CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD MONTERREY

"El estudio de la genética como tema sociocientífico en el bachillerato: análisis y reflexiones del contenido, los alumnos y el docente"

Tesis que presenta:

Ilse María Colín Meléndez

Para obtener el grado de:

Maestra en Educación en Biología para la Formación Ciudadana

Directores de Tesis:

Dr. Daniel Paulo Sánchez Herrera

Dra. Silvia Lizette Ramos de Robles

Apodaca, Nuevo León Julio, 2020

La elaboración de esta tesis contó con el apoyo de una Beca del Conacyt.

A mis alumnos,
porque cuando uno enseña,
son dos los que aprenden.

AGRADECIMIENTOS

Al Cinvestav Monterrey por todas las facilidades dentro de la institución y en especial, al departamento de Educación en Ciencias por todas las experiencias compartidas con las maravillosas personas que ahí laboran.

A la Dra. Silvia Lizette Ramos De Robles y al Dr. Daniel Paulo Sánchez Herrera por su compañía en este trayecto de formación profesional y humana. Por su tiempo, sus observaciones y comentarios los cuales enriquecieron este trabajo.

A la Dra. Teresa Guerra por toda la paciencia para conmigo y para el mundo. Gracias por tus oídos siempre dispuestos, tus consejos, tus ánimos y, sobre todo, por nunca perder la fe en mí.

Al Dr. Mauricio Carrillo, por no dejar morir a mi “yo bióloga de laboratorio”, al invitarme a conocer todo lo que él y su equipo hacen. Gracias a todos por enseñarme nuevas cosas.

A mi familia, por nunca dejarme sola y apoyarme en hacer lo que más me gusta. A mi madre, por dejarme volar del nido y siempre preocuparse por mi, aunque estuviera lejos. A mi padre, ya que nada de esto habría sido posible sin su ayuda, por siempre procurarme y chiquearme. A mi hermano, porque su trabajo y sus silencios me enseñan más de lo que él cree.

A mis compañeras dentro de esta aventura: Alma, Cecilia, Pilar y Lulú, por todo su amor, diversión, preocupación y experiencia. Aprendí tanto de ustedes que no tengo palabras suficientes para agradecerles. Soy sumamente bendecida al poder trabajar junto a ustedes, que son excelentes profesoras y seres humanos.

A Claudia, porque nadie mejor que tú supo todo lo que pasaba en mi vida fuera del aula. Porque no hay mejor roomie en el mundo y porque pocos me tuvieron la paciencia que tu me tuviste. Gracias por las lagrimas y los boneless compartidos.

A Jenny, por darle sentido a mi existencia aquí en el noreste caliente. No solo obtuve un título, también obtuve una amiga como ninguna otra. Gracias por no abandonarme (dos veces). Gracias por ser y estar. Gracias por siempre.

A Nallely, por cumplir el ciclo (tú sabes a lo que me refiero). Sin ti, esto no habría sido posible, desde el llegar hasta el irme. Gracias por usar tu maravillosa ñoñez para salvar al mundo. Gracias por ser.

A Omar (Ratita) por aguantarme más que nadie en el mundo. Solo Dios sabe que habría sido de mi sin tus llamadas del teléfono y tus chistes malos. Gracias por ser ese amigo que Dios me prometió. Gracias por todo lo que me enseñas cada día y por estar ahí siempre.

A mis hermanos del otro posgrado: Eli, Richie, Jorge, Lalo, Humberto, Beto. Sus dulces risas llenando el comedor son de mis mejores experiencias en el Cinves. Gracias por adoptarme en su secta de pequeños monstruos que evolucionan y por darme experiencias más allá de la vida académica.

A todos los amigos de años que, a la distancia, me dieron su apoyo y nunca se olvidaron de mi. A los amigos nuevos que llegaron y se han quedado en un lugar especial de mi corazón.

Finalmente quiero agradecer a dos de los pilares más importantes en mi vida: mis alumnos y Dios. Los últimos siempre serán los primeros.

Gracias a todos y cada uno de los maravillosos estudiantes que he tenido la bendición de conocer y los cuales me dieron la oportunidad de compartirles un poco de lo que sé y de lo que soy. Sin ustedes, mi vocación no tiene sentido. Gracias por dejarme entrar en sus vidas y llenar la mía de alegría.

Y lo mejor para el final. Gracias Dios por todo lo que me diste, y muchas más gracias por todo aquello que me negaste: tus tiempos son perfectos. Que todo lo que yo haga sea siempre para tu gloria y que mi cansancio a otros descanse. Gracias hoy y siempre, todo esto es en tu honor.

ÍNDICE

ABSTRACT **8**

INTRODUCCIÓN **9**

JUSTIFICACIÓN **11**

OBJETIVOS **13**

CAPITULO I. LOS TEMAS SOCIOCIENTÍFICOS EN EL AULA **14**

1.1. Marco Didáctico *14*
1.1.1. ¿Qué es un tema sociocientífico? 15
1.1.2. Los temas sociocientíficos como herramientas en la enseñanza de las ciencias 16
1.1.3. Las aplicaciones de la genética como tema sociocientífico 20
1.1.4. Factores epistémicos y no-epistémicos como estrategia de análisis 22
1.1.5. Los temas sociocientíficos y la formación ciudadana 23

1.2. Marco Disciplinar *25*
1.2.1. Organismos genéticamente modificados y organismos transgénicos 26
1.2.2. Terapia génica 26

CAPITULO II. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA **27**

2.1. Contexto *27*
2.1.1. Docente 27
2.1.2. Institucional 28
2.1.3. Estudiantil 29
2.1.4. Curricular 30

2.2. Secuencia didáctica *31*
2.2.1. Selección de actividades 35

2.3. Investigación cualitativa como perspectiva metodológica *35*
2.3.1. Triángulo didáctico 36

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN **46**

3.1. Mis 28 increíbles razones para ser profesora: El diagnóstico de mis estudiantes. *46*
3.1.1. Planeación, secuencias y aspectos institucionales. 49
3.1.2. Análisis de los recursos didácticos 51

3.2. "Del laboratorio al aula": Yo Profesor. *81*
3.2.1. Expectativas de aprendizaje y de la planeación 83
3.2.3. Conocimiento didáctico del contenido (CDC) 85

CAPITULO IV. REFLEXIONES Y CONCLUSIONES **87**

ANEXO I. CUESTIONARIOS PARA ESTUDIANTES **93**

ANEXO II. CASOS DE LA FASE DE SÍNTESIS **95**

ANEXO III. NOTACIÓN DE TRANSCRIPCIÓN **96**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **97**

RESUMEN

Los temas sociocientíficos (SSI por sus siglas en inglés) son asuntos de opinión científica y/o tecnológica en los cuales existen discrepancias entre los conceptos y/o procedimientos, sus actores y las fuerzas sociales que participan en el proceso (Sadler, 2004; Díaz y Jiménez-Liso, 2012). Dentro de ellos se entremezclan diversos factores entre los que destacan los epistémicos (referentes al conocimiento) y los no epistémicos (que se relacionan con los valores y las creencias) lo que hace que la utilización de estos temas dentro del aula permita el desarrollo tanto de conocimientos disciplinares como de conocimientos actitudinales.

El presente trabajo tuvo como propósito explorar a través de la implementación de una secuencia didáctica si el tema de "Desarrollo e importancia de la genética"correspondiente al nivel bachillerato permitía un mejor aprendizaje en los estudiantes al ser abordado como asunto sociocientífico. Dicho tema se desarrolló mediante el uso de un artículo y videos de divulgación científica a partir de los cuales los estudiantes realizaron ejercicios con la finalidad de que formularan explicaciones. Para construir los datos y analizarlos se utilizaron cuestionarios, transcripciones y grupos de discusión, los cuales fueron interpretados desde la perspectiva cualitativa. Todo ello permitió valorar la efectividad de la secuencia didáctica.

Los resultados demuestran que, con relación al análisis del artículo se observó que el lenguaje juega un papel fundamental en la compresión del estudiante y que no solo éste es difícil de comprender por sus términos científicos, sino también por palabras del español propiamente. Mientras que los videos tuvieron mejor recepción por parte del alumnado ya que les fue más llamativo que la lectura del texto y contribuyeron a la riqueza de las interacciones en los grupos de discusión. En cuanto a la clasificación de las respuestas en factores epistémicos y no-epistémicos, considero que es una clasificación limitada puesto que mis estudiantes presentan una gran diversidad de respuestas que no necesariamente pueden encasillarse en estos factores.

Considerando el triángulo didáctico para sintetizar el análisis de las producciones de los alumnos, se apreció que, para los estudiantes, el contenido tuvo mayor influencia en los aspectos actitudinales. Finalmente, mi papel como profesora se vio influenciado por mi formación académica y, este aspecto, determinó las altas expectativas que tenía de mis estudiantes y los materiales y actividades que se desarrollaron durante la secuencia.

Palabras clave: Temas sociocientíficos, factores epistémicos y no epistémicos, enseñanza de la genética.

ABSTRACT

Socio-scientific issues (SSI) are matters of scientific and technological opinion in which there are discrepancies between the concepts and / or procedures, their actors and the social forces involved in the process (Sadler, 2004; Díaz and Jiménez-Liso, 2012). Several factors are intermingled in SSI, e.g. epistemic (referring to knowledge) and non-epistemic (related to values and beliefs). Such fact allows the use of SSI in the classroom as a tool for the development of both academic and attitudinal knowledge.

The purpose of this work was to explore whether the subject 'Development and importance of genetics' allowed better learning in students of high school (twelfth grade) when presented as a socio-scientific issue through the implementation of a didactic sequence. Hence, this topic was developed through the use of different science outreach resources (one article and several videos) from which the students carried out exercises in order to formulate explanations. Questionnaires, transcripts and discussion groups were used to obtain data. Analysis was made from a qualitative perspective. Such strategy allowed us to assess the effectiveness of the teaching sequence.

Our results show that, in relation to the analysis of the article, language plays a fundamental role in the comprehension of the student and that not only it was difficult for them to understand scientific terms, but also words in Spanish. Videos were better received by students because they caught their attention better than reading the text and contributed to the richness of the interactions in the discussion groups. Regarding the classification of responses in epistemic and non-epistemic factors, I consider it is a limited classification scheme because my students gave a great diversity of responses that cannot necessarily be classified only in those two factors.

We could observe that the content had a greater influence on the attitudinal aspects when considering the didactic triangle to synthesize the analysis of the materials produced by the students. At the end, I became aware that my role as a teacher was influenced by my academic training and that such fact determined the high expectations I had on my students and the materials and activities that were developed during the development of this work.

Key words: Socio-scientific topics, epistemic and non-epistemic factors, teaching of genetics.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como antecedente mi formación científica como bióloga. De manera personal no había considerado la idea de ser docente, pero por cuestiones diversas terminé impartiendo la asignatura de Biología con alumnos de bachillerato. Con el paso del tiempo me comenzó a gustar compartir mis conocimientos con ellos. De tal modo que al enterarme de la existencia de la Maestría de Educación en Biología para la Formación Ciudadana me interesó continuar formándome para brindarles mejores experiencias educativas.

Ya en la práctica, el diseño de la investigación que presento en este documento surge a partir de dos motivaciones principales, la primera fueron mis alumnos. Durante las clases, me di cuenta de que presentaban dudas que no siempre correspondían con los temas del currículum, pero que no necesariamente eran lejanas a la labor científica. Estos cuestionamientos me hicieron pensar que los alumnos sí estaban interesados en la ciencia, pero no se sentían próximos a la manera en que se estaban abordando los tópicos de la asignatura.

Por otro lado, la segunda motivación gira en torno a la comprensión de la genética en el contexto escolar. En general, esta área de la biología es un tema complicado de abordar en el aula por lo abstracto que pueden llegar a ser ciertos conceptos relacionados como ADN, mutación, genoma, transgénico, cromosomas, entre otros. Así, consideré pertinente que este tema fuera el tópico central de la secuencia didáctica que se solicitaba como parte del programa de maestría.

En consecuencia, y teniendo en cuenta la curiosidad de mis estudiantes la cual está influenciada por aspectos de su vida cotidiana, como las películas o series de televisión, así como mi interés por brindarles clases más satisfactorias, desarrollé una secuencia didáctica en cuatro fases. El modelo utilizado fue el propuesto por Neus Sanmartí (1997), el cuál al inicio de este trabajo era desconocido para mí.

De tal modo que en este documento presento el desarrollo de dicha secuencia, los resultados más relevantes a partir de las diferentes actividades realizadas, y algunas reflexiones entorno a mi labor docente y la relación del contenido con los alumnos.

En el capitulo I presento el marco didáctico y el marco disciplinar en torno al tema 'Importancia y desarrollo de genética', teniendo como enfoque los temas sociocientíficos y algunos de los conceptos abordados durante la implementación de la secuencia.

En el capitulo II presento la metodología utilizada para el análisis de las producciones de mis estudiantes y los marcos de referencia utilizados, siendo ésta de corte cualitativo con énfasis en la interacción y relación entre los elementos del triángulo didáctico.

En el capitulo III presento los resultados del análisis realizado y la discusión en torno a los mismos. Lo anterior, siguiendo el mismo eje de referencia: el triángulo didáctico.

En el capitulo IV presento las conclusiones y reflexiones derivadas de este trabajo de investigación y mi experiencia vivida durante el proceso formativo del posgrado. Lo anterior, esperando que mi experiencia sirva como apoyo a otros profesionistas que, al igual que yo, no contaron con una formación pedagógica pero que adquirieron el gusto por formar a niños y jóvenes en el área de las ciencias.

JUSTIFICACIÓN

"La educación es el movimiento de la oscuridad a la luz."

Allan Bloom, filósofo estadounidense.

La ciencia es algo inherente a nuestras vidas. Todos los días, por diversos medios de comunicación llega a nosotros información sobre nuevos desarrollos científicos en diversos ámbitos: desde nuevas curas a enfermedades que creíamos imposibles de erradicar, pasando al descubrimiento de nuevos planetas y estrellas. Lo que se presenta en las películas de ciencia ficción ya no se ve tan lejano, y la idea de diseñar seres humanos con características fantásticas ya no nos parece una locura.

Hoy es casi imposible concebir nuestra vida sin todos los avances que la ciencia y la tecnología nos han aportado, aunque muchas veces no somos conscientes de dicha relación. La ciencia avanza junto con las necesidades de la sociedad y la escuela se convierte en uno de los espacios dónde los estudiantes pueden comenzar a dar cuenta de esta interacción.

Dentro del aula, en muchos momentos de la clase la interacción ciencia-sociedad no es clara, lo cual se refleja en los bajos niveles de desarrollo en el área de ciencias que presentan los estudiantes en pruebas como PISA. No obstante, planteamos como supuesto que parte de este bajo desempeño en los jóvenes es porque no se utilizan las estrategias didácticas adecuadas para su enseñanza.

Los estudiantes de bachillerato, al igual que cualquier otro estudiante, son parte importante y esencial de la sociedad. Son ellos los que, en un futuro, tomarán la batuta en el desarrollo de los países y en cuyas manos se quedan los problemas que nuestra generación aún no ha logrado solucionar. Además de lo anterior, deberán enfrentarse a problemáticas que aún no se conocen. Por lo tanto, es imperativo otorgarles las herramientas necesarias para que ellos puedan encarar los retos de un futuro aún incierto.

Como maestra, puedo dar cuenta de las inquietudes que presentan mis estudiantes sobre algunos temas del programa de estudios donde se aborda la ciencia de frontera, principalmente los relacionados a la biología celular. Dentro de los contenidos a desarrollar en la asignatura de Biología IV en el bachillerato, la genética me ha resultado un tema complicado de enseñar, ya que los conceptos son abstractos, intangibles y difícilmente demostrables en una práctica de laboratorio escolar. En consecuencia, y dentro de este contexto, la selección del tema a trabajar surgió de los intereses de mis estudiantes.

Ellos han escuchado sobre mutantes, saben que la genética es la ciencia que explica las características que nos hacen ser como somos y han visto en películas de ciencia ficción que con la genética sería “posible” la creación de animales que considerábamos extintos como los dinosaurios, o la capacidad de hacer seres humanos más fuertes, más rápidos o hasta inmortales. La curiosidad está ahí, pero el conocimiento sobre el tema aún es vago o se ha quedado al nivel de la ficción, por lo que considero necesario el abordaje de este tema desde una perspectiva más objetiva que les permita entender hasta qué punto la ciencia tiene capacidad y jurisdicción en el asunto, y todas las implicaciones sociales que conllevan estos descubrimientos.

La ingeniería genética es un tema de gran importancia social y una herramienta que ha generado grandes avances en campos como la medicina, agricultura, ganadería y en el desarrollo de alimentos (Wood-Robinson, Lewis, Leach y Driver, 1998). Muchos de los avances que hoy conocemos y que disfrutamos en nuestra vida diaria no serían posibles sin el desarrollo de estas herramientas de la ciencia. El proceso de evolución de estas técnicas aún dista mucho de lo que muestra la ciencia ficción, sin embargo, han avanzado de una forma acelerada en los últimos años y siguen siendo un tema polémico. Su desarrollo siempre está a la par del desarrollo de la sociedad y, de igual manera, su estancamiento puede deberse a la falta de tecnología o a las cuestiones morales y éticas que engloban su progreso. Que los estudiantes sean capaces de dimensionar la importancia de este tema con bases científicas en sus vidas y las cuestiones entorno a ello, forma parte de su formación ciudadana y, por ende, este trabajo toma mayor relevancia en su desarrollo.

OBJETIVOS

El presente estudio tiene como objeto de investigación las interacciones que se desarrollan en la asignatura de Biología IV a nivel de bachillerato al abordar las aplicaciones de la ingeniería genética como tema sociocientífico. Ello con la finalidad de indagar las implicaciones que tiene tanto en el aprendizaje de las ciencias como en la formación ciudadana en general. Para ello se plantearon los siguientes propósitos:

- Identificar la relevancia de los recursos didácticos durante la implementación de la secuencia del tema “Desarrollo e importancia de la genética”a partir de las experiencias de los estudiantes y la capacidad que tienen para relacionarlos con su vida cotidiana como aspectos de la formación ciudadana.

- Caracterizar los factores epistémicos y no-epistémicos con los cuales los estudiantes asocian el tema de “Desarrollo e importancia de la genética”cuando se aborda en el aula como tema sociocientífico.

CAPITULO I. LOS TEMAS SOCIOCIENTÍFICOS EN EL AULA

"La ciencia es todo aquello sobre lo cual siempre cabe discusión"
José Ortega y Gasset, filósofo español.

1.1. Marco Didáctico

En los últimos años, la ingeniería genética ha presentado un rápido crecimiento gracias al desarrollo de nuevas tecnologías que nos permiten obtener productos alimenticios como el yogurt o los derivados de la soya, productos farmacéuticos como la insulina y la hormona de crecimiento que son producidos mediante la modificación genética de bacterias, pasando por el desarrollo de nuevos y mejores tratamientos para la fibrosis quística y la hemofilia, un par de desórdenes genéticos que han encontrado soluciones en la terapia génica, así como tecnologías que hacen posible identificar criminales con menor margen de error gracias a las huellas de ADN (Wood-Robinson et. al. 1998). Estas y otras tecnologías derivadas del estudio de la ingeniería genética forman parte de nuestra vida cotidiana, sin embargo, pocas veces somos conscientes de ello y en algunos casos, ni siquiera se sabe de su existencia, lo que suscita nuevas y numerosas interrogantes sociales y éticas.

Cuestiones como los organismos transgénicos, los organismos genéticamente modificados (OGM), el aborto y la eugenesia, son algunos de los tópicos que se plantea sean abordados dentro del programa de estudios del bachillerato. Ellos están relacionados con la ingeniería genética, además, a los estudiantes se les presentan constantemente a través de los medios de comunicación. La gran cantidad de información existente sobre estos temas y la forma en que los medios los presentan a la ciudadanía puede crear un sesgo en cuanto a lo que los alumnos están comprendiendo de los mismos, generando malinterpretaciones o confusiones cuando son abordados en el aula. A la vez, se debe tomar en cuenta el factor de la formación moral y ética de los alumnos, ya que estos influyen en cómo conciben los problemas tratados.

Por lo tanto, se vuelve necesario el abordaje del tema de la ingeniería genética con una perspectiva más amplia, dónde se tome en cuenta no solo el contenido

disciplinar sino también las implicaciones sociales que conlleva su estudio. Para ampliar esta perspectiva, en la secuencia didáctica aplicada se propuso el uso de temas sociocientíficos como herramienta pedagógica dentro del aula.

1.1.1. ¿Qué es un tema sociocientífico?

De manera más general, se entiende por tema, cuestiones o problemas sociocientíficos (SSI por sus siglas en inglés) a un asunto de opinión científico y/o tecnológico en el cual existen discrepancias entre los conceptos y/o procedimientos, sus actores y las fuerzas sociales que participan en el proceso (Sadler, 2004; Díaz y Jiménez-Liso, 2012).

En este aspecto, Sadler (2004) destaca que no implica que las cuestiones no clasificadas como tales no puedan ser influenciadas mutuamente por la ciencia y la sociedad. Se entiende que la ciencia, como producto de la actividad humana, esta necesariamente vinculada a la sociedad, pero, cuando se usa el término "Tema sociocientífico" (de ahora en adelante TSC), los investigadores hacen referencia a un grupo de situaciones que comparten diferentes características como:

- Se basan en conceptos científicos o problemas de la ciencia que son controvertidos
- Son frecuentemente discutidos en medios públicos
- Están sujetos a influencias políticas, económicas y/o éticas.

El uso de células madre, la clonación, los organismos transgénicos o el cambio climático, son solo algunos ejemplos de este tipo de temas.

Los TSC comienzan a implementarse dentro de la enseñanza de las ciencias a partir de la última década con el surgimiento de movimientos como el de Ciencia-Tecnología y Sociedad (CTS). Dicho movimiento, busca entender las formas en la que la ciencia y las tecnologías forman parte de la cultura moderna y la sociedad (Mansour, 2009). De acuerdo con Ziman (1980) (citado por Mansour, 2009), es un tipo de enfoque curricular donde se busca hacer que los contenidos

tradicionales de ciencias sean más apropiados y relevantes para la vida de los estudiantes. De modo que se trate a los estudiantes “en sus propios ambientes y con sus propios marcos de referencia” (Yager, 1996. p.10).

A pesar de surgir como parte de este movimiento, los temas sociocientíficos se diferencian del movimiento CTS, en que son cuestiones centradas en el empoderamiento de los estudiantes para manejar los conocimientos científicos que les permitan resolver los problemas que forman parte de su mundo y que podrían determinar el futuro de este. Mientras que el movimiento CTS con el paso del tiempo se hizo más específico, especializándose y encasillándose a solo algunos temas con relación a la ciencia y a la tecnología (Pedretti y Hodson, 1995 en Sadler, 2004).

Asimismo, Zeidler, Sadler, Simmons y Howes (2005) mencionan que el enfoque del movimiento CTS tiende a centrarse en el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad, por lo general sin explorar las implicaciones morales y éticas que subyacen en estos temas. En contraste, los TSC surgen de un marco conceptual que busca el desarrollo de las orientaciones morales y epistemológicas de los estudiantes y que, además, considera el papel de las emociones y el carácter como componentes clave de la educación científica.

1.1.2. Los temas sociocientíficos como herramientas en la enseñanza de las ciencias

El hecho de que los estudiantes se desenvuelvan en una sociedad donde la ciencia juega un papel fundamental hace necesaria una alfabetización científica. Es entonces que el aula se vuelve uno de los lugares ideales para comenzar a desarrollarla. El uso de problemas sociocientíficos en el aula de ciencias surge de la necesidad de encarar a los estudiantes con problemáticas reales que les permitan hacer uso de los conocimientos adquiridos en el aula en su día a día. En un contexto donde se busca la formación ciudadana del estudiante, se vuelve relevante para los profesores de ciencias no solo enseñar los contenidos científicos, sino darles a los estudiantes herramientas para que apliquen esos conocimientos a la resolución de problemas de importancia social.

Los temas controvertidos aparecen en el currículo escolar de muchos países. De este modo, los profesores de ciencias tienen la oportunidad de ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión realista del papel de los científicos y su esfuerzo para tratar de resolver esas controversias (Oulton et. al. 2004). La inclusión de estas situaciones en la escuela permite a los estudiantes discutir problemas auténticos con base científica, pero que también toman en cuenta su formación como individuo. Uno de los desafíos cuando se enseña sobre temas sociocientíficos es el reconocer que son controvertidos porque los protagonistas -desde su propia cosmovisión- aplican la razón y, por lo tanto, existen diferentes perspectivas, volviendo importante desarrollar en los alumnos el entendimiento a cerca de cómo es que las personas pueden llegar a diferentes aproximaciones sobre un mismo tema, tomando consciencia de que existen múltiples perspectivas (Oulton et. al. 2004).

Los TSC se constituyen como una propuesta de enseñanza diferente a los problemas que normalmente aparecen en los libros de texto, donde simplemente se busca evaluar qué conceptos fueron adquiridos por los estudiantes durante el paso de las unidades y cuyas respuestas solo pueden clasificarse como correctas o incorrectas. Un gran número de los problemas sociocientíficos que existen actualmente implican conocimiento que aún no se ha consolidado y sigue en proceso de investigación, por lo que se consideran buenos contextos para ayudar a los estudiantes a cambiar la idea de que la ciencia siempre es neutral y objetiva (España y Prieto, 2010).

Lo anterior puede generar que los profesores en ciencias se enfrenten con dificultades cuando deciden trabajar cuestiones relativas al poder, a la ética o a la acción responsable siendo que, tradicionalmente, las ciencias se abordan en el aula como un conjunto de conocimientos que los estudiantes deben asimilar sin mayores cuestionamientos, haciendo difícil para ellos entender la ciencia como una actividad social, cultural e histórica (Pérez y Carvalho, 2012).

Debido a que los TSC están asociados a conceptos, objetos y procedimientos científicos, en donde el estudiante puede observar las causas y consecuencias

y/o las ventajas y desventajas de la posición que se tome respecto al problema estudiado, Ratcliffe y Grace (2003) en Martínez (2014), mencionan que usar los TSC dentro del aula implica:

- La compresión de los *conceptos* por parte de los estudiantes (por ejemplo, en el caso de consumo de transgénicos, se espera que el alumno comprenda qué es un transgénico, que es mutación, qué son los genes, etc.)
- La comprensión de *procedimientos* de cómo se genera la evidencia científica, cómo se han generado esos conocimientos, o cómo se lleva a cabo la toma de decisiones en este tipo de temas controversiales.
- El reconocimiento de los *valores* personales, sociales y/o culturales en el análisis ético y moral de los TSC.

También, deben tomarse en cuenta las dificultades que presentan los estudiantes al trabajar con TSC. Entre ellas se encuentran involucradas sus creencias morales, sus concepciones alternativas, las experiencias personales, los conocimientos previos, sus habilidades de razonamiento científico y su madurez emocional. Lo anterior se suma al hecho de que cada persona ve el mundo de una manera particular, esto como respuesta social al lugar donde hemos nacido y nos desarrollamos y las relaciones sociales y culturales que tenemos con el mundo y las cuales hemos adquirido de manera formal y deliberada mediante la educación y de manera informal a través de la experiencia, siendo estas interacciones las que sientan las bases de cómo interpretamos lo que nos rodea.

Oulton, Dillon y Grace (2004) mencionan que enseñar mediante el uso de temas sociocientíficos requiere que se reconozca la naturaleza de estas cuestiones, haciendo énfasis en:

1. La existencia de grupos dentro de la sociedad con diferentes puntos de vista.
2. Los grupos que basan sus puntos de vista en diferentes conjuntos de información o que interpretan la misma información de diferentes maneras.
3. Que las interpretaciones pueden ocurrir debido a la forma diferente en que los individuos o los grupos entienden o "ven" el mundo.

4. Que las diferentes visiones del mundo pueden ocurrir porque los individuos presentan diferentes sistemas de valores.
5. Las cuestiones controvertidas no siempre pueden resolverse recurriendo a la razón, la lógica o la experimentación.
6. Los problemas controvertidos pueden resolverse a medida que existe más información disponible.

A pesar de esto, lo que se busca no es evitar que en las aulas se haga uso de los temas sociocientíficos. Por el contrario, sabiendo que los estudiantes presentan estos impedimentos, el uso de TSC en el aula puede proveerles las oportunidades para cambiar su sistema de creencias sobre el mundo natural y social para poder realizar conexiones (Zeidler y Nichols, 2009). La experiencia dentro del aula confirma cómo los trastornos emocionales pueden intervenir en los procesos mentales, y por lo tanto, en el proceso del aprendizaje.

Los estados emocionales positivos favorecen la recepción de la información y las experiencias de aprendizaje, mientras que los estados emocionales negativos, agobian al que los padece y limita su capacidad de aprender (Manassero y Vázquez, 2007). Esto es importante mencionarlo ya que el aspecto emocional es complejo, pues integra valores, opiniones, creencias, hábitos o actitudes. Lo anterior choca con la concepción objetiva y racionalista que se tiene de la ciencia. Sin embargo, es de importancia en la enseñanza de la ciencia recordar que la actividad científica es una actividad falible y humana que envuelve también la identidad personal de quien la lleva a cabo y del contexto sociocultural.

Aunado a lo anterior, la falta de educación científica genera una falta de diálogo y debate científico. La sociedad considera que la ciencia no forma parte de la cultura general. Existen diversas razones por las cuales hay una visión distorsionada de la ciencia por parte del alumnado: la ausencia de la historia de la ciencia en la formación inicial, las finalidades de su enseñanza, los contenidos manejados sólo de manera conceptual, la forma típica de su enseñanza (trasmisión-recepción), cómo es evaluada y la falta de la relación entre los temas enseñados con la sociedad (Solbes y Traver, 2001). Otras razones que se

mencionan son la valoración negativa de la ciencia por parte de la sociedad, y al hecho de que suele catalogarse a la ciencia como una actividad difícil y aburrida que solo puede ser realizada por unos cuantos, generalmente gente con alto coeficiente intelectual y principalmente hombres (Solbes, Moserrat y Furió, 2007). Por otra parte, la necesidad de los científicos de obtener fondos y generar publicaciones para poder seguir investigando los obliga a descuidar la presentación de sus resultados en medios de comunicación más próximos a la sociedad. Lo anterior promueve una falta de comunicación ciencia-sociedad (Díaz y Jiménez-Liso, 2012).

Se ha recomendado que los temas socio científicos se aborden en el aula empezando con cuestiones sencillas, identificando con claridad los aprendizajes que se busca que los estudiantes adquieran, invitándolos al diálogo y al debate mediante estrategias de enseñanza y finalmente, señalar las dificultades que se presentan en el aula. (Díaz y Jiménez-Liso, 2012).

1.1.3. Las aplicaciones de la genética como tema sociocientífico

En el caso de este trabajo, dos de los temas abordados durante la innovación didáctica fueron *los organismos transgénicos* y *la modificación genética en humanos*. Se hizo la elección de estos temas en respuesta a las inquietudes que los estudiantes mostraron durante parte del curso escolar. A pesar de ser temas que están presentes en su vida, para ellos es difícil vislumbrar cómo es que forman parte de ella.

Uno de los factores que podría estar desencadenando lo anterior podría deberse a que la enseñanza de la genética, y más específicamente de sus aplicaciones, es uno de los tópicos en biología que presentan mayor dificultad de comprensión por parte de los estudiantes (Johnstone y Mahmoud, 1980). Debido a la complejidad y a lo abstracto de los conceptos, estos temas del currículo suelen ser difíciles de asimilar por los estudiantes, y su escasa comprensión puede generar problemas para comprender algunos otros temas relacionados.

El rápido desarrollo de la genética en los últimos años ha generado un aumento en el interés en su compresión por parte de la sociedad, sin embargo, estudios llevados a cabo con estudiantes de nivel secundaria muestran que en general existe confusión en conceptos básicos y poca comprensión de estos (Martínez, 2003). Cuando se revisan las ideas previas que los estudiantes tienen sobre algún tema, hay diversas fuentes de conocimiento que pueden identificarse, entre ellas la información adquirida durante su vida escolar ya sea de docentes o materiales como libros de texto y documentos, los medios de comunicación, que pueden ser o no especializados en la temática y la historia de vida o creencias del estudiante (Solomon, 1992). Esto puede generar que el alumno llegue al aula con algunas ideas sobre una temática en particular, que suelen estar incompletas y que con frecuencia son intuitivas o, incluso, erróneas (Posada, 2000).

Además, podemos agregar que en general, las técnicas utilizadas en el estudio de la ingeniería genética son desconocidas para los estudiantes ya que no se presentan de forma explicita en sus experiencias cotidianas y no son técnicas que puedan ser experimentadas en un laboratorio escolar (Piassentini y Occelli, 2012).

Por lo anterior, el abordar la ingeniería genética como un tema sociocientífico dentro del aula puede apoyar a la comprensión de este y de otros conceptos relacionados. La ingeniería genética y sus aplicaciones presentan las características que describen a una cuestión socio científica: son cuestiones que tiene una base científica (genes, genomas, técnicas de modificación, ADN, entre otros) y una base social (moral y ética en temas como la modificación genética de humanos, ventajas y desventajas de la creación y consumo de transgénicos, toma de decisiones en cuestiones de uso de recursos naturales, por mencionar algunos ejemplos), y que además generan controversia debido a que muchas veces estas posturas se contradicen.

1.1.4. Factores epistémicos y no-epistémicos como estrategia de análisis

Los factores éticos y morales tienen una gran influencia en la enseñanza de temas científicos y aunque las investigaciones tienden cada vez más a ampliar el panorama de los problemas investigados, los procesos de construcción y evolución de la moral de los estudiantes son dos cuestiones cuyos estudios están siendo omitidos (Razera y Nardi, 2006).

Un estudio realizado por Silva y Krasilchik (2005) indica que los estudiantes hacen uso de valores "explícitos" e "implícitos" que son utilizados para realizar determinados juicios y tomar ciertas posturas. Los autores mencionan que cuando argumentan, los estudiantes son motivados por razones estrictamente personales que van desde las convicciones religiosas, cuestiones próximas a su vida cotidiana, su relaciones interpersonales y cuestiones económicas, las cuales ejercen una fuerte influencia en su posicionamiento cuando se enfrenta con estas situaciones.

El investigador José A. Díaz (2006) menciona que para explicar las percepciones públicas sobre la tecnociencia y las decisiones que toman las personas en Asuntos Tecnocientíficos de Interés Social (ATIS), considerándolo como un símil de los TSC, es necesario tomar en cuenta en el estudio factores que él denomina como *epistémicos* y *no-epistémicos*.
Los factores epistémicos son aquellos que se refieren a los conocimientos científicos y de epistemología de la ciencia (Sandoval y Reiser, 2004). Incluyen:

- Los tipos de preguntas que pueden responderse mediante la investigación y los conceptos.
- Los tipos de métodos para generar e interpretar datos.
- Las explicaciones (motivos/razones), modelos y teorías.

En cambio, los factores no-epistémicos son de naturaleza personal y social, relativos a las actitudes y la axiología (naturaleza de los valores o juicios valorativos), aunque ello no excluya alguna relación con lo epistémico. Incluyen

aspectos como las creencias culturales, sociales, políticas, económicas, morales y religiosas, las emociones y sentimientos, los valores y normas, los intereses personales, etcétera (Acevedo-Díaz, 2006).

En ese mismo trabajo, Acevedo-Díaz menciona que hay una insuficiencia de estudios sobre los factores antes mencionados, siendo todavía menos las investigaciones empíricas sobre los factores no-epistémicos. Esto puede ser debido en parte a que la mayoría de las cuestiones ATIS son ciencia de frontera, haciendo que los conocimientos generados en estos temas cambien constantemente, pues son dependientes del contexto histórico y del procesos acumulativo del conocimiento.

Tomando como referente las investigaciones antes mencionadas en torno a los factores epistémicos y no-epistémicos, el análisis que se reporta en esta tesis pretende abonar a la idea de que el conocimiento científico esta permeado de aspectos inherentes al ser humano.

1.1.5. Los temas sociocientíficos y la formación ciudadana

Enseñar ciencia mediante el uso de TSC promueve la participación de los estudiantes favoreciendo la educación crítica y abierta de su formación como ciudadanos. Es entonces que el futuro del desarrollo del conocimiento científico no queda en manos solo del gobierno o de los mismos científicos sino que se vuelve una responsabilidad de todos. Los ciudadanos deben hacer necesaria su participación en la resolución de problemas y discusiones .Para ello resulta importante una formación ciudadana que les permita comprender que la ciencia es una actividad humana, falible y que requiere de una visión crítica de lo que es capaz de hacer y hasta dónde puede llegar.

La gran mayoría de los temas socio-científicos conocidos surgen de los nuevos descubrimientos científicos y para poder hacerles frente se requiere una alfabetización científica en la sociedad (Díaz y Jiménez-Liso, 2012). España y Prieto (2009) resaltan las utilidades del uso de temas socio científicos. Entre estas, destacan la de desarrollar la capacidad cognitiva al mismo tiempo que el

pensamiento ético y moral, haciendo énfasis en aspectos como el cuestionamiento a las propias ideas, la revisión de argumentos, comparar las opciones que se tienen antes de tomar una decisión y dar cuenta de las contradicciones. Aquí cabe mencionar que los factores epistémicos y no-epistémicos se hacen presentes, pues para analizar las percepciones acerca de los TSC, los razonamientos, argumentos y decisiones que toman las personas en sus respuestas a dichas cuestiones, es necesario tomar en cuenta ambos factores.

Estás características hacen a los TSC una herramienta adecuada para generar debate en las clases de ciencias y contribuir a la alfabetización científica del alumnado. Martínez (2014) señala que el análisis de temas socio científicos requiere el desarrollo de habilidades cognitivas como el razonamiento lógico para tomar una posición o llevar a cabo acciones frente a determinadas situaciones. También, ayuda el desarrollo de la habilidad argumentativa y la toma de decisiones.

Por ejemplo, Turney (citado en Wood-Robinson et al., 1998) menciona tres motivos principales para el desarrollo de la compresión de la genética en la población:

- *Utilitarista*: Cuando existe la necesidad de ser capaces de interpretar la información disponible acerca del tema y dar su consentimiento una vez que la persona se ha documentado sobre el tema.
- *Democrático*: Por la necesidad de lograr una mayor compresión con el fin de participar en las políticas respecto al tema.
- *Cultural*: Por el deseo por parte de los científicos de que la población esté mejor informada con la finalidad de que esto agregue valor a sus trabajos y puedan seguir realizándolos.

Los estudiantes forman parte de una sociedad en la que el uso de las tecnologías genéticas son hechos cotidianos donde se les exigirá la toma de decisiones personales relacionadas con los resultados de las investigaciones en el campo de la genética. Así, es deseable que se conviertan en elementos con alta

influencia sobre las actitudes sociales que muestren respecto a estas y otras cuestiones relacionadas (Wood-Robinson et al., 1998).

1.2. Marco Disciplinar

La Ingeniería Genética (IG) puede definirse como el conjunto de técnicas y metodologías que nos permiten aislar y manipular el ADN para introducirlo o modificarlo en células u organismos uni o pluricelulares. Mediante esta tecnología se logra modificar el contenido genético de células y organismos, dotándolos con características diferentes a las que originalmente tenían como consecuencia de la intervención humana y no de la evolución (Márquez, 2013).

La IG tiene sus antecedentes en los grandes avances en la Biología que se produjeron en la segunda mitad del siglo XX. No es fácil establecer el momento exacto de su origen, sin embargo, hay un consenso general en que la fecha de su nacimiento es en el año 1973 con la publicación de las investigaciones de Stanley Cohen y Herbert Boyer, quienes demostraron que la información genética de diversos orígenes podía combinarse para crear una nueva molécula de ADN con capacidad de replicarse en bacterias (Márquez, 2013).

En general, la IG implica dos pasos esenciales: la creación de moléculas de ADN recombinante y su propagación o multiplicación a través de la clonación o de la técnica de PCR. Una molécula de ADN recombinante es cualquier molécula creada artificialmente mediante la unión de dos moléculas de ADN que en la naturaleza no se encuentran juntas, por ejemplo, la combinación de un fragmento de ADN humano con un fragmento procedente de una bacteria. Esta tecnología tiene múltiples aplicaciones. Permite dotar a los organismos con capacidades específicas, como presentar una mayor producción de la hormona de crecimiento y, por tanto, ser de mayor tamaño, desarrollar plantas resistentes a plagas, determinados herbicidas o a sequías. Así mismo, la IG ha permitido la producción biotecnológica de antibióticos, vacunas y hormonas para su uso en el humano. Esto no sólo abaratan su costo y producción, sino que también elimina riesgos (Sánchez, 1996).

1.2.1. Organismos genéticamente modificados y organismos transgénicos

Los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) son seres vivos a los que, mediante las técnicas de IG, se ha modificado su material genético. Los transgénicos en específico son aquellos seres vivos a los que, mediante IG, se les ha introducido material genético procedente de otra especie. Estos se emplean para investigaciones biológicas en diversos campos, incluidos los relacionados con la investigación biomédica y la industria alimentaria, mediante el cultivo y elaboración de alimentos procedentes de OGM (Segura, 2015).

1.2.2. Terapia génica

Con la IG se ha desarrollado un tipo de terapia que consiste en la administración de material genético en pacientes con la intención de corregir un defecto genético específico. Por ejemplo, inhibir la producción de alguna proteína, eliminar algunas células o de prevenir enfermedades atacando la causa del defecto directamente. Tal estrategia es conocida como terapia génica (Ruíz y Sangro, 2005).

Este tipo de terapia usa la IG para introducir, suplementar o eliminar genes específicos, alterando la función de un gen anormal, ya sea que este añada nuevas funciones o regule la actividad de otros genes actuando de forma terapéutica. Según Rodríguez (2003) hay dos categorías diferentes:

(a) Terapia en la línea germinal, de forma que el cambio genético efectuado es heredable al afectar las células reproductivas (óvulo, espermatozoide o el cigoto en las primeras etapas de división) y tiene un efecto generalizado en todas las células del individuo.

(b) Terapia en células somáticas, por la que se efectúan cambios genéticos no heredables en cualquier célula somática (no germinal) del cuerpo.

CAPITULO II. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

"¿Y si en vez de planear tanto voláramos un poco más alto?"
Mafalda.

En este apartado se presentan los elementos esenciales para llevar a cabo el desarrollo de la innovación didáctica implementada.

2.1. Contexto

2.1.1. Docente

El presente documento es desarrollado en el marco de una maestría para la formación profesional. Realicé mis estudios de licenciatura en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicada al sur de la Ciudad de México. Al finalizar, obtuve el grado de licenciada en biología y comencé a laborar como asistente en un laboratorio dedicado a los análisis clínicos.

Posteriormente, mi camino laboral me llevó a adentrarme en el mundo de la docencia y, debido a la falta de una formación pedagógica durante mi carrera, comencé a buscar alternativas para mejorar mi práctica docente, la cual se encuentra en sus inicios con tan solo tres años en servicio. Es así como llegué al programa de Maestría en Educación en Biología para la formación Ciudadana del Cinvestav donde se comienza a gestar el presente trabajo.

A pesar de no contar con formación pedagógica alguna, el interés por compartir y enseñar acerca de la ciencia en general fue una constante en mi vida universitaria, siendo participe de proyectos como programas de anfitriones en museos de ciencias, eventos de divulgación científica y dando asesorías particulares sobre materias como biología, química y física a quien me lo solicitase. Estos aspectos sin duda contribuyen en gran medida a tomar la decisión de continuar mi formación con un posgrado.

La falta de una formación formal en el ámbito educativo y los constantes retos presentes durante mi ejercicio docente, me invitaron a acercarme más al vasto mundo de la educación en ciencias, permitiendo así no solo mi crecimiento

personal, sino también la búsqueda del bienestar de mis estudiantes (una de mis principales motivaciones, cabe destacar) y cooperar en la construcción del mundo de la didáctica de las ciencias.

La formación científica es parte esencial de la formación ciudadana y considero indispensable trabajar este aspecto en la sociedad. Desde mi trinchera, espero aportar algún nuevo conocimiento que me ayude a mí y a otros, a seguir avanzando en esta misión tan noble e importante que es la de enseñar ciencias.

2.1.2. Institucional

El Colegio dónde se llevó a cabo la implementación de este trabajo, es una institución educativa Privada que se localiza en el Sur-Centro de la Ciudad de México, que inició labores en 1996. La institución ofrece programas de educación básica en los niveles de preescolar, primaria, secundaria y bachillerato. El número de estudiantes de la preparatoria es de aproximadamente 120 estudiantes que asisten a clases durante una jornada matutina de 7 horas de lunes a viernes. El rango de edades de los estudiantes oscila entre los 15 y 19 años y, en su mayoría, pertenecen al estrato socioeconómico medio-alto.

El ingreso al nivel medio superior en México se hace mediante el Concurso de Asignación a la Educación Media Superior (examen COMIPEMS). También es posible ingresar mediante la inscripción a una institución educativa privada. Esta última es una de las principales razones por las cuales los estudiantes participantes de este estudio se encuentran estudiando en este colegio. Otra de las razones más frecuentes es que toda su formación escolar básica ha sido en los diversos planteles educativos que ofrece el colegio. Otras razones son la cercanía del colegio a sus hogares o a los lugares de trabajo de sus padres.

El Colegio imparte clases siguiendo el programa de estudios de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), una institución educativa a nivel bachillerato de la UNAM y que depende de la Dirección General de la Escuela Nacional Preparatoria (DGENP). La duración del programa es de tres años y está dividido

en cuatro áreas en su último año escolar: Físico - Matemáticas y las Ingenierías, Ciencias Biológicas y de la Salud, Ciencias Sociales y Artes y Humanidades.

El desarrollo de este estudio se llevó a cabo en la asignatura de Biología IV (Clave 1502), asignatura obligatoria del 5° Año (Núcleo Formativo-Cultura, equivalente a segundo año de preparatoria en escuelas públicas) la cual tiene una carga horaria de 4 horas semanales (3 horas teóricas y 1 hora práctica). La innovación se implementó durante el ciclo escolar 2017- 2018 cuyo programa vigente corresponde al Plan 96 de la ENP. Cabe mencionar que durante el mismo año que se llevó a cabo la implementación de actividades que dieron lugar a este trabajo se presentó una reestructuración de dicho plan de estudios, el cual entró en vigor en el ciclo escolar 2018-2019.

2.1.3. Estudiantil

El grupo de trabajo con el que se realizó la implementación que da lugar a esta tesis es un grupo de quinto año de preparatoria, el cual esta conformado por 28 estudiantes (11 mujeres y 17 hombres) con edades comprendidas entre los 16 y 18 años. Para efectos prácticos de este trabajo, se les preguntó si tenían alguna creencia religiosa a lo que 9 estudiantes se denominaron a si mismos como católicos, 1 como cristiano, 1 como ateo y 16 mencionaron no tener alguna creencia religiosa. Solo uno de los estudiantes no respondió esta pregunta.

Las razones principales por las que los estudiantes se encuentran estudiando en dicho colegio privado son tres: la primera es que han estado desde la formación básica en él, la segunda es porque viven cerca del mismo y el traslado a sus hogares es más corto, y la última, pero no menos importante, no alcanzaron el puntaje necesario para entrar a una institución pública. Considero importante mencionar esto último, ya que en algunos casos habla del nivel de aprovechamiento escolar que tienen los estudiantes del plantel, que podríamos considerar entre medio y bajo.
La escuela no es muy grande en cuanto número de estudiantes y profesores comparada con las instituciones públicas de educación media superior de la ciudad. Gracias a esto, la mayoría de los estudiantes y profesores se conocen a

pesar de estar en diferentes grados. Estas interacciones permiten que se genere un ambiente de confianza, haciendo que los estudiantes sean más abiertos a expresarse, mencionan lo que les gusta, lo que no quieren y sus inconformidades ante situaciones que los afecten ya sea sobre alguna materia o algún docente. Ellos están acostumbrados al esquema clásico de enseñanza basado en transmisión – recepción, mencionando que "*sus maestros solo exponen los temas y hacen exámenes*". A veces hacen preguntas, pero casi siempre copian el tema sin mayor duda y no es hasta que uno los cuestiona que empiezan a externar un poco más sus propias inquietudes. También, en mi experiencia con ellos, me percaté que no están acostumbrados al trabajo en equipo (cuando las actividades son así, suelen dividir las tareas entre ellos, por ejemplo, en el laboratorio).

En el caso de este trabajo, los dos temas abordados durante la innovación didáctica fueron los organismos transgénicos y la modificación genética en humanos. A pesar de ser temas que están presentes en su vida diaria, para ellos es difícil vislumbrar cómo es que forman parte de ella. Por lo cual, en el marco de la Maestría en Biología para la Formación Ciudadana, se desarrolló una secuencia didáctica para estos estudiantes.

2.1.4. Curricular

Los temas que revisamos en clase de biología se ven conforme al programa de estudios de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y no habían sido modificados desde 1996. El tema de genética es abordado de la siguiente manera. Después de revisar el tema de reproducción celular y tipos de reproducción, se inicia el tema de "Desarrollo e importancia de la genética"y posteriormente "Herencia Mendeliana y Teoría Cromosómica". El programa propone un total de nueve horas para cubrir ambos tópicos, dando un peso de dos horas al primero y siete horas al segundo.

Debido al poco tiempo propuesto, no se ahonda mucho en el tema de ingeniería genética. Inclusive, el libro de texto utilizado por los estudiantes sólo proporciona dos páginas para explicarlo. La manera en la que el programa de estudios propone al docente abordar el tema central de esta tesis se presenta en la figura 1.

Desarrollo e importancia de la genética•	Se estudiará el desarrollo de la genética y se analizarán sus aportaciones para la construcción de nuevos conocimientos biológicos y la resolución de necesidades humanas. Por ejemplo usos de la ingeniería genética.	Los alumnos revisarán el origen y desarrollo histórico de la genética y reconocerán, con orientación del profesor, algunos de los problemas científicos y sociales en los que la genética ha aportado conocimientos para su solución. La información se discutirá en grupo, destacando su importancia. A partir del análisis de investigaciones en el campo de la ingeniería genética se analizará en grupo su importancia y aplicación en la resolución de las necesidades humanas.

Figura 1. Propuesta del programa de estudios para el abordaje del tema de ingeniería genética. Fuente: Programa Operativo de Biología IV de la ENP.

La enseñanza de la genética, y más específicamente sus aplicaciones, es uno de los tópicos en biología que presentan mayor dificultad de comprensión por parte de los estudiantes (Johnstone y Mahmoud, 1980). Debido a la complejidad y a lo abstracto de los conceptos, estos temas del currículo suelen ser difíciles de asimilar por los estudiantes, y su escasa comprensión puede generar problemas para comprender algunos otros temas relacionados, lo que también brinda importancia a la selección del tema.

2.2. Secuencia didáctica

Para llevar a cabo este trabajo, se desarrolló una secuencia didáctica siguiendo el modelo de Sanmartí (1997). La autora divide este modelo en cuatro momentos o fases:

- **Exploración** de ideas previas
- **Introducción** de nuevos conceptos/procedimientos
- Estructuración del conocimiento (**Síntesis**)
- **Aplicación**

La secuencia realizada consistió en un total de cuatro actividades, una para cada fase según el modelo anteriormente señalado. La duración fue de 5 horas en total, divididas en dos semanas durante el mes de abril de 2018.

La secuencia elaborada y desarrollada en el aula se presenta a continuación:

Título de la secuencia	La genética: un tema sociocientífico y controversial.

Aprendizajes esperados	• Los estudiantes reconocen las siguientes características del ADN y ARN:
	  o Estructura
	  o Principales funciones
	• Los estudiantes reconocen las aportaciones de la genética para la construcción de nuevos conocimientos biológicos y la resolución de necesidades humanas.
	• Los estudiantes son capaces de tomar decisiones fundamentadas sobre temas donde se ve implicada la genética.
	• Los estudiantes ponen en juego sus conocimientos científicos, así como sus principios éticos y morales para la toma de decisiones en temas asociados con la genética.

Destinatarios	**Grado escolar: Quinto de bachillerato** **Edades: 15 a 18 años** **Asignatura: Biología IV**
Temporalidad	**300 minutos divididos en 4 sesiones**
Materiales	• **Videos divulgativos** • **Artículo de divulgación sobre aplicaciones de la genética.** • **Cuestionarios impresos.** • **Proyector y computadora.**

Fases de la secuencia	Descripción de actividades
Exploración	**Actividad:** Lectura de Artículo de Divulgación. **Objetivo:** Explorar conocimientos previos de los estudiantes sobre la técnica CRISPR-Cas a partir del análisis de un artículo de divulgación científica. **Tiempo: 60 minutos** **Descripción:** Los estudiantes leerán un artículo sobre ingeniería genética y se les pedirá que seleccionen los conceptos que no conocen y que consideran importantes para entender el texto en color rojo y los que conocen y que consideran importantes para entender el texto en color azul. **Materiales:** - Copia del artículo "Las tentaciones de editar nuestro genoma" (http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/200/las-tentaciones-de-editar-nuestro-genoma) para cada estudiante. - Lápiz bicolor para cada estudiante.
Introducción	**Actividad:** Visualización de Videos **Objetivo:** Introducir al estudiante mediante una serie de 3 videos de divulgación, los conceptos de ADN, modificación genética y transgénicos. **Tiempo: 60 minutos** **Descripción:** Se proyectará a los estudiantes una serie de tres videos de divulgación (DNA: https://youtu.be/NQaZecHCCNA, IG: https://youtu.be/jAhjPd4uNFY, OGM https://youtu.be/7TmcXYp8xu4) sobre temas de genética con la finalidad de introducirlos a conceptos como ADN, CRISPR-Cas, Organismos Genéticamente Modificados (OGM) y a las implicaciones que tienen las tecnologías de modificación genética. Posteriormente, se les solicita que respondan un cuestionario para conocer sus percepciones del tema. **Materiales:** - Proyector y computadora. - Cuestionario digital por estudiante.

Estructuración del conocimiento (Síntesis)	**Actividad:** Análisis de un caso simulado asociado a un tema sociocientífico. **Objetivo:** Que los estudiantes ofrezcan una solución y argumenten su decisión. **Tiempo: 60 minutos** **Descripción:** Se forman equipos de 5 estudiantes. El profesor solicita a los equipos que analicen y den solución a dos casos simulados basándose en lo que se ha trabajado en clases anteriores. Deberán argumentar el por qué de la decisión y plasmarlo por escrito. También deberán grabar el audio de la conversación en el equipo. **Materiales:** - Impresión de los problemas por equipo. - Celular con grabación de audio por equipo.
Aplicación	**Actividad 1:** Debate grupal. **Tiempo estimado: 120 minutos.** **Objetivo:** Que el estudiante sea capaz de dar y defender un punto de vista frente al tema "Organismos genéticamente modificados" y/o al tema "Modificación genética en humanos". **Descripción:** Se divide al grupo en dos equipos. Los estudiantes eligen libremente el tema en el que desean participar y debatir. Los estudiantes deberán defender la postura que les tocó buscando hacer uso de los conocimientos adquiridos durante las sesiones y con información que ellos investiguen por su parte, siendo el profesor el mediador durante el debate. **Materiales: No necesarios.**

2.2.1. Selección de actividades

La secuencia didáctica consistió en un total de 4 actividades, una por cada fase del modelo de Sanmartí (1997). Las actividades correspondientes a la fase de introducción a nuevos conocimientos (cuestionarios) y la fase de síntesis (resolución de problemas) se seleccionaron para su análisis con base en dos criterios:

- Que las producciones estuvieran completas en su resolución y entrega (las indicaciones se habían seguido correctamente, todas las preguntas estaban contestadas y habían participado en la discusión grupal).
- Que en las respuestas de los estudiantes pudiéramos observar la relevancia de recursos didácticos y los factores epistémicos y no-epistémicos frente al tema de aplicaciones de la genética.

La actividad correspondiente a la fase de exploración (artículo de divulgación) la incorporé únicamente como ejemplo para que las personas que lean este trabajo utilicen mi experiencia en la selección de recursos y herramientas didácticas. Esto, como una invitación a reflexionar la importancia que tiene elegir este tipo de materiales de forma contextualizada, amena y de fácil compresión para lograr un buen desarrollo de la secuencia didáctica donde se utilicen. La actividad correspondiente a la fase de aplicación (debate) no se analizó ya que sólo participaron 4 estudiantes del total que conformaba el grupo. La razón de lo anterior fue que, debido a que la actividad la realizamos al final del ciclo escolar, la asistencia no fue completa por parte del grupo y para mí era importante conocer la opinión grupal.

2.3. Investigación cualitativa como perspectiva metodológica

De acuerdo con Taylor y Bogdan (1994) la investigación cualitativa presenta ciertas características: es inductiva y tiene una perspectiva holística en la cual los sujetos de estudio son considerados parte de un todo y donde se comprende el marco de referencia. Para el investigador cualitativo, todas las perspectivas son igual de valiosas, y los investigadores se caracterizan por intentar apartar

sus propias creencias, perspectivas o predisposiciones para facilitar el ajuste entre los datos y la realidad de lo que se dice. Se toman en cuenta los contextos, intereses y experiencias para comprender, caracterizar e interpretar fenómenos y significaciones sociales. Por ende, la investigación cualitativa no se limita a una sola persona o contexto: para la investigación cualitativa pueden existir diferentes escenarios y personas que pueden ser sujetos de estudio.

A partir de lo expuesto con anterioridad, las actividades implementadas se ven inmersas dentro del enfoque cualitativo ya que hay una estrecha relación con los sujetos de estudio y un acercamiento a sus ideas respecto al tema implementado, considerando el contexto en el que se sitúan y los intereses que pueden tener respecto a la temática abordada.

Dado los instrumentos utilizados para la toma de datos, utilizamos los métodos de análisis de contenido (para analizar las respuestas obtenidas en los cuestionarios) y el análisis conversacional (para analizar las transcripciones de sus conversaciones en equipos). Lo anterior se encuentra enmarcado dentro del triángulo didáctico, el cual funcionará como un modelo de aproximación para comprender los elementos dentro del aula de clases y sus interacciones.

2.3.1. Triángulo didáctico

Para Serrano y Pons (2008, p.694):

> "La adopción del triángulo didáctico como unidad de análisis […] equivale a considerar como unidad mínima significativa para comprender los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el aula, la articulación, en un todo significativo, de las actuaciones del profesor y los alumnos en torno a un determinado contenido, lo que equivale a sustituir el concepto de interacción (función) por el de interactividad (funcionamiento)."

Con base en lo anterior, una estrategia que me pareció útil fue la de presentar el análisis de los datos usando los elementos del triángulo didáctico y sus interacciones, las cuales se ilustran en la figura 2.

Figura 2. Elementos del triángulo didáctico e interacciones. Fuente: Elaboración propia.

En los siguientes apartados describo lo realizado en cada uno de los elementos e interacciones y cuyos resultados del análisis los presento en el capitulo 3 de esta tesis.

Dichos elementos los analicé desde la perspectiva epistemológica de la hermenéutica conocida como descripción densa, la cual menciona Weiss (2017). Ésta consiste en realizar descripciones teóricamente informadas, pero también con un contexto empírico inherente permitiendo explicar hechos observados e interpretarlos de forma crítica.

i. Elemento del Triángulo Didáctico: Contenido

En este elemento analizo los instrumentos que utilicé como materiales didácticos para presentar el contenido "Desarrollo e importancia de la genética"a los estudiantes. Fueron tres los instrumentos con los que se llevó a cabo la revisión:

- Artículo de Divulgación *"Las tentaciones de editar nuestro genoma" (http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/200/las-tentaciones-de-editar-nuestro-genoma)*, el cual es un artículo editado por la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la Universidad Autónoma de México y el cual fue publicado en el número 200 de la revista *"¿Cómo ves?".*

- Tres videos de divulgación científica, los cuales abordan las temáticas de estructura del ADN *(¿Qué es el ADN y cómo funciona? https://youtu.be/NQaZecHCCNA*), ingeniería genética (*La Ingeniería Genética Cambiará Todo Para Siempre – CRISPR.* https://youtu.be/jAhjPd4uNFY) y Organismos Genéticamente modificados *(¿Son los transgénicos buenos o malos? Ingeniería Genética y nuestra comida.* https://youtu.be/7TmcXYp8xu4)

- Dos casos simulados sobre asuntos sociocientíficos: uno sobre la modificación genética en embriones y otro sobre cultivos de algodón transgénico los cuales fueron diseñados por mí con base en noticias existentes.

ii. Elemento del Triángulo Didáctico: Profesor

En este elemento analizo mi práctica docente en función de mi interacción con el contenido y con mis alumnos. En estas interacciones abordo tres aspectos:

- La influencia de mi formación profesional (cómo docente y cómo bióloga) en el dominio del contenido disciplinar y pedagógico.
- Las motivaciones que dieron pie a este trabajo.
- Los aspectos institucionales que me apoyaron o limitaron durante mi práctica docente.

iii. Elemento del Triángulo Didáctico: Alumno

En este elemento analizo de manera sucinta el contexto estudiantil que corresponde a la revisión del diagnóstico realizado antes de la implementación. El análisis de este elemento lo abordo con mayor amplitud en el apartado correspondiente a la relación Alumno-Contenido.

iv. Interacción: Contenido - Profesor

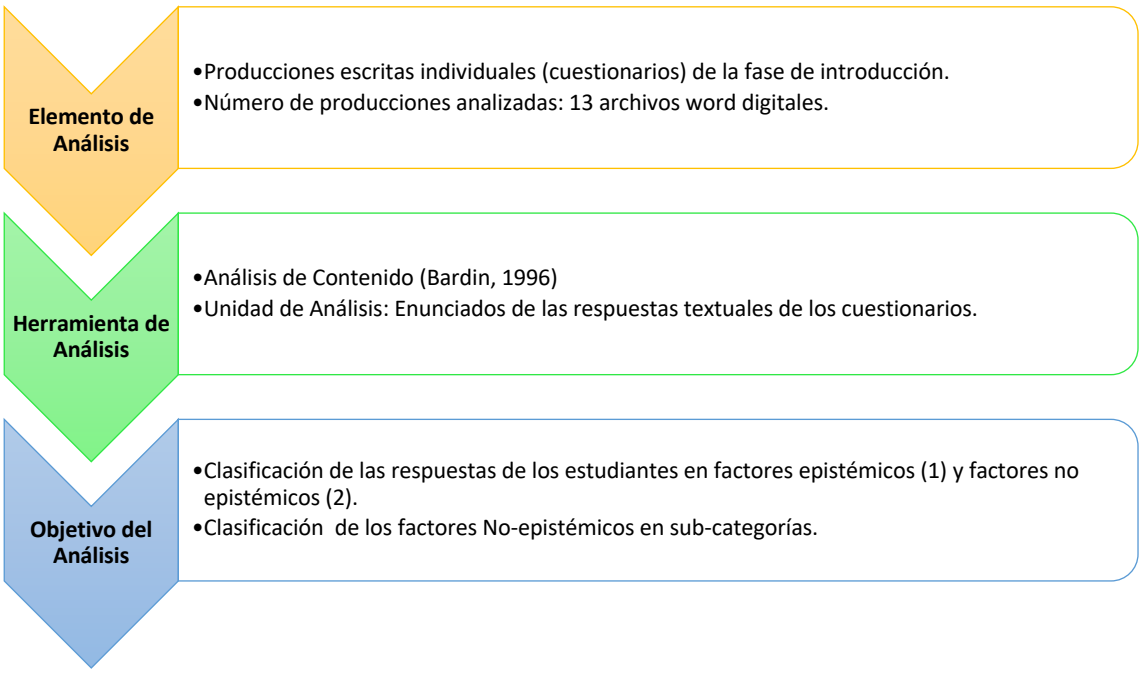
Para esta interacción hago hincapié en cuáles eran las expectativas de aprendizajes que esperaba que mis estudiantes alcanzaran sobre el tema de desarrollo e importancia de la genética. También hago una breve reflexión sobre lo que yo conozco del contenido y de cómo enseñarlo. Finalmente, presento las reflexiones sobre la experiencia del diseño de secuencias didácticas en el marco institucional.

v. Interacción: Contenido – Alumno

En esta interacción, hago un análisis de las respuestas de los estudiantes en las actividades de la secuencia diseñada. Para ello hice una revisión de las actividades correspondientes a la fase de introducción a nuevos conocimientos y la fase de síntesis.

Para la fase de introducción utilicé el análisis de contenido propuesto por Bardin (1996) que consiste en generar categorías a partir de un *corpus* de análisis, en

las cuales los resultados brutos son tratados de manera que resulten significativos y válidos. A partir de esto, pueden generarse inferencias e interpretaciones a propósito de los objetivos previstos o referentes a otros hallazgos no previstos. La forma en que llevé a cabo el análisis se presenta en la figura 3.



(1) Factores epistémicos: Conocimientos científicos y de epistemología de la ciencia (evidencias, inferencias).

(2) Factores no-epistémicos: De naturaleza personal y social, relativos a las actitudes y la axiología, aunque ello no excluya alguna relación con lo epistémico.

Figura 3. Esquema de análisis de contenido de la actividad de la fase de introducción. Fuente: Elaboración propia.

Las producciones analizadas las seleccioné con base a que todas las preguntas del cuestionario estuvieran contestadas, por lo que al final solo se obtuvo un total de 13 producciones completas. De esas producciones se obtuvieron las categorías y subcategorías que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Categorías de clasificación de respuestas[1].

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
FACTORES EPISTÉMICOS **Aquellos que se refieren a los conocimientos científicos y de epistemología de la ciencia. En este trabajo, hemos subcategorizado los elementos epistémicos en tres grupos:**	**FEC** **¿Qué?** **(Concepto)**	Son los relativos a los conceptos científicos o bien, las definiciones que los estudiantes dan a dichos conceptos. Estas pueden o no coincidir con las definiciones correctas reales. Incluye conceptos cómo ingeniería genética y organismo genéticamente modificado.
	FET **¿Cómo?** **(Técnica/herramienta)**	Son los relativos a los procesos científicos o bien, las formas de realización de la ciencia que los estudiantes mencionan se llevan a cabo.
	FEP **¿Para qué/quién?** **(Propósito)**	Son los relativos a los motivos y objetivos del quehacer científico o bien, las razones por la cuales los estudiantes mencionan y consideran se lleva a cabo la actividad científica.
FACTORES NO EPISTÉMICOS **De naturaleza personal y social, relativos a las actitudes y la axiología (naturaleza de los valores o juicios valorativos), aunque ello no excluya alguna relación con lo epistémico. Aspectos como las creencias culturales, sociales, políticas, morales y religiosas, las emociones y sentimientos, los valores y normas, los intereses, etc.**	**FNER** **Religiosos**	Hace referencia a un conjunto de creencias o dogmas acerca de la divinidad, de sentimientos de veneración y temor hacia ella o que funda las relaciones del ser humano con la divinidad en la naturaleza misma de las cosas. Menciona a un ser Divino o Dios creador de las cosas.
	FNEM **Morales**	Perteneciente o relativo a las acciones de las personas, desde el punto de vista de su obrar en relación con el bien o el mal y en función de su vida individual y, sobre todo, colectiva.
	FNEC **Culturales**	Que hace referencia a un conjunto de modos de vida y costumbres, conocimientos y grado de desarrollo artístico, científico, industrial, en una época, grupo social, etc. Hace referencia específica a su lugar de origen o país donde habita (México).

Para la fase de síntesis (resolución de problemas en grupos), recurrí al análisis conversacional, cuyo objeto de estudio radica principalmente en las actividades lingüísticas que caracterizan una determinada comunidad y las relaciona con el contexto social y la situación o evento comunicativo; reconoce que las prácticas de interacción representan las actividades básicas que regulan la vida social. El habla en interacción (*talk-in-interaction*) es el término general con el que se

[1] *[FEC= Factores Epistémicos del ¿Qué?, FET= Factores Epistémicos del ¿cómo?, FEP= Factores Epistémicos del ¿por qué?, FNER= Factores No Epistémicos Religiosos, FNEM=Factores No Epistémicos Morales; FNEC= Factores No Epistémicos Culturales]*

define el objeto de investigación del análisis conversacional (Drew y Heritage, 1992). En consecuencia, su principal propósito es llegar a describir las estrategias que utilizan los miembros de una determinada comunidad para realizar sus actividades comunicativas y sociales.

En este sentido y bajo estas consideraciones analicé parte de las interacciones desarrolladas en el aula, como se expresa en la figura 4. En total analicé 9 conversaciones, dónde participaron los 28 estudiantes del grupo.

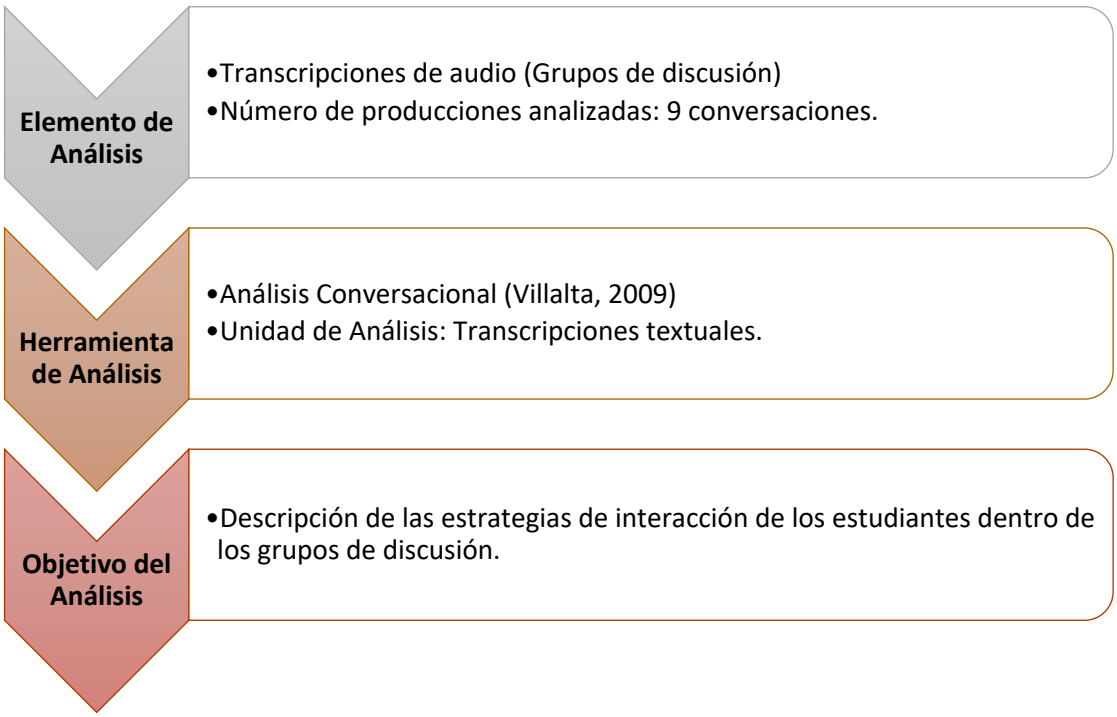


Figura 4. Esquema de análisis conversacional de la actividad de la fase de síntesis. Fuente: Elaboración propia.

Para este análisis utilicé la propuesta de Villalta (2009), la cuál busca interpretar los diálogos profesor-estudiante mediante un cuadro que explicita la dimensión temporal y jerárquica de la conversación (fig. 5). En el caso de este trabajo, usé el análisis de diálogos estudiante-estudiante.

Cuadro comunicativo	**¿Qué contexto socio espacial?** **(Espacio, tiempo, propósitos, cualidades de los participantes)** **¿Qué dinámica participativa es común?** **(Estatus, roles interacciónales).**		
Fases	**Inicio** ¿Cómo se inicia la conversación? ¿Cuánto tiempo dura el inicio?	**Desarrollo** ¿Cuál es el tema central? ¿Cuánto tiempo dura el desarrollo?	**Cierre** ¿Cómo cierra la conversación? ¿Cuánto tiempo dura el final?
Secuencia	¿Cuáles son los temas de inicio? ¿Cómo se intercalan entre ellos?	¿Cuáles son los temas que componen el cuerpo central de la interacción?	¿Hay temas de cierre? ¿Se explicitan conclusiones?
Intercambio	¿Qué tipo y propósito tienen las estructuras de intercambio?	Los intercambios aquí ¿cambian o confirman el contexto?	¿Qué estructuras describen los temas de cierre? ¿Cambian o confirman el contexto?
Intervención	¿Quiénes intervienen? ¿Qué acto director, qué intervención?	¿Cambian los roles y estatus de los interlocutores?	¿Reeditan intervenciones de Fase inicial?
Actos de habla	¿Qué contenidos gramaticales la caracterizan? ¿Qué relación tiene con el contexto comunicativo?		

Figura 5. Dimensión temporal y jerárquica del Análisis de la Conversación. Adaptado de Villalta 2009.

A continuación, describo brevemente los aspectos analizados en el cuadro anterior:

- Cuadro comunicativo: Se refiere al contexto donde se llevó a cabo la interacción y la conversación. En él, confluyen una serie de elementos que permitieron caracterizar la dinámica de la conversación. Dichos elementos se resumen en la figura 6.

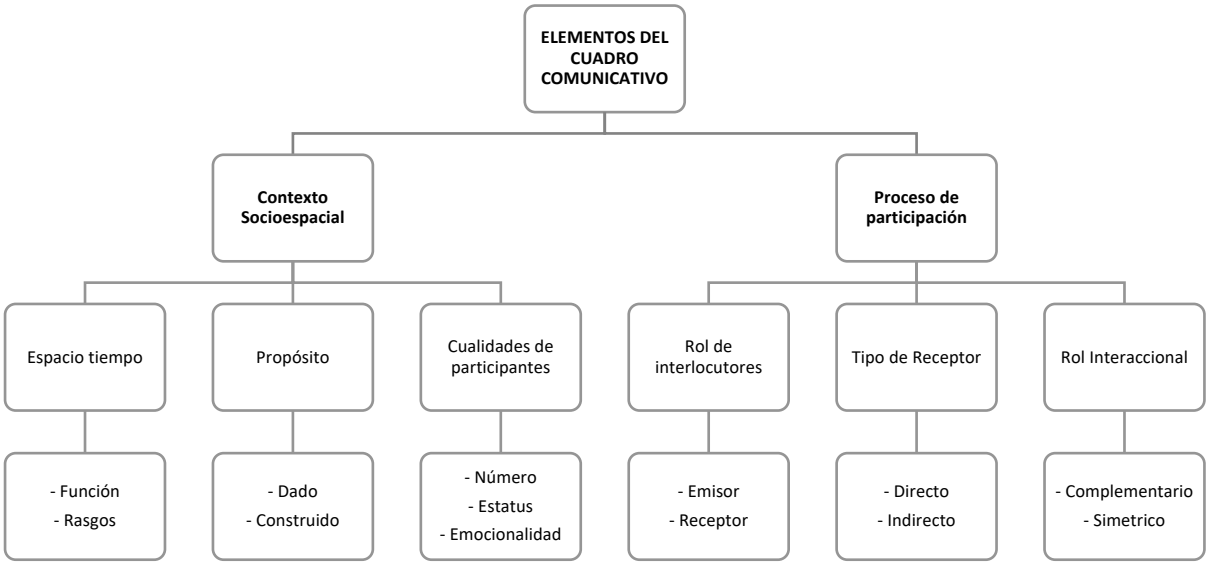


Figura 6. Elementos del cuadro comunicativo. Adaptado de Villalta 2009.

- Fases: En el proceso de comunicación, se pueden observar tres momentos como un primer acercamiento al discurso y permite organizar la conversación en el tiempo y el espacio. Estos momentos son el inicio, desarrollo y cierre.

- Secuencias temáticas: Son partes de la conversación vinculadas a un significado o tema (coherencia semántica) y cómo los hablantes participan para construirlo (coherencia pragmática). Las secuencias están delimitadas por el significado preexistente de los espacios, tiempos y participantes.

- Intercambios: a su vez, las secuencias temáticas están formadas por intercambios. Son dependientes del contexto y son considerados un proceso de negociación entre los participantes de la conversación. Hago distinción de tres tipos básicos:

    - Los intercambios *simples* dónde hay un inicio-respuesta-cierre (I-R-C). Ejemplos de esto son los saludos o las interacciones dónde se hace una pregunta, se da respuesta y esta se confirma.

- Los intercambios *complejos*, que se refiere a aquellos en que la reacción o respuesta de uno de los interlocutores impide el cierre del intercambio en tres intervenciones, extendiéndose la negociación. Un ejemplo de esto puede ser las explicaciones.

- Intercambios *inconclusos o truncos*: dónde no se presenta una respuesta o cierre o dónde no haya una confirmación de este. Estos tienen que ver con un inicio que no es claro o no lo suficientemente estructurado.

- Intervenciones: Son los actos del habla dónde se describen los intercambios entre los participantes en diversos grados.

- Actos del habla: son los que articulan la intervención de un locutor en un intercambio, definiendo su rol, identidad y posibilidades de participación en dicho intercambio, el cual refiere a una secuencia temática determinada en un cuadro comunicativo específico. En el caso de la propuesta utilizada, hago referencia a tres actos:
  - Afirmaciones: orientadas a describir el mundo.
  - Declaraciones: orientadas a generar mundo.
  - Promesas: el acto lingüístico que posibilita la coordinación de acciones con otros.

La interpretación de datos en una conversación las integro en dos momentos: (1) la organización jerárquica que permite comprender los significados de las acciones verbales en el contexto de la comunicación, y (2) la organización secuencial de la interacción, reconociendo los propósitos y cambios a lo largo de la conversación. El uso del cuadro comunicativo para obtener información de las conversaciones ayuda a dar cuenta de las configuraciones conversacionales que caracterizan a los hablantes, pero también la forma de generar y gestionar nuevas estructuras de significado (Villalta, 2009).

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

"La experiencia: ese es el más brutal de los maestros. Pero aprendes, Dios mío, aprendes."

C.S. Lewis, académico y novelista.

En el siguiente apartado presento los resultados obtenidos en los análisis y la discusión alrededor de estos. Los apartados siguen la lógica del triángulo didáctico y las relaciones entre sus elementos. Se ahonda, en particular, en el apartado de la relación contenido-estudiante ya que ahí se llevó a cabo el análisis de las producciones de los estudiantes, y en el apartado del profesor, puesto que, siendo un posgrado profesionalizante, la reflexión sobre la práctica docente fue un proceso esencial y una fuente de información que puede dar luz a otros profesores en su práctica diaria.

3.1. Mis 28 increíbles razones para ser profesora: El diagnóstico de mis estudiantes.

Podremos ser los más especializados en nuestra área, conocer todas las herramientas didácticas existentes y haber asistido a una gran cantidad de cursos de actualización docente; pero sin estudiantes a quienes enseñar, nuestra profesión carece de sentido. En este apartado pretendo presentar un panorama general de quiénes fueron los estudiantes con los que trabajé, usando como base el diagnóstico que realicé con ellos. Posteriormente, describo lo que mis estudiantes lograron con respecto al contenido, al realizar las actividades de la secuencia didáctica.

Previo a la implementación de la secuencia didáctica, implementé un cuestionario diagnóstico a los 28 estudiantes para conocer algunas de sus percepciones alrededor del tema de genética. De este cuestionario se derivan las siguientes observaciones que sirvieron como preámbulo a la introducción del tema en clase:

En el cuestionario diagnóstico, solicité a los estudiantes que escriban las primeras cinco palabras que vienen a su mente cuando se les menciona la

palabra “genética”. Cuantifiqué los términos y elaboré una nube de palabras donde se observan todas las respuestas (Figura 7). Entre mayor tamaño tenga la palabra, refiere a que tuvo una mayor frecuencia de mención por parte de los estudiantes.

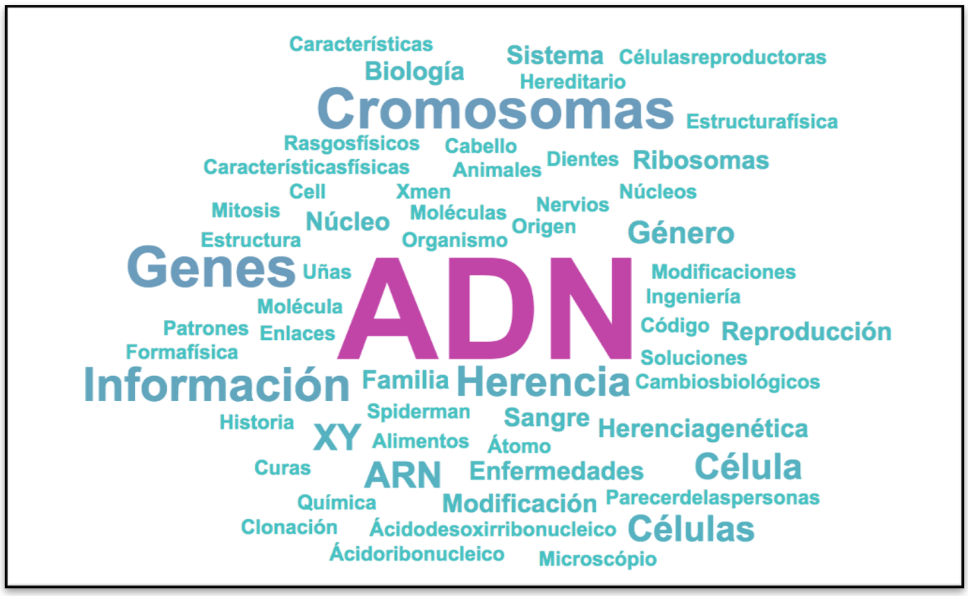


Figura 7. Nube de palabras de los términos que los estudiantes asocian a la palabra “Genética”.

En la Figura 7 se puede observar una clara tendencia hacia el término ADN, además, muchos de estos tienen un trasfondo científico, lo que nos habla de algunas de las ideas previas que tienen los alumnos sobre el tema, aunque no podríamos verificar si son comprendidas.

Otro aspecto que es importante resaltar es dónde han escuchado el término y dónde lo han utilizado. Al realizar el análisis del diagnóstico, se encontró que la mayoría de los estudiantes encuestados refieren haberlo escuchado en Series de TV/ Películas/ Documentales/ Videos/Audios, seguido por la escuela. Los resultados de esta pregunta los muestro en la Figura 8, donde a mayor es el tamaño del área de color, mayor es la frecuencia de mención por parte de los estudiantes.

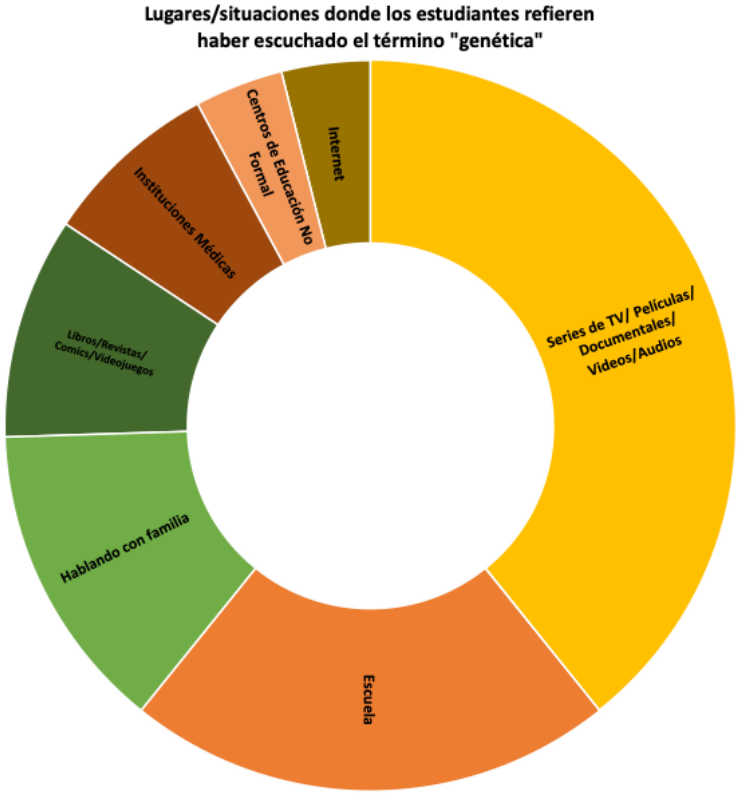


Figura 8. Respuesta a la pregunta ¿Dónde los estudiantes han escuchado el término "Genética"?

Cuando se les cuestionó sobre dónde lo han utilizado, la escuela se vuelve a ser el lugar principal, seguido del ámbito familiar (Figura 9). Finalmente, cuando se les cuestionó sobre si la genética tiene importancia en sus vidas, los 28 estudiantes refieren que sí la tiene.

Estos datos nos dan una idea general del conocimiento y vocabulario que han oído o que conocen. En el diagnóstico también les pregunté sobre si conocían qué es la *terapia génica*, 18 de ellos respondieron que no sabían que era, mientras que los 10 restantes mencionaron que era “curar algo con genes”. En el caso de *transgénicos*, 10 alumnos mencionan desconocer del tema, 8 mencionan que es algo genéticamente modificado, 5 mencionan que es una medicina, y 3 estudiantes mencionan que es el cambio de género (aquí hay una clara confusión entre el término “transgénico” y el término “transgénero”). Estos últimos datos nos indican que el tema a tratar durante la secuencia no solo es adecuado para cumplir con el currículo, sino que además atiende a la falta de información por parte de los estudiantes.

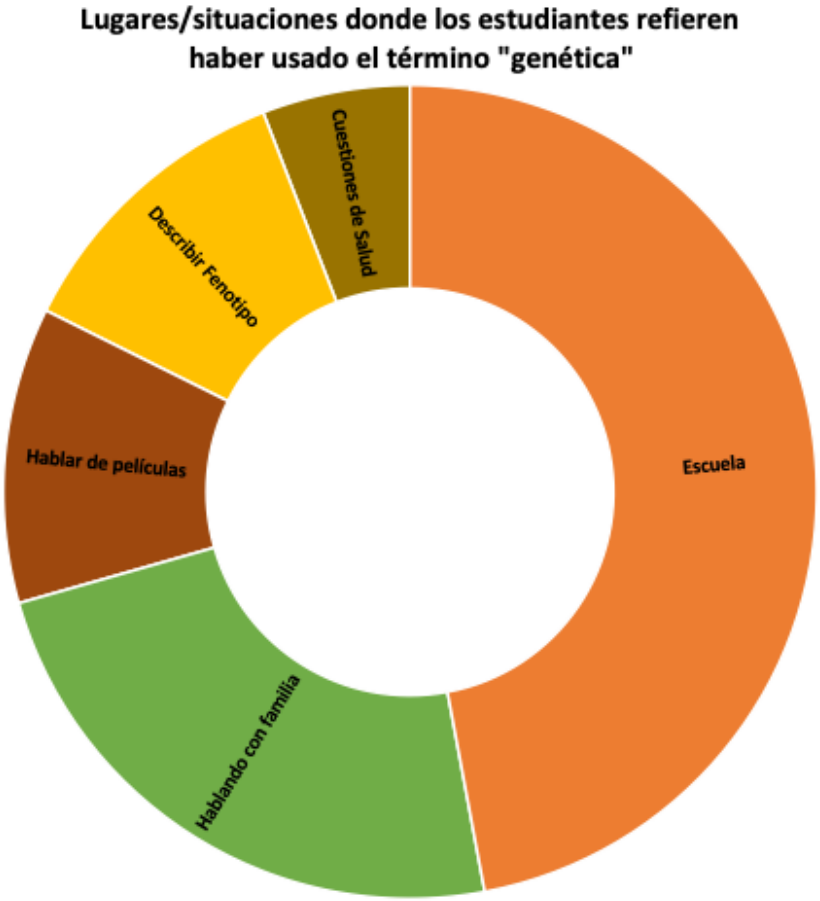


Figura 9. Respuesta a la pregunta ¿Dónde los estudiantes han utilizado el término "Genética"?

3.1.1. Planeación, secuencias y aspectos institucionales.

Si usted es profesor y esta leyendo esto, es muy probable que coincida conmigo en que la mayor parte de su trabajo no siempre se encuentra dentro del aula, y que muchas veces, el trabajo que hacemos fuera de esta no es ni conocido ni reconocido. La planeación de clases es uno de los procesos fundamentales que llevan a cabo los profesores cada día y me gusta decir que es la médula espinal de la profesión docente junto con el cariño de nuestros estudiantes.

El proceso de planeación es una labor del profesor que responde a los objetivos de la institución donde trabaja y al currículo que debe cubrir, del cual derivan aspectos pedagógicos y administrativos, la generación de materiales educativos, lineamientos de evaluación e innovaciones potenciales a la práctica pedagógica, entre otros aspectos. Se espera que, con la planeación, los profesores alcancemos a cubrir todos los temas de la asignatura y que, además, lo hagamos

de forma novedosa, dinámica, transversal y con los recursos (a veces limitados) con los que cuentan las instituciones. Planear se vuelve entonces una tarea titánica que demanda no solo mucho tiempo fuera del horario laboral, sino que además exige contar un cierto bagaje sobre herramientas pedagógicas y didácticas, conocer bien a sus estudiantes y una alta creatividad para lograr una transposición didáctica del contenido que esta enseñando.

Aunado a lo anterior, la planeación se vuelve más complicada por la cantidad de contenidos que se deben enseñar y el poco tiempo con el que se cuenta para llevar a cabo dicha tarea. En mi caso, por ejemplo, contaba con un total de 120 horas (90 horas teóricas y 30 horas prácticas) para abordar seis unidades (aproximadamente 44 contenidos con sus respectivos subtemas). Dentro de esas 120 horas deben contemplarse los días de asueto, actividades extraescolares, exámenes departamentales, vacaciones, entre otros aspectos que reducen el número de horas efectivas con los estudiantes. Desde mi experiencia (y la de otros compañeros docentes), el poco tiempo con el que se cuenta, y la gran cantidad de contenidos que se pretende alcanzar a cubrir, genera que la planeación se vuelva un proceso más burocrático para evitar perder nuestro empleo, que la forma en la que podemos acercar al estudiante a un nuevo conocimiento.

Quiero aclarar respecto a este punto que no dudo que existan profesores que sortean exitosamente el poco tiempo y recursos con los que cuentan, lo cual agradezco infinitamente pues sirven como ejemplo de que <<querer es poder>>. Sin embargo, si nos ponemos a pensar que la planeación “puede representar la diferencia en el cumplimiento de las metas socialmente esperadas en la formación de los futuros profesionales y ciudadanos” (Beltrán, 2011, p.4), tener el tiempo y los medios para llevar a cabo esta tarea de manera completa y efectiva, debería ser una de las principales medidas a tomar en cuenta al momento de pensar en la labor docente dentro de las reformas educativas y las capacitaciones que recibimos como parte de nuestra formación.

3.1.2. Análisis de los recursos didácticos

En este apartado se hace una descripción de las herramientas trabajadas con respecto al contenido "Desarrollo e importancia de la genética"y cómo se desenvolvieron en la práctica.

¿CRISPR…qué? El artículo de divulgación cómo herramienta didáctica en el aula.

La lectura es un proceso fundamental en el aprendizaje y se convierte en un instrumento esencial a partir del cual se puede seguir aprendiendo a lo largo de toda la vida. Dentro de las aulas, la lectura de diferentes tipos de textos forma parte del conjunto de actividades que pueden desarrollarse para aprender ciencia. La lectura de libros de divulgación, artículos de revistas especializadas, páginas de internet, así como el visionado de documentales audiovisuales son las vías más comunes de acceso a la constante producción científica de la sociedad (Márquez y Prat, 2005), por lo que su uso dentro de los salones de clase hace que sean una excelente herramienta para introducir a los estudiantes a un nuevo tema.

En el caso del presente trabajo, con la idea de reconocer algunos de los conocimientos previos con los que contaban los estudiantes sobre el tema de *Desarrollo e importancia de la genética*, utilicé un artículo de divulgación científica que aborda el tema de ingeniería genética mediante la técnica de CRISPR/Cas9 bajo el título "*Las Tentaciones de Editar Nuestro Genoma"*. El texto[2] fue obtenido de una revista de divulgación científica editada por la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Lo anterior, asegura -en cierto sentido- que la información brindada ahí es amena, fidedigna y contextualizada para el público al que va dirigido la revista, que son principalmente alumnos de bachillerato. Al menos, eso es lo que se pretende considerando el enfoque comunicativo que maneja la DGDC.

[2] Disponible en línea en: http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/200/las-tentaciones-de-editar-nuestro-genoma.pdf

Dicha actividad consistía en la lectura del artículo durante la clase (50 minutos) por parte de los estudiantes con la indicación de señalar con color azul las palabras y/o conceptos que les eran conocidos y que ellos consideraban importantes para entender el texto y con color rojo las palabras y/o conceptos que les eran desconocidos y que ellos también consideraban importantes para entender el texto.

Si bien autores como Estrada (2011) mencionan que una de las posibles funciones de la divulgación de la ciencia es fungir como una herramienta complementaria de la enseñanza escolarizada (lo que se buscaba en esta secuencia), son muchos otros aspectos los que se pueden aprovechar de un texto divulgativo o de cualquier otro elemento de divulgación científica. Entre ellos destacan los que tienen que ver con naturaleza de la ciencia. Por ejemplo:

- Informar a la sociedad sobre los avances y nuevas tecnologías que se están desarrollando en diversos campos de la ciencia, con un lenguaje más adecuado a las necesidades del lector y con base en sus intereses.
- Explicar algunos procesos y metodologías propias de la ciencia como una forma de demostrar que los grandes descubrimientos científicos no son solo casualidades, sino resultado de procesos meticulosos y varios intentos.
- Cómo el contexto en el que se desarrolla la ciencia influye en lo que se estudia en un momento dado y cómo este a veces responde a necesidades políticas, económicas y sociales.
- Que el lector logre comparar y confrontar lo que se le presenta con sus propios conocimientos y contexto, dando así valor a la información que se proporciona.
- Hacer que haya una visión positiva de la ciencia en el público no especializado, puesto que esto es de suma importancia para que la ciudadanía apoye al gremio científico y este pueda obtener más recursos para seguir trabajando.
- Fomentar el desarrollo de vocaciones científicas en los lectores.

Tomando en cuenta lo anterior, considero que la selección del material para una actividad de indagación sobre los conocimientos previos no fue la más idónea por razones que se explicarán a continuación. La experiencia durante esta implementación didáctica arroja resultados interesantes.

El primero de ellos es la complejidad del lenguaje que pueden llegar a presentar los textos divulgativos para los lectores. En el caso de mis estudiantes, era de esperarse que muchos de los términos a los que hace referencia el texto (entre ellos CRISPR-cas y algunos otros nombres de proteínas) les fueran desconocidos puesto que hacen referencia a una técnica muy especializada que difícilmente ellos podrán observar en un laboratorio escolar. Particularmente, las producciones a las que están expuestos los estudiantes y a las que los sometemos en el aula pueden presentar un lenguaje que no siempre es del dominio público, a pesar de que el lenguaje científico está presente en muchas de las publicaciones que se utilizan dentro del aula para la enseñanza de las ciencias, específicamente en los textos de divulgación científica.

Sin embargo, cabe destacar que no fueron solo términos del "lenguaje científico" los que desconocían. También había palabras del español cuyo significado ellos desconocían (entre ellas las palabras *proclives* y *asequibles*, que fueron subrayadas como desconocidas por más de un estudiante). Además del leguaje especializado que se utiliza en ese tipo de publicaciones, queda el aspecto de los conocimientos previos que presentan al momento de enfrentarse a un texto en la clase de ciencias. Para poder comprenderlo, el estudiante cuenta solo con su bagaje sobre el tema y léxico que ha podido generar a lo largo de su experiencia de vida. Abusamra y Joanette (2012) mencionan dos componentes importantes en la lectura. La primera es la decodificación, que se entiende como "la capacidad de reconocer y nombrar correctamente las palabras". Una buena decodificación, aunque necesaria, no es suficiente para adquirir el segundo componente, que es la comprensión de un texto. La compresión según las autoras implica un proceso donde entran en juego más habilidades lingüísticas (decodificación, memoria, atención, razonamiento, conocimiento del mundo, conocimiento de estrategias de lectura, etc.).

Considero lo anterior de suma importancia a tomar en cuenta al momento de elegir un texto como herramienta didáctica en el aula, aunado también a seleccionarlo para actividades más adecuadas para explicar algunos aspectos de naturaleza de la ciencia como se mencionaban anteriormente, o en otros momentos de la secuencia en lugar de la fase de exploración. En palabras de Márquez y Prat (2005, p. 432):

> "Los divulgativos son textos que tratan temáticas actuales y de cierta relevancia social. Su lectura requiere de un aprendizaje, de un acompañamiento por parte del profesorado para que el esfuerzo de compresión que les supone no sea desproporcionado con la información que consiguen. Este tipo de material no siempre atrae a los alumnos a pesar de utilizar técnicas comunicativas más actuales que los manuales, especialmente imágenes y esquemas."

Coincido con lo anterior. A pesar de que al momento de seleccionar el material consideré el nivel de mis estudiantes y el tema a tratar, que el material utilizara esquemas y que estuviera en español, varios de mis estudiantes refirieron que el texto era demasiado *largo* y *complicado* de entender por todos los "nombres raros" que mencionaba. Me gustaría terminar este apartado mencionando que, si bien es probable que la actividad que diseñé no fue la más adecuada para trabajar con ese material, y la respuesta que tuve de mis estudiantes no fue totalmente favorable, considero que el material es muy completo y puede ser trabajado desde otras perspectivas. También, que es una posibilidad adaptar los materiales para obtener una mejor respuesta por parte de los estudiantes (en el caso de la longitud, por ejemplo) y que es necesario hacer la lectura junto con ellos para detectar términos (científicos o no) que desconozcan y no permitan una buena compresión lectora o incentivar el uso de los diccionarios para despejar dudas.

Una imagen vale más que mil palabras: los videos de divulgación cómo herramientas en el aula.

Adicionalmente, en la secuencia se incluyeron tres videos de divulgación[3] que abordaban los temas de la estructura del ADN, la ingeniería genética y los transgénicos. Dichos recursos los seleccioné debido al contenido y a las imágenes que utilizan para mostrarlo. El objetivo de proyectar los videos durante la secuencia era introducir nuevos conocimientos a los estudiantes sobre el tema y recordar algunos que ya habían sido revisados (en el caso del video de estructura del ADN). Los elementos que fueron identificados por los estudiantes en estos videos se analizaron en base a las respuestas que proporcionaron en dos cuestionarios realizados después de la visualización del material y los cuales se incluyen en el Anexo I. Cabe recordar aquí que el objetivo de análisis del contenido era el de caracterizar factores epistémicos y no-epistémicos con los cuales los estudiantes asocian el tema de "Desarrollo e importancia de la genética"cuando se aborda en el aula como tema sociocientífico.

Algunos factores epistémicos en torno a la genética.

En cuanto al *¿Qué?* de la ciencia, tomé en cuenta la definición de lo que ellos consideran que es la IG o los OGM. La mayoría de los estudiantes refiere que la ingeniería genética es la modificación/manipulación del material genético/genes/ADN, que es a grandes rasgos lo que se menciona en el video acerca de esta técnica. Cabe destacar que a veces se refieren al ADN como lo que se modifica, y en otras ocasiones a los genes. Esto sugiere que los ven como elementos separados o muy diferentes entre sí. Esto creo que es importante destacarlo ya que podría denotar que no hay una completa compresión del concepto de ADN y de cómo este se relaciona con la IG. Como podemos identificar en las siguientes intervenciones de los estudiantes[4]:

> *Samara: **Es la modificación directa de los genes de un organismo** y su relación del ADN es que se clona la información del ADN y esto nos va a permitir formar un organismo.*

[3] Los videos utilizados fueron: 1) *¿Qué es el ADN y cómo funciona?* disponible en: *https://youtu.be/NQaZecHCCNA*; 2) *La Ingeniería Genética Cambiará Todo Para Siempre – CRISPR,* disponible en: https://youtu.be/jAhjPd4uNFY); y 3) *¿Son los transgénicos buenos o malos? Ingeniería Genética y nuestra comida,* disponible en: https://youtu.be/7TmcXYp8xu4

[4] Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué entiendes por ingeniería genética? que corresponden a la categoría de FEC.

Valentina: ***Es el conocimiento científico que da la posibilidad de modificar, editar, alterar o seleccionar el ADN.***

En el caso de los OGM, mencionan que son organismos que han sido alterados o modificados, redundando en el mismo concepto[5]*:*

Alfredo: ***Es un organismo que tiene su material genético modificado*** *para cualquier fin.*

Dante: ***Organismos que fueron modificados genéticamente.***

Mariana: ***Es aquel que ha sido modificado su material genético*** *para obtener características específicas.*

En cuanto a los *¿cómo?,* destacan algunos estudiantes que mencionan que la modificación se lleva a cabo gracias a la IG, lo que podría señalar que lograron entender que la herramienta que se usa para llevar a cabo la modificación de organismos es la IG. Sin embargo, es claro que la especificidad de la técnica (el uso de CRISPR-Cas por ejemplo) a pesar de haber sido mencionado en el video y el artículo, no es mencionado en ninguna de las respuestas de los estudiantes. Esto quizá por que fue el término mayormente mencionado cómo desconocido y que probablemente no quedo del todo claro con lo que el video menciona sobre la misma[6]*:*

Lucio: Un organismo cuyas características han sido alteradas ***mediante ingeniería genética.***

Nadia: Entiendo que es un organismo el cuál pasó por un proceso en que ***mediante una de las técnicas de la ingeniería genética*** *fue modificado con alguna finalidad, o varias.*

En el caso del *¿Para qué o para quién?,* hay una clara tendencia de los estudiantes a mencionar que la IG y los OGM son utilizados y creados con la finalidad de mejorar o curar a los organismos. Considero que esto es debido a

[5] Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Explica qué entiendes por Organismo Genéticamente Modificado (OGM)? que corresponden a la categoría de FEC.

[6] Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Explica qué entiendes por Organismo Genéticamente Modificado (OGM)? que corresponden a la categoría de FET.

que en el video se mencionan varias veces las posibilidades que se ha visto que la IG y los OGM tendrán a futuro. Sin embargo, ellos no toman en cuenta el factor de que aún es una ciencia en desarrollo y dan por hecho que la técnica es capaz de modificar los organismos para cualquier fin[7]**:**

> Valentina: Son organismos que se alterado genéticamente para poder **satisfacer ciertas necesidades y para hacerlos más resistentes, eliminar ciertas características o potencializarlas.**
>
> Nadia: Entiendo que es un organismo el cual pasó por un proceso en que mediante una de las técnicas de la ingeniería genética fue modificado **con alguna finalidad, o varias.**
>
> Joana: GMO es una técnica transgénica que agrega nuevo material genético a los genes en un **organismo para para ayudar y mejorar en el proceso industrial, además amortiguar los efectos de nuestro comportamiento irresponsable en el medio amiente.**
>
> Luisa: Embriones o personas **que son alterados para un bien.**

Algunos factores no epistémicos en torno a la genética.

Si bien yo esperaba que mis estudiantes usaran no solo sus ideas previas y los conocimientos que los videos podían compartirles, muchas de las respuestas de los estudiantes giraron sobre los factores no epistémicos. Los aspectos que más resaltaron son los que están relacionados con lo moral, lo religioso y lo cultural. Esto quizá no debería sorprendernos, pues hay autores como Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo (1989) que mencionan que sí puede haber cambios en los esquemas mentales de los estudiantes, sin embargo, son sólo pequeños o mantienen las ideas que originalmente tenían, lo cual es una de las grandes dificultades en la enseñanza de las ciencias.

[7] Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Explica qué entiendes por Organismo Genéticamente Modificado (OGM)? que corresponden a la categoría de FEP.

Aunque la mayoría de los estudiantes mencionaron en un principio no tener ninguna creencia o religión, este tipo de respuestas aparecieron varias veces y también hubo algunas referencias del tema en los grupos de discusión. Considero esto importante de mencionar pues en mi experiencia existe la noción de que las ideas religiosas no dan paso a las ideas científicas, lo que podría estar influyendo en sus respuestas[8]*:*

> *Mariana: En cuanto un punto moral y religioso las enfermedades existen por algo**, y Dios hace al hombre como debería de ser**, natural y haciendo modificaciones ya lo convierte en un ser diferente y no natural o hecho por "Dios", esto causaría más problemáticas de por qué transformar al hombre cuando este viene al mundo tal cual es con un fin.*
>
> *Nadia: Como dije anteriormente, en México las implicaciones en lo legal, moral y religioso serían muy fuertes porque estarían pensando en que cambiaste algo de ti, **y eso es ir en contra de la naturaleza y en lo religioso.***

En el caso de los factores culturales, destaca la idea que tienen los estudiantes de que México es un país donde el desarrollo científico es nulo o muy poco, y dudan de que una tecnología como la IG sea posible de desarrollar pronto en México. Además, tienen la idea de que México es un país sumamente religioso[9]*:*

> *Adán: **En México actualmente no se tiene la tecnología** y preparación para llevar a cabo la modificación genética en un ser.*
> *Gonzalo: Depende de qué tanto riesgo haya en someterse a una de estas técnicas, **en México probablemente habría repercusiones en el ámbito religioso, muchas personas estarían en contra de esas prácticas.***

[8] Respuestas de los estudiantes a la pregunta "El video menciona que quizá pronto sea posible hacer bebés genéticamente modificados. ¿Qué opinas acerca de la posibilidad de que en un futuro podamos ser excluidos o aceptados dependiendo de las características que la ingeniería genética puede ofrecernos? ¿Qué implicaciones científicas, legales, morales y religiosas puede tener en México?" que corresponden a la categoría de FNER.

[9] Respuestas de los estudiantes a la pregunta "La ingeniería genética es una ciencia en desarrollo, aun no se conocen todas las consecuencias que puede tener. ¿Considerarías someterte a esta técnica en algún momento de tu vida de ser posible? ¿Si o no y por qué? ¿Qué implicaciones científicas, legales, morales y religiosas puede tener en México?" que corresponden a la categoría de FNEC.

Valentina: ***También considero que México es un país que todavía se encuentra rezagado a diferencia de los países que son potencias y que van a la vanguardia*** *en el desarrollo de este tipo de tecnologías.*

Entre los factores morales, destacan muchas ideas sobre lo que es correcto o no, destacando que la IG y los OGM podrían causar daños dependiendo de cómo son utilizados: en algunos casos es valido y en otros no, sobre todo cuando se trata de seres humanos[10]*:*

Adán: Para investigaciones de las especies, para fines médicos o curar enfermedades hereditarias, agricultura y ganadería.

Valentina: Nos brinda la posibilidad de poder prolongar la vida y erradicar enfermedades mortales y la propensión a desarrollarlas, esto se traduce en un mejor estilo de vida para las personas.

Otros ejemplos*11*:

Alfredo: Que por ejemplo puede ayudar a los cultivos a ser mas resistentes contra las plagas y sequias y por lo tanto hay mejores cosechas y ya no se desperdiciaría tantos cultivos.

Samara: No estoy ni a favor ni en contra, debido a que en algunos casos pues si va a funcionar y a salvar muchas vidas, pero si empezamos a modificarnos y alterarnos, no sé qué tipo de consecuencias tendría, porque naturalmente nosotros nacimos con defectos y somos propensos a varias enfermedades.

Al analizar todas las respuestas, destaca el hecho de que ninguno de los estudiantes hace referencia explicita al video y tampoco utilizan evidencias científicas para completar sus respuestas, lo que las deja en un nivel de opiniones.

---

10 Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué ventajas consideras que tiene la ingeniería genética? que corresponden a la categoría de FNEM.

11 Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cuál sería tu postura frente al uso de la ingeniería genética para modificar seres vivos: a favor o en contra? ¿Por qué? que corresponden a la categoría de FNEM.

También, aunque no se menciona en la secuencia, utilicé videos en respuesta a las peticiones de la escuela de hacer uso de las TIC en las aulas y a experiencias previas bien recibidas por los estudiantes al hacer uso de este tipo de herramientas didácticas.

Pérez (2013, p. 68) menciona que “un vídeo educativo es un medio didáctico, motivador que facilita el descubrimiento y la asimilación de conocimientos para el estudiante, que integra imágenes y sonido permitiendo pues la imagen en movimiento y el sonido pueden captar la atención”. Además, el creciente uso de las TIC en clase y los avances tecnológicos que se presentan cada día, hacen que el uso de videos para enseñar contenidos sea cada vez más común en las aulas.

Por su parte, García (2014) menciona que el uso de videos como herramientas pedagógicas tiene un gran potencial debido no solo a que cada vez es más fácil tener acceso a esa tecnología, sino que cada día hay también un mayor desarrollo de programas y contenidos con fines didácticos y educativos. Sin embargo, recalca la importancia de utilizarlo de manera consciente tanto por parte del profesor como del estudiante, pues de lo contrario pierde su calidad como herramienta didáctica. El autor da una serie de recomendaciones para el uso de videos en el aula, los cuales discuto en función de lo percibido por mis estudiantes en la Tabla 2. Estos a su vez sirven como referentes para continuar haciendo uso de esta herramienta dentro del aula.

Cabe destacar que, aunque varias de estas recomendaciones se tuvieron en cuenta al momento de seleccionar los materiales visuales, algunos aspectos que quedaron de lado y que, ahora con base a la experiencia, considero son muy importantes a tomar en cuenta al momento de la planeación.

Tabla 2. *Aspectos que se deben consideraren el uso del Video Didáctico. Tomado y modificado de García (2014).*

RUBRO	*ASPECTOS PARA TOMAR EN CUENTA*	*COMENTARIOS CON RESPECTO A LA SECUENCIA IMPLEMENTADA*
Planificación	- Audiencia a la que va dirigido. - Objetivos que esperamos alcanzar. - El contenido del video con respectos a los objetivos propuestos. - Funciones que pretendemos desarrollar con el video.	Al momento de elegir los videos, se tomo en cuenta al grupo de quinto grado del bachillerato, el objetivo es que ampliaran sus conocimientos sobre los temas y el video se utilizó con la función de sustituir al profesor cómo el exponente del tema.
Contenidos	- Utilidad para los alumnos. - Nivel del lenguaje y los conceptos. - Aspectos del contenido que deben ampliarse, reforzarse y/o aclararse posteriormente. - Cantidad de información.	El lenguaje y la animación fueron las principales para seleccionar el material (eran muy vistosos y contemplaban personajes de la cultura pop reconocidos por los estudiantes, y aunque dos videos estaban en inglés, contaban con subtítulos) sin embargo, los aspectos que el video no abordaba con respecto a los temas, no se contemplaron para revisarlos después. Aun así, considero que la información que el video proporcionaba era suficiente.
Estrategia	- Cómo introducir al tema. - Bibliografía que requieren los alumnos para ampliar su información. - Actividades realizarán los alumnos y actividades que realizará el profesor durante la proyección del video.	Di una introducción del tema para explicar por qué veíamos los videos y también para dar la instrucción sobre lo que habrían de hacer durante su visualización; sin embargo, mi función no fue claramente especificada en la secuencia.
Evaluación	- Estrategia de evaluación de acuerdo con los objetivos contemplados en el video. - Como evaluar los aprendizajes. - La finalidad de la evaluación.	En este caso, para evaluar al estudiante, usé cuestionarios, no solo para reconocer qué contenidos habían empezado a apropiarse, sino también para conocer sus perspectivas y opiniones del tema.
Aspectos técnicos	- Contar con los recursos técnicos para utilizar el video (televisor, computador cables, videocasetera, interruptores de electricidad, proyectores de video, pantallas de proyección u otros). - Acceso a internet (en caso de requerirlo). - Estado de los equipos.	A pesar de que este rubro lo tomé en cuenta con anticipación y la escuela cuenta con todos los elementos necesarios, el día de la aplicación hubo problemas técnicos y tuve que hacer uso de otro espacio para que los estudiantes pudieran hacer la actividad.
Aspectos físicos	- Ubicación de los alumnos para el desarrollo de la estrategia. - Ubicación del reproductor de vídeo y/o pantalla.	Este aspecto no se había tomado en cuenta al momento de la planeación.

Los materiales seleccionados no solo presentan un contenido concreto y con lenguaje claro (en un principio se buscaron solo recursos en español, pero los videos en este idioma no contenían información útil o relevante para el tema, por lo que se optó por buscar materiales en inglés que tuvieran subtítulos) sino que, además, visualmente eran muy llamativos (especialmente los de transgénicos e ingeniería genética) y contenían personajes que los estudiantes lograron identificar[12], lo que llamó más su atención e hizo que mostraran mayor interés en ellos.

En el caso del video sobre estructura del ADN, si bien era el único video que estaba completamente en español, fue el que los alumnos refirieron que era el menos atractivo de los tres, por lo que considero importante tomar el aspecto visual al momento de elegir los materiales para lograr una mayor aceptación por parte del alumnado, claro, sin dejar de lado el contenido.

Y entonces les pregunto ¿ustedes que hubieran hecho?: el uso de situaciones controvertidas para enseñar ciencias.

En la fase de síntesis de esta implementación didáctica, loestudiantes realizaron una actividad donde mediante pequeños grupos debían dar respuesta a dos problemáticas sin solución que involucran conocimientos científicos y aspectos sociales y éticos. Las situaciones fueron diseñadas por mí con base en dos noticias que estaban relacionadas con el tema de interés. Una de las situaciones trataba el tema de ingeniería genética en embriones mientras que la otra abordaba el tema de cultivos de algodón transgénico (Anexo II). Me gustaría mencionar de manera sucinta que las situaciones de este estilo apoyan a la alfabetización científica del alumnado, entendiendo esta como lo que permite que los estudiantes hagan un uso social de lo que se sabe sobre la ciencia e invitando a hacer un uso más humano del conocimiento científico (Lindsay, 2011). A continuación, presento los resultados y discusión de los estudiantes en esta actividad. La notación que se utilizó en la transcripción de videos se encuentra en el Anexo III.

[12] Algunos de estos personajes pertenecen a las caricaturas de Dragon Ball, Rick y Morty; videojuegos como Mario Bros y películas como los Gremlins.

Tema: Análisis Prenatales

Equipo 1

Ana, Claudio, Nadia, Rodrigo, Valentina y Joana.

En el caso del equipo uno, los participantes son 6 estudiantes, 4 mujeres y 2 hombres con diferentes niveles de aprovechamiento escolar. Destaca la participación de una de las alumnas más sobresalientes de la clase y una alumna de intercambio proveniente de China. El equipo fue formado por ellos mismos y son estudiantes que frecuentemente trabajan juntos y tienen constante interacción. Los roles interacciónales son simétricos puesto que todos son estudiantes y no hay una separación jerárquica a pesar de los diferentes niveles de aprovechamiento escolar que presentan.

En el caso del equipo 1 hacen énfasis en los aspectos éticos y morales, y además es clara su posición neutra, pues mencionan que esto conlleva una carga ética muy grande y que solo puede ser usada en casos donde no sea una decisión de vida o muerte. Esta postura se hace presente en diversos momentos de la conversación y por distintos estudiantes. Destaca también la idea que tienen acerca del concepto de vida y muerte, y esto podría adjudicarse al hecho de que en las entrevistas de diagnóstico, todo este equipo menciona tener o ser parte de una religión, dónde es sabido que el aborto va en contra de las concepciones religiosas. Sin embargo, ninguno hace una mención explicita a su práctica religiosa, exceptuando Rodrigo que menciona la palabra “alma” al decir que*, <<al quitar la vida, también se quita el alma>>*[13]*:*

> ***Ana:*** *Sería como una postura neutro… porque lo bueno sí sería cómo prevenir enfermedades en o sea que tú le pases a tus hijos, pero lo malo es si se usa en el aborto.*
>
> ***Claudio:*** *Yo pienso sinceramente en mis pensamientos que está bien que se hagan los análisis genéticos (.5) pero que esto no te lleve a una decisión tan vital si el niño o no debería de vivir, o sea realmente no le puedes privar la vida a alguien a por mucho, aunque tenga algún defecto pues sigue siendo una vida.*

[13] Fragmentos de la conversación del equipo uno sobre el uso de los análisis prenatales.

Rodrigo: *Éticamente estas matando una vida, estas quitando una vida, estas quitando un alma (.5) derechos a una persona y… también le estás haciendo mal a… a él ya que le estas quitando su derecho a decidir y pus´… es malo porque él debe seguir su vida y no debe de por así decir no pues ya la quiero cortar es su decisión, no la tuya.*

Otro aspecto que toman en cuenta y que deja en claro la postura neutra que manejan durante la conversación, es el hecho de que presentar alguna enfermedad puede generar sufrimiento a quien la padece, por lo que el terminar con la vida podría ser considerada una opción para evitarlo. Sin embargo, hacen explicita la carga ética que eso conlleva[14]:

Valentina: *Pero visto desde el punto eeh...*
Claudio: *De que si el niño va a sufrir…*
Valentina: *De que si… Ajá eso, de que el niño vaya a sufrir pues no sería como en cierto modo algo…*
Nadia: *Pues también depende de la enfermedad, ajá*
Claudio: *Si tiene Down por ejemplo ¿ustedes que harían?*
Valentina: *Además si… entonces es como decir bueno es que si tiene esto está bien abortar, pero sino si tiene aquello entonces no está bien entonces es como de en unos casos está bien matar…*

También en esta conversación una de las estudiantes hace explicita la naturaleza de la ciencia (NdC) como una herramienta que responde a diversos intereses y que estos no necesariamente tienen que ser éticamente correctos, algo que es abordado en los videos usados en la secuencia didáctica[15]:

Valentina: *Mmm… o sea si por, o sea si es que un arma… como casi todas las tecnologías es un arma de dos filos porque pues depende como… el uso que se le de no… o sea si es un uso que trae beneficios para los (.5) la sociedad en general ehh… pues si o sea es algo bueno que se puede aprovechar sin embargo como en todo y en todo pasa eh… se puede*

14 Fragmentos de la conversación del equipo uno sobre el uso de los análisis prenatales.
15 Fragmento de la conversación del equipo uno sobre el uso de los análisis prenatales.

utilizar con otro fines u otros propósitos que no eh… son como completamente éticos o que no está bien desde el punto de vista de la ética no.

Considero importante rescatar esto puesto que el hecho de que ellos caigan en cuenta en aspectos de naturaleza de la ciencia que no fueron explícitamente tratados en clase, sugiere que algunos de los estudiantes han sido capaces de ver que la ciencia responde a intereses de todo tipo, no simplemente la generación de conocimiento científico.

Finalmente, destaco que esta conversación estuvo más enfocada al uso de los análisis genéticos en los neonatos que en los adultos, dando a entender que hay una mayor carga ética cuando se trata de un *no nacido* o un neonato que de una persona mayor. Se mencionan factores epistémicos sobre el por qué de los análisis, pero no sobre cómo o el qué[16]:

Valentina: *En cuanto a los análisis para personas adultas…(Risas)*
Ana: *Eh… También es bueno porque… te… ah ah ah… te da a conocer si tienes cierto tipo de enfermedad (.5) qué riesgo tienes a padecerla y que tan avanzada como el cáncer.*

También hay una mención de un dato sobre una enfermedad cromosómica que uno de los estudiantes considera que es de las más frecuentes. Esto destaca ya que nos podría hablar de que es una enfermedad común en su contexto, debido a que es la única mencionada[17]:

Claudio: *Por otro lado también pienso que si esta bien (.5) porque si hablamos de enfermedades en... por el ejemplo el Down que es una de las más comunes si yo por ejemplo tengo 30 años y tengo un hijo y me voy a morir o sea, ya se que me voy a morir y dejó un niño con Down pus' quien lo va cuidar o quien se va a hacer cargo de él (.5) o sea también depende mucho de eso y también depende de la capacidad que alguien tenga para cuidar al niño.*

16 Fragmento de la conversación del equipo uno sobre el uso de los análisis prenatales.
17 Fragmento de la conversación del equipo uno sobre el uso de los análisis prenatales.

Equipo 2

Adán, Adriana, Braulio, Jhony, Ramón, Rodolfo y Samara.

Conversación llevada cabo en el aula de clases durante la clase de biología IV. En el caso del equipo 2, los participantes son 7 estudiantes, 2 mujeres y 5 hombres con diferentes niveles de aprovechamiento escolar. El equipo fue formado por ellos mismos y son estudiantes que frecuentemente trabajan juntos y tienen constante interacción. Los roles interaccionales son simétricos puesto que todos son estudiantes y no hay una separación jerárquica a pesar de los diferentes niveles de aprovechamiento escolar que presentan.

En el caso del equipo 2, no hay un diálogo como tal, el equipo presenta uno a uno su opinión sobre el tema, sin generar interacción o interrumpir la participación del compañero. Se limitan también a usar ideas que ya han sido usadas por sus compañeros. Esto podría deberse a que el hecho de ir por turnos no quieren repetir ideas ya dichas, como en el caso de Jhony, quien fue el último en participar en esta conversación. En esta conversación es clara la postura de los participantes: 2 a favor de su uso, 4 en contra y una postura neutra.

En el caso de las posturas a favor, mencionan que lo están porque permite saber qué enfermedades tienes y poder tratarlas o prevenirlas[18]:

> ***Rodrigo:*** *Estoy a favor ya que… ya que se podría… ya que el cuerpo humano se podría hacer inmune a ciert… a ciertas enfermedades, sobre todo a las hereditarias haciendo… que nah.*

Los que mantienen una postura en contra mencionan algunas posibles consecuencias sobre la técnica debido a que aún no se conoce todo sobre ella, especialmente hacen énfasis en el hecho de que ésta puede no tener los resultados esperados o hasta generar nuevos problemas[19]:

18 Fragmento de la conversación del equipo dos sobre el uso de los análisis prenatales.
19 Fragmento de la conversación del equipo dos sobre el uso de los análisis prenatales.

Braulio: *Eh… yo estoy en contra de la manipulación genética eh... ya que... estas este como la palabra lo dice alterando o manipulando no se la especie como… su sus genes de la especie y pues puede salir mal y acabar con esa especie o incluso que salga algo que no estaba planeado.*

Adán: *Bueno (.5) yo estoy en contra de la manipulación genética porque ehh… lo que hacen al al manipular los genes de una especie puede traer consecuencias como que… la enfermedades en vez … en vez de curarlas (.5) pueden crear otras enfermedades y aparte no tenemos todavía la suficiente tecnología como para asegurar la supervivencia de la especie humana (.5) y ya.*

También hay una mención hacia el uso que hace la humanidad de la tecnología, donde no siempre se busca un beneficio, sino todo lo contrario. Para ilustrar lo antes mencionado por su compañera, uno de los estudiantes hace referencia al *"Indominus rex",* un dinosaurio resultado de la modificación genética utilizado como "animal de guerra" que aparece en la película de ciencia ficción "*Jurassic World 3"* (Colin Trevorrow, 2015)[20]*:*

Adriana: *Ok eh... yo opino que... la verdad estoy en contra de ello porque básicamente lo que se hay acerca de la manipulación genética es nula y lo que se puede hacer con ello son cosas pésimas (.5) aparte de la que humanidad es de lo peor como para querer crear emm… cosas que puedan destruir más al planeta o puedan ser de lo… de lo que más se puedan hacer con gente mala.*
Ramón: *Como el Indominus Rex. Ah... yo estoy de acuerdo con la manipulación porque creo que a cualquier persona enferma le gustaría poder decidir si estar enferma o ser saludable.*

La persona con postura neutra del equipo hace mención de que existe una razón por la cuál los seres humanos se enferman, pero no concluye esa idea[21]:

Samara: *No, bueno yo estoy como a favor en contra, a favor porque puede salvar vidas de personas que tienen cáncer o que han tenido una línea muy larga de personas que lo*

20 Fragmento de la conversación del equipo dos sobre el uso de los análisis prenatales.
21 Fragmento de la conversación del equipo dos sobre el uso de los análisis prenatales.

padecen y pueden ayudar a salvar a su hijo de que no lo tengan ya, pero estoy en contra por el hecho de que todavía no tenemos la tecnología suficiente como para hacer bien el trabajo y aparte como que... por alguna razón la humanidad nos pasa esto y nos enfermamos por eso entonces (Risa)… no lo se.

Cabe destacar en esta conversación que no hay una referencia explicita al tema de los análisis prenatales, si no que la conversación gira en torno a la manipulación genética.

Equipo 3

Alejandra, Javo, Manuel y Willy.

En el caso del equipo 3, los participantes son 4 estudiantes, 1 mujer y 3 hombres con diferentes niveles de aprovechamiento escolar. El equipo fue formado por ellos mismos y son estudiantes que frecuentemente trabajan juntos y tienen constante interacción. Destaca la participación de uno de los estudiantes de intercambio de China que casi no habla español y uno de los estudiantes que suele tener una participación más activa en clase. Los roles interacciónales son simétricos puesto que todos son estudiantes y no hay una separación jerárquica a pesar de los diferentes niveles de aprovechamiento escolar que presentan.

En el caso del equipo 3 en el tema de los análisis prenatales, la participación es más un diálogo informal entre los estudiantes ya que resalta que es un equipo que utiliza un leguaje más coloquial. También cabe mencionar que Javo, uno de los estudiantes que más participó durante mis clases, fungió como mediador de la conversación, invitando a sus compañeros que participan menos a externar sus opiniones. Esto lo hace en ambas conversaciones[22]:

Javo: *Dice escribe su opinión en el siguiente recuadro ¿Cuál es tu opinión de la lectura que acaban de leer? (1) ¿Qué opinas de eso?*

Manuel: *Pues que esta chido (Risas).*

[22] Fragmento de la conversación del equipo tres sobre el uso de los análisis prenatales.

Alejandra: *Algo chido (Risas).*

También, incluyen palabras altisonantes y referencias que podrían catalogarse como discriminatorias[23]:

Alejandra: *Pues yo digo que esta chido no (.5) Emm… a los pinches chamacos que salen deformes no.*

Javo: *Los chamaquitos.*

Alejandra: *(Risas)*

El tema no es tratado a profundidad y solo se hace referencia a las aplicaciones de la ingeniería genética para evitar enfermedades o quitar defectos genéticos. No hace una referencia explicita a los análisis prenatales. La participación es principalmente de Javo y Manuel, Willy menciona estar de acuerdo con ellos, pero debido a su dificultad con el español, podríamos considerar que solo lo hace como una forma de compromiso[24]:

Javo: *Pues lo que acabo de leer estamos de acuerdo por que así podemos eh prevenir grandes enfermedades y grandes causas catastróficas para el cue… para la humanidad y gran beneficio para nosotros.*

Manuel: *En especial si alguien tiene un defecto hereditario que sea…*

Javo: *Para poder prevenirlo*

Manuel: *…herencia podamos quitarle ese defecto genético que tiene por herencia y ponerle… y quitárselo y no que toda la vida viva con el que viva ahora si que bien como todos los demás.*

Javo: *¿Usted que opina compañero Willy?*

Willy: *Ahh… yo estoy muy ah… ah… (Risas) muy acuerdo con lo que dicen ustedes esta muy bien.*

23 Fragmento de la conversación del equipo tres sobre el uso de los análisis prenatales.

24 Fragmento de la conversación del equipo tres sobre el uso de los análisis prenatales.

Equipo 4

Alejandro, Dante, Gabriel, Jonás, Mauro y Santiago.

En el caso del equipo 4, los participantes son 6 estudiantes, todos varones con diferentes niveles de aprovechamiento escolar. El equipo fue formado por ellos mismos y son estudiantes que frecuentemente trabajan juntos y tienen constante interacción. Los roles interacciónales son simétricos puesto que todos son estudiantes y no hay una separación jerárquica a pesar de los diferentes niveles de aprovechamiento escolar que presentan. Destacan que en este equipo están presenten todos los estudiantes que en todas las clases están catalogados cómo de bajo aprovechamiento escolar. Sin embargo, a mi consideración, son de los estudiantes que mayormente participan durante mis clases, pero si tienen una marcada tendencia a distraerse y distraer a sus demás compañeros. En su caso, solo se presenta el análisis del tema sobre los análisis prenatales, pues el tema de uso de OGM no lo llevaron a cabo. Esto es importante mencionar porqué la dinámica de clase es muy parecida ya que suelen platicar demasiado por lo cual no les da el tiempo suficiente para terminar sus actividades en clase.

En el caso del equipo 4 en el tema de los análisis prenatales destaca un lenguaje muy coloquial y podríamos decir que hasta un tanto desfachatado. Esta característica es muy destacada en estos alumnos en específico, pues suelen comunicarse a las autoridades como iguales a ellos, por lo que no sorprende que su diálogo sea muy desenvuelto y hasta cierto punto, podría ser considerado como irrespetuoso, puesto que no ponen una barrera al dirigirse a personas con capacidades diferentes[25]:

> ***Jonás:*** *Por eso estamos haciendo los estudios para evitar y así ya no habrá*
>
> ***Mauro:*** *No discriminación…*
>
> ***Gabriel:*** *Por eso tu también estás a favor.*
>
> ***Mauro:*** *Los papás no van a tener gastos de más.*
>
> ***Santiago:*** *Y aún así va a haber discriminación por raza, religión…*
>
> ***Alejandro:*** *O sea, pero eso ya no es porque estás deforme o porque ya tiene la pinche cara caída.*
>
> ***Jonás:*** *O porque tiene retraso mental.*
>
> ***Santiago:*** *Entonces no se va a acabar la discriminación, solo un tipo de discriminación.*
>
> ***Mauro:*** *Por ejemplo, los de Síndrome de Down ya no le van a hacer discriminación por que ya no van a existir.*

[25] Fragmento de la conversación del equipo cuatro sobre el uso de análisis prenatales.

El equipo se centra en la cuestión de la discriminación, proponiendo los análisis prenatales y el aborto como una solución para terminar con ella[26]:

> ***Santiago:*** *Muy bien, yo estoy de acuerdo con esto de los análisis prenatales y con el aborto ya que si algún hijo eh… con algún defecto genético (.5) va a nacer así sería mejor abortarlo que tenerlo y que tenga una vida difícil.*
>
> ***Dante:*** *Yo creo que también es buena opción para digamos evitar que el hijo nazca con un defecto y le haga la vida imposible que... sería más caro mantenerlo con vida que haberlo abortado hace tiempo.*
>
> ***Mauro:*** *Hace 17 años (Risas)*
>
> ***Santiago:*** *Dante llorando.*
>
> ***Jonás:*** *Bueno este… yo opino que pus' como como dijeron mis compañeros está totalmente a favor si es pues este más conveniente no, para evitarnos problemas en el futuro este y… y no… no lidiar con compañeros con problemas mentales o discapacidades no, o sea sería más fácil eliminarlo de raíz el problema así y pues con estos estudios pues nos ahorramos todo el proceso y eso (.5) ¿algo más que quieran agregar compañeros?*

En ningún momento se considera una opción diferente, pues el tener una enfermedad se considera tanto difícil para quien la porta como para quien convive con esa persona o personas. Hacen también una referencia hacia la capacidad de la ingeniería genética y en este caso de los análisis prenatales para detectar algunas enfermedades, sobre otras que no. Por ejemplo, mencionan que el cáncer no se puede detectar desde el nacimiento[27]:

> ***Mauro:*** *Por ejemplo, los de Síndrome de Down ya no le van a hacer discriminación por que ya no van a existir.*
>
> ***Jonás:*** *O a los cancerosos tampoco.*
>
> ***Mauro:*** *Eh… pero eso no se puede detectar desde el nacimiento.*
>
> ***Jonás:*** *No importa aun así (Risas).*

Considero esto destacable puesto que permite dar cuenta, hasta cierto punto, que la ingeniería genética tiene limitantes y aún es una técnica en desarrollo.

---

26 Fragmento de la conversación del equipo cuatro sobre el uso de análisis prenatales.

27 Fragmento de la conversación del equipo cuatro sobre el uso de análisis prenatales.

Equipo 5

Alfredo, Luisa, Lucio, Mariana y Paula.

En el caso del equipo 5, los participantes son 5 estudiantes, tres mujeres y 2 hombres con diferentes niveles de aprovechamiento escolar. El equipo fue formado por ellos mismos y son estudiantes que frecuentemente trabajan juntos y tienen constante interacción. Los roles interacciónales son simétricos puesto que todos son estudiantes y no hay una separación jerárquica a pesar de los diferentes niveles de aprovechamiento escolar que presentan.

En el caso del equipo 5 en el tema de los análisis prenatales, destaca una estructura del tema mucho más clara, además de un uso del lenguaje con base en la lectura (carga genética, embrión, etc.) y una división de la cuestión que se aborda. Un punto que destaca de otros equipos es que el equipo 5 toma en cuenta la idea de que los análisis prenatales no tienen una finalidad única: tanto sirven para conocer las posibles enfermedades que puede tener o desarrollar un embrión como sobre eso, decidir si se aborta o no[28]:

> ***Luisa:*** *¡Bueno nuevamente regresamos a esto que ah! (1)*
>
> ***Paula:*** *A ver, el primer punto que tenemos es que los análisis prenatales eh… no siempre tienen una sola finalidad que sería el determinar si un embrión lleva o no una carga genética eh… que tenga algún defecto genético sino también para eh… decidir sobre la posibilidad de un aborto o no.*

El equipo participa ordenadamente y todos toman turnos sin tener un mediador. Si bien tienen opiniones en común, destaca mucho el punto de vista personal de cada uno, lo que cada uno haría en una situación así, lo que también lleva a revisar el hecho de que ellos mencionan en algunas ocasiones que si o que no harían de una forma más personal. Incluyen aspectos como la familia y el ahorrar para eventos no previstos y el libre albedrió de querer o no querer saber si eres propenso a una enfermedad o si la vas a tener en algún momento de tu vida. A

[28] Fragmento de la conversación del equipo cinco sobre el uso de análisis prenatales.

pesar de existir opiniones encontradas, ninguno presenta una postura irrespetuosa o grosera[29]:

> ***Paula:*** *Bueno (risas) aquí se plantea un dilema sobre si las personas deberían conocer o no que van a tener una enfermedad sobre todo si es grave (.5) nosotros pensamos que… (risas) es importante que se hagan estos análisis del genoma porque así la persona puede prepararse tanto mentalmente como económicamente (.5) eh… cómo lo dice sobre todo si es grave porque (.5) siento que cuando una enfermedad grave llega a tu vida no… no tienes el tiempo para estabilizarte económicamente ni mucho menos mentalmente, te agarra de sorpresa y así con esto podrías tener como eh… cómo tomar precauciones, pensar seriamente ya sea personal o a un plan ya familiar.*
>
> ***Luisa:*** *Pero por otro lado pus' también la persona que se vaya a hacer los estudios tiene que tener como la madurez no para pensar si sí se lo hace o no porque imagínate que te dicen que a largo plazo te va a dar cáncer como reaccionarias antes eso, bueno, a mi en lo personal no me gustaría saberlo, o sea tanto si como no, o sea si por lo que dice mi compañera de lo económico pero no porque pues…*
>
> ***Lucio:*** *Oila*
>
> ***Paula:*** *O sea si pero estas de acuerdo que si (.5) que si en algún momento de tu vida te dicen: Señora, tiene cáncer ¿Qué vas a hacer en ese momento? No tienes como… tú nunca te vas a esperar que te van a dar una noticia de ese… nivel, mucho menos tu familia y ya si te lo haces con mucho tiempo… antes eh o sea puedes prepararte a ti misma y preparar a tu familia y saber que vas a hacer y tener en cuenta muchos aspectos que a lo mejor en el momento por la impresión tu no… no piensas.*
>
> ***Mariana:*** *Pues a mi no me gustaría saber lo que va a pasar porque yo creo que, por ejemplo, si fuera un familiar, pues no me gustaría que estuviera preocupado sabiendo como cuanto tiempo le queda y así, yo creo que es mejor saber cuánto tiempo le queda… o sea no, que disfrute su vida y sin saber como cuanto le queda. (1)*
>
> ***Lucio:*** *Pues yo estoy a favor porque creo que es algo bueno y como dice mi compañera puedes así saber que… prepararte económicamente más que nada ya que realmente las enfermedades te… te consumen mucho… mucho dinero porque son la… las formas de pago para ¿cómo se llama? perdón, perdón, perdón… las form... las medicinas para a veces para curar esas enfermedades difíciles o ya de muerte siempre son como muy caras entonces pues si económicamente yo lo veo más por la situación económica (.5) y así.*
>
> ***Alfredo:*** *Pues yo también estoy a favor pues como lo dijeron anteriormente que pues te puedes ir preparando económica, mental y emocionalmente.*
>
> ***Luisa:*** *Espiritual (risa).*

[29] Fragmento de la conversación del equipo cinco sobre el uso de análisis prenatales.

Además del factor moral, en este equipo destaca el hecho de que mencionan la necesidad de tener una madurez en el hecho de tener un hijo y que hay que tomar en cuenta factores como la economía y la prevención de una discriminación por parte de la sociedad[30]:

> ***Alfredo:*** *Bueno aquí también dice que los análisis prenatales sirven para determinar si un embrión lleva o no una carga genética y si le puedes transmitir un defecto genético a tu hijo (.5) y pues opino que esta… que esta bien ya que (.5) pues si no tienes la madurez necesaria o las posibilidades económicas pues sería como más…*
> ***Luisa:*** *Conveniente*
> ***Alfredo:*** *Conveniente abortar a (.5) a pues al embrión (.5) Y pues ya no lo... no lo traerías a sufrir y así.*
>
> ***Lucio:*** *Yo también estoy a favor ya que como dice mi compañero, este si es conveniente saberlo para saber si tu hijo pues va a tener un problema o una enfermedad de la cual no va poder tener una vida completamente digna y así evitarle tristezas, problemas y el sentirse rechazado por la gente por que hay veces hay muchas personas que rechazan a las personas que tienen síndrome de Down o discapacidades entonces pues es… creo que sería lo más conveniente para evitarle una vida difícil a tu… a tu hijo y a ti también por el hecho de económicamente.*
>
> ***Paula:*** *Ehh yo creo que en este tema eh, entra mucho en conflicto lo de la moralidad (.5) porque hay personas que obviamente no están a favor de un aborto pero yo siento (.5) que si sabes que… que tu no tienes (.5) la madurez para salir adelante con un niño enfermo ni mucho menos tienes posibilidades económicas para sustentarlo toda tu vida (.5) ehh… el aborto es muy… ¿Eficaz? (1).*
>
> ***Luisa:*** *Y o sea yo creo que hacerte estos eh análisis no te cuesta nada o sea si déjense úu que venga el niño con una enfermedad o así, o sea también puede ser de defectos que traigan los papás o sea como cualquier enfermedad o así y pues no creo que te cueste nada hacerte un estudio como para delimitar si tu hijo va a salir así ya pus' cabe la responsabilidad de cada quien pues decidir si lo tiene o no.*

[30] Fragmento de la conversación del equipo cinco sobre el uso de análisis prenatales.

Mariana: *Pues yo creo que esá muy bien el análisis porque eh así los papás pueden tomar precauciones para saber o sea cual va a ser su decisión porque ahí el aborto es una vía buena para hacerlo y yo creo que es decisión de cada papá pero es muy bueno saber y tomar las precauciones si el niño va a salir con alguna enfermedad.*

Tema: Organismos Genéticamente Modificados

Equipo 1

En el caso del equipo 1 en el tema de liberación de OGM al ambiente, proponen dos soluciones que consideran viables: la primera es hacer más investigación sobre el tema, y la segunda, hacer un uso moderado de los OGM[31]:

Nadia: *Entonces primero se tendrían que hacer las investigaciones bien y seguir con (.5) el tipo de producción que se estaba llevando a cabo antes de los…*
Claudio: *Yo mas bien pienso que se tiene que moderar el uso de este tipo de productos o sea que no*
Nadia: *No se liberen a lo bruto*
Claudio: *Ajá, no no que toda la producción sea de… de lo…*
Valentina: *De los modificados*
Claudio: *De de los modificados si no que haya una parte que sea mitad y mitad, que haya una parte que sea de organismos modificados y otra que sea de no modificados, o sea que esté moderado, que esté… en otro lado.*

Destacan dos cosas en esta participación; la primera es de nuevo, una característica de NdC que referencia a los intereses que puede haber detrás de quehacer científico[32]:

Claudio: *Como en todo hay partes malas y hay partes buenas.*
Valentina: *Eh… siempre o sea en este tipo de casos siempre hay como a lo mejor algún beneficio, pero a… a un cierto precio o sea a costa de que, de algo más, entonces ese sería como la contraparte. Eh… si es como (.5) bueno en cierta manera no se que haya*

31 Fragmento de la conversación del equipo uno sobre el uso de los OGM.
32 Fragmento de la conversación del equipo uno sobre el uso de los OGM.

mayor producción de...de maíz sin embargo pues si, si esta afectando a… a los que, a los que originalmente trabajaban en el campo y todo eso.

La segunda, es una referencia explicita que se hace a uno de los tópicos que los videos usados en la secuencia didáctica abordan: el caso de los cultivos BT[33]. Destaca por qué es la única referencia explicita que se hace en todo el grupo, pues ningún otro estudiante menciona el video. Esto no descarta el hecho de que pudieran o no usar el video cómo referencia para dar sus opiniones o comentar.

Cuando sus compañeros proponen que se hagan un uso moderado y haya más investigación, Joana menciona que es necesario que exista una buena intervención por parte de la técnica para asegurar que no haya entrecruzamiento entre especies y que se debe asegurar que los cultivos BT no solo afecten a las especies que dañan a los cultivos y no a otras especies que pueden ser benéficas. Si bien sus compañeros no descartan esa participación, no hace mayor énfasis en ella y la aceptan[34]*:*

Joana: *Además esta tecnología tiene que hacer como un buen trabajo de aislamiento eh para que no se cruce… ajá lo de original y lo de modificados.*

Nadia: *Y no se pierda la biodiversidad entre las…***

Joana: *Tiene que ver este… por ejemplo o sea los este eh… cultivos este modificados ah… que pueden producir como las... lo que vimos en el video que se llamaba Bits (BT) para qué eh… para que defensa de los este… insectos, entonces también hay o sea esa es buena pero también tiene que ver si este… este Bits eh si… se afecta a los esté… insectos beneficiosos o sea los de buenos o sea insectos o sea tiene que ver esas… esa relación(1).*

Ana: *Ajá (1) Muy bien. Conclusión eh tiene que ser moderado el…*

Claudio: *OGM*

Todo el equipo esta de acuerdo con las soluciones propuestas y no profundizan más por cuestiones de tiempo.

---

[33] Los cultivos BT son cultivos modificados mediante ingeniería genética para brindar protección frente a ciertas plagas a través de la expresión, en sus tejidos, de proteínas insecticidas denominadas proteínas BT.

[34] Fragmento de la conversación del equipo uno sobre el uso de los OGM.

Equipo 2

En el caso del equipo 2, los participantes manejan una dinámica idéntica al tema de análisis prenatales donde cada uno, por turnos, hace explicita su opinión sobre el tema.

En este caso, les solicité una solución al problema planteado, pero ellos siguieron haciendo explicita una postura de favor/contra. La principal solución del equipo fue realizar más investigación alrededor de los OGM ya que se desconoce las consecuencias a largo plazo que puedan tener[35]:

> ***Braulio:*** *Bueno a ver mi… mi opinión sobre los transgénicos es que eh… eh… yo estoy, yo estaría en contra ya que a pesar de que se haría como un proceso más rápido y pues más eficaz eh… pues por las modificaciones y por los como efectos que tendría sería seguir perjudicando a la tierra porque estaríamos dañándola a pesar de que sería algo en favor pero pues tendrías sus pros y sus contras pero yo estoy más del lado de... de que no.*
>
> ***Adriana:*** *Ok en mi opinión para solucionar esto de los transgénicos es que se haya más estudios al respecto de ello y que sepan cómo manipular bien lo que son los productos agropecuarios y básicamente eh… dejarlos en una gran calidad para que todos los demás puedan cultivarlos y dejar... y no simplemente eso, sino que también a los que cultivan y tengan ese trabajo puedan saber cómo adaptarse a ello.*
>
> ***Samara:*** *Ok como han dicho anteriormente yo también opino que se necesitan más estudios sobre estos nuevos productos porque también no sabemos a larga que consecuencias le va a traer al ser humano consumir productos que estén alterados genéticamente pero también es... en parte bueno porque como en un futuro ya va a haber más demanda de los alimentos y con estos productos lo que podríamos hacer es que eh… este se haga estos sin necesidad de causar más deforestaciones.*
>
> ***Ramón:*** *Ah… yo creo que para solucionarlo se necesitaría invertir más en investigación para (.5) poder cultivar alimentos transgénicos sin afectar al medio ambiente para (.5) que incluso de alguna forma mejorar la economía del país.*

A pesar de las consecuencias negativas que destacan, en su postura más bien neutra hasta que no se tenga más información, mencionan que, si hay mayor inversión en la investigación estos organismos, se podrían terminar con problemas como la hambruna y se podría cuidar más el ambiente, además también se apoyaría la economía del país.

[35] Fragmento de la conversación del equipo dos sobre el uso de OGM.

También, dentro de una de las soluciones, se menciona que las personas deben ser educadas para que cultiven su propia comida y así acabar con la hambruna, dando a entender que no es necesario el uso de OGM en la producción de alimentos. Esto es destacable puesto que la mayoría de las soluciones van en torno a los OGM y no se toma en cuenta el otro factor parte del problema: los productores del campo[36]:

> ***Adán:*** *Puede… puede haber otra solución como educar a la gente o... a que... a que en vez de que se hagan manipulaciones genéticas con cultivos para crear más cultivos(.5) que la gente eh… que se cree la educación un programa para que la gente cultive su propia comida (.5) y así se podría acabar la hambruna en el mundo.*

Cabe destacar que no todos pudieron participar en la conversación por cuestiones de tiempo de la clase.

Equipo 3

En el caso del equipo tres en el tema de los Organismos Genéticamente Modificados, la dinámica que presentaron en el primer tema es básicamente la misma, dónde Javo es quien se encarga de incitar a sus compañeros a que externen su opinión. Considero que Javo, al conocer cómo trabajan sus amigos, toma el rol de mediador y los invita a participar, además de complementar las participaciones para poder cumplir con la tarea solicitada.

En cuanto al tema, no presentan una solución como tal, sino que se dedican a mostrar por qué creen que esta bien el cultivo de OGM, dónde destacan una producción más rápida (hacen inferencias sobre ello) y que esto podría terminar con la hambruna[37]:

> ***Javo:*** *A por parte esta bien porque entre mayor tiempo mayor producto ¿no? Tu te refieres a eso.*

---

36 Fragmento de la conversación del equipo dos sobre el uso de los análisis prenatales.

37 Fragmento de la conversación del equipo tres sobre el uso de OGM.

Manuel: *Si que si va a ser… si vas cosechar alimentos genéticamente modificados debes tener, darle mucho cuidado.*

Javo: *Vamos una cosecha que dura más o menos un año y medio eso tardaría que ¿dos meses?*

Manuel: *Básicamente ¿no?.*

Javo: *Aparte de que la población en el mundo está creciendo a gran escala ¿no?*

Manuel: *Sí.*

Javo: *¿Cómo alimentaríamos a esas personas? Bueno es todo gracias.*

En un momento de la conversación, Javo saca a colación un punto en contra de los OGM, lo que hace que sus compañeros tomen en cuenta también esa perspectiva y mencionen que sí, que los OGM también pueden tener consecuencias negativas[38]:

Javo: *Ajá pero también hay otro punto fundamental no también serían si son organismos genéticamente modificados pueden tener consecuencias no (.5) tal vez eh en tu organismo tal vez no lo acepte tanto o se va a tardar tal vez pueda crear nuevas enfermedades también hay un punto negativo ¿no Willy?.*

Willy: *Si si si… eso.*

Javo: *¿Tu crees que es correcto hacer eso? Crear alimentos amm modificados para que tu los consumas.*

Willy: *Si si si esta mucho mejor.*

Javo: *¿Tu los consumirías?*

Willy: *Si si yo si.*

Javo: *Para sobrevivir.*

Willy: *Si si si, eso… esta bien, esta muy bien.*

Manuel: *Si son genéticamente modificados existe el riesgo de que si un… si una cosecha agarra una enfermedad o una infección toda la cosecha se muera*

Javo: *Ajá!*

Manuel: *Por lo tanto (.5) es posible que también este sea un peligro.*

38 Fragmento de la conversación del equipo tres sobre el uso de OGM.

Es destacable en este equipo, al igual que en el equipo uno, que la solución o las opiniones propuestas, son en torno solamente a los OGM y no hacia las posibilidad de solución con los trabajadores del campo.

Equipo 4

El equipo cuatro no cuenta con un análisis de este tema debido a que, por cuestiones de tiempo, no lograron completar la actividad.

Equipo 5

En el caso del equipo 5 en el tema de OGM, la conversación es menos nutrida que en el primer caso, lo cual considero se debe, sobre todo, al poco tiempo que les quedaba para hacer la actividad.

Presentan una propuesta general a la que al parecer ha llegado todo el equipo, la cual se basa principalmente en buscar tiempo para hacer más estudios sobre el suelo (lo que hace notar que es lo que ellos creen que esta causando el problema) y una vez que ya se tenga la información necesaria, seguir haciendo las plantaciones de algodón:

> ***Lucio:*** *Bueno este nosotros llegamos a la conclusión de que la solución más viable sería que este tratarán de calmar a los productores de… de algodón para que los científicos o los que alteran genéticamente los organismos buscarán una solución viable la cual evitará que el suelo fuera… fuera afectado de la forma en la que es afectada y así este... y así ya después poder volver a hacer tener producciones y tener productos diferentes producciones no solo de algodón y ya no afectarán ninguna a otra.*

Una de las estudiantes hace otra propuesta donde recomienda que se hagan plantaciones por temporadas para evitar problemas con los otros cultivos:

> ***Luisa:*** *O también yo una solución que veo es que eh eh…lo hagan por temporadas que una temporada en las… en otras producciones que no sea el algodón es cuando empiecen a producir para que ya cuando se empiece a hacer el algodón la producción que ya hicieron ya esté hecha y no afecte tanto como pues el algodón todo lo que ya se hizo, o sea ya tenerlo listo.*

En esta conversación destaca el poco uso de la información que fue proporcionada sobre los OGM, ya que se piensa que el problema es el suelo y no los OGM como tales.

3.2. “Del laboratorio al aula”: Yo Profesor.

En este apartado presento de manera breve mi formación cómo profesora y cómo esta influyó en el desarrollo de este trabajo. También mis motivaciones para continuar con mi formación docente, como un pequeño antecedente para tomar en cuenta por otros profesores que, como yo, no tienen una formación docente “formal”.

Durante mi formación profesional como licenciada en biología, dar clases la podía traducir como dos cosas: la primera es que era uno de esos requerimientos que muchos investigadores tienen que cumplir para poder continuar investigando (y el cual muchas veces no era de su agrado). La segunda es que dar clases era el destino de muchos de los egresados debido a la falta de oportunidades laborales. Con el panorama anterior, dar clases no era uno de mis objetivos al graduarme, sin embargo, las cosas cambian y el destino me puso en un aula de clases medio año después de haberme titulado de la carrera.

No puedo decir que dar clases sea algo que me moleste, por el contrario, es una de las actividades que más disfruto. Sin embargo, durante mi formación profesional, jamás recibí capacitación o clase alguna donde pudiera aprender a ejercer dicha profesión. Al momento de la implementación de la secuencia presentada en este trabajo yo sólo tenía dos años de experiencia como profesora de bachillerato.

Aunque lo anterior no lo considero como un impedimento, mis conocimientos sobre el ambiente de la educación y la pedagogía eran casi nulos y se remontaban básicamente a lo que yo había observado en mis profesores a lo largo de mis años como estudiante. Tratando de imitar las que a mi parecer eran sus mejores prácticas, me adentré en el mundo de la educación con nada más

que mis conocimientos de biología y algunas herramientas sobre el control de grupo que adquirí mientras fui becaria en un museo de ciencias de la universidad donde estudiaba. Poco a poco, fui aprendiendo sobre cómo funcionaba la dinámica escolar desde el punto de vista del profesor y todas las actividades que implicaba la profesión, desde estar frente de un número elevado de alumnos (lo mínimo que he tenido en un grupo son 25 estudiantes, pasando hasta tener 60 en una sola aula), hasta toda la burocracia que implica entregar las calificaciones o aplicar un examen.

Lo anterior fue una de mis mayores motivaciones para realizar este posgrado, sumado a las necesidades que mis alumnos presentaban en cuanto a contenidos se refería. Mi ideal era comenzar a empapar mi práctica docente con nuevos conocimientos que me permitieran hacer que mis estudiantes lograran un aprendizaje significativo en mi materia.

Tribó (2008) menciona que una sólida formación profesional no solamente requiere un buen conocimiento del área que se enseña, sino que también debe permitir al profesor conocer cómo aprenden los alumnos, con qué métodos enseñarles y que sean capaces de tomar decisiones sobre estos para transferir el conocimiento disciplinar a la dinámica de aula. Como se dice por ahí, no basta saber del tema para poder enseñarlo.

Lo anterior lo menciono como un incentivo para los profesores de ciencias que no tenemos una formación docente como tal. Si bien nos preocupamos por dar el mejor conocimiento a nuestros estudiantes sobre lo que aprendimos en nuestra formación profesional, es necesario que empecemos también a preocuparnos sobre cómo estamos haciendo llegar ese conocimiento a nuestros estudiantes. Revisar si realmente lo estamos logrando o no y comenzar a compartirlo con los demás, independientemente de si decidimos ser profesores por necesidad laboral o por vocación.

La investigación educativa es un área en crecimiento constante a la cual debemos apoyar desde nuestra trinchera. Además, en el caso de los profesores de ciencias cómo yo, se vuelve casi imperativo reportar los resultados que

estamos obteniendo si es que deseamos que se sigan formando generaciones de científicos en el futuro. Mucho del futuro de la ciencia dependerá de cómo ésta sea presentada a los estudiantes que ahora están sentados en nuestras aulas.

3.2.1. Expectativas de aprendizaje y de la planeación

De mis estudiantes yo no espero nada sino lo mejor. La satisfacción de ver cómo crecen y adquieren nuevas habilidades y conocimientos es un sentimiento que los profesores entendemos perfectamente y es equivalente a que nosotros mismos hubiésemos obtenido el logro. Sin embargo, no todo siempre es color de rosa y los que nos dedicamos a esto sabemos que hay días buenos y otros no tanto. Cuando parece que, aunque uno se pare de cabeza, el alumno (o los alumnos) no logran alcanzar los objetivos esperados. Y por más raro que suene, eso esta bien, pues en el aprendizaje hay tantos factores en juego, que esperar que todos los estudiantes aprendan todo lo que la escuela les trata de enseñar seria una tarea épica que pocos podrían alcanzar. Sin embargo, eso no significa que debamos bajar el nivel de exigencia, pero sí tener en cuenta el perfil y las características de nuestro grupo o grupos.

En el caso de esta implementación, al momento que la diseñé tomé en cuenta tanto los gustos de mis estudiantes como los contenidos que tenía que cubrir. Al final decidí trabajar con el tema “Desarrollo e importancia de la genética”el cual abarca muchos temas dentro de sí. Elijo los dos que me parecen más importantes y que además creo que gustarían más a mis estudiantes: “ingeniería genética en humanos” y “transgénicos”.

Posteriormente comencé a trabajar en mi secuencia y al final, generé cuatro actividades esperando que con ellas se lograran alcanzar los cuatro aprendizajes esperados de la secuencia. Entre estos destacan la toma de decisiones fundamentadas y la argumentación, en un total de 5 horas, o lo que es lo mismo, 4 clases. El tiempo no fue algo que pudiera decidir totalmente, puesto que todo se adaptó a las condiciones con las que se contaba al momento de la implementación.

Al final, la secuencia no salió totalmente como se esperaba, y los resultados tampoco lo fueron. Los profesores que han tenido la experiencia de planear e implementar podrán dar cuenta que esto es algo que pasa de forma común, por diversos factores (el tiempo, los alumnos, los directivos, el mismo profesor), y que si bien, a veces puede generar frustración, al final es una forma de seguir aprendiendo, pues de la experiencia se toman en cuenta nuevos factores para la siguiente vez que planeamos.

Hay experiencias en el diseño e implementación de esta secuencia que me gustaría compartir aquí para que sirvan de referente a otros profesores. Un aspecto que considero importante y que no consideré al momento de planear, fue la función que pretendía yo desarrollar con el video. En mi caso, la idea que tenía al momento de usar el video es que me “sustituyera” como la portadora de la información, lo cual no considero totalmente un error, pero definitivamente, hizo darme cuenta de que si bien el video es una herramienta didáctica muy funcional, no tendría por qué sustituirme como mediadora en clase. Es necesario complementar la información que estos medios proporcionan para que los temas queden más claros al alumnado. Cabe mencionar que otras de las razones para no usar más herramientas o hacer más actividades que complementaran el objetivo de esta fase de introducción es la poca cantidad de tiempo con la que se contaba al momento de implementar la secuencia.

Otro aspecto importante al momento de planear es tener muy claro qué es lo que va a estar realizando el estudiante durante la secuencia, pero también es importante que el profesor sepa qué es lo que tiene que hacer durante la misma. Podríamos pensar que esto queda implícito y es muy claro para uno mientras esta llevando a cabo su clase, pero en mi caso, puedo decir que es una realidad que, en ocasiones, solo me enfoco a lo que el estudiante tiene que hacer y por momentos me olvido de mi papel en el aula, que es tan esencial como que los estudiantes entreguen sus trabajos y lleven a cabo las consignas solicitadas.

El papel del profesor como mediador no es solo el de dar instrucciones y ver que esta se cumplan, en palabras de Blanchard y Muzás (2018), el mediador es aquel que esta entre el sujeto (el alumno) y la realidad, para orientarlo y ayudarlo a

interpretarla mediante el diálogo como forma de relación, y cuyo equilibrio es muy delicado puesto que el mediador no puede darle todo al sujeto evitando que este consiga construir internamente el aprendizaje, ni darle tan poco que solo este ahí, a su lado esperando que el alumno aprenda por sí mismo.

Si usted es profesor(a) activo(a), al igual que yo ahora puede ver que las expectativas de aprendizaje de esta secuencia eran sumamente altas. Se dará cuenta que, al momento de planear es necesario reconocer que el proceso de aprendizaje no es un acto que se lleve a cabo de la noche a la mañana. Puede que no logremos alcanzar todos los aprendizajes, ni que todos los estudiantes aprendan lo mismo, y, sin embargo, no debemos bajar nunca las expectativas.

Lo que si conviene es adaptar las necesidades del estudiante a nuestro tiempo y recursos y buscar generar el mejor resultado, aunque este abarque el trabajo de menos temas, pero que permita el mejor desarrollo de habilidades y competencias, sin dejar de lado los contenidos. Una habilidad que los profesores debemos desarrollar es esta capacidad de elegir cuales deben ser los temas que debemos tratar. Cada grupo tiene necesidades diferentes, por lo que, apegarnos a un mismo currículo para todos podría no ser muy funcional.

3.2.3. Conocimiento didáctico del contenido (CDC)

Mencionaba anteriormente que saber del tema no te hace maestro. Sin embargo, un maestro que no sabe de lo que enseña difícilmente podría adjudicarse ese título. El Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) se refiere a aquellos aspectos del contenido que son relevantes para la enseñanza y la forma de formular y presentar la materia para hacerla comprensible a otros (Shulman, 1986).

En esta experiencia, puedo decir a pesar de que consideraba que conocía del tema trabajado en la secuencia, durante el desarrollo sentí que era necesario una mayor investigación de mi parte que me permitiera complementar lo que le estaba enseñando a mis estudiantes, puesto que había momentos en los que sentía que mis respuesta a las preguntas que se me hacían no eran suficientes

o eran muy superficiales. Además, el tener un mayor bagaje del tema a tratar, puede ampliar nuestro espectro de ideas sobre cómo y cuales actividades desarrollar en una secuencia didáctica para alcanzar los aprendizajes esperados o lo objetivos planteados.

CAPITULO IV. REFLEXIONES Y CONCLUSIONES

“La ciencia nunca resuelve un problema sin crear otros 10 más.”
Bernard Shaw, dramaturgo irlandés.

A partir de la revisión, análisis y discusión de diversos aspectos que forman parte de este trabajo, puedo concluir que abordar el estudio de las aplicaciones de la genética a partir del enfoque de temas sociocientíficos, es un campo de investigación con un gran camino por recorrer. Sin embargo, las luces que existen a través de él son buenas señales para continuar avanzando. Así, en este apartado, no solo presento las conclusiones que surgen a partir del la secuencia implementada, también presento una serie de reflexiones personales que espero ayuden a profesoras y profesores que decidan recorrer la senda del uso de TSC en su aula.

El uso de temas sociocientíficos en el aula, y más específicamente en el uso de estos para la enseñanza de temas de genética, son una herramienta que, con base en lo observado y bajo el análisis de este trabajo, genera una motivación en los estudiantes que permite que la experiencia educativa se vuelva más significativa. También permite abordar una parte del estudiante que normalmente no es evaluada en el currículo: la relación personal que generan con lo que se le enseña en la escuela.

Es cierto que, como profesores, nos preocupamos porque nuestros estudiantes adquieran los conocimientos necesarios para seguir avanzando en las distintas etapas de su vida. Para ello, tomamos en cuenta el currículo y una serie de aprendizajes esperados. Así, con base en ellos diseñamos y ponemos a prueba diversas actividades, evaluamos y concentramos todo ello en un número, pero ¿qué realmente está aprendiendo el alumno? ¿es capaz de ver más allá de una serie de conceptos y logra generar un vínculo entre lo que le enseñamos en el aula y lo que pasa fuera de ella, en su día a día?

En el ideal, lo anterior sucede, y los temas sociocientíficos tienen la capacidad de ayudarnos a mostrar ese vínculo entre lo que se enseña y lo que el estudiante

vive, motivándolo para poder externar sus opiniones y permitirnos ver lo que piensan o cuáles son las experiencias por las que ha pasado. Esto nos brinda la oportunidad de ir más allá de solo el currículo y poner sobre la mesa los valores y habilidades necesarias para la vida como la argumentación, el pensamiento crítico y la toma de decisiones. No es el objetivo de esta tesis mostrar los temas sociocientíficos como la panacea de la educación, pero sí ser una evidencia de que influencian favorablemente el aspecto emocional de los alumnos, teniendo muy presente que su uso ameritará un esfuerzo extra por parte del alumnado y del maestro. El uso de temas sociocientíficos requiere de más tiempo del que una planeación normalmente tomaría. Desde la selección del tema a trabajar, hasta la búsqueda y elección de los recursos adecuados, pasando por la adecuación al nivel con el que estamos laborando. Lograr superar el aprendizaje memorístico de conceptos para presentar una prueba requiere una preparación no solo en cuanto a aspectos didácticos, sino también un buen y amplio conocimiento de la asignatura que impartimos, lo que le permitirá tener una visión más amplia de lo que se puede trabajar.

Considero que el enganchar a los estudiantes es una de las grandes funciones de los temas sociocientíficos, además de que permiten generar un vínculo más estrecho entre lo que les enseñamos y su cotidianeidad. Sin embargo, es necesario tener en cuenta aspectos como el tiempo y lo que pretendemos lograr con ellos para no perdernos en el camino y lograr el equilibro con respecto a los contenidos que tenemos que enseñar y que serán evaluados en los estudiantes. Recomiendo tener una mente abierta al usarlos, pues al menos a mí me costó trabajo dejar de lado el miedo a que “no aprendieran nada” de lo que les sería evaluado puesto que permite desarrollar otros rubros, que si bien no son explícitos en el currículo, son necesarios en el día a día. Creo que la única forma de seguir descubriendo las virtudes y las áreas de oportunidad de los TSC es ponerlos a prueba en el aula y compartiéndolo con la comunidad.

Retomando el aspecto de enganchar a los estudiantes, parte de las reflexiones que me gustaría compartir, giran en torno a los auxiliares didácticos para enseñar las aplicaciones de la genética. En el apartado correspondiente a la relación alumno-contenido, mostré que para el caso del artículo de divulgación:

- Existen problemas en la comprensión lectora que afecta el aprendizaje de dicho tema sobre todo en términos de las competencias lingüísticas.

- Los estudiantes no se sintieron atraídos por la lectura, tanto en su narrativa como en su extensión.

- Posiblemente, la lectura tampoco fue percibida como un incentivo que motivara la búsqueda de los conceptos desconocidos para poder comprenderlo mejor.

Por su parte, el uso de los videos de divulgación mostró que:

- Para mi grupo, los elementos visuales fueron más interesantes que la lectura. Posiblemente a que éstos retoman elementos de su vida cotidiana, lo que los volvió más próximos a sus intereses personales.

Para el caso de los grupos de discusión, me gustaría resaltar que el diálogo grupal fomenta mayor reflexión y amplitud de ideas respecto al tema. Esto se apreció al momento de ver que hablar sobre el aborto, las pruebas genéticas y las consecuencias socioemocionales que esto traería, derivó en conversaciones más extensas llegando a retomar aspectos que apelan a visiones morales o religiosas. Si bien no fue motivo de reflexión las creencias religiosas y su inclusión en los grupos de discusión, este tópico sería interesante abordarlo en futuras investigaciones.

Lo anterior me lleva también a concluir que no debemos dejarnos llevar sólo por lo que el currículo nos solicita, pero tampoco podemos dejar que nuestros estudiantes vayan por la vida con concepciones erróneas o con ideas absolutas. Su forma de pensar debe ser flexible y encontrar un equilibrio entre lo que ellos ya saben, su formación personal y lo que la escuela quiere enseñarles. No podemos decir que vamos por la vida pensando solo en función de los conceptos que conocemos o solo en función de nuestra experiencias y el contexto donde nos hemos desarrollado. Realmente, ambas cosas se fusionan y conviven en nuestra vida cotidiana.

Pensar que los estudiantes sólo van a darnos respuestas del tipo epistémico o del tipo no epistémico, es verlo de forma limitada. Considero que esta clasificación es algo más homogénea, puesto que no podemos separar a la persona de su experiencia y esperar que solo piense y se desarrolle en función de algo que ve en la escuela. De la misma manera, es difícil pensar que todo lo que viven no tiene relación alguna y que no puede haber una reformación de las concepciones que ya traemos en nuestro haber. Considero que, a futuro, sería bueno pensar en categorías y formas de ver a los estudiantes que tomen en cuenta la dualidad persona-conocimiento, pues no hay una cosa sin la otra.

Además de eso, buscar cómo favorecer el pensamiento y uso de los factores epistémicos en las aulas se vuelve imperativo en la clase de ciencias. Al evaluar los recursos y estrategias que se utilizaron, podemos concluir el uso de aspectos visuales que se ven favorecidos ya que, al menos en el caso del tema de desarrollo e importancia de la genética, al carecer de elementos lingüísticos y de comunicación, sirve como un primer acercamiento que, posteriormente, nos permitirá evaluar aspectos como la argumentación, donde no solo es necesario saber del tema, sino también expresarlo.

Querido(a) profesor(a) y lectores de este trabajo, no está en mi poder la verdad absoluta. Mi trabajo es solo una farola más en el largo camino que queda por descubrir, pero me atrevo a sugerir que el uso de TSC en el aula tiene mucho potencial si se usa con algunas indicaciones específicas que surgen de la implementación de este trabajo y como una primera experiencia de acercamiento. Si deciden utilizarlos, no teman. Introducir nuevos recursos en tu planeación es una forma más de enseñar, pues se aprende tanto del acierto como del error, pero sí es importante considerar lo que involucra usar TSC en el aula.

Para empezar, el tiempo que tendrás que usar para planear seguramente será más del que crees. De igual manera, unas cuantas clases serán suficientes para que, con los materiales adecuados y la secuencia idónea de acuerdo con las características e intereses de tu grupo, logres los aprendizajes que buscas. Sin embargo, puede que la primera vez necesites más clases de las que planeaste,

o quizá el material que elegiste no funcione como esperabas. Hay tres aspectos que me hubiera gustado tener muy claras antes de diseñar la secuencia que presento y que recomiendo tomar en cuenta al usar TSC:

El primero es en cuanto a la planeación en sí. El tema seleccionado debe estar bien delimitado y debe ayudarte a cumplir los objetivos que estés planteando que tus estudiantes van a lograr. Y con esto no quiero decir que debes bajar las expectativas. En mi caso, yo quise abordar dos temáticas que tenían algo en común, pero que al final se pueden abordar desde perspectivas muy amplias y diferentes. Creo que si solo me hubiese enfocado en una, los resultados en cuanto a las expectativas académicas hubieran sido mayormente cumplidos, aunque esto también estuvo en función del tiempo. Si como yo, tienes pocas horas para trabajar, busca abordar una sola temática desde diferentes enfoques. Si tienes mayor tiempo para desarrollar tus actividades, entonces aventúrate a utilizar varios temas que te ayuden a llegar a tu objetivo. De la misma manera, todos los recursos y materiales que decidas utilizar, debes conocerlos y estudiarlos bien antes de utilizarlos, revisar sus características, ventajas, desventajas y para qué han sido utilizadas. Hacerlo puede potenciar de sobremanera tu clase y tus planeaciones.

El segundo es sobre el cambio que esperas ver en el alumnado. El cambiar la forma de pensar de alguien no es algo que se logre de la noche a la mañana. El cambiar una idea que es errónea o lograr que un estudiante amplié su perspectiva de un tema es una tarea ardua y que toma tiempo, y probablemente no se logre con una sola secuencia de actividades. Reconocer las limitaciones también nos permite enfocarnos y evaluar lo que realmente funciona y modificar aquello que se dificultó. No desesperes si no sale a la primera, pero no dejes de intentar. El lograr el equilibrio entre la formación disciplinar y la formación humana del estudiante, sigue siendo uno de los tópicos que en educación queda mucho por hacer.

Por último, de lo anterior también influye la forma de pensar del profesor. Uno debe estar dispuesto a cambiar junto con sus estudiantes y a empezar a generar estas mismas habilidades que esperamos que ellos tengan, <<*la palabra*

convence, pero el ejemplo arrastra>>. Este camino no fue fácil, pero me dejó mucha experiencia para seguir adelante. Dejar el laboratorio y entrar al aula ha sido toda una travesía llena de momentos de felicidad y pena que solo pueden traducirse en una nueva forma de ver mi labor como docente. Planear ya no es igual que antes, los materiales que llegan a mis manos para trabajar con mis estudiantes pasan por un filtro que antes no hubiera tomado en cuenta. El diseño de mi siguiente clase trata siempre de encontrar el equilibrio entre los contenidos disciplinares y la formación humana y ciudadana de mis pupilos. Nunca habría imaginado todo lo que este trabajo iba a representar, y creo que de saberlo antes se habría truncado mi proceso formativo.

Alumno, contenido y profesor son tres palabras que se entremezclan, se acompañan y se apoyan entre sí para dar sentido a la existencia, porque sin tener a quien enseñar y por quien aprender, el contenido es solo un cúmulo de conocimiento que intenta delimitar al mundo. El alumno no es solo un ente habitando en espera de un estímulo. Mientras que un docente sin vocación, estará destinado a estancarse en lo que sabe o cree que sabe, perdiendo la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos. Lo idóneo, es estar atentos al contexto de nuestros alumnos, y prepararnos a escenarios donde algún estudiante levante la mano y nos pegunte: *Maestra, ¿qué aprenderemos hoy?*

ANEXO I. CUESTIONARIOS PARA ESTUDIANTES

VIDEO: La Ingeniería Genética Cambiará Todo Para Siempre - CRISPR
(https://www.youtube.com/watch?v=jAhjPd4uNFY&t)

1. Explica que entiendes por ingeniería genética y qué relación tiene con el ADN.
   R=

2. ¿Qué ventajas consideras que tiene la ingeniería genética?
   R=

3. ¿Qué desventajas consideras que tiene la ingeniería genética?
   R=

4. En el video se menciona que la ingeniería genética es parte de nuestra vida independientemente de nuestra opinión acerca de ella. ¿Consideras que la ingeniería genética es parte de tu vida? ¿Si o no y por qué?
   R=

5. El video menciona que quizá pronto sea posible hacer bebés genéticamente modificados. ¿Qué opinas acerca de la posibilidad de que en un futuro podamos ser excluidos o aceptados dependiendo de las características que la ingeniería genética puede ofrecernos? ¿Qué implicaciones científicas, legales, morales y religiosas puede tener en México?
   R=

6. El video también menciona que es posible que en unas décadas sea posible detener el envejecimiento humano. ¿Qué opinas acerca de esto y cómo lo explicas? ¿Consideras qué sea viable o que podría tener consecuencias negativas?
   R=

7. La ingeniería genética es una ciencia en desarrollo, aun no se conocen todas las consecuencias que puede tener. ¿Considerarías someterte a esta técnica en algún momento de tu vida de ser posible? ¿Si o no y por qué? ¿Qué implicaciones científicas, legales, morales y religiosas puede tener en México?

   R=

8. ¿Cuál sería tu postura frente al uso de la ingeniería genética para modificar seres vivos: a favor o en contra? ¿Por qué?
   R=

VIDEO: ¿Son los transgénicos buenos o malos? Ingeniería Genética y nuestra comida (https://www.youtube.com/watch?v=7TmcXYp8xu4&t)

1. Explica qué entiendes por Organismo Genéticamente Modificado (OGM)
   R=

2. ¿Qué ventajas observas en los Organismos Genéticamente Modificados?
   R=

3. ¿Qué desventajas observas en los Organismos Genéticamente Modificados?
   R=

4. ¿Consumirías alimentos que sabes que son Organismos Genéticamente Modificados? ¿Sí o no y por qué?
   R=

5. En el video mencionan que uno de los problemas con los OGM es que permiten la monopolización de la industria de ciertos alimentos. ¿Qué opinas de esto? ¿Y cuáles serían las implicaciones para los pequeños productores del campo?
   R=

6. Otra consecuencia de los OGM que no se menciona en el video es la pérdida de biodiversidad debido a los cruzamientos de genes, donde las especies nativas se ven desplazadas por las especies modificadas genéticamente. ¿Qué piensas acerca de esto? ¿Deberían ser utilizados, si o no y por qué?
   R=

7. Los OGM han evitado que dejemos la selección de genes al azar y seamos más específicos en las características que queremos de un organismo, sin embargo, aún faltan mucho estudios sobre las consecuencias que pueden tener. Como vimos en el video de ingeniería genética, modificar algo puede dar origen a otros cambios no deseados. ¿Cuál sería tu postura frente al uso de OGM: a favor o en contra? ¿Por qué? ¿Qué implicaciones científicas, legales, morales y religiosas puede tener en México?
   R=

ANEXO II. CASOS DE LA FASE DE SÍNTESIS

Caso – Organismos Genéticamente Modificados

Nombres:

Grupo:

Fecha:

1. Lean con atención la siguiente situación.

Problema:

En función de cuál es el organismo genéticamente modificado que se pretende liberar, de su uso y en dónde, pueden intervenir la Semarnat y la Sagarpa. Cuando se trata de un cultivo agrícola, esta última revisa la documentación (requisitos que acompañan una solicitud de liberación de un OGM al ambiente) y pasa el expediente a la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la Semarnat. En función de sus respectivas evaluaciones de inocuidad, sanidad vegetal y animal y de efectos al medio ambiente y la diversidad biológica, pueden decidir otorgar o no el permiso.[1]

Para el caso de autorizaciones para consumo humano y el procesamiento, se tienen aprobados en México 146 diferentes eventos de cultivos genéticamente modificados, 70 de estos corresponden a maíz. Sin embargo, actualmente la siembra de maíz genéticamente modificado en México está suspendida. Se tienen también permisos de siembras piloto y comercial para algodón en el norte del país.[1]

México ocupa el 11º lugar en producción de algodón a nivel mundial, de la planta de algodón pueden aprovecharse tanto las semillas, como la fibra; esta última empleada para la producción de textiles, material de relleno y fabricación de papel, entre otros. Por su parte, la semilla puede ser utilizada como forraje y el aceite que se extrae de ellas es utilizado para consumo humano y su cáscara se puede reutilizar como abono e incluso como combustible. A nivel mundial se cultivan aproximadamente 34 millones de hectáreas de algodón y en México, 134 mil hectáreas.

Los productores del Norte han manisfestado que tienen problemas con otros de sus cultivos, debido a que desde que empezaron las siembras piloto de algodón, la calidad del suelo se ha visto afectada, evitando que sus demás cultivos de otros productos crezcan de manera adecuada. Existe una ligera posibilidad de que los OGM cambién la dinámica de los organismos del suelo, haciendo que este cambié sus características, pero para descartarlo, se necesitan estudios que puede tardar un par de meses. Los productores estan teniendo pérdidas económicas por esta situación y no pueden perder más tiempo.

[1] Información tomada de: ¿Qué organismos genéticamente modificados se cultivan en México?, Conacyt, Agencia Informativa.

2. Discutan las diferentes posibles soluciones al problema planteado.

3. Al final lleguen a un acuerdo y escriban la solución que les parezca más viable en el siguiente espacio:

Caso – Análisis Prenatales

Grupo:

Fecha:

1. Lean con atención la siguiente situación.

"Los análisis prenatales sirven para determinar si un embrión lleva o no una carga genética en familias en las que los padres son susceptibles de transmitir a su hijo cualquier defecto genético. El estudio puede prevenir futuras actuaciones terapéuticas, en este caso es éticamente lícito, porque se busca un fin terapéutico en el análisis.

Ahora bien, los diagnósticos prenatales no siempre se usan con esta finalidad. En la mayoría de los casos se hacen análisis genéticos para decidir sobre si se aborta o no. Existen diferentes argumentos que tratan de justificar la interrupción del embarazo por motivos eugenésicos (Eugenesia: es una filosofía social que defiende la mejora de los rasgos hereditarios humanos mediante diversas formas de intervención manipulada y métodos selectivos de humanos). Tal es el caso de la tesis que sostiene que el nacimiento de niños minusválidos sería irresponsable. Otras afirmaciones sostienen que los niños con estas cargas genéticas no se incluyen dentro de los niños deseados.

En las personas adultas los análisis del genoma también se usan para el diagnóstico de enfermedades que se desarrollan a edades avanzadas como cánceres, permitiendo determinar el riesgo de esa persona a padecerlas.

Últimamente, muchas compañías de seguros están haciendo análisis genómicos de los peticionarios de seguros de vida. Con este fin buscan el mayor beneficio al discriminar (excluyéndolos o con tasas abusivas), a los que parece que tienen alguna mayor predisposición a enfermedades graves o a muertes prematuras, según los conocimientos hasta el momento. Aparte de esto, se plantean dilemas sobre si una persona debiera conocer o no que va a tener una enfermedad, sobre todo si es grave, por las posibles trastornos psíquicos que esto pudiera originar."[1]

[1] **Información tomada de: CUESTIONES ÉTICAS EN LA MANIPULACIÓN GENÉTICA, Dr. Amador García Ruiz de Gordejuela, Facultativo Especialista en Hospital Universitari de Bellvitge.**

2. Considerando esta información, planteen sus opiniones acerca de las posibilidades y consecuencias tecnológicas, éticas y morales acerca del tema.

ANEXO III. NOTACIÓN DE TRANSCRIPCIÓN

(1)= Pausa larga

(5.) = Pausa corta

>> << = Intervención en medio de otra participación

** = Frase/palabra inaudible

…= Dubitación

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abusamra, V. y Joanette, Y. (2012). Lectura, escritura y comprensión de textos: aspectos cognitivos de una habilidad cultural. *Neuropsicología Latinoamericana, 4*(1): 1-4.

Acevedo-Díaz, J. (2006). Relevancia de los factores no-epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 370-391.

Aliberas, J., Gutierrez, R., y Izquierdo, M. (1989). Modelos de aprendizaje en la didáctica de las ciencias. *Revista Investigación en la Escuela, 9, 17-24.*

Bardin, L. (1996). Análisis de contenido. Madrid, España: Akal ediciones

Beltrán, M. (2011). La investigación sobre la planeación educativa. *Perfiles educativos*, *33*(131), 3-6.

Blanchard, M., y Muzás, M. D. (2018). *Propuestas metodológicas para profesores reflexivos: cómo trabajar con la diversidad en el aula* (Vol. 175). Narcea Ediciones.

Díaz, N., y Jiménez-Liso, M. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, *9*(1), 54-70.

Drew, P., y Heritage, J. (1992). *Talk at work: Interaction in institutional settings*. Cambridge Universty Pr.

España, E. y Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, (6)* 3, 345-354.

España, E., y Prieto, T. (2010). Problemas socio-científicos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Revista de Investigación en la Escuela*, 71, 17-24.

Estrada, J. (2011). Educación y Divulgación de la Ciencia: Tendiendo puentes hacia la alfabetización científica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, *8*(2), 137-148.

García, M. (2014). Uso Instruccional del video didáctico. *Revista de investigación*, *38*(81), 43-68.

Johnstone, A., y Mahmoud, N. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty school biology. *Journal of biological Education*, *14*(2), 163-166.

Manassero, M. y Vázquez, A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Ensenanza y Divulgacion de las Ciencias*, *4*(2), 247-271.

Mansour, N. (2009). Science-Technology-Society (STS): A New Paradigm in Science Education. *Bulletin of Science, Technology & Society*, *29*(4), 287–297. https://doi.org/10.1177/0270467609336307

Márquez, C. y Prat, À. (2005). Leer en clase de ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 23*(3), 431-440.

Márquez, J. (2013). La revolución de la ingeniería genética. *NACC: Nova acta científica compostelana. Bioloxía*, (20).

Martínez, L. (2014). Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores deficiencias: aportes y desafíos. *Revista TED*, 36, 77-94.

Martínez, M. (2003). Análisis del contenido de genética en textos de educación no universitaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 17* (1), 207-208.

Oulton, C., Dillon, J., and Grace, M. (2004). Reconceptualizing the teaching of controversial issues. *International Journal of science education*, *26*(4), 411-423.

Pérez, L. y Carvalho, W. (2012). Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de ciências. *Educação e Pesquisa*, *38*(3), 727-741.

Pérez, E. (2013). El video: herramienta de asimilación de contenidos en el aula de clase. *Revista de Tecnología, 12* (1), 66-72. Recuperado de http://www.uelbosque.edu.co/sites/default/files/publicaciones/revistas/revista_tecnologia/volumen12_numero1/007_articulo_tecnologia_UB.pdf

Piassentini, M. y Occelli, M. (2012). Caracterización de Laboratorios Virtuales para la enseñanza de la Ingeniería Genética. En *Garcia L., Buffa LM, Liscovsky, I., Malin Vilar TG (Compil.) Memorias de las X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*, 671-676.

Posada, J. (2000). El estudio didáctico de las ideas previas. En, Perales, J. y Cañal, P. (Drs.). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias.* Alcoy, España: Editorial Marfil.

Razera, J. y Nardi, R. (2016). Ética no ensino de ciências: responsabilidades e compromissos com a evolução moral da criança nas discussões de assuntos controvertidos. *Investigações em Ensino de Ciências, 11*(1), 53-66.

Rodríguez, E. (2003). Terapia génica y principios éticos. *Acta bioethica*, *9*(1), 69-79.

Ruiz, M., y Sangro, B. (2005). Terapia génica: ¿Qué es y para qué sirve?. En *Anales del sistema sanitario de Navarra* (Vol. 28, No. 1, pp. 17-27). Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.

Sadler, T. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *41*(5), 513-536.

Sánchez, A. (1996). Ingeniería genética: aplicaciones e implicaciones. *Puertas a la lectura*, (2), 37-41.

Sandoval, W. y Reiser, B. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science education*, *88*(3), 345-372.

Sanmartí, N. (1997). *Enseñar y aprender ciencias: algunas reflexiones.* Obtenido de http://www.guiasensenanzasmedias.es/verpdf.asp?area=natura&archivo=GR104.pdf

Segura, S. (2015). Organismos modificados genéticamente. Luces y sombras de los alimentos transgénicos. Tesis de Licenciatura. Universitat de Barcelona.

Serrano, J., y Pons, R. (2008). La concepción constructivista de la instrucción: Hacia un replanteamiento del triángulo interactivo. *Revista mexicana de investigación educativa*, *38*(13), 681-712.

Silva, P. y Krasilchik, M. (2005). Percepções dos alunos de Ensino Médio sobre questões bioéticas. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-5.

Solbes, J. y Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, *19*(1), 151-162.

Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (21), 91-117.

Solomon, J. (1992). The classroom discussion of science-based social issues presented on television: knowledge, attitudes and values. *International Journal of Science Education, 14*(4), 431-444.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, *15*(2), 4-14.

Taylor, S. y Bogdan, R. (1994). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona: Paidós.

Tribó. G. (2008). El nuevo perfil profesional de los profesores de secundaria. *Educación xx1*, (11), 183-209.

Villalta, M. A. (2009). Análisis de la conversación: Una propuesta para el estudio de la interacción didáctica en sala de clase. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, *35*(1), 221-238.

Weiss, E. (2017). Hermenéutica y descripción densa versus teoría fundamentada. *Revista mexicana de investigación educativa*, *22*(73), 637-654.

Wood-Robinson, C., Lewis, J., Leach, J., y Driver, R. (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 16*(1), 43-61.

Yager, R. (1996). *Science/technology/society as reform in science education*. Albany: State University of New York Press.

Zeidler, D., Sadler, T., Simmons, M. y Howes, E. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science education*, *89*(3), 357-377.

Zeidler, D. y Nichols, B. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education, 21*(2), 49-58.

Videos

Kurzgesagt – In a Nutshell (2016, Agosto 10). La Ingeniería Genética Cambiará Todo Para Siempre- CRISPR. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=jAhjPd4uNFY&t=1s

Kurzgesagt – In a Nutshell (2017, Mayo 30). ¿Son los transgénicos buenos o malos? Ingeniería Genética y nuestra comida. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=7TmcXYp8xu4&t=1s

Stated Clearly (2014-may-30). ¿Qué es el ADN y Cómo Funciona?. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=NQaZecHCCNA&t=12s

Película

Spielberg, S. (Productor) y Trevorrow, C. (Director). (2015). Jurassic World [Cinta cinematográfica]. EU.: Legendary Pictures, Amblin Entertainment.