un fragmento del ADN y sería lo que es el gen, después de ahí pasa la replicación</p> <p>Integrante 2 – En la replicación se divide en dos cadenas de diferentes para después formar la replicación y luego volviéndose a cerrar</p> <p>Integrante 1 –En la replicación seguimos conservando una cadena original y hace que se forme una cadena nueva</p> <p>Intervención de la profesora para aclarar las confusiones y continuar la explicación</p>	<p>El equipo no logró completar el cartel y tampoco pudo concluir con la exposición.</p>	
---	--	--