



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

FACULTAD DE CIENCIAS

BIOLOGÍA

Diseño y aplicación del Método de casos para la enseñanza y el aprendizaje del tema *Mutaciones* en el bachillerato.

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

PRESENTA:

BIÓL. RODRIGO MIRAMONTES TREJO

DIRECTORA DE TESIS: DRA. PATRICIA RAMOS MORALES

FACULTAD DE CIENCIAS CIUDAD UNIVERSITARIA

CIUDAD DE MÉXICO. OCTUBRE DEL 2016



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

A la Dra. Patricia Ramos Morales por todo el apoyo, confianza y paciencia durante el proceso de elaboración de esta tesis, sin ella jamás habría podido realizar este trabajo.

A los miembros del jurado Dra. Patricia Ramos Morales, Dra. Patricia Rosas Becerril, Dra. Clara Alvarado Zamorano, Dra. Adriana Muñoz Hernández y al Mtro. Alejandro Martínez Mena por el tiempo y esfuerzo dedicado en la revisión y mejoramiento de este trabajo de tesis.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Coordinación de Estudios de Posgrado por darme la oportunidad de ser un egresado UNAM por segunda ocasión.

Al posgrado, Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS) y a todo el personal ya que sin su ayuda no habría sido posible llevar a cabo este proyecto (Martha Zacarías, Lucía Martínez y Laura Alaníz).

Al CONACyT por la beca otorgada durante mis estudios de posgrado.

A la Mtra. Marina Ruiz-Boites y su grupo en el CCH plantel Sur por la oportunidad de aplicar mi estrategia durante su curso.

ÍNDICE

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO DISCIPLINAR	1
1.1- LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA Y SU PROBLEMÁTICA.....	1
1.2- LA IMPORTANCIA DEL PROCESOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA GENÉTICA	6
CAPÍTULO II.....	9
MARCO PSICOPEDAGÓGICO.....	9
2.1 - EL CONSTRUCTIVISMO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS	9
2.2 - EL MÉTODO DE CASOS COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA.	14
2.3 - APRENDIZAJE DEL TEMA MUTACIONES	15
2. 4 - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
2.5 - OBJETIVOS.....	20
CAPÍTULO III.....	21
METODOLOGÍA.....	21
DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DEL TEMA MUTACIONES	21
3.1 - Grupo de intervención	21
Construcción de la estrategia.....	21
3.2 - Características de la propuesta	23
(Método de Casos).....	23
1. Selección de situación problema	23
2. Construcción del caso.....	23
3. Generación de preguntas clave	24
4. Análisis del caso.....	24
5. Discusión/argumentación grupal	24
3.3 - Descripción de actividades	24
3.4 - Instrumentos de evaluación.....	26
Evaluación del Pretest y Postest	26

CAPÍTULO IV	28
RESULTADOS	28
4.1 - Estudio de caso	28
4.2 - Comparación entre el Pretest y el Postest	28
Sección 1	29
Sección 2	35
Sección 3	38
IV. DISCUSIÓN.....	45
V. CONCLUSIONES.....	49
VI. ANEXOS	51
I. Análisis cualitativo de respuestas abiertas	51
II. Análisis cualitativo de conceptos mencionados.....	52
III. Pretest y Postest.....	53
IV. Método de casos	58
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÉTODO DE CASO	58
PARTE 1. PRIMER ACERCAMIENTO.....	59
PARTE 2. UNIENDO LAS PIEZAS.....	60
PARTE 3. MUESTRAS DE SANGRE.....	61
PARTE 4. ¿DESORDEN GENÉTICO O UNA INFECCION?	62
CONCLUSIONES FINALES	63
V. Actividad complementaria de la estrategia	64
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	66

RESUMEN

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias representan un importante reto para docentes y alumnos, debido al alto grado de abstracción de los conceptos y a la poca vinculación que se tiene de ellos con la vida cotidiana. En el caso particular de genética es considerada como una de las áreas científicas más complejas para su enseñanza y aprendizaje, debido a que los conocimientos que poseen los alumnos no corresponden o se alejan de los conocimientos esperados expresados en planes y programas de estudio. Hay una brecha importante entre las ideas previas de los alumnos y los aprendizajes que se esperaría que desarrollaran y pocas veces logran vincularse generando cambios conceptuales y finalmente, aprendizaje significativo.

Para ello se diseñó una estrategia didáctica basada en el Método de casos cuyo objetivo principal era que el alumno logre vincular sus ideas previas de genética con respecto al tema de mutaciones. La estrategia didáctica propuesta consistió en la resolución de un enigma médico de orden genético en donde el alumno debía ser parte activa para resolverlo, específicamente la “Anemia falciforme” y para ello tendrían la necesidad de comprender conceptos y establecer una estrategia para resolver el caso, logrando así hacer una vinculación entre sus ideas previas contrastándolas directamente con conocimientos nuevos, con la intención de generar aprendizaje significativo.

La evaluación de la estrategia se realizó mediante la comparación directa de un Pretest y un Postest aplicados antes y después de la intervención. Dichas pruebas son idénticas y contienen reactivos de índole cuantitativa y cualitativa que sirven para reconocer el grado de aprendizaje y por lo tanto, para identificar el alcance de la intervención. Entre otros indicadores se utilizó una estructura conceptual diseñada por el profesor en donde se establecen los conceptos que debían aprender los alumnos relacionados al tema de mutaciones y además de qué modo utilizan dichos conceptos.

Se acompañó esta evaluación con un análisis estadístico multivariado de similaridad para identificar si el cambio en las respuestas reflejaba un aumento en las respuestas correctas y si éstas eran estadísticamente significativas.

Los resultados arrojaron que tras la aplicación de la estrategia didáctica sí hubo aprendizaje sobre el tema de mutaciones, y que Método de casos es una herramienta didáctica eficiente para el aprendizaje de temas abstractos como el tema de mutaciones.

ABSTRACT

Teaching and learning of science it represents a major challenge for teachers and students and this is because the high degree of abstract concepts and the little linkage with everyday life. In the particular case of genetics it is considered one of the most complex scientific areas for teaching and learning because the knowledge possessed by students does not correspond or away for the knowledge expected in the curriculum. There is a large gap between the previous ideas and the learning would be expected and only a few times they manage to link generating conceptual changes and finally significant learning.

That's why we designed a strategy based on the Method of Cases with the main objective of promote the student linkage their previous ideas of genetics with the subject of mutations. The didactic strategy proposed here aims to resolve a medical enigma based on a genetic disorder where the student must be an important active part to solve the problem specifically sickle cell anemia. To make it the students should understand basic concepts and linkage to design a strategy to find a solution to make a link between their previous ideas against new knowledge to generate new learning.

The evaluation of the strategy was carried out comparing directly a Pretest and a Posttest applied before and after the intervention. Both tests are identical and contain exactly the same qualitative and quantitative questions with the intention of meeting the degree of learning and therefore to identify the extent of strategy. Among the other indicators the teacher previously design a concept structure to where he established the main concepts the students must learn linked with the subject of mutations and how they use those concepts.

The evaluation was complemented by a multivariate statistical analysis of similarity to identify if the changes in responses show an increase in correct answers and whether they were statistically significant.

The results showed that after application of didactical strategy there were learning on the subject of mutations and that the Method of Cases is an efficient didactic tool for learning abstract subjects like mutations.

CAPÍTULO I

MARCO DISCIPLINAR

1.1- LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA Y SU PROBLEMÁTICA

La biología, al igual que otras disciplinas científicas enfrenta diversos problemas, en particular en el ámbito académico y específicamente en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Algunos autores sostienen que actualmente existe una crisis en la educación científica, principalmente por la poca vinculación de ésta con la cotidianidad de los estudiantes (Pozo y Gómez-Crespo, 2004).

A pesar de ello, los docentes no deben perder de vista que el éxito del aprendizaje de sus alumnos debería verse reflejado a medida que los estudiantes alcancen los objetivos de los programas de estudio. Estos objetivos están claramente establecidos por cada institución y por ello, el docente deberá orientar a los alumnos a los aprendizajes esperados, utilizando como medio, el contenido biológico.

Las asignaturas de biología se han convertido actualmente en unas de las más importantes, ya que en conjunto con otras asignaturas proporcionan conocimientos que les pueden ayudar a los estudiantes a comprender y explicar el mundo que los rodea; además, dota de actitudes, valores y habilidades a las personas, para desenvolverse como ciudadanos autónomos y responsables en, sociedades que dependen completamente de los recursos que provee el planeta (CCH, 2003).

Los valores y actitudes que se pretende que adquieran los estudiantes no pueden ser transmitidos desde el enfoque de la enseñanza tradicional, estas características deben desarrollarse en los alumnos como resultado de la construcción de sus propios conceptos.

Muchas veces la metodología utilizada por los docentes no responde a la verdadera filosofía pedagógica que persiguen los colegios y esto provoca una falsa percepción de lo que es la biología en realidad (Solbes *et al*, 2007).

Cabe destacar que, de acuerdo con algunos diagnósticos realizados por la UNAM, es evidente que las asignaturas del CCH que muestran un mayor grado de

reprobación son aquellas de orden científico, entre las que se encuentra la biología (Sosa *et al*, 2012).

Hay diversas explicaciones que surgen al respecto, a pesar de ello, es una realidad que los estudiantes del CCH tienen la percepción de que las asignaturas científicas son más difíciles que el resto de sus materias (Solbes *et al*, 2007).

La enseñanza de las ciencias, incluida la biología puede tornarse especialmente difícil, ya que un gran número de profesores están interesados en que sus alumnos aprendan a resolver problemas y seguir procedimientos sin darse cuenta que los alumnos muchas veces se encuentran un paso atrás de esta etapa. Esto significa que mientras el profesor intenta que aprendan procedimientos y contenidos abstractos, los alumnos no tienen el interés, la disposición y peor aún, ni siquiera comprenden cuáles son las metas de la asignatura en cuestión, y sin un objetivo educativo claro, lo más probable es que los alumnos nunca den ese primer paso (Pozo y Gómez-Crespo, 2004).

Es por ello que reconocer la importancia de las ciencias y su influencia en la vida cotidiana puede servir de estímulo para acercarse a ellas. Actualmente hay ciencias que representan especial interés para el desarrollo tecnológico, económico y social de las naciones, es el caso particular de la biología teniendo un impacto importante principalmente en las áreas de agricultura, ganadería, farmacología y medicina.

La biología como ciencia tiene áreas de mayor dificultad que otras, por la naturaleza misma de los conceptos involucrados en ello, sin embargo, esto se conjuga con los métodos de enseñanza adoptados por los profesores. Algunos autores señalan que encima de todo esto, el diseño de los programas de estudio, principalmente en educación básica y media superior, propicia que el aprendizaje de la biología se convierta en la memorización de conceptos demeritando su comprensión (Cimer, 2012).

Un estudio realizado por la Universidad de Turquía reveló, tras la aplicación de un examen para los estudiantes de educación secundaria, que la asignatura de biología era la que tenía un mayor porcentaje de errores. Las áreas donde los alumnos

encuentran mayor dificultad para aprender biología fueron, ciclos biogeoquímicos 2. Sistema endócrino y hormonas 3. Respiración celular 4. División celular 5. Genes y cromosomas (Cimer, 2012).

Una importante cantidad de profesores no entiende que la ciencia en la escuela debe permitir al alumno comprender el mundo que lo rodea y, por lo tanto, la planeación y el diseño didáctico de los cursos, deben estar encaminados a conseguir este objetivo. Es por ello que la enseñanza de la biología debe partir del contexto inmediato de los alumnos, con una perspectiva humana, basada en las vivencias y experiencias de los alumnos y retroalimentándose constantemente de la ciencia escolar (Moreno y Quintanilla, 2012).

Si la ciencia escolar se encuentra alejada de la cotidianidad del alumno el aprendizaje no tendrá un significado para el estudiante. Por ello toda estrategia didáctica que pretenda generar aprendizaje en los alumnos sin tomar en cuenta su entorno ni sus ideas previas está desprovisto de relevancia y significado para quien aprende (Pozo y Gómez-Crespo, 2004).

Parte fundamental de la creación de los CCH, fue promover la alfabetización científica y vincular de algún modo a las ciencias con la vida cotidiana, sin embargo este proceso no ha funcionado del todo. La asignatura de biología se agregó al plan de estudios del CCH con la intención de generar una cultura biológica acompañada del desarrollo de la capacidad de crítica y análisis. A pesar de ello y de manera desafortunada la enseñanza de la biología actualmente se basa más en la enseñanza y el aprendizaje de conceptos que de valores y actitudes y esto repercute finalmente en nuestro modo de vida.

Actualmente, el estudio de la biología en el CCH se compone de cuatro ejes relacionados, diseñados con diferentes perspectivas, los cuales son: el pensamiento evolucionista, el análisis histórico, las relaciones sociedad-ciencia-tecnología y la organización de los sistemas complejos (CCH, 2003).

Solbes *et al* (2007), al realizar encuestas a estudiantes de todos los planteles de los CCH concluyeron que tanto los contenidos de los programas del CCH como la metodología utilizada por una gran cantidad de profesores son factores que desmotivan a los alumnos al estudio de las ciencias generando una mala percepción sobre éstas, entre las que se incluye la biología.

Por otro lado, los estudiantes relacionan las asignaturas de física y química con el desarrollo de armamento, energía nuclear y contaminación, mientras que relacionan a la biología con el desarrollo de medicamentos, conservación del medio ambiente y la agricultura, cuando el panorama es mucho más amplio. Esto contribuye y a la vez, desalienta el interés de los alumnos para acercarse a las ciencias.

Por ello reconocer la importancia de las ciencias y su influencia en la vida cotidiana puede servir de estímulo para acercarse a ellas. Actualmente hay ciencias que tienen especial interés por el desarrollo tecnológico, económico y social de las naciones, es el caso particular de biología y su impacto económico en el área de la agricultura, ganadería, farmacología y medicina.

De acuerdo al análisis de resultados del Examen de Diagnóstico Académico (EDA) realizado por la UNAM en el 2012 a egresados del CCH, se determinó que en genética los conceptos que menos se entienden son: gen, haploide y diploide, meiosis, genética mendeliana (más específicamente la utilidad de los cuadros de Punnett), además de que se detectó que los alumnos poseen una fuerte postura determinista respecto a la expresión genética (Sosa *et al.*, 2012; Ávila y Ortega, 2012).

Los temas antes mencionados tienen en común un alto grado de abstracción y su comprobación dificulta que los alumnos comprendan las dimensiones organizacionales que se manejan.

Muchas veces, los docentes no logran comprender el grado de abstracción que tienen los temas debido al escaso dominio que poseen de los mismos, por ello en consecuencia basan la enseñanza de la biología en el aprendizaje únicamente de datos y hechos, dejando de lado todas las demás habilidades que deberían

desarrollar. Este tipo de prácticas son más frecuentes con tópicos abstractos y de difícil comprensión, como es el caso de genética y dentro de ésta, el ciclo celular (Serrano, 1987).

1.2- LA IMPORTANCIA DEL PROCESOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA GENÉTICA

La Genética es una de las áreas en biología más difíciles de aprender tanto por los estudiantes de educación básica, como por los de nivel medio superior. Existen diversos factores que contribuyen en mayor o menor medida a esta problemática, entre los que se destacan; la dificultad conceptual misma de los términos, el alto grado de abstracción que implica su conocimiento, la metodología didáctica utilizada por el personal docente, aunado al currículo de las asignaturas que propician su aprendizaje por memorización (Cimer, 2012; Solbes *et al*, 2007).

Además de estos factores, existen otros que involucran las ideas previas de los alumnos; algunos alumnos carecen de ciertas habilidades para enfrentar el aprendizaje de conceptos complejos como los de genética. Gran parte de los alumnos no tienen la capacidad de aplicar las matemáticas a la resolución de problemas reales; usualmente no tienen desarrolladas habilidades para la resolución de problemas debido a hábitos de estudio tradicionales que son ineficaces para el aprendizaje de la genética. También se ha reconocido que los alumnos desconocen los métodos de investigación científica y ni los libros ni los profesores enfatizan sobre la metodología usada en la ciencia. Finalmente, se considera que los profesores pierden de vista los conceptos clave de la genética y no son adecuadamente abordados durante los cursos, entre los temas que se destacan por estas problemáticas se encuentran; mutación, segregación, replicación y, transcripción, entre otros (Knippels *et. al.*, 2005).

Si bien es una realidad que los alumnos no se encuentran preparados para enfrentar la resolución de problemas en torno al tema de genética debido a carencias académicas, y que existe un importante número de conceptos confusos para ellos, es indispensable que los profesores busquen realizar una transposición didáctica acorde al nivel de los alumnos (Perafán, 2013).

Se ha detectado que conceptos como cromosoma, cromátida, gen, alelo, entre otros, son confusos y abstractos además de que la genética, a diferencia de otros tópicos de la biología, requiere aplicación de cálculos y modelos matemáticos para su comprensión lo cual aumenta su grado de dificultad. Por otro lado, la experimentación y las actividades prácticas son escasas (Íñiguez y Oliván, 2013).

No cabe duda que la clave para enseñar genética de manera más eficiente depende en gran medida de que los profesores dejen de enseñar o basar su enseñanza en el aprendizaje de datos y hechos y se basen más en la resolución de problemas, que además de ayudar a los alumnos en el desarrollo de destrezas de orden científico, como el pensamiento crítico, analítico y reflexivo, también pueden acceder de manera más factible al aprendizaje de valores. Otro aspecto que es importante analizar es el hecho de que muchos de los alumnos que enfrentan situaciones de aprendizaje sobre genética, no se encuentran con el grado de desarrollo cognitivo para hacerlo, es decir, algunos adolescentes se encuentran todavía en la etapa de operaciones concretas propuestas por Jean Piaget, mientras que el aprendizaje de algunos conceptos de genética requieren la capacidad cognitiva de operaciones formales, en donde el individuo tiene mayor capacidad de abstracción (Íñiguez y Oliván, 2005).

La enseñanza tradicional de las ciencias, incluidos los tópicos de genética se basan principalmente en un sistema de transmisión de información, en donde no se toman en cuenta las ideas previas de los alumnos, a pesar de que los estudiantes se encuentran inmersos en un mundo lleno de información que proviene principalmente de los medios de comunicación masiva (televisión, radio, periódico, revistas) y en donde la genética es posiblemente una de las áreas científicas con mayor divulgación.

Es por ello que han surgido y se han desarrollado una gran variedad de estrategias alternativas para promover el aprendizaje de las ciencias y sobre todo temas conceptualmente complejos tales como el aprendizaje basado en problemas, método de casos, narrativa, aprendizaje por descubrimiento, simuladores gráficos, modelos, entre otros para emprender nuevos caminos para la generación y alcance

de más y mejores aprendizajes (Díaz, 2005; Negrete, 2013; Pozo y Gómez-Crespo, 2004).

Algunos de los mencionados no son nuevos en la enseñanza, pero sí lo son en las áreas científicas y sobre todo en algunas de ellas con alta especialidad como es el caso de la enseñanza de la genética.

El Método de Casos en particular se ha detectado que puede ayudar de manera significativa en la enseñanza de la genética debido a que facilita la vinculación de los conocimientos científicos de alta abstracción manejados en el aula para ponerlos en práctica en la resolución de un caso (Díaz, 2005).

El estudio de casos pone en contexto los conocimientos científicos y surge como una alternativa plausible que contrarresta las tendencias educativas tradicionales y altamente estigmatizadas. En el Método de Casos se da prioridad al desarrollo de la creatividad por encima del aprendizaje plenamente memorístico, también ayuda a potencializar el ingenio y el análisis.

En el Método de Casos, al ser una estrategia didáctica fundamentada en el paradigma constructivista, es importante que el profesor identifique las ideas previas que poseen los alumnos para poder utilizar sus conocimientos como base y a partir de ahí guiar el caso a resolver.

El contacto dialógico profesor-alumno ayudará al docente a darse cuenta en dónde están ubicados sus alumnos. Se recomienda hacer una prueba diagnóstica para determinar fallas y desconocimientos generales y conocer la tendencia de las ideas previas de los alumnos.

Es de vital importancia que los alumnos contrasten lo que saben con los nuevos conocimientos para poder así resignificar el conocimiento apropiándose de él y construir así su propio concepto. En el caso de genética, los alumnos se encuentran expuestos a una gran cantidad de información sobre, por lo que el profesor deberá trabajar en darle sentido a toda esta información y generando nuevos aprendizajes para que finalmente se vuelvan significativos para sus alumnos.

CAPÍTULO II

MARCO PSICOPEDAGÓGICO

2.1 - EL CONSTRUCTIVISMO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

La educación tradicional, enfocada principalmente en los procesos de enseñanza y en el trabajo del profesor, es un paradigma que imperó durante gran parte de la historia humana hasta el siglo XX, no obstante, diversas teorías y paradigmas educativos comenzaron a desarrollarse, tras probarse paulatinamente que proveían una mejor y más eficiente forma de aprender. Es decir, se comenzó a reconocer que el trabajo del docente (enseñanza) no era el único factor que influye en los procesos educativos, que la labor del estudiante (aprendiz) era un factor igual de importante para mejorar la calidad de la enseñanza (Tünnermann, 2011).

De acuerdo a David Ausubel, la materia prima más importante para el aprendizaje es lo que ya sabe, sus ideas previas, lo que ya se encuentra dentro de su estructura cognoscitiva y que servirá como estructura de ensamblaje para generar los nuevos aprendizajes (Moreira, 2010).

Evidentemente esta nueva concepción de la enseñanza contrariaba el paradigma tradicional, por lo cual el paradigma constructivista ha sido foco de críticas y desacuerdos entre teóricos.

A pesar que se ha mostrado que los alumnos son las figuras principales dentro de su aprendizaje y que, por lo tanto, tienen gran responsabilidad en sus procesos cognoscitivos, un importante porcentaje de docentes siguen utilizando estrategias con enfoque tradicional, basadas en la enseñanza y en el docente como eje rector, sin tomar en cuenta al alumno como personaje clave para la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

El conocimiento científico que poseen los alumnos para explicar los fenómenos cotidianos, se produce mediante procesos implícitos de razonamiento y lógica, éstos, poco fundados en conocimientos científicos verdaderos, ya que se basan principalmente en su sentido común y por consecuencia, difieren de manera importante respecto al razonamiento científico ideal. Transformar este modo de pensamiento requiere de estrategias que detonen aprendizajes significativos y cambios conceptuales profundos (Pozo y Gómez-Crespo, 2004).

Una posible explicación a este problema sería la hipótesis de la incompatibilidad, la cual sugiere que el pensamiento cotidiano (que es el que poseen nuestros alumnos) es incompatible respecto al pensamiento científico que idealmente deberían poseer, en este sentido podemos decir que los alumnos y los profesores desenvuelven su pensamiento en dos paradigmas incompatibles (Pozo y Gómez-Crespo, 2004; Kuhn, 1962).

La educación científica debería conjugar, sustituir y reconstruir el pensamiento cotidiano de los alumnos para intentar transformarlo en un pensamiento más crítico y analítico, ni mejor ni peor, sólo en un pensamiento más racional. La hipótesis de la incompatibilidad sugiere que no hay una cultura del pensamiento científico en la cotidianidad de los alumnos y que su forma de pensar se vuelve cada vez una tarea más difícil de transformar. Hay diversas explicaciones que intentan descifrar el porqué de esta situación, como la teoría de la modernidad líquida, donde se resalta la superficialidad humana actual, el deseo de obtener objetos fácilmente y que éstos pueden ser desechados y remplazados con facilidad, no obstante, es un fenómeno social que rebasa el ámbito escolar que intenta determinar por qué los jóvenes ya no quieren esforzarse para el alcance de sus metas (Bauman, 2004; Pozo y Gómez-Crespo, 2004).

Es esencial en este sentido que las nuevas estrategias educativas en el área de ciencias, independientemente de la metodología utilizada, busquen entretener el paradigma de la cotidianidad, esencialmente, ideas previas con el paradigma del pensamiento científico.

Sería sumamente ambicioso intentar transformar tajantemente el pensamiento de los alumnos como si fueran científicos, es por ello que la labor del docente es acercarlos al pensamiento científico, transformar su modo de abordar problemas y de resolverlos, pero debemos tener en cuenta que nuestros estudiantes están en un proceso de desarrollo cognitivo y que aún no se encuentran preparados para realizar pensamientos abstractos que requieren un alto grado de conocimientos sobre la asignatura, sin embargo no cabe duda que la labor sería más eficiente y sencilla si hubiera antecedentes en nuestros alumnos de pensamiento científico.

La pregunta central debe girar en torno al por qué la educación científica no responde y no satisface actualmente las necesidades sociales, es entonces que se comprende que la estructura educativa tiene amplias carencias. Otra explicación del porqué no hay un pensamiento científico en nuestros alumnos puede fundamentarse en el hecho de que no hay una profesionalización en los docentes de las áreas de ciencias. Tyler, en 1986 realizó una exhaustiva investigación para determinar si los profesores conocían los fines educativos de sus asignaturas y determinó que muchos de ellos desconocían los objetivos curriculares y se enfrentó con la realidad de que muchos docentes desconocen plenamente sus funciones (Tyler, 1986).

Esto no significa que es culpa del docente que el alumno no logre desarrollar un pensamiento científico, pero si son un factor que contribuye en la falta de preparación de nuestros alumnos.

Si en este sentido nos enfocamos a los docentes (biólogos, ingenieros, químicos, físicos), la realidad es que son pocos los que han adquirido una formación pedagógica y profesional sobre la enseñanza, por lo cual, se encuentran únicamente capacitados para el dominio de su disciplina y no sobre cómo enseñarla y mucho menos del trato con los alumnos (Tovar, 2001).

Esto influye de manera importante en la motivación y en los intereses de los estudiantes. Incluso se puede decir que la práctica docente de antiguos maestros sirve como modelo de formación de los nuevos profesores, repitiendo una y otra vez

viejos patrones en la práctica educativa, remontándose a los modelos psicológicos conductuales, condicionando de manera importante su formación. Desde la propia educación del docente dentro de su trayectoria escolar ya se van formando supuestos pedagógicos, ideológicos y psicosociales que en suma darán como resultado una plataforma estructural de partida de cada docente (De Lella, 2003).

Estos modelos de formación han permeado en la educación a lo largo de los años, sin embargo debemos recordar que las sociedades se transforman a gran velocidad y es necesario que los modelos educativos empaten los cambios sociales. Algunos modelos se siguen repitiendo hoy en día y no poseen las características adecuadas dentro de la formación docente para prepararlo, de modo que puedan enfrentar las exigencias de los jóvenes en la actualidad.

En este sentido la educación se torna cada vez más compleja, es por ello que han surgido a lo largo del tiempo diversas corrientes pedagógicas que han permeado en la educación adaptándose continuamente desde un punto de vista sociocultural, con la intención de ser congruentes con la temporalidad, los intereses y las necesidades de los alumnos (Salcedo, 2011).

Como se ha planteado, el hecho de que a los estudiantes no les gusten las asignaturas científicas se debe a múltiples factores, sin embargo los más reconocidos son: 1. Docentes con falta de profesionalización y de conocimientos didácticos que no vinculan el conocimiento científico escolar con la cotidianidad de los alumnos, 2. Alumnos inmersos en una sociedad que menosprecia el valor de la ciencia y de los conocimientos como resultado de la influencia del hiperconsumo y la moda “sociedad líquida” y 3. Extensos contenidos curriculares que difícilmente pueden abarcarse en su totalidad y que por normativa deben comprenderse el 80% de ellos, obligando a profesores y alumnos a estudiarles con velocidad, importando poco el aprendizaje significativo de los mismos, así como un sentido práctico (Bauman, 2004; Pozo y Gómez-Crespo, 2004).

Con base en lo anterior se propone diseñar una estrategia didáctica que tenga como directriz el método de casos ayudando así a vincular el concepto de mutación por

medio de una actividad que promueva la participación activa de los estudiantes y realizando la importancia de realizar estudios e investigación científica. Es imposible resolver en su totalidad los problemas relacionados con la educación científica, fuera de ello, me parece que mi propuesta podría ayudar de manera importante a mejorar la enseñanza del tema de mutaciones generando un verdadero significado en los alumnos.

Por lo tanto he diseñado una estrategia didáctica desde el enfoque del paradigma del constructivismo, que es probablemente la corriente epistemológica de la educación más influyente en la actualidad (Mazarío y Mazarío, 2003).

Es importante reconocer por qué el método de casos es una estrategia que pertenece a la corriente constructivista y cuál es su significado. Aunque esta corriente educativa se construye desde la perspectiva de diversos autores que contribuyen así mismo desde diversos enfoques, principalmente filosófico y psicopedagógico, en esencia la podemos definir como: “cosmovisión del conocimiento humano, como un proceso de construcción y reconstrucción cognoscitiva llevada a cabo por los individuos que tratan de entender los procesos, objetos y fenómenos del mundo que nos rodea sobre la base de lo que ellos ya conocen” (Chrobak *et al*, 2006).

En otras palabras, es la construcción de conocimiento en diversos niveles de pensamiento que tiene como base lo que los individuos conocen.

Esta definición engloba precisamente a lo que diversos autores de corte constructivista se refieren (Abott y Terrence, 1999; Von Glaserfeld, 1995), el conocimiento humano se construye mediante procesos de aprendizaje en donde el individuo (sujeto), interactúa y conecta nuevos eventos, experiencias y fenómenos (objeto) con sus propios conocimientos sobre el mundo, reestructurando su conocimiento una y otra vez de manera subjetiva.

El método de casos pretende que los alumnos logren resolver un problema con base en sus conocimientos, contrastando sus hipótesis de manera grupal y deduciendo e intuyendo posibilidades.

Lo que es una realidad es que el aprendizaje de las ciencias en la actualidad tiene como base las propias explicaciones sobre los fenómenos naturales de los alumnos. Estas ideas previas que poseemos todos para explicar ciertos fenómenos influyen de manera importante en el posterior aprendizaje de los conceptos científicos (Serrano, 1987).

En este sentido, dichas explicaciones de ideas intuitivas y de marcos alternativos encontrarían fundamento en la epistemología constructivista, ya que uno de los argumentos medulares que defiende esta tesis, es que el conocimiento nuevo se construye sobre conocimiento previo. Del mismo modo, si el docente dejara de lado las ideas previas de los alumnos probablemente se abriría una brecha irreconciliable entre los conceptos escolares y lo que el alumno ya sabe, por lo tanto el alumno tendrá dos explicaciones diferentes para un mismo fenómeno y la incapacidad de relacionarlos estaría presente (Serrano, 1987).

2.2 - EL MÉTODO DE CASOS COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA.

La estrategia didáctica que se propone refiere al diseño y aplicación del Método de Casos, desde el enfoque constructivista. Los antecedentes del Método de Casos se remontan a finales del siglo XIX en la Escuela de Leyes de Harvard, en donde Christopher Langdell le introdujo y utilizó por primera vez (Andreu *et al.*, 2004). Langdell es considerado como uno de los más grandes íconos de la enseñanza en los Estados Unidos, por sus innovaciones educativas y por las reformas realizadas en Harvard, sin embargo, el mayor mérito de Langdell refiere a sus métodos en su práctica docente (Kimball, 2004).

Langdell argumentaba que el método de casos permitía que los alumnos construyeran sus propios criterios y propias opiniones, enfatizando que por ningún motivo habría escarmiento hacia sus alumnos por pensar y expresarse libremente, ya que la educación en el colegio en ese entonces era sumamente tradicional y no había cabida para que los alumnos adoptaran una posición activa en su educación, mucho menos que se volvieran responsables de su propio aprendizaje, lo que a fin de cuentas era lo que buscaba Langdell. El método se popularizó y comenzó a ser utilizado en otras instituciones estadounidenses así como en Canadá y Japón. No

fue hasta décadas después que comenzó a analizarse el porqué de la eficacia del método inventado por Langdell (Herreid, 2007).

Clyde Harried, profesor de ciencias en diversas instituciones de Estados Unidos tras varios años de trabajo docente, buscó cambiar su método basado en lecturas por algo que le fuera más eficaz. Años después descubrió casi por azar, que un vecino suyo egresado de leyes de Harvard y profesor de la institución, al dialogar sobre la enseñanza y la educación, le confesó textualmente a Harried “yo uso estudio de casos” (Herreid, 2007).

2.3 - APRENDIZAJE DEL TEMA MUTACIONES

Se le denomina mutación a cualquier cambio permanente en el DNA, o en el material hereditario. Este cambio puede afectar desde uno o varios nucleótidos, hasta alteraciones en el número o estructura de los cromosomas (Alberts *et al.*, 2004).

La enseñanza y aprendizaje de las mutaciones es esencial para que los alumnos puedan comprender que éstas son uno de los mecanismos más importantes de la evolución y diversificación biológica de las especies. Es hasta cierto punto paradójico que estos cambios en las secuencias del DNA tengan como consecuencia, por un lado la biodiversidad biológica y por otro lado puedan ocasionar daños inminentes ya sea en el desarrollo de un organismo o incluso se relacionen con la extinción de las especies por selección natural.

La propuesta de este trabajo de tesis pretende llevar a cabo la estrategia de enseñanza y aprendizaje del tema de mutaciones utilizando como medio el método de casos, en particular el fenómeno de la Anemia falciforme y su coexistencia con la malaria. La relación que existe entre ambos padecimientos fue un enigma médico por un tiempo y esa problemática histórica es la que constituye en esencia la estrategia didáctica propuesta.

A continuación, se describe brevemente este padecimiento de origen genético y se explica por qué es viable su utilización en enseñanza.

Anemia Falciforme como vehículo didáctico para la enseñanza y aprendizaje del tema Mutaciones.

Características y fundamentos

La anemia falciforme es una enfermedad de origen genético, consecuencia de una mutación puntual en el brazo corto del cromosoma 11. Específicamente en el sexto codón del gen de la Beta Globulina, en donde se altera la secuencia intercambiando una timina por una adenina (GTG por GAG) y generando así el aminoácido valina en vez del ácido glutámico. Esta alteración provoca que la Beta Globulina, una proteína que pertenece al complejo proteico de la hemoglobina (heteroproteína encargada del transporte de oxígeno) no realice su función adecuadamente. Esta nueva Hemoglobina (Hb S) se vuelve inestable y al desoxigenarse se polimeriza y se deposita sobre la membrana del eritrocito, deformándolo en forma de media luna y volviéndolo rígido.

Esto provoca graves problemas en el sistema circulatorio, comprometiendo principalmente la función vascular y cardíaca, al mismo tiempo se produce un importante déficit de oxígeno en el organismo y finalmente anemia hemolítica, lo que provoca que en vez de que un eritrocito tenga una vida media de 100-120 días sólo permanezca en el torrente sanguíneo de 10 a 20 días.

Justificación

Abordar el tema de anemia falciforme puede ser un eficiente vehículo para la enseñanza y aprendizaje del tema mutaciones debido a sus características. Por un lado, es una enfermedad de origen genético que afecta a un importante porcentaje de la población a nivel mundial, incluido México; además, esta enfermedad es resultado de una mutación puntual que altera una secuencia específica ampliamente reconocida, provocando una alteración celular observable (eritrocito falciforme), lo cual clarifica su comprensión.

Finalmente, esta alteración genética en condición heterocigótica puede resultar ventajosa en un ambiente con alta incidencia de malaria.

En estado heterocigótico el alelo de anemia falciforme otorga una importante ventaja adaptativa a aquellas personas que adquieren una infección por malaria. Para aquellas personas que han heredado la condición en homocigosis dominante (estado sano), la malaria es sumamente peligrosa. La malaria, también conocida como paludismo, es una grave enfermedad infecciosa propia principalmente de regiones tropicales y más ampliamente extendida por el sureste asiático, África Subshariana y América Latina. Es causada por un parásito protozoo del género *Plasmodium* que provoca la muerte de aproximadamente 3 millones de personas al año, aunque se calcula que más de 500 millones de personas sufren anualmente de síntomas relacionados con la infección. En los seres humanos, la malaria es únicamente una parte del ciclo de vida de *Plasmodium*, ya que antes de que llegue al cuerpo humano este parásito debe haber pasado por el sistema digestivo del mosquito del género *Anopheles*, el cual al alimentarse de la sangre humana transmite por medio de su saliva al parásito. Igualmente una persona infectada puede transmitir al protozoo a un mosquito libre del parásito.

2. 4 - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la genética no está restringida al ámbito académico y científico, sino que forma parte de nuestra cultura y forma de vida. De hecho, el conocimiento de la genética sería de importante utilidad para una gran cantidad de estudiantes de Educación media superior que están por entrar a la educación superior. En México, cinco de las diez carreras universitarias más solicitadas por los estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM tienen relación directa con las ciencias biológicas y así mismo con la genética, como es el caso de Biología, Medicina, Psicología, Veterinaria y Odontología (CCH, 2012); sin mencionar otras carreras con menor demanda pero en las que sus alumnos requieren de estos conocimientos como son la Licenciatura en investigación biomédica básica (LIBB) , ciencias genómicas y ciencias forenses.

Otro aspecto fundamental que debe mencionarse es la importancia que tiene la genética como punto nodal para explicar la evolución, siendo este el paradigma central de la biología. Hablando propiamente de la biología en la EMS, la genética pertenece a uno de los cuatro temas con mayor nivel de complejidad en relación al proceso de enseñanza y aprendizaje de la asignatura de biología en el CCH, junto a los temas de Evolución, Metabolismo y Célula de acuerdo a un diagnóstico realizado por la UNAM(CCH, 2012).

Es por ello, que es importante, y a la vez necesario, buscar estrategias que fomenten en los alumnos curiosidad y comprensión, sobre todo en temas científicos que son abstractos y en gran medida ajenos a ellos. Todo ello con la intención de que desarrollen sensibilidad e interés por el estudio de las ciencias, entre ellas la genética, y que adquieran aprendizajes que les sean significativos y de utilidad tanto en la vida diaria como profesional.

En este sentido, el método de casos como actividad para diseñar una estrategia didáctica puede resultar altamente eficaz, ya que su construcción se basa en el análisis y resolución de situaciones que representan un problema, que se ubica en el contexto cotidiano y que son relevantes socialmente hablando.

Esto ayuda de manera significativa a corregir uno de los grandes problemas de la enseñanza de las ciencias, que es la desvinculación de los conocimientos científicos con el entorno del alumno, a lo que también se le conoce como la hipótesis de la incompatibilidad, provocando desmotivación y desinterés, en donde los estudiantes no encuentran sentido a los conocimientos científicos. Este es uno de los principales motivos por los cuales algunos autores reiteran la existencia de una profunda crisis de la educación científica. La enseñanza por método de casos ayuda a fomentar la capacidad de argumentación por parte de docente y alumnos, propicia discusiones y ayuda a que el alumno sustente ideas propias con base en sus conocimientos (Pozo y Gómez-Crespo, 2004; Díaz, 2005).

2.5 - OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar y aplicar una estrategia didáctica con base en el Método de Casos para la enseñanza y aprendizaje del tema Mutaciones en el bachillerato.

ESPECÍFICOS

1. Diseñar una estrategia didáctica con base en el Método de Casos que persiga el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes para el tema de Mutaciones.
2. Aplicar la estrategia didáctica con la intención de fomentar el aprendizaje del tema mutaciones y por lo tanto de genética por medio del análisis y la discusión de un caso.
3. Que el alumno logre vincular el conocimiento práctico de un caso de la vida cotidiana respecto a los conocimientos abstractos de la genética logrando así, darle un significado propio.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DEL TEMA MUTACIONES

El eje fundamental de la estrategia es que el alumno logre establecer un vínculo entre el fenómeno biológico de las mutaciones, su importancia como fuerza evolutiva tomando como modelo su expresión en seres humanos. Se utilizó como vehículo didáctico un caso médico.

3.1 - Grupo de intervención

La intervención docente se llevó a cabo en un grupo vespertino de Biología I del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur. Se trata de un grupo en donde los alumnos cursan el semestre de manera regular. El total de alumnos es de 22. El rango de edad va de los 16 a los 19 años, con un promedio de 17 años. En todas las sesiones se contó con la presencia la profesora supervisora, La Mtra. Marina Ruiz-Boites. En cuanto a la infraestructura el laboratorio contaba con todos los recursos como pizarrón, proyector y computadora para llevar a cabo la intervención sin inconvenientes. La posición de las mesas dentro del laboratorio no ayuda al desplazamiento del profesor para supervisar el trabajo de los alumnos. Los alumnos se encuentran apretados dentro de las aulas y tienen poco espacio para escribir sin chocar con sus compañeros.

Construcción de la estrategia

La estrategia didáctica utilizada en este trabajo fue diseñada y estructurada para tres sesiones de intervención docente, además se utilizó una sesión previa para la aplicación de un Pretest y una sesión posterior para la aplicación de un Posttest, como se muestra en la figura 1. A su vez, cada una de la sesiones tuvo intención de enfocarse directamente con aprendizajes conceptuales, procedimentales y actitudinales.

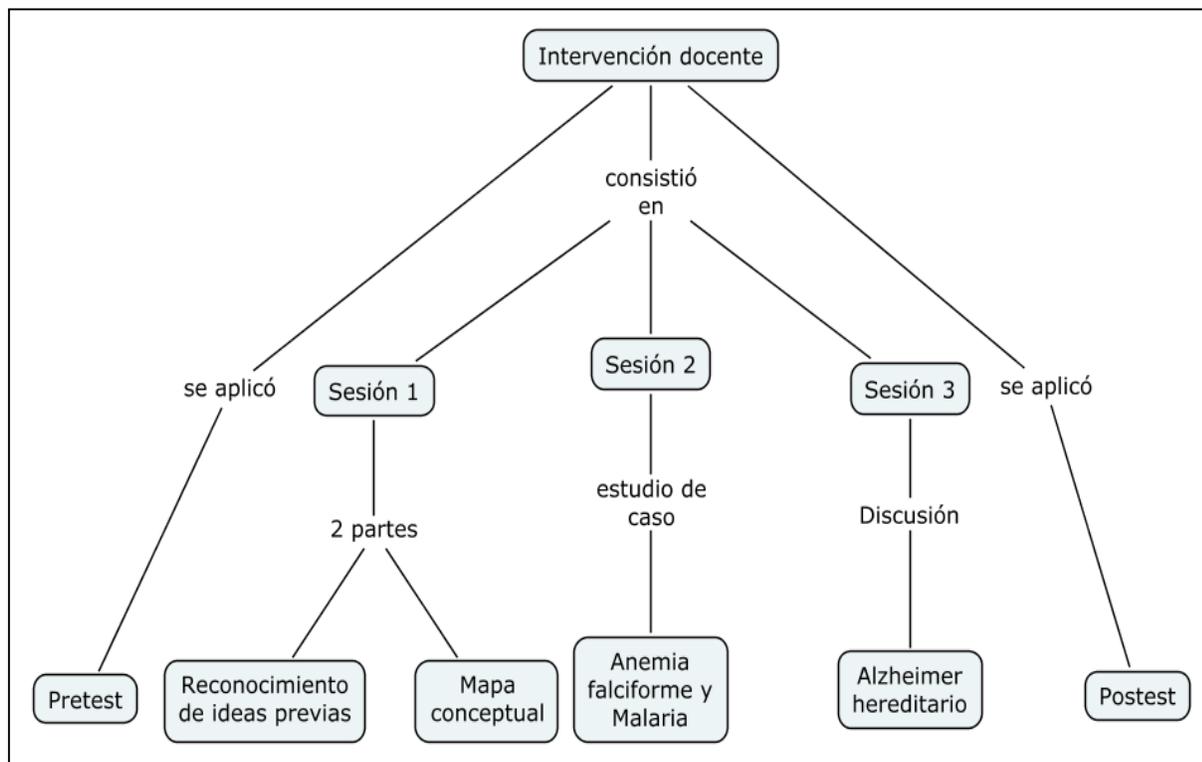


Fig. 1. Etapas de la intervención docente para la enseñanza del tema *Mutaciones*.

Para evaluar la intervención y determinar el grado de efectividad de la estrategia didáctica, se construyó una prueba (Pretest y Postest) compuesta de diversos reactivos para reconocer ideas previas. Dicha prueba, se aplicó antes y después de la intervención exactamente con los mismos reactivos para poder comparar los resultados directamente, así como para evaluar el grado de avance en el aprendizaje del grupo y por lo tanto los alcances de la estrategia (Anexo III).

3.2 - Características de la propuesta (Método de Casos)

El Método de Casos se reconoce como una eficiente herramienta didáctica que promueve entre los estudiantes el desarrollo de pensamiento analítico-reflexivo y, al mismo tiempo, el manejo de la teoría y la práctica para lograr un aprendizaje significativo. Por ello se buscó una situación problema de la vida cotidiana que cumpliera los requisitos básicos para hacer plausible su aplicación. A diferencia del estudio de casos convencional, aquí se construyó un caso que respondiera de igual manera con las características ideales desde el punto de vista didáctico (Díaz, 2005) Estos requisitos son:

- Vinculado al currículo
- Promueve el pensamiento
- Concuerta con los marcos teóricos del alumno
- Reto accesible para el aprendiz
- Plantea asuntos reales
- Permite la identificación y empatía
- Genera controversia
- Intensifica emociones

Una vez establecidas las características que debe tener el caso se siguió una metodología propuesta por Díaz Barriga en el 2005 y Wasserman en el 2006.

1. Selección de situación problema

Se determinó que la Anemia falciforme y su relación con la Malaria cumplen con las características y los requerimientos necesarios para ser planteados como vehículo didáctico para ser analizado por Método de Casos.

2. Construcción del caso

Se planteó un problema por medio de una situación hipotética pero realista en donde hay ciertas personas en una población que no pueden enfermar de malaria. El caso fue dividido y seccionado en 4 partes, en donde se les gestionó estratégicamente a

los alumnos, poco a poco, la información promoviendo la toma de decisiones, generación de ideas y el trabajo colaborativo (Anexo IV).

La construcción de este caso se basó en la historia del descubrimiento de esta enfermedad, pero se hizo una transposición didáctica para hacerla más accesible para los alumnos.

3. Generación de preguntas clave

Al final de cada sección se plantearon preguntas respecto a la información brindada en cada etapa de la lectura, esto con la intención de generar análisis y reflexión respecto al problema que se intenta resolver.

4. Análisis del caso

Al igual que las preguntas clave, se pidió a los alumnos que realizaran breves análisis acompañados de explicaciones e hipótesis que debían plasmar de manera escrita sobre cada etapa del estudio del caso. En este sentido se pretendió que los alumnos se fueran acercando cada vez más a una explicación más acertada y completa en cada sección, logrando integrar la información dada con sus propios conocimientos y estrategias de pensamiento.

5. Discusión/argumentación grupal

Una de las principales habilidades que se promueve con los estudios de caso es desarrollar y fomentar la capacidad argumentativa y discursiva de los alumnos. En este sentido se pretendía que los alumnos ejercitaran esta habilidad tanto de manera individual como de manera grupal. La intención es que los alumnos logren integrar una serie de conocimientos, habilidades y actitudes al momento de resolver un problema defendiéndolo con argumentos fundamentados y que finalmente logren compartirlos y enriquecerlos con la opinión de sus compañeros.

3.3 - Descripción de actividades

Número de sesión	Actividades	Tiempo (horas)	Evidencias fotográficas y/o documentos anexos.
Pretest	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación del profesor ante el grupo. • Aplicación de la evaluación 		

	<p>diagnóstica (Pretest).</p> <ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento de ideas previas sobre la diversidad genética y el concepto de mutación. 	1	Anexo III
1	<ul style="list-style-type: none"> Presentación de objetivos de la intervención. Realización de mapa conceptual respecto la clasificación de distintos tipos de mutaciones. 	2	
2	<ul style="list-style-type: none"> Presentación de objetivos. Estudio de caso sobre la Anemia falciforme. Los alumnos harán un análisis crítico sobre la importancia evolutiva de las mutaciones. Los alumnos con el profesor deberán discutir sobre la ventaja adaptativa de la mutación. 	2	
3	<ul style="list-style-type: none"> Presentación de objetivos. Ejercicio de discusión-argumentación sobre un dilema ético en donde una persona con Alzheimer juvenil de tipo hereditario desea ser padre (Anexo V). Los alumnos con ayuda del profesor realizan un cierre grupal de la actividad y de la intervención. 	2	
Postest	<ul style="list-style-type: none"> Despedida y agradecimientos. Aplicación de la evaluación de aprendizaje (Postest) quince días después de finalizada la intervención. 	1	Anexo III

3.4 - Instrumentos de evaluación

Evaluación del Pretest y Postest

El análisis de los resultados obtenidos en los cuestionarios se realizó por medio de una evaluación cualitativa y cuantitativa. Para la evaluación cualitativa se utilizaron dos instrumentos, por un lado una estructura didáctica de los conceptos y procesos relacionados al tema de mutaciones, la cual fue diseñada previamente por el profesor con la intención de reconocer qué tanto los alumnos habían logrado acercarse y darle significado propio a dichos conceptos (Anexo II).

El segundo instrumento de evaluación cualitativa fue una rúbrica que basado en la taxonomía de Bloom, que se utilizó para determinar el grado de profundidad y de dominio que los alumnos tenían en sus enunciados libres y en las respuestas a las preguntas abiertas (Anexo I). Se denominó a aquellas respuestas con alto grado de conocimiento con el calificativo de Dominio; a aquellas respuestas con conocimientos básicos se les denominó como Suficiente; y, a aquellas respuestas que se alejaban del sentido de conocimientos esperado fueron denominadas como Insuficiente.

Los datos obtenidos se graficaron para realizar una comparación directa con los resultados, antes y después de la intervención.

La evaluación cuantitativa se realizó utilizando un análisis estadístico multivariado mediante un test de Análisis de similitud (ANOSIM), para conocer el grado de diferencia de la población antes y después de la intervención.

El análisis se aplicó a una evaluación de opción múltiple de conocimientos generales sobre mutaciones y se compararon los resultados de los alumnos contra sí mismos.

El análisis nos arroja una R y una p cuyos valores indican si hubo diferencias estadísticamente significativas en los resultados de la prueba de opción múltiple (R) y dirán si el valor de R es confiable por medio de una p. La intención de dichas pruebas era reconocer si realmente había ocurrido un cambio en el aprendizaje de

los alumnos tras la intervención didáctica y la aplicación de la propuesta (Chapman y Underwood, 2006).

El valor de R puede ir de -1 a $+1$, generalmente $-R$ indican poblaciones completamente diferentes, es decir que no son comparables y, por lo tanto, irreproducibles; los valores cercanos a 0 indican que no hubo cambio alguno, mientras que los valores cercanos a $+1$ indican cambio en la población. Una $p=0.001$ indica que la R está sustentada estadísticamente (Chapman y Underwood, 2006).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 - Estudio de caso

En este primer apartado de los resultados, se muestra la construcción del estudio de caso diseñado para el proyecto (Anexo IV). Este caso fue diseñado como un *Caso-problema*, es decir, que se basa en el planteamiento de un problema central a resolver. El problema central radica en una población ficticia de nuestro país en donde la gente que vive cerca de un río enferma y muere. La intención final es tratar de explicar la coexistencia del parásito *Plasmodium*, que provoca la malaria cuando se infecta a personas con Anemia Falciforme. El caso constó de 4 partes, cada una de ellas en una cuartilla y en cada una de estas etapas se presentaron “pistas” o datos útiles que ayudaron a descartar o complementar la información necesaria para su resolución y el texto se presentó a manera de relato de tipo anecdótico. Se utilizaron textos de 15pts con ilustraciones para captar la atención de los alumnos y en cada apartado se les pidió que formularan una hipótesis con la intención de que al final logaran acercarse lo más posible a la respuesta correcta. El caso se diseñó para resolverse en equipos de 4 integrantes y en cada etapa el profesor pidió a los equipos que compartieran sus hipótesis y de manera grupal se avanzaba hacia la respuesta correcta.

Finalmente el profesor compartió con los alumnos la resolución del problema.

4.2 - Comparación entre el Pretest y el Postest

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la propuesta metodológica para el alcance de los objetivos del trabajo de tesis. Estos resultados refieren por un lado al diseño y la aplicación del Método de Casos como eje medular de la estrategia didáctica y por otro a la evaluación de su aplicación en el aprendizaje del tema de estudio.

Sección 1

Pregunta 1

En la primera sección del Pretest, se pidió a los estudiantes que priorizaran de mayor a menor, los atributos que consideraban debía poseer un docente. Estos atributos fueron preestablecidos tomando en cuenta las características más distintivas de los docentes de ciencias. Los atributos preestablecidos fueron: Dominio de la materia; Exigencia; Fuerte de carácter; Paciente; Higiénico y finalmente un profesor de Actividades prácticas. Esta pregunta tenía la finalidad de conocer como conciben los alumnos a sus profesores y para saber si esta percepción cambiaba después de la intervención. Es muy importante saber si la estrategia por Método de casos contribuye a cambiar la percepción que tienen los alumnos de sus profesores. Los alumnos otorgaron un puntaje de 6 al atributo más importante y de 1 al menos relevante y a continuación se muestran los resultados.

Tanto en el Pretest como en el Postest los alumnos consideraron que el dominio de la materia debía ser el atributo más importante que tendrían que poseer los docentes, mientras la higiene es considerada la característica menos relevante. Tras la intervención, los alumnos disminuyeron la importancia que le daban a la exigencia y aumentaron el puntaje en la paciencia (Fig. 2).

Esto nos da un indicio de qué es lo que esperan los alumnos de los profesores y no nos queda duda que el dominio de la materia es la característica que para ellos debe poseer todo profesor. La actividad práctica adquirió mayor importancia después de la intervención didáctica, ya que pasó del tercer lugar con 76 puntos al segundo con 79.

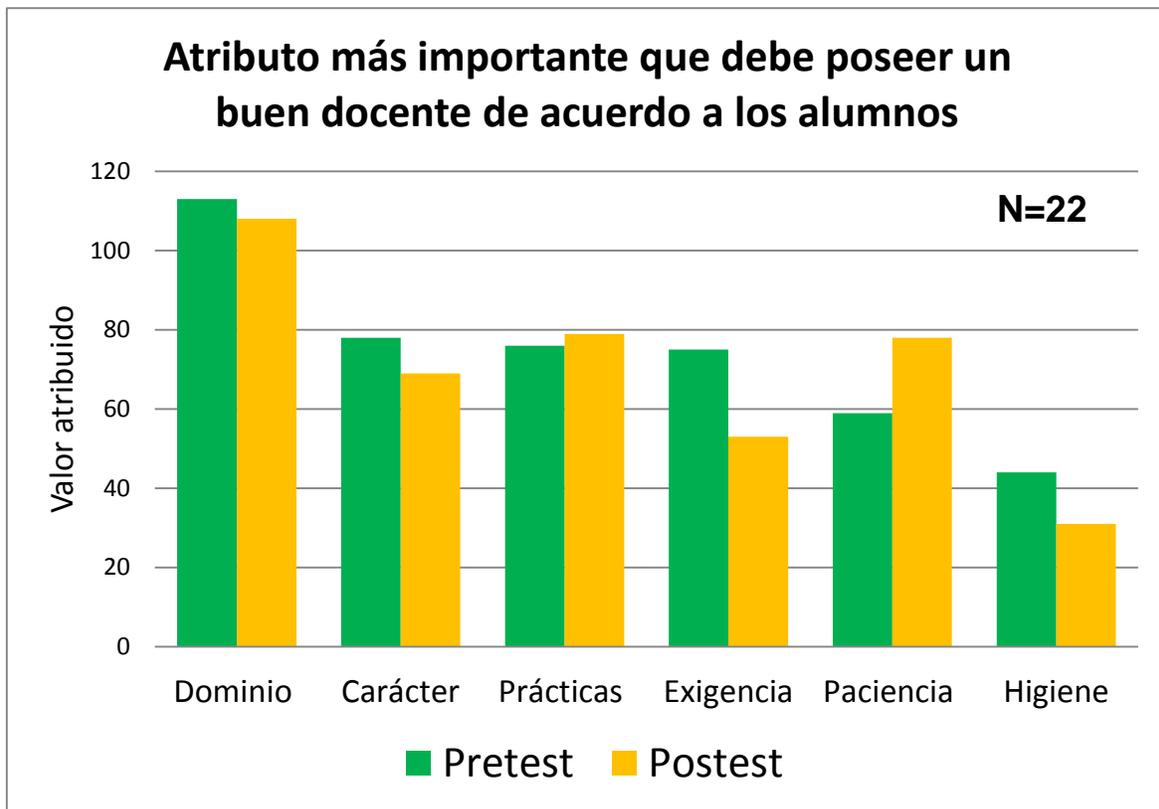


Figura 2. El Dominio es el atributo más importante mientras la higiene es el menos relevante.

Pregunta 2

En esta pregunta se les pidió a los estudiantes que listaran cinco palabras que relacionaran directamente con el tema de mutaciones, esto con la finalidad de identificar cuáles eran las ideas previas que tenían los alumnos respecto al tópico de mutaciones. Se procesaron 86 diferentes conceptos que fueron categorizados utilizando una estructura conceptual previamente diseñada por el profesor en la cual se determinan con base en los objetivos curriculares, cuáles son los conceptos más importantes sobre el tema de mutaciones (Anexo II).

En la figura 3 se muestran los conceptos mencionados al menos dos veces por los alumnos al contestar el Pretest y el Posttest. Cabe resaltar que hubo aparición de nuevos conceptos en el Posttest, a pesar de ello, otro aspecto de igual o mayor importancia tiene que ver con el porcentaje de conceptos encontrados dentro de la estructura conceptual. DNA, genes, y enfermedades son las palabras más

mencionadas antes de la intervención, ya en el Postest, DNA y genes siguen siendo las palabras más mencionadas seguidas por enfermedades, alteraciones y herencia. El aumento en la palabra “alteración” de 2 a 10, de “herencia” de 2 a 8 y de “cambio” de 1 a 5 indican que hubo una vinculación entre estas palabras y el concepto “mutación”, concepto que no aparece en el Pretest y en el Postest es mencionado en 2 ocasiones.

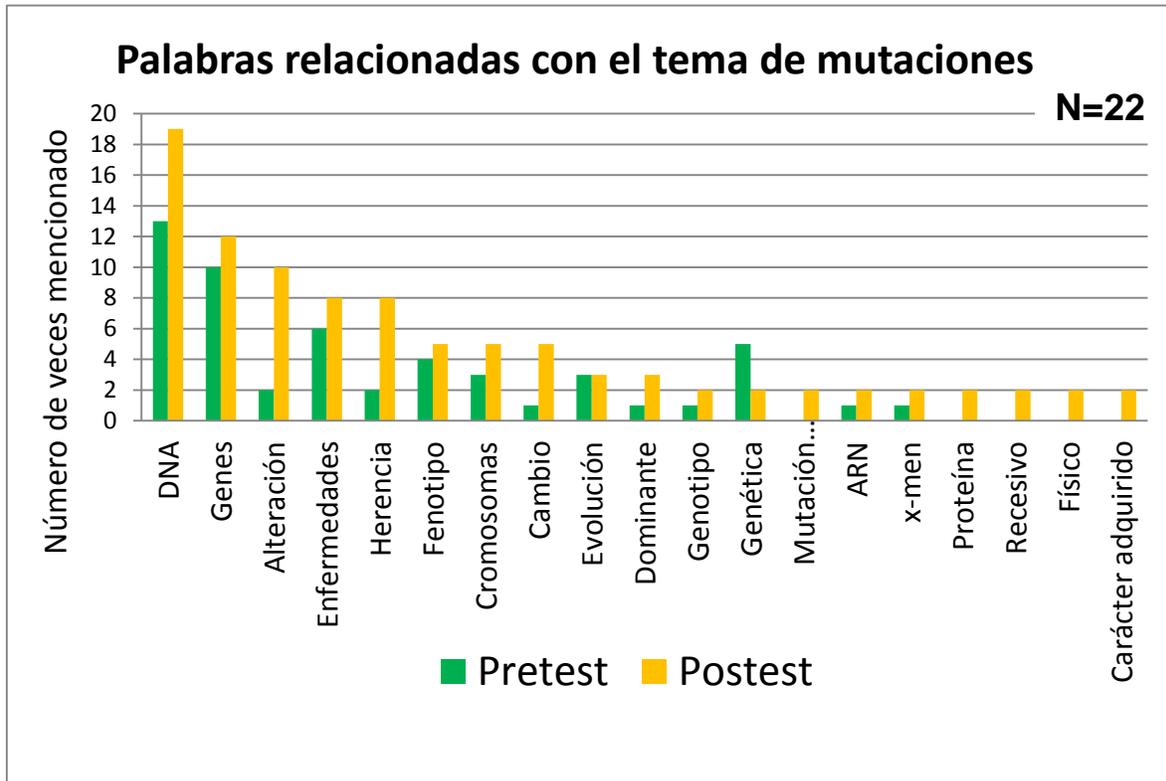


Figura 3. Las palabras más mencionadas en ambos cuestionarios son DNA y Genes, sin embargo palabras como alteraciones, enfermedades, cambio y herencia aumentaron de manera importante.

Para organizar las palabras y conceptos listados por los alumnos, se utilizó una rúbrica en donde se estableció y limitó los conceptos esperados que reflejaran en menor o mayor medida el conocimiento del tema de mutaciones.

Por un lado, se establecieron todos aquellos conceptos de mutaciones relacionados con la estructura y por el otro, los relacionados con la función, los cuales iban a quedar dentro de la estructura conceptual (EC), es decir, todos aquellos conceptos básicos que forman parte de los aprendizajes esperados para este tema (Anexo II).

En la figura 4 se muestra que del 100% de las palabras o conceptos mencionados por los alumnos en el Pretest, únicamente el 49% se encuentran dentro de la EC ideal preestablecida por el profesor con base en el plan de estudios del CCH determinando los conocimientos y conceptos que deberían desarrollar los alumnos para comprender el concepto de mutación.

Todas aquellas palabras o conceptos que quedan fuera de la EC forman el 51%. En el Postest, se siguió la misma metodología para clasificar las palabras y conceptos recabados y se observó un aumento en las palabras que quedaban dentro de la EC pasando del 49% al 68% y por lo tanto, los conceptos situados fuera de la EC representaron únicamente el 32%. La EC se construyó utilizando el plan de estudios del CCH, determinando los conocimientos y conceptos que deberían desarrollar los alumnos para comprender el concepto de mutación.

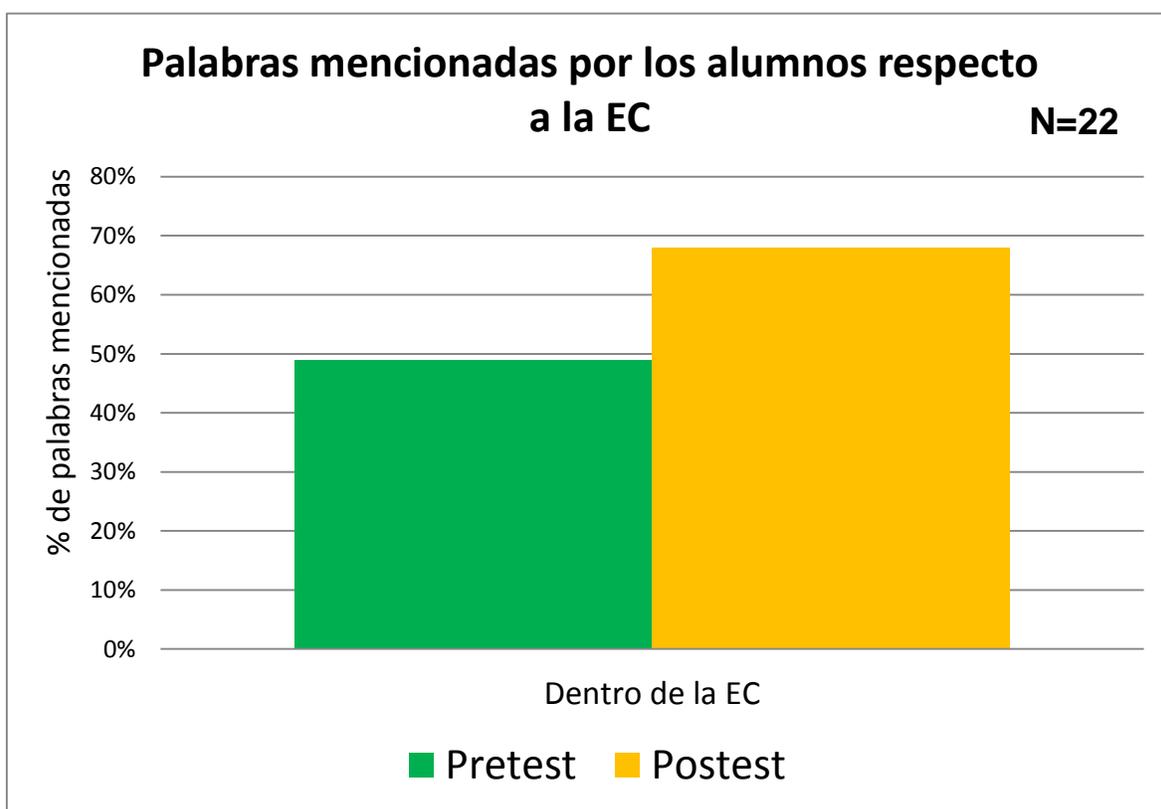


Figura 4. En el Pretest únicamente el 49% de las palabras mencionadas por los alumnos se encontraron dentro de la estructura conceptual mientras en el Postest aumentó a 68%.

Pregunta 3

En la tercera pregunta de esta primera sección se pidió a los alumnos que, utilizando las palabras y conceptos de la pregunta anterior escribieran un enunciado con la intención de conocer cómo es que utilizan los conceptos. Los enunciados se clasificaron en tres categorías intentando sintetizar la taxonomía de Bloom en estos tres rubros, aquellos enunciados correctos en los cuales había una explicación y un manejo de la información se colocaron en la categoría de Dominio, los enunciados que mostraban conocimiento sobre el tema, pero sin profundizar, y que otorgan una explicación simple sobre el concepto, se colocaron en la categoría de Suficiente y a aquellos que demostraban no manejar los conceptos o los utilizaban equívocadamente, se colocaron en la categoría de Insuficiente (Anexo I).

En la figura 5 se comparan los resultados obtenidos en el Pretest y el Postest. Hay un aumento de 22 a 46 enunciados en la categoría de Dominio, una disminución de 55 a 44 enunciados en la categoría de Suficiente y finalmente se observa una disminución de 23 a 17 enunciados en la categoría de Insuficiente.

Esto indica que hubo un aumento de respuestas en la categoría de Dominio de 21%, evidenciando una mejora en los conocimientos de tipo declarativo del grupo respecto al tema de mutaciones.

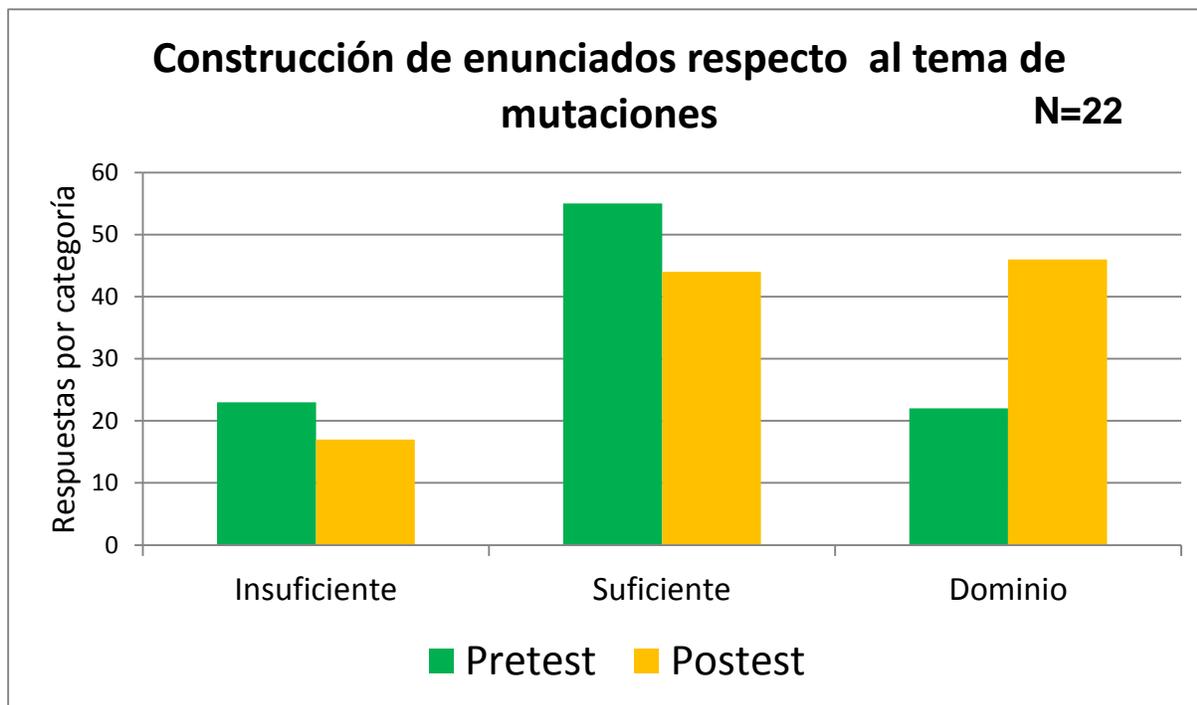


Fig. 5. La categoría de Dominio aumentó en la utilización de conceptos correctamente en un 21% mientras las otras categorías disminuyeron.

En la Tabla 1 se muestran algunos ejemplos literales de los enunciados obtenidos antes y después de la intervención comparando lo dicho por los mismos alumnos para diferentes palabras.

Tabla 1. Ejemplos literales obtenidos por los mismos alumnos antes y después de la intervención para la pregunta 3.		
Concepto	Pretest	Posttest
Enfermedades	“Las enfermedades mutan y se vuelven más fuertes” (Insuficiente)	“Las mutaciones tienen muchas consecuencias como enfermedades” (Suficiente)
ADN	“El ADN original se modifica” (Insuficiente)	“El ADN sufre pequeños cambios que resultan en mutaciones” (Suficiente)
Mutación	“La mutación ocurre en los genes” (Suficiente)	“La mutación puede ser benéfica o maligna para los seres humanos” (Dominio)
Fenotipo	“El fenotipo son las características exteriores” (Suficiente)	“Algunos tipos de mutación se expresan en el fenotipo” (Dominio)
Cambio	“Cuando hay mutaciones, hay cambios en el cuerpo” (Insuficiente)	“Si el ADN sufre algún cambio, puede haber mutaciones” (Suficiente)

Sección 2

Pregunta 4

En la figura 6 se muestran los resultados obtenidos en el cuestionario de opción múltiple. Las preguntas fueron aplicadas con la intención de reconocer qué tanto los alumnos conocen el tema de mutaciones. Con excepción de dos reactivos (6 y 7), hay un aumento favorable en la cantidad de respuestas correctas en el Postest, principalmente en los reactivos 1, 3 y 5 (Anexo III).

Es importante resaltar que el reactivo 1, por ejemplo, hace referencia a la relación entre las mutaciones y a la diversidad biológica y es observable que los alumnos lograron reconocer esta vinculación después de la intervención. El reactivo 3 determina el significado de las mutaciones lo cual, después de la intervención muestra ser mucho más claro y finalmente el reactivo 5 describe el proceso de transcripción y traducción (Anexo III).

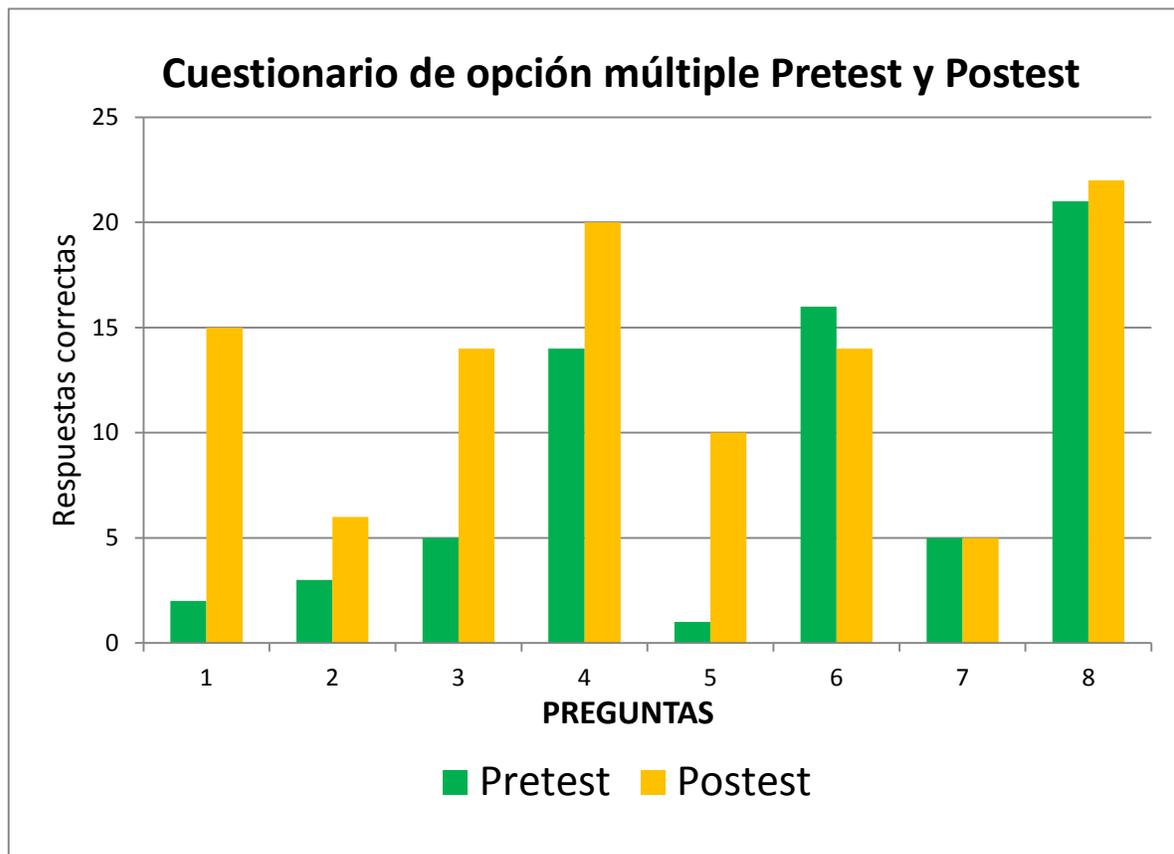


Fig.± 6. Hay un aumento de respuestas correctas en todas las preguntas a excepción de la 6 y 7.

En la figura 7 se muestra el promedio general del cuestionario antes y después de la intervención. En el Pretest se obtuvo un promedio de 4.1 ± 1.69 , mientras en el Postest el promedio grupal fue de 6.4 ± 1.78 , lo que demuestra que, de manera general los alumnos mejoraron las respuestas del cuestionario, indicando aprendizaje del tema.

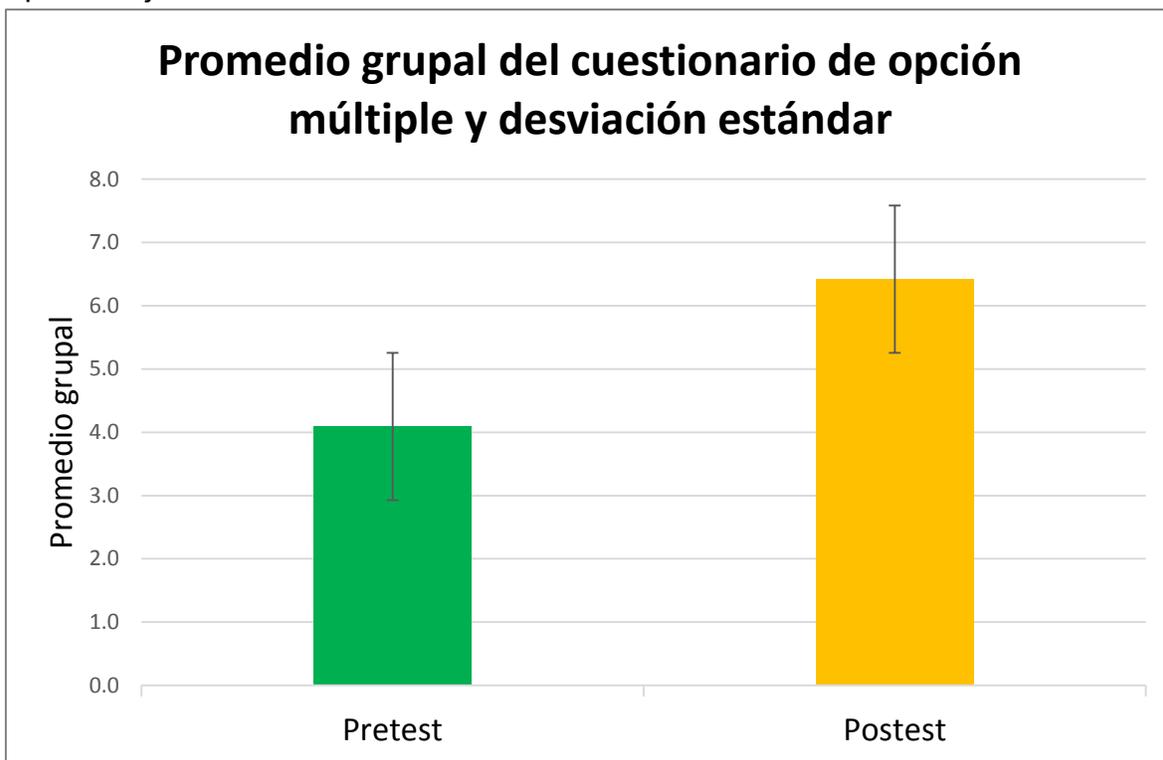


Figura 7. Promedio grupal del cuestionario de opción múltiple antes y después de la intervención.

Posteriormente se realizó un análisis estadístico para determinar si había aprendizaje significativo comparando los resultados del Pretest y el Postest. Para ello se realizó una prueba estadística de similitud para reconocer el grado de semejanza y diferencia del grupo antes y después de la intervención, como se muestra en la figura 8. Una vez obtenida esta información se realizó una prueba de R y p para reconocer la confiabilidad de la prueba y se encontró que la intervención didáctica tuvo un efecto positivo ($R=0.367$), siendo 0 sin cambios y 1 una diferencia total, con una $p=0.001$.

Esto significa, aunado a los resultados anteriores, que sí hubo una mejora grupal después de la aplicación de la estrategia didáctica visible en el plano de la evaluación cualitativa pero también sustentada desde la evaluación cuantitativa.

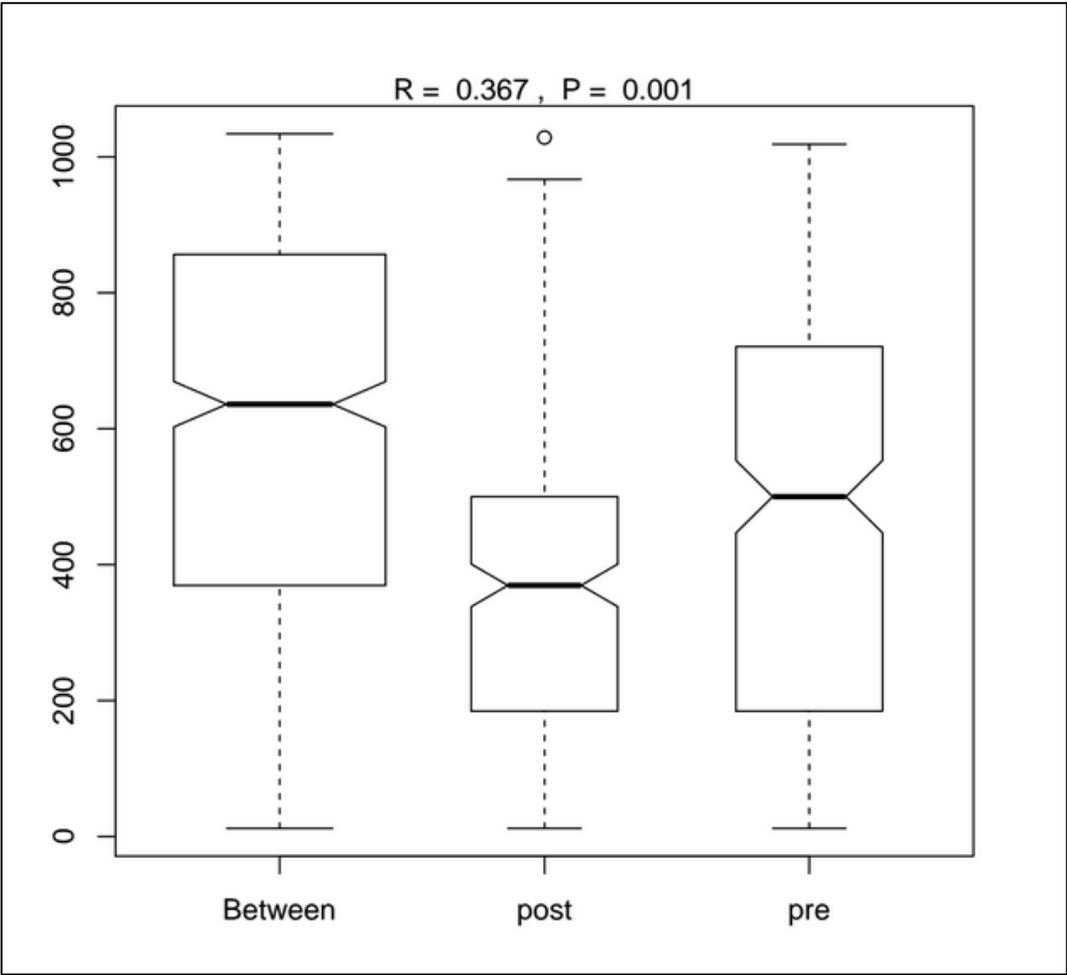


Fig. 8. La intervención tuvo un efecto positivo sobre el aprendizaje.

Sección 3

Pregunta 5

En esta pregunta se pidió a los estudiantes que definieran qué es una mutación y que mencionaran un ejemplo. El número de alumnos que respondieron en la categoría de Insuficiente disminuyó considerablemente de 10 a 1. El número de alumnos que respondieron en la categoría de Suficiente aumentó de 7 a 11. Aquellos que respondieron en la categoría de Dominio aumentaron de 4 a 9; es decir que hubo un aumento del 24% en las respuestas de Dominio (Fig. 9). Para categorizar las respuestas nuevamente se utilizó la nomenclatura de Bloom, sintetizando únicamente en tres categorías (Anexo I).

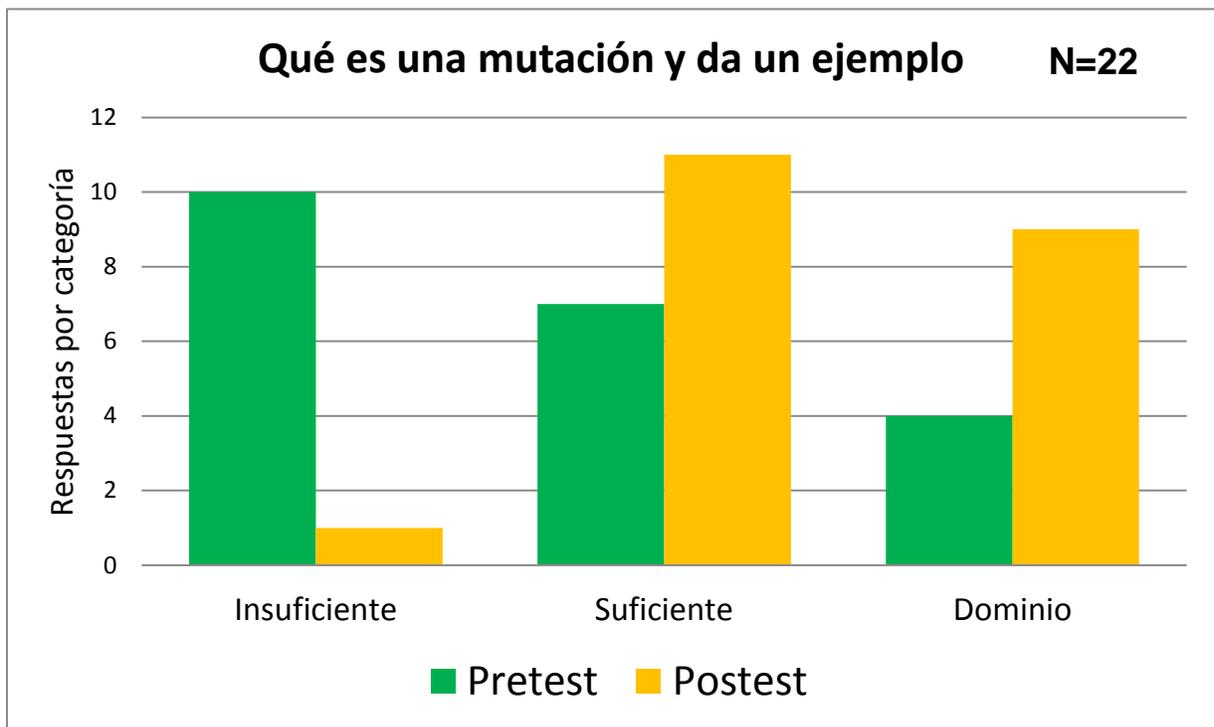


Fig. 9. En la gráfica se muestra un aumento en el número de respuestas en la categoría de Suficiente y Dominio.

En la Tabla 2 se muestran algunos ejemplos literales de los enunciados obtenidos antes y después de la intervención comparando lo dicho por los mismos alumnos. Se observa que hubo una mejora general en los enunciados y definiciones que generan los alumnos hacia el concepto de mutación. La clasificación de los enunciados se realizó utilizando la nomenclatura del Anexo I.

Tabla 2. Ejemplos literales obtenidos por los alumnos antes y después de la intervención.	
Pretest	Postest
<p>“Una alteración en las células”</p> <p>(Insuficiente)</p>	<p>“Es una alteración en el ADN”</p> <p>(Suficiente)</p>
<p>“Cuando algunas personas nacen con ojos de color distinto, por ejemplo, uno verde y otro azul”</p> <p>(Insuficiente)</p>	<p>“El Síndrome de Down, es un cambio en el material genético”</p> <p>(Dominio)</p>
<p>“La mutación ocurre en los genes”</p> <p>(Suficiente)</p>	<p>“La mutación puede ser benéfica o maligna para los seres humanos”</p> <p>(Dominio)</p>
<p>“Es un cambio físico o genético en un organismo”</p> <p>(Insuficiente)</p>	<p>“Son cambios en el ADN por eventos físicos, químicos y biológicos, por ejemplo, Síndrome de Down”</p> <p>(Dominio)</p>
<p>“Un cambio en los genes”</p> <p>(Suficiente)</p>	<p>“Un cambio en la genética de un organismo”</p> <p>(Suficiente)</p>

Pregunta 6

En la siguiente pregunta se pidió a los alumnos que explicaran las posibles consecuencias de una mutación. No se registraron cambios en el número de respuestas entre el Pretest y el Postest en las categorías analizadas.

En la figura 10 se muestra que los alumnos no lograron explicar y relacionar los cambios y alteraciones del DNA con posibles consecuencias en su entorno, dejando ver la dificultad que representa para los alumnos poder vincular el conocimiento

teórico y a la vez abstracto del tema de mutaciones con su vida cotidiana, por lo que encontrar ejemplos fuera de lo visto en clase, es complicado para ellos.

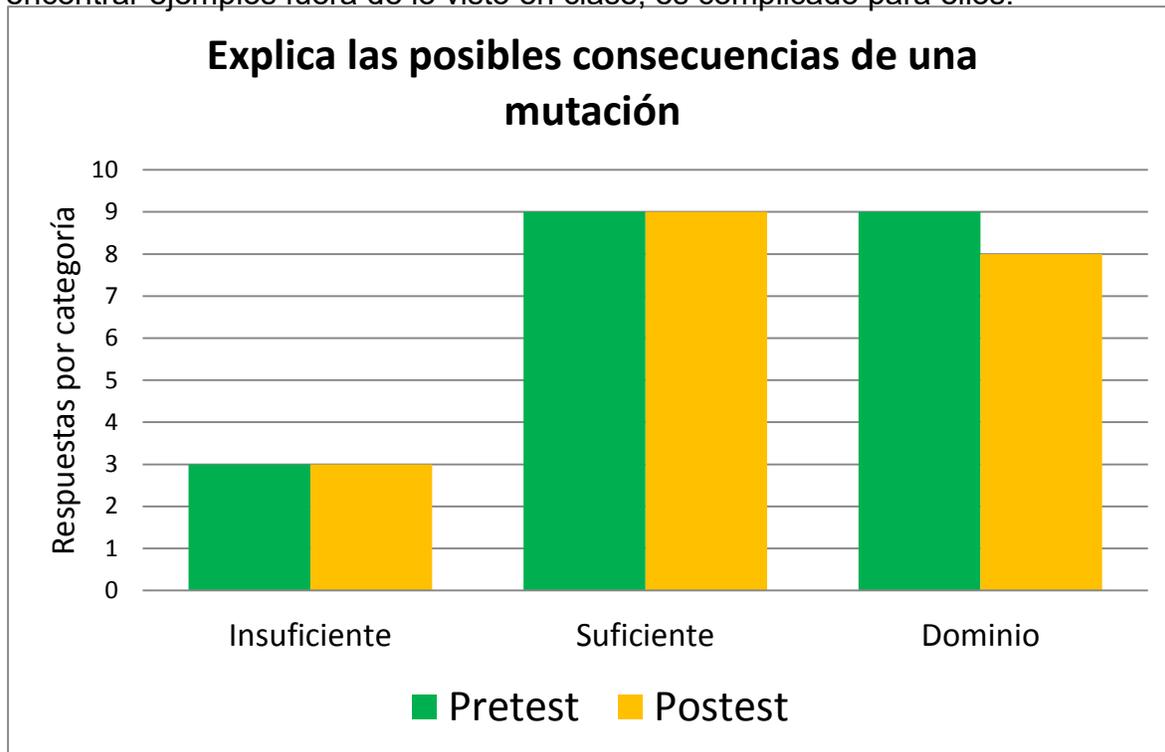


Fig. 10. En la gráfica se muestran las explicaciones por categoría de los alumnos antes y después de la intervención.

En la tabla 3 se muestran algunos ejemplos literales de lo escrito por los alumnos antes y después de la intervención. Como muestra la figura 10, no es posible en esta pregunta notar si es que hubo aprendizaje sobre las repercusiones o consecuencias que tienen las mutaciones.

A pesar de ello es evidente que los alumnos tienen cierto arraigo y predisposición al hecho de que las mutaciones son malignas totalmente, es por ello que estas ideas previas son difíciles de re conceptualizar.

Pregunta 7

Tabla 3. Ejemplos literales expresados por los alumnos, antes y después de la intervención en donde los alumnos explican las posibles consecuencias de una mutación	
Pretest	Postest
“Enfermedades” (Suficiente)	“Enfermedades y herencia de éstas” (Suficiente)
“Generaciones atrás se dio una mutación y hasta ese individuo se expresó ese alelo recesivo, lo que dio origen a la mutación” (Dominio)	“Puede darse de manera hereditaria o la exposición a materiales radioactivos cambiando un gen” (Dominio)
“Alteraciones físicas” (Suficiente)	“Cambios físicos” (Suficiente)
“Puede provocar un error en el ADN y ser hereditaria” (Suficiente)	“Puede que falte parte de la cadena de ADN y puede sufrir enfermedades” (Suficiente)
“Una mutación puede provocar un mal acomodamiento de las cadenas de ADN” (Dominio)	“Cambios en el fenotipo como enfermedades u otros cambios” (Dominio)

En la siguiente pregunta del cuestionario se pidió a los estudiantes que explicaran cómo es que podrían surgir enfermedades genéticas en familias sin antecedentes (Fig. 11).

El número de alumnos que respondieron en la categoría de Insuficiente disminuyó de 10 a 7, aquellos que respondieron en la categoría de Suficiente disminuyó de 9 a 7, mientras los alumnos que respondieron en la categoría de Dominio, aumentó de 2 a 6, es decir que hubo un aumento en las respuestas de Dominio de 19%. Esto refleja aprendizajes desarrollados por los alumnos durante la intervención. Algunas de las respuestas obtenidas en el Postest reflejan comprensión y mayor profundidad en los aprendizajes en comparación con los obtenidos en el Pretest. Los criterios utilizados para clasificar las respuestas fue la nomenclatura de Bloom sintetizada (Anexo I).

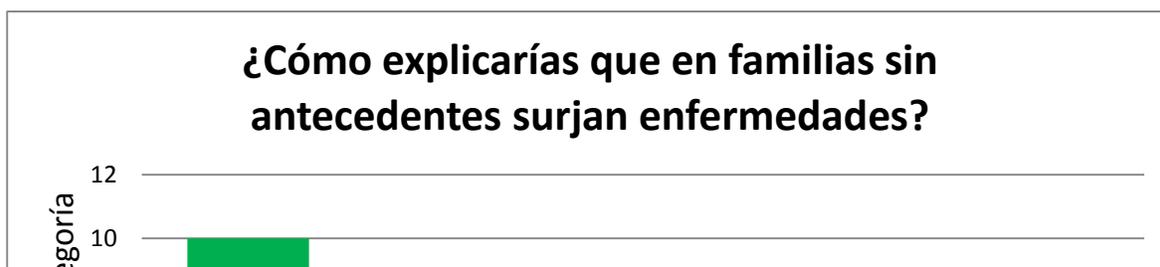


Fig. 11. En la gráfica se muestra un aumento en las respuestas de la categoría de Dominio.

En la tabla 4 se muestran algunos ejemplos literales de las respuestas obtenidas de los alumnos para esta pregunta. Algunas respuestas pasaron de la categoría de Insuficiente a Suficiente o incluso hasta la categoría de Dominio, evidenciando una mejora en el conocimiento y la comprensión sobre el surgimiento de las mutaciones.

Los alumnos pasan de explicaciones por medio de suposiciones a explicaciones más elaboradas con diferentes argumentos e incluso ejemplos.

Tabla 4. Ejemplos literales obtenidos de los alumnos para la pregunta 7.

Pregunta 8

Debido a que los contenidos actitudinales son fundamentales en el aprendizaje de los alumnos, y que en la estrategia didáctica se trabajó con un dilema ético, se consideró evaluar si hubo un cambio actitudinal en ellos, por lo que en la última parte del cuestionario se pidió a los alumnos que priorizaran entre una serie de factores, por los que consideran que se discrimina a personas con enfermedades genéticas. Los alumnos otorgaron un puntaje de 1 al 5 a estos factores propuestos (1 menos importante y 5 más importante). Los factores propuestos fueron: Aspecto; Desconocimiento; Temor a contagiarse; Sentir Vergüenza y finalmente, porque llaman la atención. Estos factores se proponen debido a

Tabla 4. Ejemplos literales obtenidos de los alumnos para la pregunta 7. ¿Cómo explicarías que en familias sin antecedentes surjan enfermedades?	
Pretest	Postest
<p>“Tal vez las cadenas de ADN no se crearon bien”</p> <p>(Insuficiente)</p>	<p>“Factores químicos que provocan las mutaciones o un gen recesivo que ya tenía la familia y que se manifestó hasta cierta generación”</p> <p>(Suficiente)</p>
<p>“Debido a un error en la copia de ADN en el embarazo, los factores sería la salud de los padres, como que sean de avanzada edad los padres”</p> <p>(Suficiente)</p>	<p>“Por cierta exposición a mutágenos, como algunos químicos o sustancias radioactivas que alteren su ADN”</p> <p>(Dominio)</p>
<p>“Una posible alteración ocasionados por descuidos durante la gestación”</p> <p>(Insuficiente)</p>	<p>“Una falla durante la formación de células nuevas debida a un gen dañado”</p> <p>(Dominio)</p>
<p>“Puede ser una enfermedad originada en sus ancestros”</p> <p>(Suficiente)</p>	<p>“Porque en el pasado lejano un familiar pudo haber tenido esa enfermedad y se manifestó hasta tiempo después”</p> <p>(Suficiente)</p>
<p>“Quizás no se tomaron los cuidados necesarios durante el embarazo”</p> <p>(Insuficiente)</p>	<p>“Porque puede que mientras se forman las células del organismo haya un error en ellas y haga que suceda la mutación que cause la enfermedad”</p> <p>(Dominio)</p>

que se considera que son algunas de las razones por las cuales se discrimina a las personas con síndromes genéticos.

Lo que se encontró fue que el Aspecto es el principal factor que los alumnos consideran genera discriminación, tanto antes como después de la intervención. Este factor se encuentra fuertemente vinculado al segundo factor, el Desconocimiento, los cuales además de un problema de ignorancia sobre las enfermedades están ligados a falta de valores como el respeto y la tolerancia (Fig. 12).

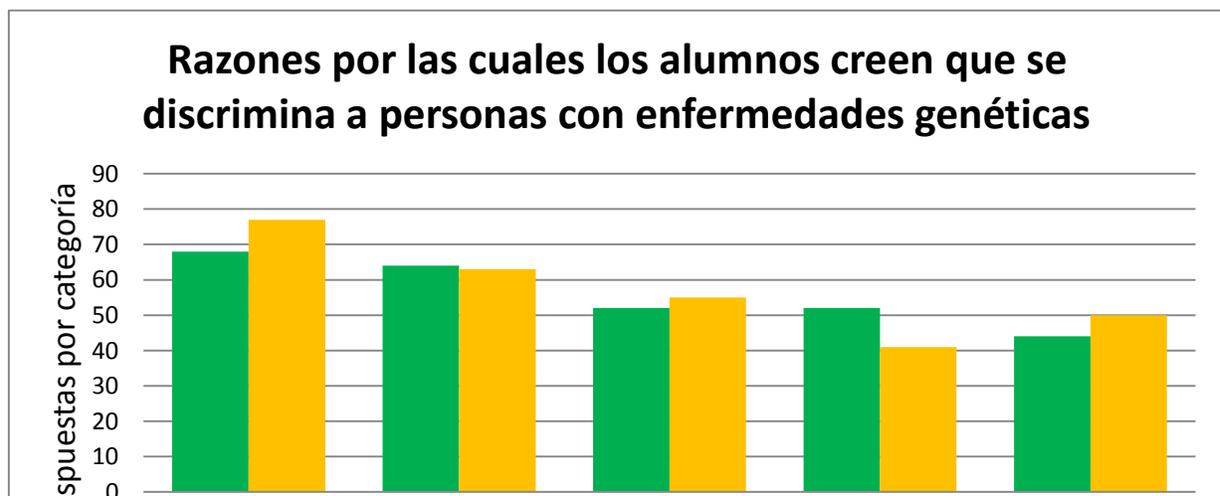


Fig. 12. El grupo considera que el aspecto y el desconocimiento son los principales factores por los cuales se discrimina a personas con enfermedades genéticas.

IV. DISCUSIÓN

El diseño y construcción de este estudio de caso demostró ser una eficiente herramienta didáctica que respondió a los objetivos educativos propuestos. Por otro lado, se promovió la interacción de las ideas previas de los alumnos, con conocimientos nuevos, obligándolos a profundizar en el desarrollo de una solución a un problema propuesto, haciéndoles totalmente partícipes. Este enfrentamiento de conocimientos en el estudio de caso, es fundamental en el aprendizaje de conocimiento científico (Pozo y Gómez-Crespo, 2004).

El Método de Casos generó este choque de saberes, sin embargo, poco a poco los estudiantes entendieron que sus conocimientos no eran suficientes, estaban erróneos o se encontraban fragmentados. Entonces es cuando ocurre el aprendizaje y la reconstrucción de conceptos generando aprendizaje de conocimientos nuevos, por descubrimiento, lo cual concuerda con Díaz-Barriga en 2005 quien explica que esta metodología puede generar aprendizaje debido a que el alumno descubre posibles soluciones a un problema (Díaz, 2005).

El caso que se trabajó en este estudio se basa en el planteamiento de un problema médico real, sobre el cual se deben tomar decisiones para encontrar una solución. Este tipo de problema los clasifican Andreu *et al.*, 2004 como *casos-problema*, y se considera como una de los métodos más eficientes dentro de los estudios de caso, debido a su naturaleza realista, además de que proporciona datos y permite interrupciones ideales para generar análisis.

Cabe señalar que este problema médico no fue elegido al azar, la elección se basó en el hecho de que se trata de una mutación que genera un cambio específico en el organismo, haciéndolo un fenómeno viable para ser conceptualizado y que responde fielmente a los propósitos del currículum. Esto coincide a lo propuesto por Wasserman, 2006 quien considera que cualquier caso debe apegarse conceptualmente a los propósitos del plan de estudios.

Otro aspecto referente al diseño es la lecturabilidad, este caso fue construido con un lenguaje accesible, pocos tecnicismos científicos y con un formato más cercano a la narrativa debido a diversas razones, entre las que se destaca que debe ser una lectura accesible para todos los alumnos además de que se debe hacer énfasis en el punto nodal del problema sin rodeos, como lo sugiere Waserman, 2006. Por otro lado, la redacción del caso fue más cercano a una historia a modo de narrativa o cuento, debido a que autores como Herreid, 2007 y Negrete, 2014 sugieren que estos modelos de lectura son más comprensibles y fáciles de recordar, sobre todo hablando de contenidos científicos.

El caso fue diseñado para generar trabajo colaborativo, fomentando tolerancia y respeto, con la intención de sembrar cambios actitudinales, promoviendo el pensamiento individual y la controversia, esto coincide con lo propuesto por Díaz-Barriga, 2005 quien considera que los estudios de caso deben intensificar emociones, pensar de manera compleja y además de que deben ser retos alcanzables para los alumnos.

El caso se construyó con base en una investigación científica real debido a que permite a los alumnos que se identifiquen con los personajes en una situación plausible (Andreu *et al.*, 2004 y Díaz, 2005).

Los resultados obtenidos demostraron que el método de casos es una eficiente herramienta didáctica para la enseñanza del tema Mutaciones, ya que promueve aprendizajes de tipo conceptual y procedimental, debido a fomenta que los alumnos aprendan de manera activa, lo cual concuerda con Kemkes (2015), quien considera que el método de casos es altamente recomendable para temas que tienen mayor relevancia fuera de las aulas.

Para determinar el grado de aprendizaje se realizó una comparación entre el Pretest y el Postest y se observó un aumento en el vocabulario básico de conceptos de genética con base en la estructura conceptual propuesta por el profesor (Anexo II), como se muestra en los resultados de la pregunta 1. Esto concuerda con lo propuesto por Murray (2011) quien determinó que el método de casos por ser una

actividad práctica puede ayudar a establecer vínculos que generan aprendizaje de conceptos abstractos.

Posteriormente se determinó si había una mejora en la definición de los conceptos mencionados y se reconoció un aumento en la comprensión de estos conceptos de acuerdo a la taxonomía de Bloom (Krathwohl, 2002), mostrando un avance en el manejo de la información (resultados de la pregunta 2). Lo anterior nos reafirma que si hubo una mejora significativa en el aprendizaje de dichos conceptos. Esto concuerda con lo dicho por Krathwohl (2002), quien considera que conocer un concepto es el escalafón más básico del conocimiento y del aprendizaje, definir y explicar son escalafones más avanzados que demuestran un avance en el aprendizaje.

Otra evidencia que refleja aprendizaje conceptual es el hecho de que en el Postest la cantidad de conceptos mencionados se acerca mucho más a los conceptos propuestos por el profesor en la EC previa hecha para analizar los resultados. Fig. 5 (Anexo II).

Para tener mayor claridad sobre el grado de avance en el aprendizaje de los estudiantes, dentro del Pretest y el Postest venía un cuestionario de opción múltiple de 8 preguntas y las respuestas se analizaron mediante una prueba con estadística multivariada de similitud lo cual se sustenta con lo realizado por Moteagudo *et al.* (2012), quién señala que los análisis estadísticos multivariados son un eficiente método para identificar el grado de aprendizaje de un grupo estudiantil.

Lo que se encontró fue que el método de casos, junto con el resto de la intervención, generó aprendizaje de conocimientos declarativos, sin embargo, la evaluación cuantitativa realizada al cuestionario de opción múltiple, muestra que el cambio desde el punto de vista estadístico, fue moderado, debido a que el ANOSIM arrojó una $R=0.367$ cuando lo ideal habría sido un valor más cercano a 0, sin embargo nuestro valor de R se encuentra bien sustentado estadísticamente con una $p=0.001$, lo cual indica que, aunque la mejora no es muy alta, si es significativa.

Finalmente, se identificó que hubo aprendizaje significativo debido a que los alumnos lograron reconocer y vincular a las mutaciones con los procesos de diversificación genética y evolución. Este punto es sumamente importante debido a que el alumno pudo asociar y explicar los conceptos con un mayor grado de complejidad alejándose del aprendizaje de tipo memorístico, propio de los estudiantes en este tipo de conceptos como menciona Cimer (2012).

Haciendo una evaluación general se determinó que en las 3 sesiones de aplicación de la estrategia didáctica, sí hubo aprendizaje de tipo conceptual, procedimental y actitudinal debido al aumento en número de conceptos utilizados de manera correcta, y a pesar de que las herramientas para determinar el grado de avance hacia los objetivos nunca reflejaron plenamente y con exactitud los aprendizajes, no el análisis cualitativo y cuantitativo mostró que el método de casos es una estrategia didáctica que permite el aprendizaje de conceptos de genética abstractos.

El éxito alcanzado en este estudio de caso se fundamenta en el hecho de que los estudiantes se involucraron directamente con la resolución del mismo, formaron parte esencial, motivándolos y haciéndolos responsables, lo cual concuerda con los mencionado por Angelo y Boehrer (2002), quienes consideran que la efectividad reside en que el alumno se involucra realmente en el estudio debido a que es vital que los estudiantes se sientan parte importante y fundamental para resolver el caso.

V. CONCLUSIONES

- La construcción de la estrategia didáctica con base en el Método de casos resultó ser un procedimiento altamente recomendable para la enseñanza del tema mutaciones, debido a que permitió en su diseño manejar la información para dar énfasis a ciertos contenidos, lo cual beneficia a la planeación del profesor, y a las necesidades particulares del grupo partiendo de sus conocimientos previos, y que por consecuencia logró un aprendizaje más significativo a partir de un tema abstracto como es el concepto de mutación.
- La utilización del Método de Casos reveló generar aprendizajes estadísticamente significativos en los alumnos, por lo que constituye una herramienta eficiente para la enseñanza de conceptos de genética.
- La construcción de un caso puede ser una tarea compleja que le lleve tiempo al profesor realizar por lo cual en ocasiones se sugiere tomar casos existentes y modificarlos a las necesidades particulares del grupo y a sus objetivos específicos.
- A pesar de que se detectó aprendizaje y los alumnos mostraron interés y disposición por realizarla, se reconoce que los alumnos no están familiarizados con esta clase de metodologías educativas y tuvieron dificultades para seguir el procedimiento, lo cual representa un obstáculo para la puesta en práctica de estas estrategias.
- La evaluación del Método de Casos recae casi totalmente en el plano cualitativo, por lo que se recomienda establecer previamente y con claridad los criterios para evaluarlo ya que los resultados que se pueden obtener son diversos.

- Los alumnos que lograron vincular las mutaciones con fenómenos de su vida cotidiana como las enfermedades genéticas aumentó después de la intervención, mostrando que algunos alumnos aprendieron significativamente el concepto, sin embargo, también se detectó que, salvo un par de alumnos, el grupo en general no logró vincular el concepto de mutación con la diversidad de especies y que el Método de Casos tuvo mayor énfasis en las enfermedades genéticas que ocurren en el ser humano.

VI. ANEXOS

I. Análisis cualitativo de respuestas abiertas

En el Anexo I se observa una tabla que sirvió entre otras herramientas, para clasificar los enunciados realizados por los alumnos. Para su construcción se utilizó la nomenclatura de Bloom obtenido de Krathwohl, 2002 y de Zarzar, 2005, adecuándose a tres categorías. En Dominio se establecieron los enunciados en donde se utiliza el concepto de manera correcta en cierto contexto fuera de lo obvio. Ejemplo: “Las mutaciones son cambios en el ADN por eventos físicos, químicos y biológicos, por ejemplo, Síndrome de Down”. En Suficiente se catalogaron enunciados en donde los alumnos utilizan el concepto de manera correcta, pero al mismo tiempo sin profundizar en él. Por ejemplo: “Una mutación es un cambio en los genes”. En insuficiente se colocaron los enunciados en donde el concepto no se utiliza o lo hace de manera errónea. Por ejemplo: “Las cadenas de ADN no se crearon bien”.

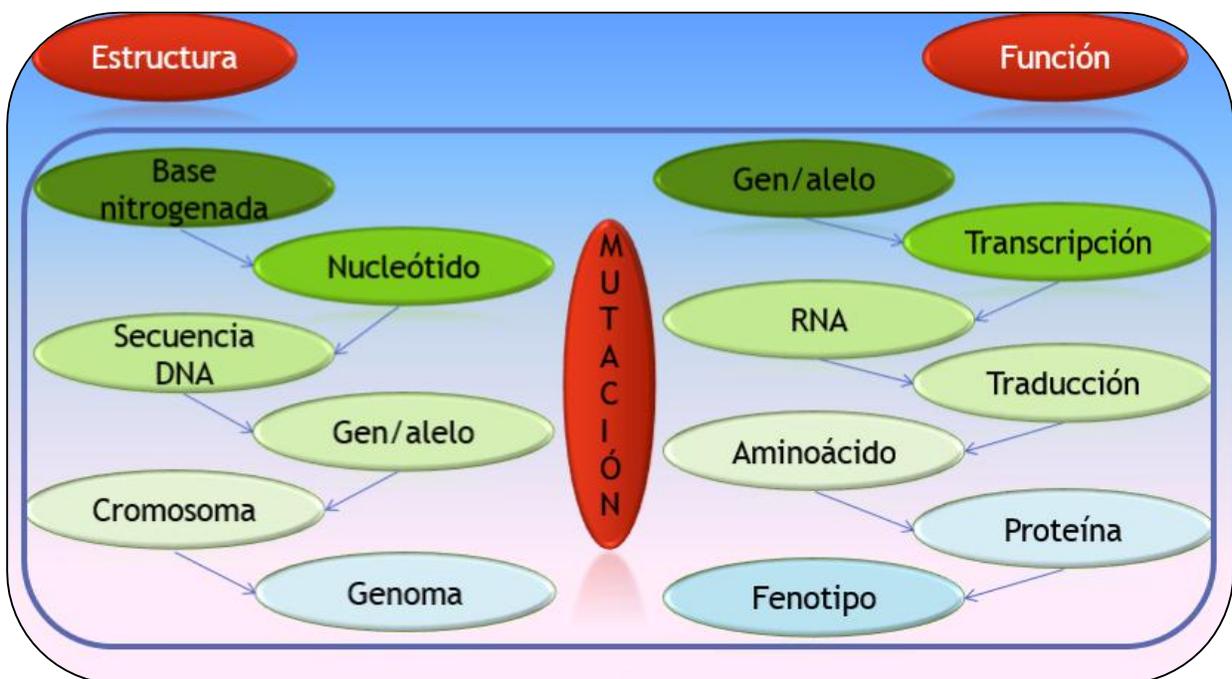
APRENDIZAJE DE CONTENIDOS	DOMINIO	SUFICIENTE	INSUFICIENTE
CONCEPTUALES	<i>Utiliza de manera correcta los conceptos biológicos y tiene congruencia con el contexto al que hace referencia vinculando el conocimiento científico con la vida cotidiana.</i>	<i>Utiliza conceptos biológicos con cierta congruencia sin embargo hay problemas para hacer una vinculación con la vida cotidiana u otros contextos.</i>	<i>Utiliza o no, conceptos biológicos, sin embargo, pueden estar erróneos o no hay congruencia, explicación ni vinculación con la vida cotidiana u otros contextos.</i>
PROCEDIMENTALES	<i>Es analítico, utiliza una estrategia para resolver problemas y una metodología para llegar al conocimiento científico.</i>	<i>Es analítico, sin embargo, utiliza estrategias poco efectivas y adquiere el conocimiento científico fragmentado.</i>	<i>Es analítico pero no diseña estrategias para realizar las actividades y no llega a adquirir el conocimiento científico.</i>
ACTITUDINALES	<i>Valora y reconoce la importancia del conocimiento biológico como elemento fundamental dentro de la vida cotidiana u otros contextos.</i>	<i>Comprende que el conocimiento biológico tiene importancia, pero desconoce su trascendencia y no lo vincula con su vida diaria u otros contextos.</i>	<i>Entiende que el conocimiento biológico es importante en la vida cotidiana pero no logra vincularlo con su vida diaria u otros contextos.</i>

Anexo I. Tabla para realizar el análisis cualitativo de las respuestas dadas por los alumnos.

II. Análisis cualitativo de conceptos mencionados

En el Anexo II se observa la estructura conceptual propuesta por el profesor, en donde se establecen algunos conceptos que se relacionan directamente con el concepto de mutación. Esta estructura sirvió de base para determinar si las palabras, ideas o conceptos mencionados por los alumnos se encontraban relacionados o no el concepto de mutación.

Para su construcción se utilizó el programa de estudio de biología del CCH y se determinó reconociendo los temas anteriores cuáles eran los conceptos básicos que habían visto en temas anteriores en conjunto con los conceptos nuevos que debían aprender para comprender el tema. Por ejemplo, se muestran algunos conceptos mencionados por los alumnos. DNA, Genes, Enfermedades, Fenotipo y Evolución.



Anexo II. Estructura conceptual para analizar cualitativamente los conceptos dados por los alumnos.

III. Pretest y Postest

Test para estudiantes del CCH

Nombre. _____ Escuela _____.

Grupo _____ Fecha _____ Edad. _____ Turno. _____.

Sección 1

Pregunta 1. Siendo el número 6 lo máximo y 1 lo mínimo, ¿cómo calificas tu gusto por la materia de Biología _____?

Ordena de más a menos relevante, qué atributos tendría buen docente:

_____ Dominio de la materia

_____ Carácter

_____ Nivel de exigencia

_____ Paciente/Tolerante

_____ Higiene

_____ Actividades prácticas

Pregunta 2. Lista 5 palabras que se relacionen con el tema de **mutaciones**.

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

Pregunta 3. Escribe 5 enunciados utilizando las palabras de la pregunta anterior, en el mismo orden.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Sección 2

Pregunta 4.

1. Factor que contribuye a la biodiversidad de especies:

- a) La necesidad de los organismos de adaptarse a entornos cambiantes.
- b) El desuso y desaparición gradual de estructuras y extremidades de los organismos.
- c) El cambio en la información genética de los organismos.
- d) Los organismos más fuertes podrán reproducirse, sobrevivir y diversificarse.

2. El DNA es una molécula

- a) compuesta de largas cadenas de aminoácidos.
- b) compuesta de ácido fosfórico, un azúcar ribosa y una base nitrogenada.
- c) con la información genética para la síntesis de una proteína.
- d) helicoidal constituida de nucleótidos.

3. Las mutaciones son:

- a) Errores de la célula que provocan una serie de cambios dañinos en los organismos.
- b) Cambios en el DNA provocadas por eventos físicos, químicos o biológicos.
- c) Pérdida o ganancia de fragmentos que afectan la estructura regular del DNA.
- d) Alteraciones en el DNA que propician capacidades superiores en los organismos.

4. Es la unidad mínima de información heredable:

- a) DNA
- b) Gen
- c) Proteína
- d) Aminoácido

5. La información codificada en nuestros genes es traducida en moléculas específicas con funciones con estructurales, inmunológicas, enzimáticas, entre otras:

- a) Aminoácidos
- b) Ribosomas
- c) Proteínas
- d) RNA

6. La información genética que posee un organismo y su expresión en un ambiente particular se denomina

- a) Genotipo y traducción

b) Genotipo y fenotipo

c) DNA y fenotipo

d) DNA y traducción

7. Conjunto de todos los genes que posee un organismo

a) DNA

b) Genotipo

c) Fenotipo

d) Cromatina

8. El albinismo, enanismo, síndrome de Down, anemia falciforme y otras enfermedades son consecuencia de

a) el ambiente.

b) las mutaciones.

c) la mala alimentación.

d) las adicciones paternas.

Sección 3

1. ¿Qué es una mutación? da un ejemplo.

2. Explica la posible consecuencia de una mutación

3. ¿Cómo explicarías que en familias sin antecedentes surjan individuos con síndrome de Down, enanismo, anemia falciforme u otras enfermedades genéticas?

4. Ordena de más a menos (5-1) relevante las razones por las que se discrimina a las personas que tienen alguna de estas enfermedades

_____desconocimiento.

_____temor a contagiarse.

_____aspecto.

_____vergüenza.

_____llaman la atención.

IV. Método de casos
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÉTODO DE CASO
MÉTODO DE CASO

TÍTULO: EL EXTRAÑO CASO DE LA FAMILIA SOARES

INTEGRANTES DEL EQUIPO

FECHA.._____

1. _____

COLEGIO._____

2. _____

TURNO._____

3. _____

PROFESOR TITULAR._____

4. _____

PROFESOR ESTUDIANTE_____

5. _____

MI NOMBRE_____

Objetivo

Realizar un análisis y proponer posibles explicaciones sobre cuál será el origen y causas de aparición de una extraña enfermedad utilizando como marco de referencia la información presentada.

Instrucciones

El siguiente caso se divide en 4 partes, la lectura y comprensión de cada parte es esencial para el adecuado cumplimiento de los objetivos. El profesor proporcionará cada una de las partes por separado, con la intención de que se genere un análisis, así como algunas hipótesis en cada una de las secciones de este caso para intentar explicar que sucede en esta familia. Se les proporcionará 15 min en cada sección.

PARTE 1. PRIMER ACERCAMIENTO

Un(a) investigador(a) de la Ciudad de México llamado (a) _____ se dirigió al estado de Chiapas para tratar de resolver un extraño caso que ocurre en diversas familias de inmigrantes africanos principalmente. Específicamente estudió el caso de María y Juan Soares, quienes descienden de inmigrantes africanos que se asentaron a principios del siglo XX en el estado. Cuando comenzaron a crecer las familias de los inmigrantes, incluidos los Soares, notaron que algunos de los parientes (niños y adultos) enfermaban de gravedad y algunos morían sin causa aparente. A continuación, se muestra el árbol genealógico de la familia Soares hasta el día de hoy.



DATOS DE AYUDA

1. Mateo, Daria, Diana y Lupita son las parejas de los Soares y también son hijos de inmigrantes/

A continuación, debes sugerir una posible explicación sobre lo que ocurre en esta familia.

Yo creo que lo que sucede es que _____

Lo que ahora se debería hacer es _____

PARTE 2. UNIENDO LAS PIEZAS

El joven científico comenzó a observar las condiciones de aquel poblado para descubrir que factores podrían estar influyendo en el deceso de esas personas. El pueblo se encuentra a orillas de un río cerca de una gran laguna. Algunos habitantes mencionaron al joven, que aquellos años en los que sufrían de inundaciones y se desbordaba la laguna, había pérdida de cosechas, ganado, casas y algunas personas que caían enfermas, luego morían.

El joven científico empezó a hacer revisiones físicas para descartar factores externos que pudieran estar enfermando a la gente, entonces se dio cuenta que muchos de los habitantes de la región mostraban ronchas probablemente como resultado de picaduras de algún insecto. El problema es que había gente que decía que toda la vida le habían picado insectos y estaban sanos. Al revisar el registro de defunción de una joven recientemente fallecida, encontró que mostraba picaduras prácticamente idénticas que las de personas sanas.



Yo creo que lo que sucede es que _____

Lo que ahora se debería hacer es _____

PARTE 3. MUESTRAS DE SANGRE

El científico comenzó a extraer muestras de sangre a todos los habitantes del pueblo para revisarlas en el microscopio y se dio cuenta de algo muy extraño, la mayoría de las personas no presentaban glóbulos rojos normales (eritrocitos). Un eritrocito es una célula sanguínea en forma de dona, como se muestra en la figura 1, y son sumamente importantes, ya que dentro de ellos se contiene Hemoglobina, una proteína que se encarga del transporte del O_2 desde los pulmones hasta los tejidos y del CO_2 desde los tejidos hasta los pulmones y que además le da el característico color rojo a éstas células. De hecho, se dio cuenta que la mayoría de la gente en aquel pueblo tenía algunos de sus eritrocitos deformados, en forma de media luna, figura 2.

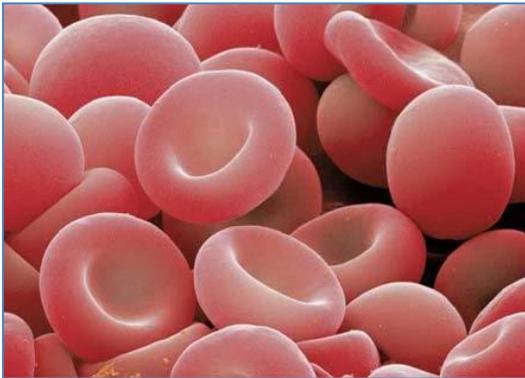


Figura 1. Eritrocito normal



Figura 2. Eritrocito normal y deforme.

El joven se dio cuenta que el 50% de las muestras tenían una baja concentración de eritrocitos deformes, el 25% de las muestras tenían una alta concentración de eritrocitos deformes y otro 25% de la población tenía eritrocitos normales. Entonces qué relación había entre la forma de los eritrocitos, su función y los piquetes de insecto. Tampoco entendía porque el 50% de los habitantes de aquel poblado enfermaban y muchos de ellos morían.

Yo creo que lo que sucede es que _____

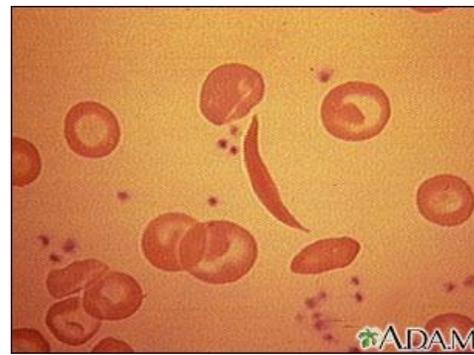
Lo que ahora se debería hacer es _____

PARTE 4. ¿DESORDEN GENÉTICO O UNA INFECCION?

El científico comenzaba a desesperarse cuando de pronto encontró en un artículo científico con el siguiente esquema.

		PADRE		
		A	a	
MADRE	A	AA	Aa	← SANO
	a	Aa	aa	← PORTADOR
				← ENFERMO

El científico no entendió quiénes enfermaban y porqué, sin embargo todo comenzó a ser más claro cuando al revisar las muestras de sangre de alguien que había caído enfermo se percató que sus eritrocitos estaban sanos, sin embargo dentro de ellos había algo que posteriormente se dio cuenta que era una parásito, entonces relacionó que muchos de los enfermos del poblado tenían eritrocitos sanos o normales, pero por qué. Al mismo tiempo encontró que aquellas personas que tenían en baja concentración eritrocitos deformes eran las personas que no enfermaban.

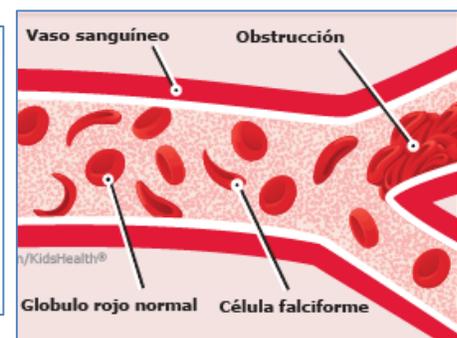
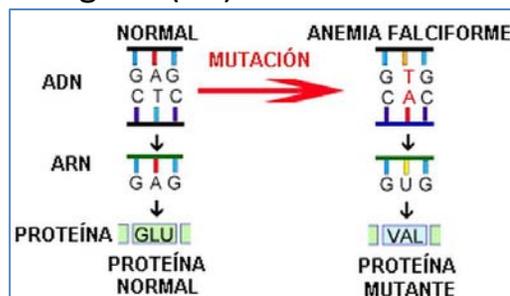


Yo creo que lo que sucede es que _____

Lo que ahora se debería hacer es _____

CONCLUSIONES FINALES

El investigador descubrió que había dos enfermedades que coincidían en el poblado. Primero una enfermedad genética provocada por una mutación puntual en el DNA, esto generaba una proteína de hemoglobina anormal que contenía en su cadena de aminoácidos una valina (VAL) en vez de un ácido glutámico (GLU) (fig. 3). Normalmente en (AA), estado sano, la hemoglobina transporta O_2 y CO_2 de manera normal, sin embargo las personas homocigotas (aa), estado enfermo, desarrollaban algo conocido como anemia falciforme, donde sus eritrocitos se deforman, tienen un mal transporte de O_2 y CO_2 , además de que los eritrocitos deformados obstruyen vasos, venas y arterias provocando dolor, anemia y malestar. En estas personas los eritrocitos no viven los 120 días de un eritrocito normal para regenerarse nuevamente, sino entre 10 y 20 días. Las personas AA no sufren la enfermedad de la anemia falciforme, pero pueden desarrollar la enfermedad infecciosa malaria. La malaria o paludismo es una enfermedad infecciosa producida por el parásito *Plasmodium*, este parásito entra al torrente sanguíneo por la picadura del mosquito *Anopheles* y cuando entra al sistema circulatorio, infecta a los eritrocitos destruyéndolos poco a poco hasta provocar la muerte de la persona. Si las personas (AA), enferman de malaria y las personas (aa) desarrollan anemia falciforme, qué ocurre con las personas en heterocigosis (Aa).



Lo que ocurre con las personas Aa es que: _____.

V. Actividad complementaria de la estrategia Diseñado por Rodrigo Miramontes Trejo

¿Cuál es la decisión correcta?

¿Una **mutación**? ¿qué demonios es eso? Es lo primero que le vino a la mente a Ricardo cuando escuchó al médico interpretar sus análisis de laboratorio. Ya en casa Ricardo busco por horas, algo de esperanza por internet pero todo se remitía a lo mismo, las mutaciones son **cambios permanentes** en la secuencia de **nucleótidos** en el **DNA**, y hasta ese día la ciencia médica no podía hacer nada. Ricardo creía que todas las mutaciones eran alteraciones aberrantes y destructivas, sin embargo mientras más leía se daba cuenta que esos cambios también son benéficos y se les atribuye como una de las principales **fuentes de variación biológica**, es decir, que esos cambios han propiciado en gran medida la **biodiversidad** de especies en el planeta, sin embargo en el caso de Ricardo, había consecuencias negativas que había **heredado de sus padres** y que él podía transmitir a su descendencia. Un buen día circulando en su coche se desorientó completamente y olvidó totalmente donde estaba y hacia donde iba, se asustó tanto que esa misma mañana fue a ver a un neurólogo. Éste le hizo diversas pruebas y al final de la consulta el médico le dijo que casi con total seguridad tenía la **Enfermedad de Alzheimer (EA)**, ese mismo día le hizo pruebas de laboratorio y al otro día quedó confirmado el diagnóstico. Existen distintos tipos de EA, la de Ricardo es de tipo **hereditario** (otros tipos de EA pueden surgir en personas sin antecedentes familiares), por lo que él heredó la condición de su madre y ésta de su madre, siendo una enfermedad con un patrón de herencia **autosómico dominante**. No fue después de mucho tiempo que un genetista le explicó detalladamente a Ricardo que la enfermedad que poseía era resultado de una mutación ocurrida en su DNA, específicamente en el **cromosoma 14**, en donde la **secuencia del gen PSEN1** se había visto alterada por razones aún desconocidas, el doctor mencionó que las mutaciones pueden surgir por **mutágenos físicos** como la radiación solar, por **mutágenos químicos** como el humo de tabaco, algunas medicinas y colorantes, y finalmente por **mutágenos biológicos** por ejemplo virus como que el VPH que puede provocar cáncer cervicouterino. Dicho gen **codifica** mediante el proceso de **transcripción y traducción** en una **proteína** llamada Presenilina-1 la cual, al verse afectada altera otras proteínas que desencadenan paulatinamente el proceso neurodegenerativo del Alzheimer. Ricardo y su esposa ya hace tiempo que intentaban tener hijos y al enterarse del mal de Ricardo dudaron por un instante en tener hijos, ya que la probabilidad de que su hijo desarrollara EA era del 50% pero finalmente decidieron arriesgarse y tener hijos. El médico y sus familiares cuestionaron a la pareja argumentando que era una decisión egoísta e imprudente, mientras ellos respondían diciendo que tenían el derecho de intentar tener hijos. Ellos han intentado la inseminación artificial pero en el hospital se han negado, por lo tanto ellos acudieron a 2 abogados ¿tú qué opinas al respecto?

Equipo 1. Ricardo y su esposa Equipo 2. 4 Médicos del hospital

Equipo 3. 2 abogados

Equipo 4. 4 Asociación para enfermos de EA Equipo 5. 5 jurado Equipo 6. Especialistas en reproducción asistida.

Ricardo y su esposa.

Instrucciones: Su deber es convencer al jurado y a todos los demás de que tienen el derecho de tener hijos y que son conscientes del riesgo de que herede la mutación y por lo tanto la enfermedad de EA. Nunca deben ceder y por lo tanto deberán armar los mejores argumentos posibles para conseguir su objetivo.

Médicos del hospital

Instrucciones: Los médicos deberán convencer a Ricardo y a su esposa de que no es conveniente arriesgarse a tener hijos con EA ya que esta enfermedad, es incurable, con mucho sufrimiento y además continuará heredándose dentro de la población. Deben utilizar argumentos científicos para dar su opinión.

Abogados

Instrucciones: Deberán apoyar a Ricardo y a su esposa en sus argumentos, además intentarán convencer al jurado de que ellos están en su derecho de tener hijos a sabiendas de que existen 50% de probabilidades de que su descendencia herede la mutación que causa la EA.

Asociación para enfermos de EA

Instrucciones: Estas personas deberán convencer al jurado y a los demás, de lo terrible de la enfermedad, del sufrimiento que genera en los pacientes así como en las familias, pueden utilizar toda clase de anécdotas e historias para sensibilizar a los demás.

Jurado

Instrucciones: El jurado se compone de un moderador y 4 jueces, el moderador guiará la discusión otorgando a todos la oportunidad de expresar su opinión y los jueces escucharán a todos los participantes, al final emitirán su decisión y cada uno de ellos explicará porque.

Especialistas en reproducción asistida

Instrucciones: Conformado por genetistas y biomédicos, ellos intentarán convencer a los demás de que se le pueden hacer estudios genéticos al embrión y diagnosticarlo en el interior de la madre. Si resulta que heredó la mutación ellos creen que abortarlo es una opción viable hasta que se conciba un hijo sano. Ellos están lidiando con un problema ético importante.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Abott, R. y Terrence, R. (1999). *Constructing Knowledge, reconstructing schooling*. USA: Educational Leadership.
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K y Walter, P. (2004). *Biología molecular de la célula*. Barcelona, España: Ediciones Omega.
- Andreu, A., Labrador, J., González, J., Quintanilla, I y Ruiz, T. (2004). *Metodologías activas en la UPVLC: El método del caso como herramienta interdisciplinar*. España: Universidad Politécnica Valenciana.
- Angelo, T y Boehrer, J. (2002). *Case learning: How does it work? Why is it effective?* Case Method Website: How to Teach with cases. California, USA: The Learning and Teaching Office.
- Ávila, A y Ortega, M. (2012). Reflexiones sobre los programas de estudio a partir de la construcción del Examen de Diagnóstico Académico (EDA) y el análisis de sus resultados: Área de Ciencias Experimentales. México. UNAM. Pág. 79-137.
- Bauman, Z. (2004). *Modernidad Líquida*. Fondo de Cultura Económica. México. 227p.
- Chapman, M y Underwood, A. (2006). Ecological patterns in multivariate assemblages: information and interpretation of negative values in ANOSIM test. New South Wales, Australia. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 180: 257-265.
- Chrobak, R., Prieto, R., Prieto, A., Gaido, L y Rotella Anunciada. (2006). Una Aproximación a las motivaciones y actitudes del profesorado de enseñanza media de la provincia de Neuquén sobre temas de Educación Ambiental. Argentina: *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 5 No. 1.
- Cimer, A. (2012). What makes biology learning difficult and effective: student's views. *Educational research and reviews* Vol 7(3). Trabzon, Turkey: Karadeniz Technical University.
- Colegio de Ciencias y Humanidades. (2003). *Programas de Estudio de Biología I a IV*, Área de Ciencias Experimentales. México. UNAM.
- De Lella, C. (2003). *Formación Docente: El modelo hermenéutico-reflexivo y la práctica profesional*. Argentina: IDEAS.

- Díaz, F. (2005). *Enseñanza situada. Vínculo entre la escuela y la vida*. México: McGraw Hill.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (1971) Gaceta UNAM. México: UNAM. Febrero. Vol. II.
- González, P., González, J y García, E. (2013). El problema del método en la reforma de la enseñanza media. Documentos y testimonios de la historia del CCH. México: CCH-UNAM.
- Herreid, C. (2007). *Start With a Story: The Case Study Method of Teaching College Science*. Arlington, Virginia: National Science Teachers Assosiation.
- Iñiguez, J y Oliván, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. Barcelona, España: Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias Vol.10 (3).
- Kemkes, M.J. (2015). Using the case study methodology to promote active learning. USA, Center for Faculty Excellence.
- Kimball, B. (2004). Christopher Langdell: The case of an “abobimation” in the teaching practice. USA: The near higher education journal.
- Knippels, M., Waarlo, A y Th Boersma, K: (2005). Desing criteria for learning and teaching genetics. University of Utrech, The Nethearlands: Journal of Biological Education Vol. 39 (3).
- Krathwohl, D (2002). A Revision of Bloom’s Taxonomy: An Overview. Ohio, USA: Theory into Practice. Vol. 41, No. 4.
- Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Mazarío, I. y Mazarío, A. (2003). El constructivismo: Paradigma de la escuela contemporánea. Cuba: Monografía.
- Moreira, M. (2010). ¿Al final, qué es el aprendizaje significativo? Porto Alegre. Instituto de Física-UFRGS.
- Moreno, E y Quintanilla, M. (2012). Creencias del profesorado de Educación Básica en formación sobre la enseñanza de la ciencia escolar: Análisis desde un debate de grupo. Estudios pedagógicos Vol. 38 no. 2

- Moteagudo, Y., Hernández, R y González, D. (2012). Análisis multivariado del aprendizaje de ingeniería informática en la municipalización. Ingeniería Industrial. La Habana, Cuba.
- Muñoz, L., Ávila, R., Ávila, J. (2012). Egreso estudiantil del CCH, México: UNAM.
- Murray-Nseula, M. (2011). Incorporating case studies into an undergraduate genetics course. MI. USA: Journal of the Scholarship of Teaching and Learning, Vol.11, No. 3.
- Negrete, A. (2013). *La ciencia de contar cuentos y el método RIRC*. México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Perafán Echeverri, G. A. (2013). La transposición didáctica como estatuto epistemológico fundante de los saberes económicos del profesor. *Folios: Revista de la Facultad de Humanidades*, (37,83-93).
- Pozo, J y Gómez-Crespo, M. (2004). *Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Salcedo, H. (2011), Los objetivos y su importancia en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Caracas, Venezuela: Revista pedagógica.
- Serrano, T. (1987), Representaciones de los alumnos en Biología: Estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. Madrid, España: Enseñanza de las ciencias.
- Solbes, J., Rosa, M y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. Departamento de didáctica de las ciencias experimentales y sociales. Valencia, España: Universitat de València. N°21. 2007, 91-117.
- Sosa, R., Romo, A., G, Guillermo., Suzuri., Jiro, H. (2012). Diagnóstico del área de Ciencias Experimentales para la actualización del Plan y los Programas de Estudio del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM. México: Proceso de actualización del plan y programas de estudio.
- Tovar, A. (2001). El constructivismo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. México D.F: Instituto Politécnico Nacional.
- Tünnermann, C. (2011). El Constructivismo y el aprendizaje de los estudiantes. Unión de Universidades de América Latina y el Caribe: Universidades, vol. LXI, Num. 48.
- Tyler, R. (1986). Principios básicos del curriculum. Buenos Aires: Troquel.

Von Glasersfeld, E. (1995). Radical constructivism: a way of knowing and learning. Londres: The falmer press.

Wasserman, S. (2006). El Estudio de casos como método de enseñanza. Argentina Buenos Aires: Amorrortu.