



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

**PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN EL BACHILLERATO:
PATRONES DE EXPRESIÓN Y VARIACIÓN GENÉTICA**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRIA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (BIOLOGÍA)**

PRESENTA:

MA. TERESITA DEL NIÑO JESÚS GUTIÉRREZ RUBIO

TUTOR

DR. EUGENIO CAMARENA OCAMPO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

MÉXICO, ESTADO DE MÉXICO. OCTUBRE 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que de manera directa o indirecta contribuyeron a la realización de esta tesis y a la conclusión de una etapa más de formación como profesional de la educación.

De manera muy particular, agradezco al Dr. Eugenio Camarena Ocampo por aceptar la gran responsabilidad que implicó ser mi tutor. Asimismo, agradezco a la M. en C. Irma Elena Dueñas, a la Dra. Martha Juana Martínez, al Dr. Arturo Silva y al M. en C. Alejandro Mena por sus comentarios y sugerencias que hicieron posible la conformación o conclusión del presente trabajo.

Doy gracias a mis profesores de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS), incluidos mis profesores expertos, por ayudarme en el proceso de construcción y, por permitirme aprender de sus aciertos y errores.

Especialmente, agradezco a mis padres Rafaela Rubio y Pedro Gutiérrez, así como a mi compañero de vida Polo Francisco Padilla Monroy, por impulsarme y apoyarme a continuar formándome en los diversos aspectos que me constituyen como persona y profesional.

También agradezco a mis hermanos, sobrinos y alumnos, a quienes dedico este trabajo, porque han sido una de las principales razones de que me haya embarcado en esta aventura.

Agradezco a todos mis compañeros de maestría, pero de forma particular a Lolita, Erika, Jannet, Liliana, Yadira, Ramse, David y Carlos, por compartir su tiempo y experiencias, por sus críticas, sugerencias y comentarios, que en conjunto me han ayudado a andar el camino de la docencia.

ÍNDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	13
Implicaciones de la didáctica	13
La enseñanza-aprendizaje de la Biología en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH)	16
I. JUSTIFICACIÓN	19
1.1. Importancia del contenido biológico objeto de estudio	19
1.2. La genética y el programa de estudios de biología en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades	24
1.3. Situación académica de los alumnos de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Vallejo con relación a la asignatura de Biología III	27
1.4. Trabajo de búsqueda interpretativo	33
II. MARCO TEÓRICO	35
2.1. Sociedad, educación y función de la escuela	35
2.2. La didáctica, el currículum y el papel docente	37
2.3. La enseñanza y aprendizaje de la ciencia	42
2.4. Enseñanza y aprendizaje de la Biología	44
2.5. Enseñanza y aprendizaje de genética	46

2.6. Modelo educativo, programa de estudios y papel docente.....	48
2.7. Práctica docente y problemas escolares.....	53
III. METODOLOGÍA.....	57
3.1. Tema de interés.....	57
3.2. Objetivos y propuesta.....	59
3.3. El cuaderno de trabajo como material educativo y como práctica en la formación docente.....	60
3.4. Enfoque e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	64
IV. FUNDAMENTACIÓN DEL CUADERNO DE TRABAJO.....	75
4.1. El contenido biológico objeto de estudio.....	76
4.2. La enseñanza-aprendizaje de las relaciones no alélicas de acuerdo al programa de estudios de Biología III en el CCH.....	77
4.3. Las actividades de aprendizaje.....	84
V. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	89
5.1. El cuaderno de trabajo.....	89
5.1.1. La primera impresión.....	89
5.1.2. Los conocimientos previos de los estudiantes (actividad diagnóstica).....	93
5.1.3. Actividad 1.1. Reflexión sobre el caso de ¿infidelidad o negligencia?.....	102
5.1.4. Actividad 1.1.1. Conceptos clave.....	105

5.1.5. Actividad 1.1.2. Relaciones no alélicas y biodiversidad.....	109
5.1.6. Actividad 1.1.3. Relaciones alélicas y no alélicas (interacciones alélicas e interacciones génicas).....	113
5.1.7. Actividad 1.2.1. Antecedentes de la epistasis, la herencia influida por el sexo y la poligenia.....	115
5.1.8. Actividad 1.3.1. Epistasis.....	121
5.1.9. Actividad 1.3.2. Epistasis y el caso de “¿infidelidad o negligencia?”.....	126
5.1.10. Actividad 1.3.3. Herencia influida por el sexo.....	130
5.1.11. Actividad 1.3.4. Herencia influida por el sexo y calvicie androgénica.....	136
5.1.12. Actividad 1.3.5. Poligenia y tonos de piel en el humano.....	140
5.1.13. Actividad 1.3.6. Poligenia y complejión humana.....	149
5.1.14. Actividad 1.3.7, de cierre.....	152
5.2. Resultados de los cuestionarios.....	154
5.2.1. Actividades del cuaderno de trabajo.....	155
5.2.2. Instrucciones de las actividades.....	156
5.2.3. Interés y forma de abordar el tema.....	157
5.2.4. Forma en que se aborda el tema y su relación con la vida cotidiana.....	158
5.2.5. Actividades y programa de estudios.....	159
5.2.6. Comprensión del lenguaje utilizado en las lecturas.....	161
5.2.7. Número de actividades.....	163
5.2.8. Realización de las actividades.....	164
5.2.9. Gusto por trabajar con el cuaderno de trabajo.....	165

5.2.10. Diseño del cuaderno de trabajo.....	166
5.2.11. Utilidad de las imágenes.....	167
5.2.12. Número de imágenes.....	169
5.2.13. Sugerencias, lo que gustó y no gustó del cuaderno de trabajo.....	169
NOTAS FINALES.....	173
 Proceso de construcción del conocimiento.....	174
 Cuaderno de trabajo.....	177
BIBLIOGRAFÍA.....	185
ANEXOS	
 A. Evaluación del cuaderno de trabajo, cuestionario.....	193
 B. Evaluación del cuaderno de trabajo, entrevista al docente.....	195
 C. Programa de estudios de Biología I.....	196
 D. Programa de estudios de Biología III.....	197
 E. Cuaderno de trabajo.....	199

RESUMEN

Para lograr que los estudiantes aprendan existe una diversidad de formas de estructurar el contenido disciplinario durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, cada una de ellas puede resultar más pertinente dependiendo de los objetivos académicos y del contexto en que sean implementadas. Sin embargo, se ha visto que la estructuración didáctica del contenido orientado por las necesidades de aprendizaje hacia el individuo al que va dirigido, así como por principios didácticos y acorde a una lógica interna disciplinaria, favorecen el desarrollo y aplicación de habilidades y conocimientos para los que fueron propuestos.

Este trabajo de tesis es una *Propuesta para la enseñanza y aprendizaje en el bachillerato: patrones de expresión y variación genética*, a través de la implementación de un cuaderno de trabajo que pretende apoyar el aprendizaje de los estudiantes en relación con el tema de *expresión y variación genética*, del programa de Biología III, de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades.

La propuesta, que fue aplicada en un grupo de estudiantes del turno vespertino, del CCH Azcapotzalco, contiene una estructuración didáctica específica para apoyar a los estudiantes en el logro de los aprendizajes, además a través de la estructuración, análisis y reflexión de la propuesta se buscó contribuir en la formación del docente. Tanto para la obtención de información como para su análisis se utilizó un enfoque cualitativo; se realizó observación en el aula durante la implementación del cuaderno de trabajo, al finalizar se realizó una encuesta a los estudiantes con la intención de evaluar el instrumento; también, se realizó una entrevista estructurada al docente que aplicó el material, para conocer su opinión. Asimismo, se analizaron y contrastaron las respuestas obtenidas a través de los diferentes instrumentos.

Durante el desarrollo del presente trabajo se pudieron identificar elementos —tanto del material, como del proceso de enseñanza y aprendizaje— que obstaculizan el logro de los aprendizajes propuestos: problemas en la apropiación de conceptos clave de genética (gen, alelo, cromosoma, locus, loci, etc.); dificultades para comprender la herencia influida por el sexo, ya que la confundieron con la herencia ligada al sexo; dificultades en la realización de

las actividades, parte de ello se explica por los problemas de redacción de las mismas, pero también se debe a la falta de compromiso e interés por parte de los estudiantes para realizarlas; lo anterior estuvo además ligado con el tipo de habilidades de análisis y reflexión y no solamente de memorización que precisan las actividades propuestas.

Al mismo tiempo, se pudo apreciar que las experiencias de aprendizaje propuestas apoyan principalmente la apropiación de los conocimientos conceptuales pero no así el desarrollo de habilidades (uso de algoritmos relacionándolo con los conceptos fundamentales de la herencia biológica, e interpretación de los resultados obtenidos a través de los mismos); se piensa que tras una reestructuración, los logros en cuanto a aprendizajes conceptuales y procedimentales pueden ser mayores.

De igual manera, el trabajo de intervención realizado contribuyó en la formación docente, al auxiliar en el desarrollo de habilidades para conocer y explicar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

ABSTRACT

There are a diversity ways to structure the teaching and learning process, which could be propose to make possible students learning; each of them could be most appropriate according the academic objectives and the context where they are implemented or introduced. Nevertheless, according to some educational investigations results, the didactic structure of the academic topic, guided by the student learning's needs, didactics principles, and in accordance with an internal logic of the discipline, give advantage to abilities and knowledge development and application for which they were proposed.

This thesis work is a *Propuesta para la enseñanza y aprendizaje en el bachillerato: patrones de expresión y variación genética*, through an exercise book implementation, which expect to support students' learning related to genetic expression and variation, of Biología III program, at Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades.

The proposal, which was applied in a student's group of evening shift of the CCH Azcapotzalco, has a specific didactic structure to support students to get education goals. Also, trough proposal structuration, analysis and reflection carried out seek to contribute to teacher's training. A qualitative approach or perspective was used in order to gather and to analyze the obtained information. Classroom observation was carried out during the implementation of the exercise book, when the students finished using the exercise book a survey was carried out to them, and a structured interview was made to the teacher to know his point of view about the exercise book. The answers obtained through different tools were analyzed and matched.

Some elements or factors that obstruct or hinder the teaching and learning process proposed were identified when the exercise books was put into, some of the elements that obstruct de learning process are: genetics' concept appropriation problems (gene, allele, chromosome, locus, loci, etc.); the students had some troubles to understand the inheritance influenced by the sex, they confuse this inheritance pattern with the inheritance sex-linked; the students had problems to carry out the activities proposed in the exercise book, this could be explained by the bad writing and the students' lack compromise to do the exercise book's activities. This could be linked with de kind of analysis and reflection skills that were needed to answer the activities proposed.

The learning experiences proposed support the appropriation of students' conceptual knowledge, but not the abilities development (algorithms' use linking basic concepts of biological inheritance as well as explaining the results obtained using algorithms). After an exercise book restructuring, the conceptual and procedural learning achievements will be able bigger than the obtained ones.

In the same way, the intervention wok contributed to teacher's training, because it helped to the skills development in order to know and explain the teaching and learning process.

INTRODUCCIÓN

Implicaciones de la didáctica

La realidad educativa actual se encuentra inmersa en un contexto determinado y caracterizada por toda una serie de variables que obligan a llevar a cabo cambios en varios aspectos, entre ellos; la realidad de la vida cotidiana demanda a los individuos una preparación y apropiación de diversos tipos de conocimiento que hagan posible su desarrollo exitoso en la sociedad.

Siendo la escuela una institución responsable de la formación de ciudadanos, le corresponde en gran medida esta tarea tan compleja y crucial; principalmente considerando que en la actualidad se le han asignado a ésta un conjunto de roles que anteriormente correspondían a la familia, como por ejemplo, la formación en valores. Estos cambios en los roles son en parte consecuencia de la complejidad de la cultura y de las formas sociales y económicas en que en los últimos años se ha llegado a organizar la sociedad. La Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), siendo una institución que busca estar a la vanguardia, tiene como objetivo no sólo que sus estudiantes adquieran conocimientos conceptuales que les permitan seguir aprendiendo, sino también que éstos se formen en valores y actitudes que les permitan ser capaces de integrarse de manera exitosa en la sociedad (CCH, 2004; Camarena, 2009).

Para llegar a formar a los individuos con el perfil que demandan las necesidades sociales, la escuela a través de reformas en su currículum busca lograr dicho objetivo, sin embargo, es el docente quien finalmente materializa dicho proyecto educativo y, es el responsable de contribuir a la formación del alumnado de acuerdo al perfil buscado. Por lo que, el docente más que seleccionar condiciones de trabajo que posibiliten dichas demandas, sólo puede mediar en las que le vienen dadas, flexibilizando y definiendo el propio margen de su capacidad de influencia. Sus destrezas profesionales son respuestas propias del ser docente, que son ajustadas a la situación y contexto en que se ejercen. El rol del docente, como lo afirma Arfwedson (1979, citado por Gimeno, 1997), es el de ser más efectivo dentro de un marco o contexto que únicamente puede cambiar marginalmente, debido a que existen referentes institucionales que lo delimitan: el currículum, el plan de estudios, el programa de estudios, las legislaciones institucionales, entre otros (Camarena, 2007); no obstante, el papel del mismo llega a ser determinante para el logro de los objetivos propuestos.

Debido a lo anterior y aunado a la experiencia vivida como docente en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Vallejo al enfrentar que los estudiantes de Biología III lograran los aprendizajes relacionados con el contenido de “relaciones alélicas y no alélicas”, fue lo que ha generado la presente búsqueda, ya que en principio no existe un término o temática referido en la literatura especializada del campo de conocimiento de la biología que explique en qué consisten éstas. La experiencia vivida se volvió más compleja por la carencia

de una formación pedagógica que orientara o guiara en la interpretación de los programas de estudio, o bien, por la falta de orientación por parte del personal del Colegio que apoyará en dicha tarea. Sumado a lo anterior, se percibió que los estudiantes tenían problemas para apropiarse del contenido biológico, pero sin poder identificar con certeza los factores que los estaban generando.

Tiempo más tarde, al haber una mayor interacción con los docentes que imparten la asignatura de Biología III en el Colegio, así como con sus estudiantes, se percibió que varios de los profesores revisaban la temática de la misma forma como la revisaban en Biología I, es decir, con un enfoque sobre lo mendeliano y lo no mendeliano, pensando que la herencia mendeliana es equivalente a lo que se interpreta como relaciones alélicas y lo no mendeliano con las relaciones no alélicas. Incluso, algunos de los profesores no revisaban la temática porque no sabían qué interpretar como “relaciones alélicas y no alélicas” o bien, porque consideraban que los estudiantes ya lo habían revisado con sus profesores como parte del curso de Biología I. Lo que además explicaría por qué al revisar los exámenes extraordinarios aplicados en el 2010 en el CCH Vallejo no se encontraron reactivos relacionados con el contenido biológico de interés para este trabajo. Cuando se inició la indagación, se encontró que el problema no sólo tenía lugar en el CCH Vallejo, sino que también se presentaba en otros Colegios, como por ejemplo, en el CCH Azcapotzalco, en donde los profesores, en términos generales, revisaban la temática y buscaban lograr el aprendizaje relacionado con la herencia mendeliana y no mendeliana (Gómez, 2010).

Lo anterior motivó a construir una propuesta para abordar la temática considerando la problemática detectada, es decir, tratando de explicar a qué se hace referencia con las relaciones alélicas y no alélicas y cómo la diferenciada interacción de alelos contribuye a la biodiversidad, así como desde los referentes, apropiaciones y significaciones que en ese momento se tenían. Se buscó que al implementar la propuesta se ofreciera la posibilidad de poder conocer, analizar, comprender y explicar las situaciones que articulan y que influyen en el proceso de enseñanza-aprendizaje relacionado con el contenido biológico de interés para fines de este trabajo de búsqueda y, con la propuesta realizada de manera particular. En este sentido, el presente trabajo tiene como intencionalidad contribuir a desarrollar la capacidad deconstructiva del docente en formación, sobre el proceso de construcción de conocimiento que tiene lugar durante el proceso educativo y al mismo tiempo, contribuir en la formación del propio docente, al auxiliarlo en la construcción y apropiación del significado de lo que implica ser docente reflexivo.

Para el estudio del proceso de aprendizaje, considerando que éste no puede ser abstraído del contexto en el que ocurre ya que de otra forma no se lograría una comprensión adecuada del mismo, se realizó una observación en el sitio donde éste tuvo lugar, para poder analizar la dinámica de la estructura en la que se desarrolla, lo que al mismo tiempo ayuda a encontrar sentido y las significaciones que éste tiene para los estudiantes y demás participantes,

incluyendo al observador, quienes interpretan el acto educativo desde sus marcos de referencia (Granata *et al.*, 2000), y cuyo conocimiento puede ayudar a explicar los hechos.

Para la deconstrucción del proceso educativo es necesario que el docente posea la apropiación de una serie de elementos que forman parte del medio en el que se desempeña, así como de su hacer, los cuales integran un conjunto de referencialidades que organizan y ordenan su hacer, entre los que se encuentra la didáctica, el proyecto educativo particular de la institución en la que se labora, su modelo educativo, planes y programas de estudio, estrategias, así como aspectos políticos, éticos y sociales, tanto del interior, como del exterior a ésta, que sirven como herramientas de igual forma en la interpretación del mismo proceso educativo (Camarena, 2009). Ante todo, resulta de suma importancia que el docente tenga claro que la docencia no consiste en una ejecución mecánica de especificaciones técnicas, sino de un entendimiento y apropiación de dichas referencialidades, así como las disciplinarias para que posibilite la interpretación, comprensión y explicación del proceso de enseñanza-aprendizaje que contribuyan al perfil de un docente consciente de la realidad y de su intervención en la formación intelectual de los alumnos, pero también como formador de futuros ciudadanos. Que sepa justificar, argumentar el por qué y para qué de su proceder.

Sin embargo, como lo señalan algunos autores, ha sido preciso que para que el docente pueda interpretar el proceso educativo, es necesario que se acerque sin prejuicios al mismo, que se mezcle con él, lo explore muy de cerca y desde distintos ángulos, de manera que pueda tener un panorama más amplio, que rebase los límites de la cotidianidad (Camarena, 2007). Para poder llevar a cabo la interpretación del proceso de enseñanza-aprendizaje, es necesario que el docente se distancie, de manera que pueda analizar los eventos que se presentan durante el proceso, para que reflexione sobre las causas de los hechos y trate de establecer relaciones entre los mismos, procurando dar sentido a lo observado, pensado o expresado por los individuos participantes en el proceso, ya que de lo que se trata es poder conocer y comprender el proceso educativo, yendo más allá de lo que se sabe del mismo (Mallart, 2000; Camarena, 2007).

Con lo anterior no se busca por supuesto llegar a establecer generalizaciones, ya que se sabe que la situación de cada aula, a pesar de tratarse del mismo profesor, guarda condiciones muy particulares, pero no obstante, existen algunas situaciones que pueden llegar a repetirse al estar presentes los factores que los favorecen, como por ejemplo, en el caso particular de la genética, la problemática de comprender lo que es un alelo y lo que es un gen, dada la similitud entre ambos conceptos y la explicación de los mismos en los referentes bibliográficos de una manera confusa o por lo menos no precisa.

De esta manera se potencializa que el docente en su futura práctica educativa pueda intervenir en la dirección del proceso educativo, al movilizar sus conocimientos, al mejorar las condiciones de aprendizaje, no sólo de aspectos relacionados con los saberes declarativos o

conceptuales del campo de conocimiento de la biología, sino también de los procedimentales y actitudinales (Mallart, 2000); lo anterior además potencializa que el docente pueda seguir aprendiendo, al poseer o haber desarrollado habilidades para observar el proceso de construcción de conocimiento de sus estudiantes y los problemas que se pueden presentar durante el mismo, al conocer las fortalezas y debilidades en la apropiación de las implicaciones que tiene la práctica educativa y por ende en la deconstrucción y construcción de conocimientos que estructurados y acomodados en los esquemas existentes, puedan ser activados para dar respuesta a situaciones nuevas.

En suma, la didáctica y por ende el hacer docente, no se puede reducir a la apropiación de metodologías de enseñanza, técnicas, modelos de aprendizaje, currículum, etc. Sino al conjunto de todos los elementos o determinantes que cuando se conjuntan conforman la didáctica y el hacer docente, sin que se pueda prescindir de ninguno de los elementos, pero sin que la presencia de todos ellos asegure o garantice un rotundo éxito en el proceso, pero cuya conjunción de éstos lo posibilita; ya que lo más importante en este campo del saber no es el conjunto de conocimientos adquiridos, sino el manejo de éstos como instrumentos para indagar y actuar sobre una realidad (Furlán, 1989).

La enseñanza-aprendizaje de la Biología en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH)

Como se sabe, y se ha comentado anteriormente, el proceso de enseñanza-aprendizaje es un proceso complejo, debido a los múltiples factores que influyen en éste. De manera particular, en el campo de la Biología, al igual que en otras ciencias, el contexto se torna aún más complejo, debido a lo difícil que resulta para profesores y alumnos la apropiación de un lenguaje tan basto y específico, que implica la apropiación de todo un sistema nuevo de códigos y patrones semánticos, que si bien, son útiles para explicar los fenómenos que tienen lugar en nuestra vida cotidiana, la forma en que se presentan y trabajan los contenidos de ésta no son los más motivantes o interesantes. Generalmente, el conocimiento científico se presenta a los estudiantes a través del uso de fenómenos seleccionados y acotados y no a través de fenómenos cotidianos; además el utilizar modelos referenciales aparentemente distintos en la revisión de cada uno de los contenidos, genera que no sea fácil que el alumno pueda reconocer y construir teorías que interrelacionen hechos diversos (Sanmartí,2002).

Ante lo señalado anteriormente, la intención de la propuesta realizada a través del cuaderno de trabajo, ha tenido como primera intención presentar un conocimiento complejo de una forma que se consideró mucho más cercana a la realidad de la vida cotidiana de los estudiantes, y desde las apropiaciones y significaciones que se tienen del hacer docente y la interpretación del programa de estudios. La realización de esta propuesta estuvo motivada por el conocimiento de los problemas ya señalados y por la forma en que generalmente se les

presenta a los estudiantes estos temas, como algo mítico, dogmático, difícil; lo que resulta contrario a los objetivos del Colegio, como parte de lo que se pretende lograr durante el curso de Biología III, es decir, “profundizar en la cultura básica del estudiante en este campo del saber, al formarlos mediante la adquisición de conceptos y principio propios de la disciplina, así como el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que le permitan enfrentar con éxito los problemas relativos al aprendizaje de nuevos conocimientos en el campo de la Biología” (CCH, 2004, p. 21).

Generalmente se olvida que la ciencia escolar que se pretende que aprendan los estudiantes es distinta a la que trabaja un científico cotidianamente. Se olvida que el estudiante requiere una apropiación y contextualización, antes de comenzar a hablar propiamente de la explicación de un fenómeno biológico. Para los científicos no se requiere, debido a que éstos ya están interesados y contextualizados; además de que el enfoque y la apropiación del conocimiento en el campo es una diferencia, a partir de la cual no existe comparación, dado que en principio las intencionalidades son diferentes.

Se olvida que enseñar ciencias implica entre otros aspectos, establecer puentes entre el conocimiento, como lo hablan los científicos y el conocimiento que pueden construir los estudiantes. Ello, no quiere decir que dicha reelaboración se reduzca a la simplificación del conocimiento (Sanmartí, 2002). Es decir, no se trata solamente de eliminar la parte del conocimiento que resulta complejo y abstracto, sino de extraer, del conjunto de éste, los saberes fundamentales, es decir, aquellos que permitan seguir construyendo, y de igual forma, seleccionando ejemplos en función de su simplicidad y adecuación a la teoría que se quiere enseñar.

Sin embargo, existen factores que tienen una influencia determinante en el proceso educativo, especialmente si hablamos del campo de la genética, la cual al ser una ciencia en construcción y grandes cambios, aún no existe un consenso generalizado sobre algunos temas y que sin embargo, forman parte de un programa de estudios del nivel medio superior, como por ejemplo con relación a lo que son las relaciones alélicas y no alélicas y que como se indicó, no existen como tal en la bibliografía, sino como interacciones alélicas e interacciones génicas o bien como lo señalan otros, como interacciones intraalélicas e interalélicas. Es decir, aún no existe un consenso generalizado sobre el contenido biológico de interés. Por lo que se señaló en el cuaderno de trabajo que existen ambas posibilidades y que si bien es importante que se sepan, el objetivo del curso es comprender cómo la diversidad en que se presenta la interacción de la información genética contribuye a la variación fenotípica, la cual forma parte de la biodiversidad presente en el planeta.

Aunado a ello, el aprendizaje de los propios conceptos genéticos resulta difícil tanto para docentes como para los estudiantes, debido a la abstracción que se requiere para poder conceptualizarlos, al tratarse de conceptos a los que no se puede tener acceso de manera

directa, así como a la dificultad de establecer relaciones entre ellos que faciliten su apropiación (Cho *et al.*, 1985; Bugallo, 1995; Banet & Ayuso, 1995; Ayuso *et al.*, 1996). Por lo que se consideró que si se parte o se explica con base en casos o ejemplos cercanos a ellos, se puede facilitar su apropiación.

Con relación a la enseñanza y aprendizaje del contenido de “*relaciones no alélicas*”, la situación se torna aún más compleja. Se sabe que existe una serie de problemas que enfrenta el profesor del CCH, ya que además de las condiciones anteriormente mencionadas, no existe claridad para algunos docentes de cómo interpretar el programa de estudios propio de la asignatura, por lo que “interpretan de formas variadas la intención educativa que se tiene para la enseñanza del tema: Expresión genética y Variación” (Gómez, 2010, p. 149); tema que comprende el contenido de “*relaciones no alélicas*”, objeto de interés del presente trabajo.

Con base en la búsqueda realizada por la misma autora, se sabe que “existe confusión entre los profesores de qué entender por relaciones alélicas y relaciones no alélicas, así como de advertir de cómo éstas contribuyen a la comprensión y explicación de la variación fenotípica en los organismos” (Gómez, 2010, p.149).

Sumado a lo anterior, es claro que se precisa que el profesor, a pesar de tener una formación disciplinaria, tenga un amplio conocimiento, como por ejemplo, de la epistemología de la ciencia, en valores, sobre cómo aprenden los estudiantes y sus condicionamientos socioculturales, entre otros muchos. Es decir, conocimiento que le posibilite la toma de decisiones de manera reflexionada y con conocimiento de causa; que sepa qué hacer, pero principalmente saber por qué y el para qué hacer, de forma que también queda claro que ello no se puede lograr a través de la apropiación sólo de técnicas de enseñanza y aprendizaje, ya que ello podría llevar a una sola ejecución mecánica de su hacer, sino que el docente requiere de un conocimiento más profundo de aspectos psicopedagógicos y didácticos, para estructurar el cómo hacer en un contexto social escolar.

I. JUSTIFICACIÓN

1.1. Importancia del contenido biológico objeto de estudio

Lo que ha llevado a la realización del presente trabajo sobre el tema de expresión genética y variación y, más específicamente de la determinada por “*relaciones no alélicas*”, está relacionado con la propia experiencia como docente, al enfrentar el problema de apoyar a que los estudiantes de quinto semestre de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades logran “comparar las relaciones entre alelos en la transmisión y expresión de la información” (CCH, 2004, anexo D). De igual manera, surgió a partir del conocimiento obtenido al compartir con otros profesores sobre el problema de qué interpretar y cómo lograr que los estudiantes alcanzaran dicho aprendizaje, marcado en el programa de estudios de Biología III.

Esto último resulta de suma importancia, porque como lo refiere Gómez (2010), con base en una investigación realizada en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Azcapotzalco, se encontró que los profesores responsables de impartir la asignatura de Biología III, al revisar el contenido de “*relaciones no alélicas*” en realidad proponen a sus estudiantes experiencias de aprendizaje dirigidas a lograr aprendizajes contemplados en el programa de la asignatura de Biología I: “Explicar diferentes mecanismos hereditarios y resolver problemas que involucren la transmisión de caracteres según distintos mecanismos hereditarios” (CCH, 2004, anexo C), y no como se indicó en el párrafo anterior, que lo marca el programa propio de la asignatura, que como se sabe, tiene una finalidad, y que es la de poder llegar a comprender las fuentes de variación genética y las formas en que éstas se heredan. En este punto lo que interesa es que se comprenda cómo la compleja interacción de alelos contribuye a la gran variabilidad que se observa entre los organismos. Por lo que de esta manera quedan sin cubrirse los propósitos y no se favorecen los aprendizajes correspondientes al curso de Biología III, los cuales tienen una razón de ser y una finalidad en la formación de los individuos que conforman la sociedad.

De principio, se sabe que la enseñanza-aprendizaje de la ciencia es un proceso que se ha reconocido en los últimos años de importante trascendencia, ello como consecuencia del rápido avance que se ha presentado en ésta. Lo cual también ha generado la necesidad de una alfabetización científica desde la óptica del ciudadano, es decir, de conocimientos del campo de la ciencia que le permita al individuo ejercer su ciudadanía con responsabilidad y al mismo tiempo, que le capacite para tener una mayor participación en los entornos en los que se desenvuelve al tener la capacidad de tomar decisiones. Además de ello, se ha visto que la apropiación de un conocimiento científico en esta rama del saber puede ayudar al desarrollo de una amplia gama de habilidades y destrezas intelectuales y motoras, las cuales dependen de la forma en que se enseña (Duglio, 2007; Patiño, Vera & Meisel, 2010).

Sin embargo, la enseñanza-aprendizaje de la ciencia resulta compleja, y se torna aún más por la forma en que se les presenta a los estudiantes el conocimiento de estos temas. La complejidad de las ciencias guarda relación con los patrones semánticos de éstas en contraposición con las que poseen los estudiantes, las que no llegan a converger, dado que en muchas ocasiones las pistas lingüísticas que proporciona el profesor son tan dispersas y sutiles, que difícilmente el alumno puede apoyarse de éstas para entender la semántica del tema y la construcción de su conocimiento (Lemke, 1997).

El aprendizaje de la ciencia implica muchas cosas, que en ocasiones los docentes pudiéramos llegar a olvidar, entre ellas, lo difícil que resulta apropiarse de su lenguaje para utilizarlo al hablar, al escribir, al razonar, al resolver problemas dentro del aula, así como de la vida cotidiana, lo que puede resultar un proceso largo aunque se proporcione la ayuda necesaria, de otra manera puede resultar una tarea casi imposible. En ocasiones, cuando los alumnos llegan a entender una serie de conceptos, piensan también que deben memorizarlos, más que comprenderlos; no están conscientes que la ciencia no es cuestión únicamente de vocabulario, sino de que puedan lograr su comprensión y llegar a usarlos en relación unos con otros, en una amplia variedad de situaciones, ya que la apropiación del conocimiento científico no solamente implica encontrar el significado de palabras aisladas, sino dentro de contextos (Lemke, 1997; Campanario *et al.*, 1999).

Aunado a lo anterior, la ciencia se presenta como dogmática, autoritaria, impersonal e inhumana; abundando a la idea que tienen frecuentemente los estudiantes acerca de la dificultad de aprender y hacer ciencia, además llegan a crearse una imagen de los científicos como si fuesen genios, con los cuales tampoco logran identificarse (Lemke, 1997). Otro de los obstáculos en el aprendizaje de la ciencia es la forma en que se presentan los contenidos científicos, éstos se muestran descontextualizados, no se relacionan con los requerimientos e intereses de los estudiantes, lo que impide la motivación de los mismos para aprender, considerando la complejidad del conocimiento de la ciencia. Los estudiantes lo ven como algo aburrido, principalmente porque en las clases tienen problemas para su comprensión (Hernández *et al.*, 2011); además, el hecho de hacer una revisión de contenidos de una manera superficial, reduce a la enseñanza de la ciencia en una mera transmisión de conocimientos, sin que exista una apropiación de éstos por parte de los estudiantes (López & Vivas, 2009). Lo mencionado anteriormente por supuesto que no favorece al logro de los objetivos que se tienen en la escuela al enseñar ciencia; no contribuyen a que el estudiante construya una forma de pensar y de actuar que le permita interpretar determinados fenómenos e intervenir en ellos al poner en práctica una serie de conocimientos teóricos y prácticos estructurados.

En la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, al igual que en cualquier otro campo del conocimiento, se debe tener en cuenta que el aprendizaje lo construye el propio alumno, al dar sentido y construir significados relacionados con el contenido a aprender, por lo que no es posible partir de cero, considerando que los estudiantes tienen conocimientos previos,

aunque si bien generalmente éstos no tienen una base científica, sí cuentan con una empírica a partir de la cual se puede construir.

Es necesario tener presente que los estudiantes tienen preconcepciones, y es más frecuente en Biología al ser ésta una ciencia que se encuentra muy relacionada con la realidad suprema de los individuos, ya que frecuentemente los estudiantes tratan de explicar los fenómenos naturales desde esas ideas, sin embargo, también es frecuente que en muchos de los casos esas preconcepciones resulten erróneas (Pozo & Crespo, 2001; López & Vivas, 2009; Hernández *et al.*, 2011), y surjan verdaderos obstáculos al momento de aprender, ya que generalmente se encuentran muy arraigadas al representar explicaciones que les resultan lógicas. Es decir, resulta difícil lograr que el estudiante pueda en principio deconstruir sus preconcepciones, sin lo cual el estudiante no logrará posteriormente reconstruir. En ocasiones el obstáculo es aún mayor porque muchos alumnos no están conscientes de que poseen algunas preconcepciones, y en ocasiones, no es posible que el profesor las conozca, ya que éstas generalmente se van mostrando conforme se avanza en la experiencia de aprendizaje y no desde el inicio de ésta.

El interés por trabajar en la comprensión de cómo ayudar a los estudiantes del nivel medio superior en el logro de los aprendizajes de genética, tiene relación con el hecho de que se sabe que la genética es considerada una rama de la biología de gran importancia, ya que desde que ésta se desarrolló, ha contribuido a cambiar no sólo las ciencias de la vida, sino que ha influido de una manera determinante en la forma de vida del ser humano. Ha hecho posible la construcción de mejores explicaciones de fenómenos de gran relevancia en la historia de la vida, como los aspectos evolutivos y de la propia Biología (Smith & Sims, 1992, citado por Bugallo, 1995). Sin embargo, son pocos los que se han apropiado de estas explicaciones, debido a la dificultad que representa el acceso a este conocimiento, no únicamente para estudiantes, sino también para profesores (Finley *et al.*, 1982; Bahar *et al.*, 1999, citado por Knippels *et al.*, 2005).

Se entiende que parte de esa dificultad resulta de la complejidad en la apropiación de todo un sistema de signos específicos de este campo de la ciencia, es decir, de un patrón compartido de relaciones semánticas entre los especialistas en esta rama de la ciencia, lo que le implica al individuo en proceso de aprendizaje de la misma, un máximo de separación de su experiencia cotidiana para que pueda construirlo (Lemke, 1997; Berger & Luckmann, 2001).

Además, el hecho de que la genética sea un área del conocimiento que se encuentra en constante cambio, torna más compleja la situación de su enseñanza-aprendizaje; en algunos casos, esta situación está relacionada con el uso de su terminología. La semejanza por ejemplo, entre la mitosis y la meiosis, provoca confusión entre los términos y oculta lo significativo que son las diferencias entre ambos procesos (Radford & Bird-Stewart, 1982;

Smith, 1991, citado por Bugallo, 1995). Se presenta el problema del uso incorrecto y ambiguo de ciertos conceptos genéticos en los libros de texto, por ejemplo, se llega a utilizar de forma indistinta el concepto de gen y alelo, sin establecer su significado correcto (Cho *et al.*, 1985). Asimismo, otra situación que hace difícil aprender genética, es la confusión provocada por el uso que se da a ciertos términos genéticos en el lenguaje coloquial, como por ejemplo, el de “mutation/mutación” (Aldadejo & Lucas, 1998, citado por Bugallo, 1995), o el de “ligado” (Kinnear, 1991, citado por Bugallo, 1995). No se establecen las relaciones entre conceptos, como el de alelo, gen, DNA, cromosoma, rasgo, gameto, cigoto (Cho *et al.*, 1985); o bien se hace una separación entre éstos, como en el caso de la separación cromosómica y replicación del DNA, entre par alélico y expresión del rasgo; separación cromosómica y transmisión del rasgo; es decir, no se explica que estos conceptos se encuentran relacionados, y mucho menos la forma en que lo están (Bugallo, 1995).

Parte de la dificultad en su apropiación, resulta de las bases que se requieren para ello; en ocasiones se requiere un mayor nivel de manejo de las matemáticas y capacidad analítica; ya que si bien los alumnos pueden resolver algunos problemas de genética, no significa que hayan hecho uso de un conocimiento conceptual apropiado, ya que lo pueden resolver de una forma mecánica, sin establecer la relación entre el algoritmo con el contexto del proceso genético. Lo que debe interesar es que los alumnos puedan explicar los fenómenos haciendo uso del lenguaje específico del campo del saber de la genética, es decir, saber explicar por qué lo realizaron de esa forma, pero construyendo los significados claves como ellos lo conceptualizan. Que sepan utilizar el conocimiento construido en relación con otros conceptos dentro de una estructura conceptual (campo semántico), y saber aplicarlo en contextos diferentes (Longden, 1982; Radford y Bird-Stewart, 1982; Stewart, 1983; Thomson y Stewart, 1985, citados por Bugallo, 1995; Lemke, 1997; Berger y Luckmann, 2001). El hecho de que un individuo se apropie de un conocimiento, implica que éste sea capaz de movilizar un sistema de relaciones semánticas para poderlo aplicar en la realización de una tarea, lo que generalmente en la ciencia se muestra en su mayor parte a través del lenguaje, es decir, “por medio del hecho de hablar ciencia¹” (Lemke, 1997).

Todo lo mencionado anteriormente genera que no exista un verdadero interés en la genética por parte de los estudiantes, a pesar de que como se ha señalado en párrafos anteriores, su apropiación resulte de suma importancia y utilidad para la realidad de la vida diaria, al allegarnos de conocimientos que nos ayuden a comprender mejor el mundo en el que vivimos y tomar decisiones mejor fundamentadas que tienen implicaciones económicas, éticas y

¹*Hablar ciencia*: en el sentido más amplio, siempre combina un patrón temático, *Patrón temático*: se refiere al patrón particular de relaciones conceptuales, que se repiten a través del diálogo, que muestra lo que tienen en común las diversas formas de decir la misma cosa. Es una forma de visualizar la red de relaciones entre los significados de los términos clave en el lenguaje de un tema particular. Lemke, J. Aprender a hablar ciencia, lenguaje, aprendizaje y valores. Pág. 101 y 112.

sociales, como en el caso de armas genéticas, ingeniería genética, preservación de la diversidad de la reserva genética, productos mutagénicos elaborados tecnológicamente, al comprender mejor de qué se trata (Stewart & Kirk, 1990; Garvin & Stefani, 1993, citado por Bugallo, 1995).

Esta mismas situaciones han llevado incluso a pensar en que no se debería enseñar por ejemplo, temas de herencia a estudiantes adolescentes. Investigadores como Hackling & Treagust (1984), si bien están de acuerdo en que los estudiantes en dicha etapa están limitados al pensamiento operacional concreto y reafirman la naturaleza abstracta de los conceptos implicados; con todo, opinan que los estudiantes son capaces de comprender fenómenos hereditarios, siempre y cuando se les proporcione la ayuda necesaria, como por ejemplo, que los profesores les ilustren las características que los alumnos no puedan percibir de los conceptos implicados en el fenómeno y, se les propongan desde una perspectiva de sus intereses.

Con base en el tipo de estudiante que la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades busca formar y a las condiciones que imperan, en relación con las características de los alumnos y de los profesores, además de las de enseñanza-aprendizaje, el presente trabajo contribuye a que el profesor conozca esos requerimientos y problemas que presentan los estudiantes en el proceso de construcción de los conocimientos en el campo de la genética, desde su propia vivencia, de manera que pueda proponer alternativas de solución para los problemas que ha detectado.

1.2. La genética y el programa de estudios de biología en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades

Desde la aprobación por parte del Consejo Universitario de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) del proyecto del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), el 26 de Enero de 1971, fecha en que el Dr. Pablo González Casanova era rector de la UNAM (y reconocido desde 1997 como Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades), el CCH surgió con la intención de hacer frente a las demandas educativas y sociales del país y como una alternativa para impulsar la transformación académica de la Universidad, a través de una nueva propuesta curricular y nuevos métodos de enseñanza; desde entonces, esta institución ha representado un motor permanente de innovación universitaria y nacional.

El nuevo modelo educativo del CCH representó la conjunción de la cultura básica², la formación intelectual y social de sus estudiantes, que se considera sigue siendo vigente hasta la actualidad, ya que se cuenta hasta hoy en día con un plan de estudios que tiene como fundamento una filosofía propedéutica y terminal; cuyo objetivo es el de contribuir a formar individuos críticos, creativos, que sepan desarrollarse en una sociedad moderna como la del presente siglo XXI.

Considerando que es en los planes y programas de estudio de la institución donde se vierten y materializan los objetivos educativos de la misma, el CCH posee un programa de estudios que desde la conformación de la institución ha sido modificado, buscando que éste tenga una estructura y organización más acorde a sus finalidades, es decir, que pueda contribuir a la formación de un estudiante que posea una serie de conocimientos, habilidades académicas, actitudes y valores que le servirán para continuar sus estudios profesionales, así como para su desarrollo como persona a lo largo de su vida (CCH, 2004) y de igual manera al logro del proyecto educativo propuesto.

La Biología, como parte de las ciencias que se imparten en el colegio, tiene como tarea contribuir a que el alumno “incorpore conocimientos, habilidades intelectuales, actitudes y valores que favorezcan que realice interpretaciones de la naturaleza más lógicas, racionales y fundadas; que disminuya la incidencia del pensamiento mágico y doctrinario como explicación del mundo natural, además de buscar que la interacción del alumno con la sociedad, la tecnología y el ambiente sea más consciente y responsable”. Contribuir a que el bachiller desarrolle “conocimientos y habilidades que le permitan acceder por sí mismo a las fuentes de conocimiento y de manera más general a la cultura; que sepa buscar, organizar,

² *Cultura básica*: entendida como aquella que se propone contribuir a que el alumno adquiriera un conjunto de principios, elementos productores de saber y de hacer, a través de cuya utilización pueda adquirir mayores y mejores saberes prácticos.

seleccionar, analizar y aplicar la información” (CCH, 2006, p.39), así como trabajar en equipo.

En suma, es a través del trabajo áulico, la interacción social que tiene lugar en ésta, y desde un enfoque de la ciencia y más específicamente del hacer biológico, que el alumno deberá “aprender a aprender, a hacer, a ser y a convivir, lo que contribuirá a formar alumnos críticos, creativos, capaces de generar sus propias estrategias de razonamiento y aprendizaje para la construcción de conocimiento” (CCH, 2006, p.9).

Por lo que se refiere a la revisión del contenido de “*relaciones no alélicas*”, además de ser un medio para contribuir a la formación de un determinado perfil de estudiante, resulta de suma relevancia, ya que es un contenido a través de cuyo abordaje se espera que favorezca que el estudiante que ha cursado Biología III (en el quinto semestre) “comprenda las fuentes de variación genética y las formas de transmitir las y pueda valorar su importancia en la biodiversidad” (CCH, 2004, p. 34).

No obstante, ante la experiencia y el conocimiento que se tiene sobre el hecho de que resulta complejo y difícil el proceso de enseñanza-aprendizaje de la genética, así como del problema que se presenta en la interpretación por parte de los docentes de lo que se pretende, dado lo plasmado en el programa de estudios, es que se decidió profundizar un poco más en las problemáticas relacionadas con dicho contenido y, plantear una propuesta desde la experiencia con que en ese momento se contaba para conocer las mismas. Al hacer esta propuesta se buscó conocer y comprender el proceso de construcción de conocimiento que experimenta el estudiante en lo referente al contenido de “*relaciones no alélicas*” y, a partir de este proceso realizar un análisis que junto con la experiencia propia, pueda contribuir a la formación del docente que la lleva a cabo, al representar una oportunidad para la deconstrucción y reconstrucción del conocimiento propio sobre el proceso educativo, en pro de mejorar las experiencias de aprendizaje que se le propongan a los futuros estudiantes y contribuir a la reducción del problema del alto índice de reprobación y deserción que tiene lugar en el Colegio.

Se espera (así como lo refieren algunos investigadores) que la reflexión en torno a la práctica y al contenido curricular que realice el docente, contribuya a su formación y al mejoramiento de su praxis, de manera que la reflexión sobre su hacer le lleve a realizar una acción docente, no sólo como un mero traductor educativo, sino, en un actuar consciente que haga posible el logro de los objetivos de la institución en la que se desempeña (Gimeno, 1986; Cárdenas & Rivera, 2006; Perrenoud, 2007).

La misma elaboración del cuaderno de trabajo se considera parte importante en la experiencia que ha contribuido a la formación como docente, ya que como lo refieren algunos investigadores, los materiales³ son recursos necesarios para la función culturalizadora de la enseñanza y no son solamente subsidiarios de los docentes, que amenazan y restan protagonismo y profesionalidad, como lo refieren algunos otros (Gimeno, 1997). Ya que es en la conformación del material y el análisis de los resultados de la evaluación del mismo que el docente puede confrontar, ser consciente y reflexionar sobre sus propias concepciones y los objetivos, lo que representa una oportunidad de desentrañamiento para poder deconstruir y reconstruir sobre su hacer al tener un panorama más amplio y claro de la realidad de su vida cotidiana (Camarena, 2007).

Se considera que los materiales, además de comunicar contenidos a aprender, pueden servir para estimular el interés del alumno, aspecto que resulta un elemento de suma importancia para posibilitar el aprendizaje. Sirven también como mediadores culturales, al llevar a que la escuela se asemeje más a la realidad de la vida cotidiana, posibilitando la comunicación, no solamente de la escrita o la oral, sino también de la gráfica, ya que las imágenes lo pueden propiciar al dar acceso a la información de una manera más fácil para el estudiante, al utilizar un lenguaje más accesible o ajustado a las necesidades de éste (Gimeno, 1997).

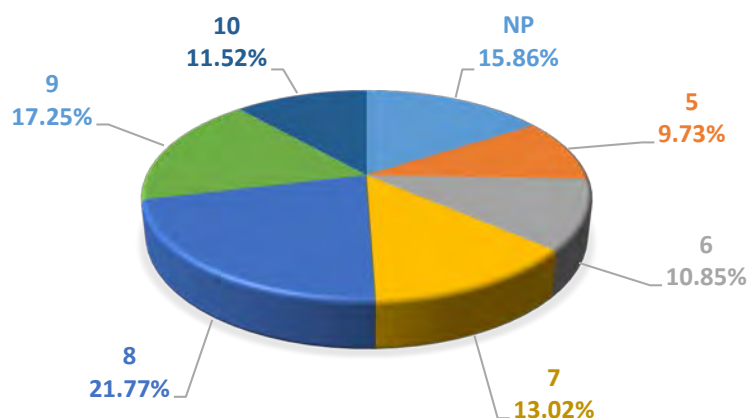
Otro de los aspectos que ha generado el interés en la elaboración del cuaderno de trabajo incluido en esta tesis, ha sido el conocimiento que se tiene sobre lo difícil que resulta para un estudiante del Colegio tener acceso a un material impreso que se ajuste al programa de estudios y que le pueda servir de apoyo en la construcción de su aprendizaje de una manera un poco más autónoma, ya que la mayoría a la que tiene acceso o son materiales, que si bien manejan un lenguaje más adecuado al campo semántico y conceptual de un estudiante de nivel medio superior, no presentan el contenido con el mismo enfoque que el del programa. De manera particular para el contenido de interés, en los libros de nivel bachillerato no se presenta la temática con la intención de comparar las relaciones alélicas y las relaciones no alélicas, sino que se presenta el contenido con el objetivo de diferenciar entre la herencia mendeliana y la no mendeliana, lo que contribuye aún más a la confusión.

³*Materiales*, entendidos como cualquier instrumento u objeto que pueda servir como recurso para que, a través de su manipulación, observación o lectura se ofrezca oportunidad de aprender algo, o bien con su uso se intervenga en el desarrollo de alguna función de la enseñanza.

1.3. Situación académica de los alumnos de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Vallejo con relación a la asignatura de Biología III.

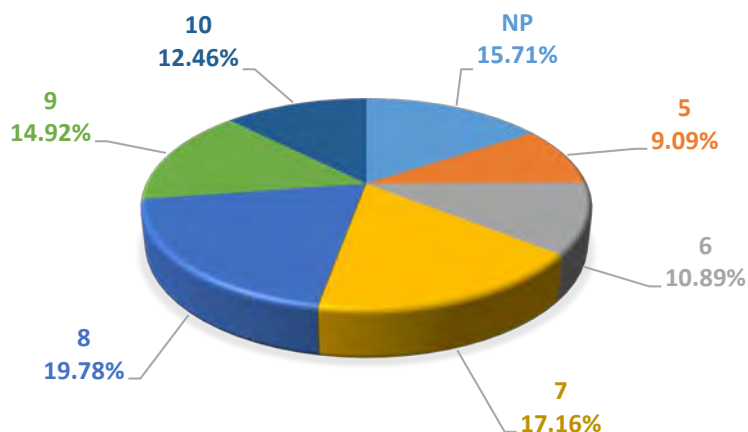
La información que a continuación se presenta se ha recabado debido al interés generado por conocer la situación de los estudiantes en el colegio con relación a la asignatura de Biología III, dado que con base en ello se pretende que este trabajo de tesis pueda contribuir a resolver algunas de las problemáticas que muestran estos resultados: deserción o problemas de aprendizaje. De antemano, se está consciente que los factores que intervienen son variados y complejos, y que no existe una propuesta que pueda influir en todos ellos de manera positiva para que se tenga un 100% de alumnos aprobados por generación y, además con una excelente calificación, teniendo en cuenta que las habilidades de nuestros estudiantes son diferentes. Se sabe que las formas de trabajo que organiza el profesor pueden influir de manera positiva o negativa en estos resultados, sin dejar de considerar que también influye el grado de responsabilidad que cada estudiante asuma en el logro de los aprendizajes. En ese sentido, se espera que la formación docente pueda tener un impacto positivo, a través de la pequeña pero significativa parte que le corresponde a éste en el proceso educativo.

En la *Gráfica 1*, se muestran los resultados de las calificaciones obtenidas por los alumnos en la asignatura de Biología III de la generación 2005, se observa una problemática en cuanto al aprovechamiento académico, ya que existe una importante proporción de 15.86% de alumnos que no se presentan, lo que puede ser consecuencia de distintas causas. Sin embargo, también se observa que existen alumnos que cursan la asignatura y no obstante no la aprueban (9.73% de esta generación). En la misma gráfica se observa que el 74.41% de los alumnos de la generación 2005 aprobó la asignatura de Biología III; que la mayor proporción de los alumnos (21.77%) obtuvo una calificación de 8; y sólo el 11.52% aprobó la asignatura con una calificación de 10.



Gráfica 1. Calificación obtenida por los estudiantes de la generación 2005 del CCH Vallejo en el curso ordinario de Biología III. La escala de calificaciones es la que utilizan los docentes para asentar calificaciones en actas, es decir, es una escala numérica del 5 al 10, incluyendo NP (no se presentó), que se utiliza para indicar que los estudiantes no se presentaron a clase o bien que se presentaron muy pocas veces.

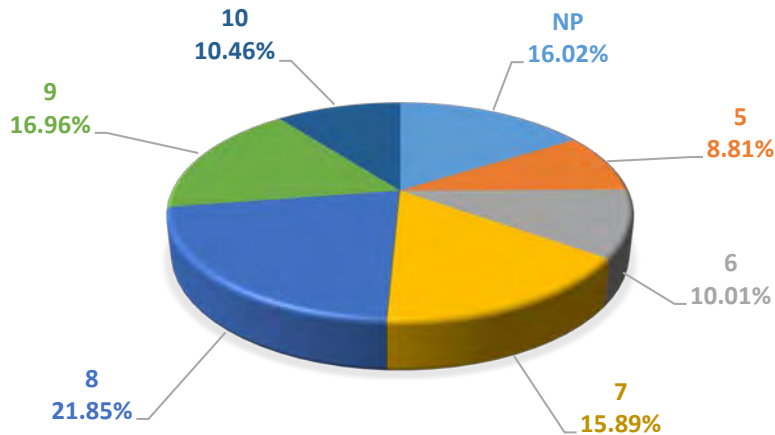
En la *Gráfica 2* se observa que sólo el 75.2% de los alumnos de la generación 2006 aprobó la asignatura de Biología III; el porcentaje de aprobados fue mayor en esta generación. Además, se observa un ligero descenso del porcentaje de alumnos que no se presentaron a clases (15.86% de la generación 2005 y 15.71% en la generación 2006) y, un ligero aumento del porcentaje de alumnos que obtuvieron 10 (12.46%).



Gráfica 2. Calificación obtenida por los estudiantes de la generación 2006 del CCH Vallejo en la asignatura de Biología III, en su curso ordinario. La escala de calificaciones es la que utilizan los docentes para asentar calificaciones en actas, es decir, es una escala numérica del 5 al 10, incluyendo NP (no se presentó), que se utiliza para indicar que los estudiantes no se presentaron a clase, o bien, que se presentaron muy pocas veces.

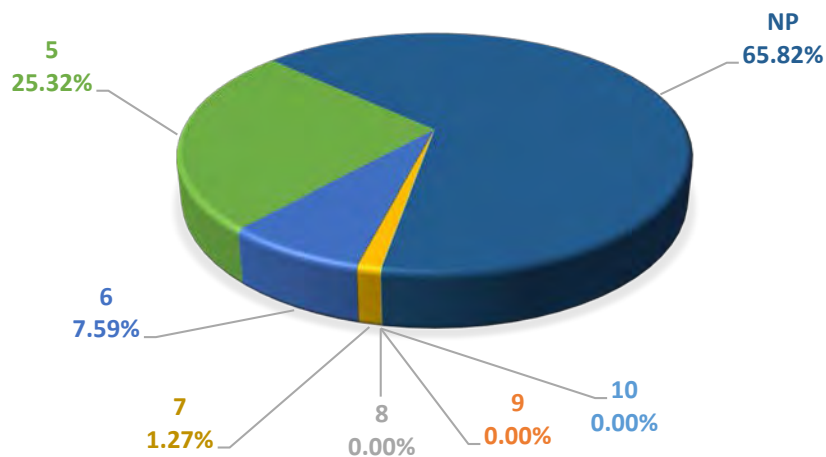
En la *Gráfica 3* se observa que el porcentaje de alumnos de la generación 2007 que aprobaron Biología III (75.17%) se mantiene similar al presentado en la generación 2006, no obstante, se incrementa el porcentaje de alumnos que no entraron a clases, pasando de un 15.71% de la generación 2006 a un 16.02% en la generación 2007, el porcentaje de alumnos que entraron a clases y no aprobaron se redujo en comparación con la generación anterior (de un 9.09% a un 8.81%). Así también, se redujo el porcentaje de alumnos que obtuvieron una calificación de 10 (de 12.46% a 10.46%).

Con base en los resultados obtenidos en las generaciones 2005, 2006 y 2007, en términos generales, se observa que el porcentaje de alumnos por generación que aprueban Biología III es de alrededor de un 75%, registrándose un ligero aumento en las dos últimas generaciones. Así también, se muestra que alrededor de una cuarta parte de los estudiantes aprueban la asignatura con una calificación de 6 o 7.



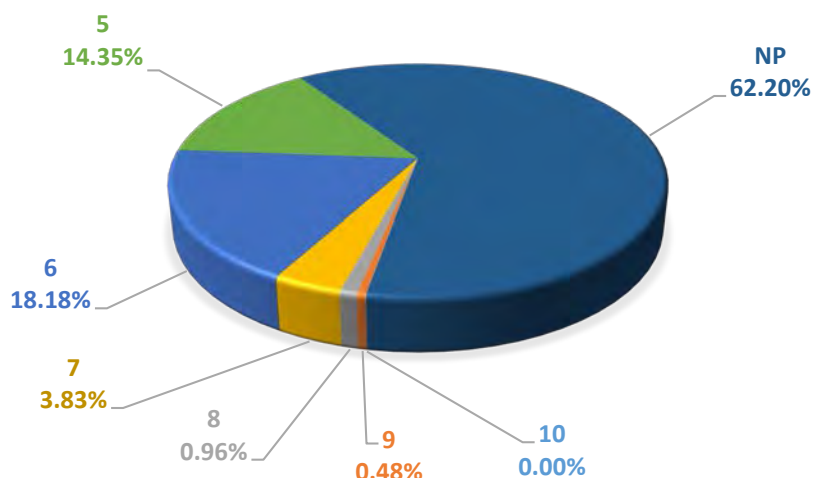
Gráfica 3. Calificación obtenida por los estudiantes de la generación 2007 en la asignatura de Biología III, en su curso ordinario. La escala de calificaciones es la que utilizan los docentes para asentar calificaciones en actas, es decir, es una escala numérica del 5 al 10, incluyendo NP (no se presentó), que se utiliza para indicar que los estudiantes no se presentaron a clase o bien que se presentaron muy pocas veces.

En la *Gráfica 4* se observa que el porcentaje de alumnos inscritos en el examen extraordinario de Biología III, periodo EA 2010, que no presentó al examen fue de 65.82%, el 25.32% obtuvo una calificación no aprobatoria, por lo que el 8.86% de los alumnos que se inscribieron aprobó el examen con una calificación de 6 o 7.



Gráfica 4. Calificación obtenida por los estudiantes del CCH Vallejo en el examen extraordinario de Biología III, correspondiente al periodo EA, realizado en el 2010. La escala de calificaciones es la que utilizan los docentes para asentar calificaciones en actas, es decir, es una escala numérica del 5 al 10, incluyendo NP (no se presentó), que se utiliza para indicar que los estudiantes se inscribieron al examen pero no se presentaron a realizarlo.

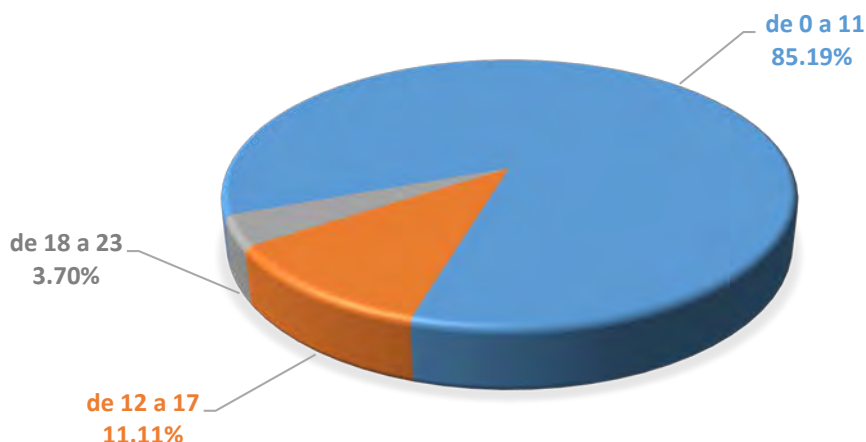
Como se muestra en la *Gráfica 5*, el 62.20% de los alumnos que se inscribieron para presentar examen de Biología III en el periodo EZ 2010, no lo hicieron, el 14.35% obtuvo una calificación no aprobatoria y sólo el 23.45% lo aprobó obteniendo calificaciones de 6, 7, 8 y 9.



Gráfica 5. Calificación obtenida por los estudiantes del CCH Vallejo en el examen extraordinario de Biología III, correspondiente al periodo EZ, realizado en el 2010. La escala de calificaciones es la que utilizan los docentes para asentar calificaciones en actas, es decir, es una escala numérica del 5 al 10, incluyendo NP (no se presentó), que se utiliza para indicar que los estudiantes se inscribieron al examen pero no se presentaron a realizarlo.

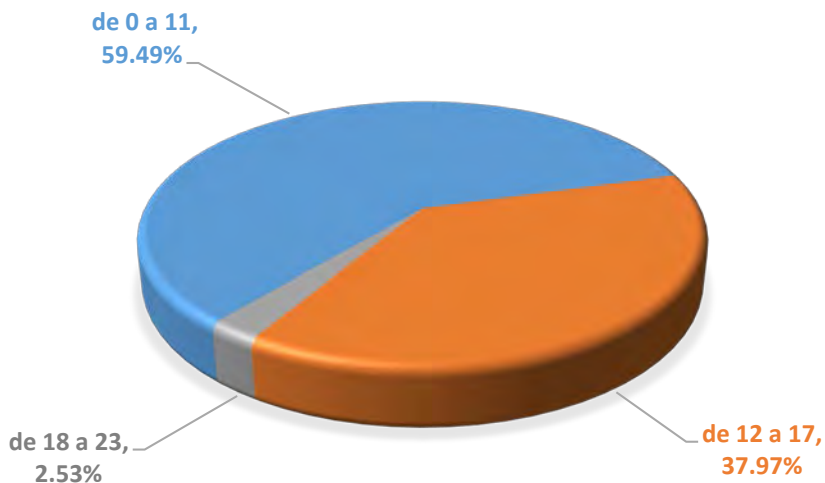
Con base en la *Gráficas 4 y 5* se observa que más de la mitad de estudiantes (65.82% en el periodo EA y 62.20% en el periodo EZ) que se inscribieron para presentar el examen extraordinario de Biología III en los distintos periodos, no lo hicieron. Una gran proporción obtuvo una calificación de 5 (el 25.32% en el EA y 14.35% en el EZ). Sin embargo, se observa que para el periodo EZ aumentó de manera importante el número de alumnos que aprobaron la asignatura, 8.86% en el periodo EA comparado con el 23.45% en el periodo EZ. La mayoría de los estudiantes que se presentaron al examen lo aprobaron, sin embargo, sigue siendo un porcentaje muy bajo, considerando que además, de los alumnos que aprobaron, la mayoría (77.5%) obtuvo 6 de calificación.

En la *Gráfica 6*, se muestra el número de reactivos correctos de los alumnos que presentaron el examen extraordinario de Biología III en el periodo EA en el 2010 el cual contenía de 23 preguntas de genética, de las cuales, el 85.19% obtuvo menos del 50% de aciertos en los reactivos correspondientes a genética, el 11.11% obtuvo entre el 50% y el 74%, y sólo el 3.70% de los alumnos obtuvo más del 75% de los reactivos de genética correctos.



Gráfica 6. Porcentaje de aciertos obtenidos en genética por los estudiantes del CCH Vallejo en el examen extraordinario de Biología III, correspondiente al período EA, presentado en septiembre de 2010. El examen estuvo conformado por 62 reactivos, 23 de los cuales fueron de genética, pero solamente 9 de ellos relacionados con la herencia; sin embargo, ninguno concerniente a relaciones alélicas y no alélicas.

En la *Gráfica 7* se muestra que el 59.49% de alumnos que presentaron el examen extraordinario de Biología III en el periodo EZ 2010, obtuvo menos del 50% de aciertos en los reactivos de genética. El 37.97% obtuvo entre el 50% y 74% de los reactivos de genética correctos y sólo alrededor del 2.53% obtuvo más del 75% de los reactivos de genética correctos; lo que indica varios de los reactivos de genética no se contestaron correctamente.



Gráfica 7. Porcentaje de aciertos obtenidos en genética por los estudiantes del CCH Vallejo en el examen extraordinario de Biología III, correspondiente al período EZ, presentado en mayo de 2010. El examen estuvo conformado en promedio por 55 reactivos, alrededor de la mitad de ellos fueron de genética, pero sólo una sexta parte de éstos fueron reactivos relacionados con la herencia; sin embargo, ninguno de ellos concerniente a relaciones alélicas y no alélicas.

En términos generales se puede observar que del total de alumnos que presentaron el examen extraordinario de Biología III en los distintos periodos, la mayoría obtuvo menos del 50% de los reactivos de genética correctos, y únicamente un porcentaje menor obtuvo entre el 50% y el 75% de los reactivos correctos; es decir, la mayoría de los reactivos de genética en el examen extraordinario de Biología III se respondieron de manera incorrecta. Sin embargo, se observa que aumenta el porcentaje de alumnos que obtiene más de la mitad de los reactivos correctos en el periodo EZ (*Gráfica 7*).

Otra de las razones que motivo la realización de este trabajo, incluso relacionado con los anteriores, ha radicado en los resultados obtenidos de la búsqueda realizada sobre el estado de aprovechamiento, en relación con la asignatura de Biología III, a través del análisis de las notas o calificaciones obtenidas por los estudiantes de las generaciones 2005, 2006 y 2007 en cursos ordinarios, así como también de los resultados de los extraordinarios de los periodos EA y EZ, aplicados durante el 2010 en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Vallejo, incluyendo ambos turnos (matutino y vespertino) en donde se pudo observar que el 74.41% de los estudiantes de la generación 2005 obtuvo una calificación aprobatoria (entre 6 y 10); de la generación 2006, el 75.2% de los estudiantes obtuvieron una calificación aprobatoria. El porcentaje de estudiantes de la generación 2007 que obtuvo una calificación aprobatoria, fue de 75.17%, incrementándose un poco con respecto a la generación del 2005; aumentó ligeramente el porcentaje de estudiantes que obtuvieron una calificación entre 8 y 10 (del 47.16% en la generación 2006 a 49.27% de la generación 2007), resultando con ello ligeramente menor con respecto al porcentaje de alumnos de la generación 2005 que obtuvieron una calificación entre 8 y 10 (50.54%).

Lo que muestran los datos anteriores, es que alrededor de una cuarta parte de los estudiantes de cada generación no está teniendo un aprovechamiento positivo en los cursos ordinarios de Biología III, ya sea porque no aprueban el curso, o bien, porque no se presentan a éste; con relación a esto último, se observa un ligero incremento del porcentaje de alumnos que no se presentan (15.71 % de la generación 2006 a 16.02% de la generación 2007), a su vez, también se observa una reducción del porcentaje de estudiantes que obtienen una calificación no aprobatoria.

Con relación a los resultados obtenidos en los exámenes extraordinarios de Biología III, en el periodo EA 2010, sólo el 8.86% de los estudiantes obtuvo una nota aprobatoria (entre 6 y 7), de los cuales, la mayoría obtuvo una calificación de 6. En el periodo EZ 2010, aumentó a 23.45% el porcentaje de alumnos que aprobaron su examen extraordinario, la mayoría con una calificación de 6.

No obstante, lo que llamó la atención al revisar los exámenes aplicados, es el bajo número de reactivos de genética. Además, ninguno contiene reactivos del tema de “relaciones no alélicas”. Los exámenes únicamente contemplan conceptos generales como genética, gen, genotipo, fenotipo, entre otros.

El análisis de los resultados de exámenes extraordinarios muestra que hay alumnos que logran aprobar la asignatura; también se observa que muchos de ellos se inscriben a éste, pero pocos lo presentan. De los que presentan el examen extraordinario, pocos lo aprueban, o si lo aprueban generalmente es con una calificación menor a 8; lo que implica que la erogación de una importante cantidad de recursos de distinta naturaleza para favorecer que estos alumnos puedan regularizarse o bien, terminen el nivel medio superior, no se utilizan de forma eficiente.

Con base en la información obtenida, fue que se tomó la decisión de hacer el presente trabajo de intervención, buscando comprender cuáles son los aspectos de la genética que dificultan el proceso de aprendizaje de los estudiantes de quinto semestre de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades y cómo es que se podría proponer el proceso de enseñanza-aprendizaje relacionado específicamente con el contenido de “relaciones no alélicas”.

En ese sentido, a través del trabajo de intervención, se tuvo como una de las principales finalidades la formación del docente en el desarrollo de alternativas enfocadas a resolver algunas de las problemáticas anteriormente mencionadas, como por ejemplo, la deserción o problemas de aprendizaje, contribuyendo a aumentar la eficiencia terminal; lo que resulta apremiante, dadas las circunstancias en nuestra institución, así como en la educación de nuestro país en general, en donde se presentan una gran variedad de problemas de aprendizaje de diversa índole (Miklos, 2006).

1.4. Trabajo de búsqueda interpretativo

Realizar un trabajo de intervención cualitativo con estas características, tiene relación con lo comentado por varios investigadores, entre los que se encuentran Cárdenas & Rivera (2006), con relación a las ventajas de éste y algunos de los métodos llevados a cabo, por ejemplo, estos autores señalan las bondades que tiene la observación del desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que, “el docente mientras está trabajando en el aula, no está en condiciones de monitorearse y evaluarse a sí mismo, pues su concentración está dirigida fundamentalmente a llevar a cabo un plan preestablecido” (p. 44). Tener la oportunidad de poder participar en el proceso de construcción de conocimiento, pero sólo como observador, representa experiencias y procesos que sirven como elementos de formación docente, al considerarse una herramienta que posibilita aprender, ya que si observáramos la clase propia

o la de un compañero, implicaría más tiempo y dedicación que participar como observador en el aula en el momento que tiene lugar el proceso educativo, cuando se puede percatar de una serie de aspectos, que si se hiciera de otra forma no sería posible.

Los mismos autores señalan que si bien, la observación no es un trabajo fácil y rápido, no obstante, sus beneficios son palpables en la reflexión y mejora de la actividad en el aula, pues dan la oportunidad de que el docente pueda aprender y crecer como profesional; principalmente a partir de la reflexión derivada de todo el proceso, incluyendo el análisis, discusión e interpretación de los datos y experiencias.

Se considera que la observación, además de las ventajas que ofrece para la reflexión a partir de lo observado y analizado, también resulta ser una forma de contribuir a la formación del docente en el sentido de que más allá de lo que se cree que puede ser una habilidad que se puede aprender de manera intuitiva y que el docente la ira desarrollando con el tiempo y la experiencia, representa una oportunidad para la formación del profesor, ya que permite el desarrollo de habilidades para seleccionar, identificar y priorizar entre una gran cantidad de experiencias que ocurren simultáneamente en el aula, es una habilidad que puede ser aprendida y mejora con la práctica.

El hecho de que el docente pueda desarrollar habilidades para observar, puede no sólo ayudarle a tener un mejor entendimiento de su propia práctica, sino también posibilita el desarrollo de habilidades para, analizar e interpretar los acontecimientos que tienen lugar durante la misma; por lo que dichas habilidades pueden potenciar el mejoramiento del desempeño de su hacer docente, lo cual resulta ser uno de los objetivos principales en la realización del presente trabajo de grado, de una maestría que tiene como finalidad la formación de un docente con habilidades como las anteriormente indicadas. Un docente que tenga “un amplio conocimiento del adolescente en sus dimensiones biológica, psicológica, social y moral, para relacionarse de una manera respetuosa, constructiva y ética, detectando necesidades y dificultades que obstaculicen y sean causa de la deficiente calidad del aprendizaje en sus alumnos, apoyando su mejor desarrollo personal y desempeño académico” (MADEMS, 2012).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Sociedad, educación y función de la escuela

Considerando que somos individuos pertenecientes a una especie social, no es de sorprender que la cultura³ haya sido y sea parte de nuestro mecanismo de ajuste, al proporcionarnos una estructura para percibir nuestro entorno y poder desenvolvernos en éste. Resulta que el aprendizaje y su internalización por cada uno de los individuos son elementos esenciales de la cultura, principalmente porque desde que nacemos, el mundo se nos presenta ya organizado culturalmente, donde la vida cotidiana tiene ya un significado subjetivo de un mundo coherente, y que es aprendido por el individuo a través de sus experiencias de vida y de compartir con los integrantes de su sociedad, con quienes el individuo va intersubjetivando su realidad, la realidad de la vida cotidiana, de cuya intersubjetivación puede establecer las diferencias entre esta realidad de la vida cotidiana con respecto a las otras realidades de las que va teniendo conciencia (Berger & Luckmann, 2001).

El individuo se va haciendo consciente de que no puede existir en la vida cotidiana sin interactuar y comunicarse con los otros; esta socialización va dando lugar al mismo tiempo a la construcción de la intencionalidad de la conciencia, la conciencia de que el mundo consiste de realidades múltiples. Es a través de ese interactuar que el individuo se percata de que existe una correspondencia de significados, que se intersubjetivan a través de esa interacción y socialización, pero también se percata que dicha asimilación no solamente se da a partir de la socialización con los miembros de su comunidad en la vida diaria, sino que dado el interés que tiene la sociedad en la perpetuación de sus ideas y su cultura y, el hecho de que algunos aspectos de esa realidad se presentan como problemáticos, principalmente como proponen Berger & Luckmann (1979) tras la división del trabajo, dieron cabida a la institucionalización de los procesos de asimilación, al no ser posible la transmisión de dichos conocimientos en la convivencia cotidiana (Berger & Luckmann, 1986; Contreras, 1991; Buitrón, 2002).

Aunado a lo anterior, la función de la educación escolarizada consistía en poder capacitar al individuo en la asimilación de los conocimientos de su cultura y su realidad al dirigir y organizar la relación dialéctica entre éste y su entorno (Dewey, 1899). La escuela era la responsable de reproducir las normas, los conocimientos y procesos histórico-culturales de la sociedad (Dewey, 1899; Bourdieu & Passeron, 1977); por lo que de acuerdo a Bourdieu & Passeron (1977) las escuelas juegan un papel importante en legitimar y reproducir el capital cultural dominante.

³ Que de acuerdo a Casarini, (1993) se entiende como el conjunto de representaciones individuales, grupales y colectivas que otorgan significado a los intercambios entre los miembros de una comunidad. ... incorporamos las costumbres, creencias, ideologías, lenguajes, conceptos, instituciones sociales, políticas, educativas..."

Sin embargo, y contrario a las ideas de Bourdieu y Passeron, Dewey pensaba que dicha educación debería ser democrática, que la educación debía posibilitar que el individuo, además de aprender conocimientos y conductas, influyera de una manera activa en su entorno social, que la sociedad debería ser una reproducción de la estructura social construida por el individuo, a partir de los conocimientos que éste asimilaba en la escuela, por lo que en suma, la sociedad debía de ser un reflejo de la escuela y jugar un papel relevante en la promoción de experiencias democráticas.

Para Durkheim, la educación “es la acción ejercida por las generaciones adultas sobre las que todavía no están maduras para la vida social. Tiene por objeto suscitar y desarrollar en el niño cierto número de estados físicos, intelectuales y morales (en el sentido de poder desarrollar en él disposiciones fundamentales de la vida moral), que exigen de él la sociedad política en su conjunto y el medio especial, al que está particularmente destinado” (Durkheim, 1991). Por lo que el día de hoy, la escuela representa un lugar al que todos identifican o reconocen como en el que se enseñan y se aprenden los conocimientos de un grupo social (Camarena, 2009), cuya tarea es la de contribuir a que los individuos sepan desarrollarse como ciudadanos y como seres sociales en la actividad en que busca formarlos la escuela (Durkheim, 1991; Camarena, 2009). Para su posterior integración en el mundo del trabajo (Enguita, 1990b; Lerena, 1980, citado por Gimeno y Pérez, 1995), lo que requiere del desarrollo de las nuevas generaciones no únicamente en conocimientos y habilidades, sino también en actitudes y pautas de comportamiento que se adecuen a las posibilidades y exigencias sociales (Pérez, 1995, en Gimeno & Pérez (1995), en enseñarle a los individuos a no afirmar su yo (Fromm, 1982).

Sin embargo, de acuerdo a Apple (1986), los educadores serán los que deberán examinar críticamente sus asunciones sobre el papel de la educación y por tanto de la escuela, por lo que corresponde al profesor comprender esa realidad en la que está inserto y de ahí hacer una toma de decisiones sobre la forma de estructurar la enseñanza a su cargo y por ende, el desarrollo del currículo de la institución educativa en la que ejerce su profesión. Principalmente teniendo ante sí demandas, incluso contradictorias, en el proceso de socialización de las futuras generaciones: el individualismo y el conformismo social (Goodman, 1989b; Geen, 1990, citado en Pérez, 1995). “Ya que sólo unos pocos individuos pueden en realidad manifestar sus singulares pensamientos, valores y capacidad artística, dentro de la estructura social, la gran mayoría es abandonada a una común y pobre uniformidad... Mientras se crea una poderosa imagen del hombre o la mujer solitaria haciéndose a sí mismos, las sociedades que se basan en el individualismo, en realidad proporcionan pocas oportunidades para que la mayoría de la gente manifieste su individualidad. Es una paradoja significativa que el individualismo y el conformismo social coexistan como partes del mismo orden social dentro de las sociedades avanzadas” (Goodman, 1989b, citado por Pérez, 1995).

2.2. La didáctica, el currículum y el papel docente

Como hemos revisado, con la institucionalización de la educación y la cultura, también se hizo patente la complejidad que influye en las instituciones educativas, ya que las escuelas no solamente tienen la tarea de organizar política y económicamente una sociedad, sino también “son lugares políticos, culturales e ideológicos que existen de forma algo independiente de la economía de mercado capitalista” (Giroux, 1983a, p. 260, citado por Contreras, 1991, p. 36). De igual manera, los procesos de enseñanza y aprendizaje resultan influenciados tanto desde dentro, como desde fuera de la institución educativa, lo que los torna aún más complejos y demanda a su vez un compromiso mayor de los docentes y que de acuerdo a Contreras (1991) es buscar ofrecer una educación mejor a las generaciones en formación y a las que están por venir.

Por tanto, el proceso de enseñanza y aprendizaje no puede comprenderse fuera del marco social en el que éste se lleva a cabo, por lo que se requiere entender los procesos en la estructura social particular, ya que como proponen Bourdieu, Dewey y Durkheim, la escuela es una institución social históricamente conformada para el logro de ciertas funciones, pero que sin embargo, como menciona Contreras (1991) el docente como parte de su papel y como resultado de la apropiación del currículum y de la didáctica tiene el compromiso de no dejarse llevar por neutralismos y participar en la acción educativa social, guiada por un ideal de emancipación y de justicia social y educativa; es decir, un compromiso con las acciones educativas y políticas que son justas y que se emprenden para promover una justicia. Ello implica que la didáctica como ciencia de la enseñanza, o como campo de reflexión sobre la práctica docente con base en fundamentos científicos, no puede ser neutral, si bien, ha de proponer la realización del proceso de enseñanza-aprendizaje de acuerdo con las finalidades educativas (Contreras, 1991) no implica que ha de reproducir la estructura antidemocrática dominante en la sociedad capitalista, sino que la didáctica presupone que el experto tome conciencia de su hacer, de las características de su contexto y elija en última instancia los valores y las formas de su hacer (Apple, 1986).

Ante tal panorama, la apropiación de la didáctica por parte del docente presupone comprender que existen ciertas referencialidades que guían su hacer y que funcionan como estructuras estructurantes de éste, como son: la familia, el contexto económico, político, social y por supuesto, los propios del currículum de la institución en la que se labora; que la enseñanza no solamente tiene lugar en el espacio áulico, lo que implica que su análisis no se agota en dicho espacio, sino que parte de ella tiene lugar fuera de éste, o bien, que existen factores externos que la influyen, por lo que dichas condiciones sitúan la práctica escolar más allá de las decisiones e intenciones personales de los involucrados (Contreras, 1991; Camarena, 2009).

De ahí que la didáctica únicamente se pueda entender en relación con la estructura social externa, aspecto que el docente deberá considerar y cuyo grado de concientización le permitirá comprender el proceso de enseñanza y aprendizaje en relación con la realidad, y de igual modo condicionar la posibilidad de proponer estrategias de intervención adecuadas a sus estudiantes, al considerar que la didáctica como disciplina encuentra su razón de ser en la intervención en el proceso de enseñanza y aprendizaje, en su compromiso con la práctica social educativa de la escuela y sin embargo, no afuera de ésta, a pesar de que las finalidades educativas estén influenciadas en gran medida por el espacio externo a ésta. Teniendo en consideración que el proceso de enseñanza y aprendizaje no es producto de la especificación técnica formulada por especialistas, sino producto de una acción reflexiva continua sobre su hacer (Contreras, 1991); es decir, una epistemología sobre el hacer docente, sobre la práctica educativa.

La didáctica por tanto, “constituye un campo teórico de estudio e investigación, que a través de la estructuración adecuada de los elementos del currículum fundamenta el sentido y la práctica de la enseñanza” (Feldman, 2000, p. 4). De manera que el proceso de enseñanza y aprendizaje, así como el currículum constituyen aspectos o elementos indispensables en la didáctica, ya que permiten o posibilitan la apropiación de su hacer por parte del docente, es decir, contribuyen a que el docente comprenda su papel.

De ahí que primeramente deberá quedar claro al docente en su práctica, el contexto de su praxis, conocer las referencialidades, una de las cuales resulta crucial en el éxito de su hacer: el currículum, entendiendo éste no como plan, ya que es práctica realizada, experiencias realizadas; y no únicamente de estudios como lo propone Bobbit (1918), desde el punto de vista de la funcionalidad y la utilidad de la propuesta formativa, sino como lo propone Dewey (1899), desde el punto de vista ético-político en la democracia; un proyecto de promoción de experiencias, de aprendizajes; como un proyecto de transformación de la actividad académica que pretende ser totalizador, holístico, que intenta impactar a la totalidad de la práctica. Como resultado de la actividad global de la escuela, que se ve permeado y posibilitado por los procesos de socialización a que están sometidos los alumnos, no solamente de lo que pasa en los pasillos fuera de las aulas, sino dentro de éstas; por lo que como se podrá percatar, el currículum no es solamente un plan pensado como una guía técnica operativa, como un documento escrito denominado “plan de estudios” que quede guardado en un archivo que indica el orden en que han de cubrirse las diversas asignaturas ofertadas por el centro educativo (Furlán, 1991).

Es decir, el docente deberá pensar en el currículum como una guía que ordena su práctica y no como un conjunto de materiales o un conjunto de lineamientos a seguir al pie de la letra. Es un modo de traducir cualquier idea educativa a una hipótesis comprobable en la práctica, que invita más a la comprobación crítica que a la aceptación. Al representar un medio de

estudiar los problemas y los efectos de realizar cualquier línea definida de enseñanza (Stenhouse, 2003).

Sin embargo, el currículum, como todo instrumento didáctico, está sujeto a variaciones y tiene una influencia diferenciada en los docentes, como consecuencia de la forma en que éste sea apropiado por el sujeto, dependiendo de su estructura semántica que posea como resultado de su historia de vida y referentes; para algunos profesores representará una limitación a su actividad, para algunos otros podrá representar una guía para poder construir su propia práctica como resultado de las reflexiones derivadas de ésta en una acción crítica de la *praxis* (Gimeno, 1984) en conjunto con los aportes teóricos generados a partir de la investigación del proceso de enseñanza-aprendizaje (Kemmis, 1998). Por tanto, la forma en que un currículum se defina (especificación de contenidos, conjunto de objetivos, plan integral para la enseñanza) cambia el tipo de componentes que incorpora y las dimensiones sobre las que intenta influir. El aumento de los elementos prescritos en el currículum (contenidos, estrategias de enseñanza, enfoques, planteo pedagógico) implicará un aumento de la intensidad de la planificación (Eigenmann, 1984).

Por ende, el papel del docente ante complejo panorama es el de investigador de su propia práctica docente, al poner a prueba una propuesta educativa, lo que no sólo implica que el profesor tenga dominio de los conocimientos conceptuales de la disciplina que imparte, sino también del método para poder llevar a cabo dicha investigación de una manera crítica, que además, cabe aclarar que para reconocer los principios del proceso de enseñanza-aprendizaje y poderlos guiar, se precisa de investigar no sólo su actividad, sino también la del alumno (Tomachewski, 1966). Por su parte Antaki (1999) y Miramontes (2003), proponen que el profesor tiene la tarea de reducir la brecha existente entre el principio de igual dignidad de los ciudadanos y la crueldad del funcionamiento, cuya intervención la realizará en la medida en que tenga una apropiación del currículum de la institución y una consciencia de su hacer. De igual manera tiene la tarea de reducir el desfase existente entre la teoría y la práctica, es decir, entre el *deber ser* y el *ser*. Por lo que su trabajo epistemológico estará enfocado en la investigación en el binomio: enseñanza-aprendizaje, al investigar⁴ de lo que se duda (sospecha en el salón de clases), lo que en determinado momento le puede llevar a confrontar al sujeto, es decir, a sí mismo, al encontrar cosas que le pongan en condición de faltas, pero que pueden representar dudas que le permitan al docente estructurar o reestructurar su enseñanza. Lo que implica que una tarea de vital trascendencia del docente consiste en dudar y cuestionar con visión crítica lo que hace, ya que de otra manera puede llegar a rutinizar su hacer de una manera negativa (Camarena, 2007), llegando entre otras cosas a convertir en un simple administrador del currículum, sin autonomía, es decir, en ejecutores de lo que otros

⁴ Entendida esta como un proceso de deconstrucción y construcción permanente por parte del profesor (Camarena, 2009).

piensan y no del producto de su hacer reflexivo (Giroux, 1991, citado por De Simancas, 1998).

Lo que se busca es entender su valor educativo y social, las posibilidades de hacer una intervención en pro de un cambio, a través de la deconstrucción de la realidad escolar, de manera que le permita comprender cómo las prácticas escolares están relacionadas con la estructura social, los procesos de intercambio y los factores que sobre ellos influyen y de igual forma el conocimiento de la relación de este proceso con el currículum (Contreras, 1991).

Al respecto, lo que propone Stenhouse (2003) es que la investigación y desarrollo del currículum deberán corresponder al profesor, en pro de evitar que las ideas educativas propuestas por investigadores especialistas no sean asimiladas por los actores de la enseñanza; el profesor deberá ser quien desde su conocimiento (por mucho o poco que éste sea) proponga y ponga a prueba la propuesta, la cual no deberá tratarse de una recomendación dada por especialistas en el campo de la investigación educativa, sino que deberá de consistir en una propuesta provisional por parte del docente, que deberá ser sometida a prueba durante la práctica, en busca de determinar su adecuación para el logro de las intenciones u objetivos propuestos, posibilitando al mismo tiempo que el docente aumente progresivamente la comprensión de su propia labor y la adecuación de la misma.

Por tanto, no es suficiente el estudio del hacer del docente, es indispensable que éste se realice por ellos mismos. Dicha empresa requiere un compromiso por parte del profesor para poner en cuestionamiento de una manera sistemática su labor y poder realizar en consecuencia un autoanálisis crítico de su práctica en el aula, a través de un continuo proceso de “implicación y distanciamiento” por medio de cuya práctica además se espera que el profesor vaya aprendiendo y adecuando su labor de investigación al reconocerse en su hacer en el espacio áulico, y donde se va construyendo a sí mismo en esta tarea a partir del ordenamiento de su pensamiento (Camarena, 2009).

De ahí que la didáctica consista en una epistemología del hacer, un saber reflexivo por parte del docente, que da lugar a un conocimiento a partir de la intervención áulica, al generar un cambio en las estructuras mentales del profesor con respecto a su práctica y los resultados obtenidos en cuanto al proceso de formación de sus estudiantes (Camarena, 2009).

En este saber hacer, el profesor debe ejercer de mediador entre la sociedad y la escuela; lo que demanda un conocimiento real de las exigencias sociales, para que el diseño y desarrollo del currículum resulte el más adecuado de acuerdo al contexto (Sacristán, 2000). Este saber hacer del profesor implica el reconocerse como un ser social que tiene un compromiso moral como docente. El profesor ha de constituir un ejemplo de una persona que mantiene una postura crítica frente a actitudes y opiniones basadas en prejuicios y mantenidas por él mismo

y por la sociedad en general, y que intenta conseguir cierto grado de entendimiento y respeto mutuos entre grupos humanos e identificados como tales (Furlán, 1978; Stenhouse, 2003). De manera que, la práctica del maestro sin una dimensión axiológica, se convierte en una acumulación de información y por ende una actividad carente de sentido (Tomachewski, 1966).

El conocimiento de esto lleva a definir el trabajo del profesor como intelectual y no como técnico (Smith, 1987; Giroux, 1988). El profesor necesita desarrollar una comprensión sistemática de las condiciones que conforman, limitan y determinan la acción, de modo que tales restricciones puedan ser tenidas en cuenta, lo que requiere la participación activa de los prácticos en la formulación y articulación colaborativa de las teorías inmanentes en sus propias prácticas, y el desarrollo de estas teorías mediante la continua acción y reflexión crítica (Carr & Kemmis, 1983) que permita saber lo que no es, porque difícilmente se podrá saber lo que sí debería ser, de otra manera ahí terminaría su trabajo, en la perfección.

Con todo ello, se busca hacer notar que la enseñanza, entendida ésta como el accionar intencional del profesor, es decir, con fines definidos, es una práctica compleja (Feldman, 2000), por lo que en la medida en que se tomen decisiones anticipadamente al trabajo en el aula, a través de la planeación, podrá prever la acción y mayor disponibilidad y capacidad se tendrá de estar pendiente de lo que en ese momento ocurre en la clase, ya que ésta se considera “un medio para reducir la incertidumbre, para aumentar la seguridad y el sentimiento de control, para preparar y organizar el material de instrucción, clarificando las secuencias básicas y especificando las actividades más relevantes a llevar a cabo durante la clase, prepara al docente cognitivamente con relación a las posibles contingencias de la clase” (Sacristán & Pérez, 1996; Feldman, 2000), considerando que usualmente no se diseña con base a las características del grupo a quien está dirigido y además, sirve de guía a los procesos interactivos, en tanto fija el marco y las reglas generales de la sesión.

Planificar la actividad de intervención del proceso de enseñanza-aprendizaje forma parte del papel del profesor, le permite establecer un orden y continuidad entre las intenciones y las acciones (Gimeno & Pérez, 1996).

El trabajo resulta tan complejo, que es difícil que se pueda tener éxito en la actividad docente sin una apropiación de la didáctica, entendida ésta no como una disciplina de método como originalmente se reconoció, sino como “plan: una didáctica que es consciente de la práctica social en que se halla inmersa” (Contreras, 1991, p. 48), moralmente comprometida con la intervención educativa, que mira tanto por el interés por la emancipación individual de los educandos en la práctica educativa concreta al mismo tiempo, que por el interés, por la justicia social y emancipación colectiva, que busca no contribuir con la desigualdad y la injusticia.

Ante esta concepción de didáctica, el docente de acuerdo a Contreras (1991) ha de considerarse como un guía y generador de saber, y no como un mero transmisor de conocimientos.

2.3. La enseñanza y aprendizaje de la ciencia

Como se intenta hacer notar, la labor de un docente no consiste solamente en transmitir contenido, es mucho más que eso, principalmente porque su labor resulta ser compleja, debido a la misma complejidad de los procesos educativos, en donde como se ha mencionado intervienen diversos factores (referencialidades) de muy diversas formas. Donde la enseñanza no sólo consiste en generar el aprendizaje de los estudiantes o “posibilitar que el alumno realice las actividades de aprendizaje” (Contreras, 1991, p.22), sino una práctica social dependiente de la forma en que se den las interacciones entre los individuos involucrados en ésta, así como a la influencia de las referencialidades, los cuales a su vez se influyen mutuamente. El proceso de enseñanza-aprendizaje es una práctica intencional, que se ubica en un espacio y tiempo que delimitan a éste, en relación con la función social que tiene la educación escolarizada; es una práctica humana que implica moralmente al que la profesa (Contreras, 1991; Torralba, 2001). Donde constantemente el docente debe buscar considerar todos los factores que influyen en el proceso y con base en estas consideraciones prever ventajas y desventajas de las alternativas, que llevadas a la práctica en el aula, le posibilitará aprender de sus experiencias al modificar su estructura cognitiva sobre su quehacer; sin embargo, no implica ajustarse a una planeación rigurosa que ha realizado con base en las teorías educativas y objetivos marcados en el currículo.

No obstante, sus decisiones podrán tener mayor éxito en la medida en que conozca el contexto y fundamentos de su quehacer. Se trata de una práctica de intervención reflexiva por parte del docente sobre su hacer, en busca de información que permita entender la realidad en la que existe, entender los problemas que se están presentando en el proceso educativo y que impiden el aprendizaje como producto y a partir de cuyos resultados el docente puede reestructurar su hacer, al reconocer de qué manera los elementos de la estructura didáctica se están viendo influenciados y proponer distintas situaciones de aprendizaje, más acordes con la situación de ese momento (Cadavid & Calderón, 2004).

Pero vale recordar que el proceso no es un fenómeno que implique o dependa de las voluntades del docente, sino que se ha de reconocer como una actividad que tiene lugar de manera conjunta con las voluntades del estudiante (Furlán, *et al.*, 1989); por lo que en este proceso el docente tiene un papel, que está en íntima relación con el papel del alumno. El maestro al fungir de mediador entre la realidad objetiva y la realidad de los estudiantes, ha de ser quien posibilite la apropiación del individuo en proceso de aprendizaje, al apoyarlo en la transformación de esa realidad, a través de establecer la estructura conceptual del

contenido a enseñar; lo que le requerirá de un conocimiento en su campo disciplinario, de la lógica interna de éste, además de un conocimiento de los otros elementos que influyen en la estructura didáctica: alumno, objetivos, estrategias, así como de la forma en que éstos interaccionan; de otra manera, si se desconoce cuáles son y cómo se comportan éstos, difícilmente se podrá prever la estructuración didáctica del contenido que pudiera resultar más adecuada para un contexto dado (Furlán, *et al.*, 1989; Gimeno, 1992; Litwin, 1997, citado en Ravazzani, 2009). Difícilmente podrá saber el porqué y el para qué de su accionar docente (Gimeno, 1992).

De manera particular la enseñanza y aprendizaje de la ciencia no se escapa a dicha complejidad, ya que en la construcción del conocimiento científico se enfrentan otros obstáculos además de los ya referidos, la existencia de concepciones precientíficas, lo que representa uno de los grandes retos en el campo de la educación escolarizada. Los cuales como señala Driver (1989), resultan relevantes tanto en la enseñanza como en el aprendizaje de la ciencia, dado que la apropiación del conocimiento no sólo es resultado de las situaciones de aprendizaje que experimenten los estudiantes, sino de su estructura conceptual previa al proceso; la cual además de condicionar las interpretaciones que los individuos hacen de su realidad, también condicionan su actuar, lo que influye finalmente en la forma en cómo se apropien del conocimiento (Hierrezuelo, *et al.*, 1991; Driver, 1989, citado en UNESCO, 2009).

Esta situación se explica en gran medida por el uso de una metodología de “superficialidad”, caracterizada por respuestas seguras y rápidas, sin ser sometidas a un análisis, de ahí que Carrasco *et al.*, (1985) propongan que sería recomendable proponer a los estudiantes experiencias de aprendizaje que incluyeran el aplicar metodología científica, en donde no solamente los alumnos se queden con una idea vaga del fenómeno, sino que impliquen que sean ellos, con apoyo de su profesor, quienes además de proponer las hipótesis, pudieran tener oportunidad de contrastarlas (Carrasco, *et al.*, citado por UNESCO, 2009). Sin embargo, el problema aún mayor es el hecho de que el docente no se percate de ello, por lo que de principio no se contempla en la planeación que éste hace de su clase; en caso de que el profesor sea consciente de esta situación consideran diversos investigadores (Furió, 1986; Molina e Hierrezuelo, 1988; Yus, *et al.*, 1989), es posible trabajarlas de manera que el estudiante pueda hacer una reconstrucción más adecuada de la realidad tratada (Hashweh, 1986, citado por Hierrezuelo, 1991). Una de las propuestas que se hacen para tratar de solventar esta situación, consiste en hacer uso de la puesta en común (sin utilizar un tiempo excesivo) de los resultados de cada actividad de aprendizaje tras su realización, ya que se considera una estrategia que permite detectar las preconcepciones que los alumnos tienen con relación al contenido a aprender y a la realidad que representa, lo que permite al docente tomar medidas para apoyar a los alumnos en su deconstrucción y posterior reconstrucción. De esta manera, se optimiza el tiempo, ya que a la par se contextualiza la actividad siguiente.

En la enseñanza y aprendizaje de la ciencia además se sugiere tener en cuenta que uno de los factores que llevan a que resulte compleja y difícil de asimilar para el docente y en mucha mayor medida para el alumno, es el uso de modelos y conceptos científicos, que si bien son una reconstrucción de parte de la realidad, resultan abstractos para el individuo que aprende, con mayor razón tratándose de individuos que no tienen la madurez o desarrollo cognitivo que se requiere, de ahí que se precisa de puentes que permitan que el alumno pueda comprender esa realidad, algunas de las alternativas propuestas para reducir esta brecha ha sido el uso de analogías, además de otros recursos y estrategias, como por ejemplo: la motivación. La analogía, por su parte, se ha visto que permite relacionar diversos conceptos y contenidos abstractos de la realidad concreta y cotidiana (Galagovsky & Adúriz, 2000; González,).

Pero tal vez la pregunta que nos pueda surgir es, si existen problemas en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, ¿para qué enseñarla en el nivel medio superior? La respuesta la podemos encontrar en relación con lo que en un principio comentamos que es parte de los conocimientos legados de la sociedad que determinan su desarrollo en la misma; ya que en la medida en que se apropie de su cultura, sus explicaciones serán más certeras y tendrá una mejor comprensión del entorno en que vive. Además de las experiencias relacionadas con su realidad posibilita el desarrollo de un pensamiento lógico, promover su propio desarrollo progresivo de estructuras conceptuales cada vez más complejas (aprender a aprender); ante tal situación, las propuestas que se han realizado van el sentido de proponer a los estudiantes situaciones de aprendizaje que le generen conflictos cognitivos, ya que éstas estimulan el pensamiento, y la motivación, mayormente si dichas propuestas están apoyadas con recursos y estrategias acordes al tipo de alumno que se tiene en el aula, de forma que generen su interés (Furlán, *et al.*, 1989; UNESCO, 2009). Otra razón más por la que enseñar y aprender ciencia radica en la importancia que se considera tiene ésta, en cuanto a los “conocimientos de la Naturaleza de la Ciencia, entendida, entre otras definiciones, como los valores, supuestos inherentes y características del conocimiento científico derivado de la investigación científica” (Acevedo, 2009, citado por Patiño *et al.*, 2010, p.334). Al respecto, Patiño *et al.*, (2010) consideran que “el interés por la alfabetización científica se ha convertido en una estrategia para promover escenarios para la apropiación de conocimientos científicos útiles para ejercer la ciudadanía” (p. 334).

2.4. Enseñanza y aprendizaje de la Biología

Teniendo en consideración que la Biología al ser una ciencia, adolece de los problemas comentados con anterioridad, se reconoce que los conocimientos en este campo de la ciencia se han transmitido de generación en generación, como una colección de datos (hechos, principios, leyes, reglas e interacciones lógicas) y no como una actividad humana, en el sentido de que esos datos forman parte de explicaciones provisionales, por no explicar de manera totalmente satisfactoria los fenómenos; sin embargo, la Biología como campo de la

ciencia enfrenta serios problemas, entre tales problemas referidos se encuentra el que actualmente ha habido importantes cambios en cuanto al conocimiento, así como la forma de aproximarse al objeto de estudio de ésta (sistemas vivos), lo que ha llevado a enfrentar nuevas situaciones a las que se precisa dar respuesta. Por lo que se demanda que los profesionales de esta área del conocimiento tengan la capacidad de resolver dichos problemas. Lo señalado es más evidente cuando estamos hablando de personas cuya profesión es la de biólogo, quienes se enfrentan a resolver problemáticas relacionadas con cuestiones sociales como por ejemplo; salud, desarrollo sostenible, entre otros (Sigüenza & Sáenz, 1990).

A partir de esta preocupación se ha buscado implementar la resolución de problemas como actividad de aprendizaje en la enseñanza de esta disciplina, así como el uso de analogías y casos, lo cual se considera vital en la enseñanza de la ciencia en general (Garret, 1988); de manera que permita vincular el contenido de ésta con la suprema realidad del individuo en proceso de aprendizaje, que ayude al mismo tiempo a resolver el problema de la apatía que se ha generado hacia esta disciplina, en donde es común que los estudiantes traten de asimilar conocimiento memorizándolo, de igual manera que hacen en el aprendizaje de otras disciplinas; se considera que principalmente ello ocurre debido a la forma descontextualizada en la que les es presentado el conocimiento, lo que además genera predisposiciones y dificultades en su apropiación, al no existir un puente que haga posible la integración de este conocimiento en su estructura cognitiva.

La pregunta que tal vez nuevamente nos haríamos ante este panorama problemático es: ¿para qué enseñar y/o aprender biología?, como ciencia que es, apoyaría en el desarrollo de habilidades y actitudes propias de la ciencia, pero además con la ventaja de que se trata de actitudes acordes a mantener relaciones más respetuosas hacia su entorno y más alfabetizado científicamente (Fourez, 1994, citado por Galagovsky y Adúriz, 2001), dado los contextos con los que está relacionada (industria de alimentos, medicamentos, entre muchos otros). Por lo que el conocimiento biológico es indispensable para comprender la cultura contemporánea y los fenómenos biológicos relacionados con la preservación de su especie.

La forma en que le son presentados estos conocimientos al adolescente, representa por tanto una serie de obstáculos de una importante complejidad, mucho de ello porque el docente no se apropia de manera adecuada de su quehacer, ya que para comenzar, el lenguaje y las representaciones que utiliza un docente, llegan a distar mucho de ser comprensibles para los alumnos, en mayor medida cuando los alumnos no tienen un referente que facilite construir una representación de las estructuras microscópicas que se tratan y que forman parte fundamental del conocimiento disciplinario (gen, DNA, cromosoma, célula, entre otras). Lo que conlleva a que se presenten problemas en la enseñanza y aprendizaje de la genética.

2.5. Enseñanza y aprendizaje de genética

Ayuso & Banet (2002) proponen que ayudar a los alumnos a construir un marco conceptual básico sobre la localización, transmisión y los cambios de las características hereditarias, contribuiría a que éstos tengan una mejor apropiación, de tal manera que consideran que el alumno podría comprender mejor el significado de ciertos fenómenos biológicos, posibilitando al mismo tiempo que estén mejor informados y puedan hacer mejores tomas de decisiones como ciudadanos.

Como hemos mencionado, uno de los problemas en la enseñanza y aprendizaje de la genética, está relacionado con la presentación de un contenido descontextualizado de la realidad de los alumnos de bachillerato, para quienes su realidad suprema está conformada por explicaciones que comúnmente construyen, las cuales suelen estar alejadas de la realidad del científico, muchas de ellas las construyen a partir de la información falseada que se maneja en los medios de comunicación, o bien del ambiente familiar, lo que genera que formulen explicaciones poco precisas y distintas a las que proporciona la ciencia.

El lenguaje que se utiliza en el campo de la genética es muy específico y abundante, lo que suele complicar su memorización; aunado a ello, los objetos a los que se hace referencia no son accesibles de manera directa a los sentidos con los que contamos. De ahí que se han construido modelos científicos, que como mencionamos en la sección anterior, no tienen un significado para el alumno porque aún no lo ha intersubjetivado, por tanto, no existe un referente para él que le ayude en la construcción de este conocimiento, y que al mismo tiempo representa un gran reto para el profesor al buscar que los estudiantes se lo puedan apropiar, a partir de propuestas de experiencias de aprendizaje que lo posibiliten.

Algunos de los problemas específicos relacionados con la apropiación de las concepciones de genética que han encontrado Ayuso & Banet (2002) son los siguientes: Un importante número de estudiantes de secundaria y bachillerato piensa que sólo las personas y algunos animales próximos en la escala evolutiva a éstos presentan células, cromosomas o genes; lo que representa una barrera para poder comprender el fenómeno de la herencia biológica. Además de que se registra una confusión entre células sexuales y cromosomas sexuales, al identificarlos como sinónimos; aspecto que está muy distante de la realidad científica; el hecho de pensar que solo las células sexuales poseen información hereditaria; que solo en los gametos o células sexuales existen cromosomas sexuales; que la información hereditaria se transmite exclusivamente a los gametos y no a las células somáticas, o bien que la información hereditaria está en los gametos, pero una parte se transmite a cada célula somática, pero cada célula tiene información hereditaria que necesita para desarrollar sus funciones, y no el resto de la información genética que forma parte del genoma; la generación de mutaciones por necesidad para dar respuesta a cambios en el entorno; además de muchas otras concepciones erróneas.

Ayuso *et al.*, (2002), plantearon que las dificultades en el estudio de la herencia se deben a que los estudiantes presentan escasos significados de los términos básicos, entre ellos, gen, cromosoma, alelo, carácter, gametos, cigoto; no comprenden la relación existente entre dichos términos y tienen escasa comprensión de procesos más complejos como lo son la mitosis y la meiosis. Otras de las debilidades que manifiestan los estudiantes, según estos autores, están relacionadas con los modelos cromosómicos, por ejemplo, no interpretan las características de las cromátidas de un cromosoma, el posicionamiento de los pares de alelos, la segregación de los cromosomas en los gametos, por nombrar las fallas más evidentes.

Muelle y Quijado (citado por Vergel, 2010) consideraron por su parte que los estudiantes presentan una notable confusión entre la mitosis y la meiosis; en consecuencia no relacionan la mitosis con las células somáticas y la meiosis con las células sexuales. Además, los alumnos tratan como sinónimos diferentes términos, tales como cromosomas-genes, genes-alelos, información genética-código genético. De hecho, no relacionan la segregación de cromosomas con reparto de genes y no comprenden que la variabilidad genética se produce por la recombinación de los genes durante la meiosis y la fecundación.

Autores como Gómez (2000, citado por Vergel, 2010), considera que en parte se debe a que no se completa la revisión de los contenidos relacionados con el tema propuestos en el programa de estudio, así como al poco uso de recursos audiovisuales. Lo que conlleva a que los estudiantes desconozcan conceptos fundamentales, los cuales son indispensables para la comprensión de la herencia biológica. En consecuencia, los estudiantes efectúan la resolución de problemas de genética de manera mecánica, desconocen la relación entre los planteamientos del problema con hechos reales, tales como la meiosis. El autor citado anteriormente considera que los contenidos relacionados con la genética presentan un alto grado de complejidad para los estudiantes debido a su complejidad y el nivel de abstracción de sus contenidos. Esta dificultad aumenta al momento de resolver problemas y ejercicios relacionados con la herencia biológica.

Como nos podemos percatar, mucho de ello está relacionado con la forma en que el profesor plantea la estructura conceptual del contenido a revisar y la forma de trabajarlo, reflejando de esta manera la apropiación que sobre su práctica docente posee o ha estructurado (estructura cognitiva), haciendo evidente la falta de propuestas de trabajo adecuadas y sobre su papel como docente.

Algunas de las propuestas tienen como objetivo el cambio de ideas previas que lleven a los resultados antes mencionados, consistente en aplicar metodologías que generen que el alumno pueda percatarse de sus preconcepciones, que son válidas para su forma de percibir, resultan no serlo de manera completa, que le permita percatarse de que el conocimiento que posee no le es suficiente para resolver nuevas situaciones (Gunstone & Northfield, 1994,

citado por Villa & Torre, 2009), lo que genera las condiciones para que esté abierto a la búsqueda de explicaciones alternativas, que pueden ser indagadas por él mismo con apoyo del profesor, o bien presentadas por éste último pero ante la posibilidad de que el estudiante tenga la necesidad de apropiárselo y que efectivamente lo asimile (Villa & Torre, 2009).

2.6. Modelo educativo, programa de estudios y papel docente

El modelo educativo de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) entendido como un “conjunto de ejes organizadores que caracterizan el proyecto educativo de una institución: cultura básica, organización académica por áreas, alumno sujeto de la cultura y actor primero de su formación y el profesor como orientador en el aprendizaje” (Gaceta CCH, 2001, p. 7); ha sido reconocido por muchos como un modelo por sus bondades, al presentar características propias de un proyecto innovador propedéutico y de “cultura básica”⁵, por lo que es pedagógicamente de los más adecuados en nuestro país, aún ante un momento crítico que se vive en el campo educativo en general.

Siendo en los planes curriculares de las instituciones educativas y más cercanamente en sus programas de estudio, en el hacer docente, así como del alumnado, en donde las características de su modelo se pone en práctica; es ahí también donde se vuelve crítica la tarea para los académicos y responsables de las instituciones para lograr plasmar en los alumnos el proyecto educativo, lo cual se torna en una tarea continua, al requerir un replanteamiento de los objetivos de éste ante los cambios sociales que se registran, que demandan a su vez individuos preparados para desenvolverse de manera exitosa en una estructura social cambiante, procesos que también tienen lugar en el CCH.

Es en esos momentos de reestructuración y cambio, se pueden llegar a generar un serie de importantes obstáculos, como consecuencia de la organización, procesos y dinámicas que se den en cada una de las instituciones, dada la diferenciada concepción que se posea sobre éstos, ya que se viven y se conceptualizan de forma diferenciada; por lo que en ocasiones puede representar limitaciones del desarrollo intelectual de algunos docentes, ya que en general, la idea de programa forma en el docente una noción de seguir las orientaciones presentes en éstos y, no el de la adecuación de éstas a su contexto particular o el de cada uno de sus grupos; lo que lleva que el docente no conciba al aula como un espacio de experimentación, donde como resultado se pudieran tener aciertos, desaciertos e incumplimientos; de forma que esta actitud experimental potencialice el replanteamiento de logros y limitaciones por parte del docente, a través de la reflexión sobre el trabajo llevado a cabo (Freinet 1998; Díaz Barriga, 2005).

⁵Cultura básica: “aquella que se propone contribuir a que el alumno adquiriera un conjunto de principios, elementos productores de saber y de hacer, a través de cuya utilización pueda adquirir mayores y mejores saberes prácticos” (Gaceta CCH, 2001).

Desafortunadamente, en ocasiones dichos desaciertos no son vistos como fuente de superación, como lo afirma Bachelard: “Nunca he conocido un profesor que cambie, porque el profesor no tiene sentido del fracaso”. Pareciera que no se reconoce que en la actividad científica ha sido posible progresar, no sólo a partir de sus descubrimientos, sino también a partir de sus fracasos, ya que éstos son un motor de la ciencia (Bachelard, 1975, citado por Díaz Barriga, 1993).

De esta forma, a pesar de tratarse de un modelo educativo innovador, el programa de estudios puede convertirse en un eje de conflictos entre los intereses intelectuales y pedagógicos del docente y los intereses y gestión de la institución, o bien por descuido del docente de su labor académica; lo que le lleva a limitarse a seguir el programa, dado que representa menor trabajo el cumplimiento burocrático de éste; lo que es frecuente que ocurra por una falta de legitimación y compromiso como consecuencia de la pérdida de espacios académicos adecuados, donde se pueda generar diálogo, discusión. Para tratar de solucionar o aminorar estas situaciones, Díaz Barriga propone que se puede lograr, a partir de propiciar un amplio debate del proyecto del currículum, ya que de esta manera se puede dar validez y sentido a estos instrumentos en una institución y que al mismo tiempo permita la participación de profesores en ejercicio; lo que no obstante también reconoce, puede resultar una tarea titánica para poder lograr consenso. Pero es una de las formas en que dada la experiencia de (Zabalza, 1987) la proximidad a la práctica garantiza que lo plasmado en los programas de estudio sean más reales y acordes al contexto, es decir, menos teóricas, disminuyendo de esta forma el riesgo de ruptura entre teoría y práctica.

El problema entonces de los proyectos educativos y de los programas de estudio⁶, es que funcionan como un ordenador institucional para muchos, por lo que dificulta la incorporación de la dimensión didáctica en la tarea educativa del docente. Principalmente si el docente no tiene claridad, conocimiento o responsabilidad para ubicar la función que tiene en su institución y tarea educativa. Se considera que ante la “ausencia de discusión de programas, se puede reforzar el predominio de una visión unitaria de éstos, e incluso que se llegue a considerar que la responsabilidad del docente es cumplirlos cabalmente” (Díaz Barriga, 2005). Lo expuesto lleva a que a pesar de que se planeen proyectos institucionales de gran impacto, no se obtengan los resultados esperados debido a la pasividad con que se reciben por quienes tienen la responsabilidad de hacerlos operativos (administrativos, estudiantes, profesores, entre otros), evidenciando los problemas anteriormente mencionados y, una falta de comunicación, exclusión y descalificación entre unos y otros. Lo que puede influir en la

⁶ Documento oficial de carácter nacional en el que se indican el conjunto de contenidos a desarrollar en determinado nivel, mientras que hablamos de programación para referirnos al apoyo educativo-didáctico específico desarrollado por los profesores para un grupo de alumnos concreto. Programa y programación son planteamientos no excluyentes (Zabalza, 1987).

generación de una idea de la pedagogía pragmática; es decir, pensar que los programas son uniformes y ordenadores de la tarea educativa a realizar, que se deben cumplir puntualmente; por lo que pueden negar que el docente tiene una función intelectual, al interpretar contenidos y elaborar propuestas metodológicas para abordarlos en pro del logro de los aprendizajes. Principalmente si éstos incluyen elementos bien detallados.

Al docente le corresponde establecer la coherencia entre los problemas globales de la educación y las técnicas de trabajo: “El papel del profesor consiste en poner a punto el conocimiento y dominio de la materia, así como diseñar situaciones escolares y estrategias de aprendizaje, para lograr de esa manera que los alumnos descubran el proceso de escribir, describir, comprender y explicar las diferentes técnicas y procedimientos orientados al trabajo humano; lograr que el alumno utilice las habilidades y aptitudes adquiridas en el estudio de la disciplina en cuestión en lo inmediato y, sobre todo para su vida futura” (Gaceta CCH, 2001), lo cual podrá realizar a través de las actividades en el aula; no obstante se reconoce el reto que ello implica, al tener que determinar cuáles son las más adecuadas dado el contexto, en momentos, entre otros muchos aspectos, en los que la didáctica le puede auxiliar (Herbart, citado por Díaz Barriga, 2005), al orientar teóricamente en los procedimientos de intervención, lo que no implica que las alternativas tomadas resulten certeras. De ahí que, es importante que el docente reconozca su papel como experimentador en su aula.

De otra manera se corre el riesgo en que se torne en un docente “ejecutor”, “operario” del sistema educativo, y aún más ante la imagen que en la actualidad se ha construido de ello y no de una idea en la que la docencia es una profesión intelectual, y de que por tanto, los programas representan oportunidades para la recreación intelectual y no “grilletes” de su hacer docente (Zabalza, 1987).

En virtud de lo anterior, se espera que el docente pueda asumirse como un ente más capaz, más instruido, más diverso en su formación y con gran creatividad que le posibilite responder de manera oportuna en la situación de incertidumbre en la que se desenvuelve su trabajo, el cual a pesar de las concepciones eficientistas e imágenes que puedan formularse sobre su labor y desempeño, en ocasiones con importantes deficiencias, es relevante para la sociedad. Que asuma las responsabilidades que le corresponden (no las que se le imputen, ya que no todas le corresponden) con altura y espíritu crítico; como profesional reflexivo (Stenhouse, 1975; Alfieri et al., 1999; Díaz Barriga, 1993, citado en Díaz Barriga, 2005; Díaz Barriga, 2005). Conceptualizar su actividad como diversa y compleja, por lo que no puede permitir que se le limite su actividad al aula, a una metodología, un sistema o una dinámica en la que no se sienta agente de cambio; principalmente si estamos hablando de un docente del CCH, dada la filosofía de su modelo. De forma que se supere la pasividad y el conformismo al que algunos educadores han caído y que desafortunadamente afecta al individuo en formación (Díaz Barriga, 1993; Gil, 2005).

Es importante que el docente reconozca que una de las principales funciones del programa de estudios es la de posibilitar la visión global del plan del que forman parte. Hacer una reflexión de los programas del plan de estudios puede ayudar a tener una idea más clara del proyecto educativo, del conjunto de problemas que se propone abordar y de la orientación global (Gaceta CCH, 2001; Díaz Barriga, 2005).

Por ello, los que participan en su elaboración precisan de claridad de referentes conceptuales que permitan la selección y organización de contenidos y por ende de la construcción de los programas. Pero no es obligatorio, ya que el docente requiere interpretarlo para hacer evidente sus elementos, pero de una manera creativa y reflexiva, identificando los límites de éste, sus carencias, así como sus dificultades, que representen una oportunidad de experimentación didáctica, sin la cual, independientemente de la propuesta metodológica, resultaría inútil porque finalmente estaría conduciendo a la rutina, que desafortunadamente se presenta con frecuencia en los docentes, cuando llegan a expresar o se llega a evidenciar en su hacer docente la rutinización de la misma, al llegar a clase sin una previa planeación o siquiera una clara intención de lo que pretenden lograr, cuando se dedican a dictar lecciones en las que en ocasiones ni ellos mismos entienden, mucho menos sus estudiantes, realizar lecturas de textos carentes de significado para sus alumnos, dar la clase de una forma mecánica repitiendo lo mismo en cada una de ellas, a pesar de que los contextos sean distintos y generando con ello aburrimiento y tedio hasta sí mismo; pero que lo preocupante es que en ocasiones no es uno, sino varios los profesores que llegan a actuar y pensar de tal forma y lo más preocupante aún reside en que consideren que es lo más normal y que deberán acostumbrarse a ello, porque es parte de la docencia (Comenio, 1994; Freinet, 1998; Díaz Barriga, 2005).

El docente deberá promover actividades de aprendizaje, diversas y agradables; lo que demanda del docente inquietud y espíritu para la búsqueda de alternativas, con base también en su propia experiencia y concepciones educativas; lo cual solamente será posible cuando tenga claro su papel docente, acorde al modelo educativo de la institución en la que labora, haga un análisis minucioso y reflexión de su experiencia educativa para vivir de forma creativa la práctica docente (Comenio, 1994; Díaz Barriga, 1994; Freinet, 1998).

Ante este panorama para el docente, una de sus actividades principales será la planificación del proceso de enseñanza-aprendizaje del que va a ser parte y promotor, lo que no interfiere con la libertad de cátedra. Para hacer posible la planificación, el profesor ha de considerar los elementos y situaciones que concurren en un espacio denominado aula, además de la relación de ésta con los contextos que se encuentran más allá de dicha estructura organizacional. No solamente deberá considerar los elementos señalados por Gimeno (1994): contenido-alumno-profesor-objetivos; sino también las características o potencial que como individuos poseemos para adquirir y desarrollar capacidades, habilidades; en donde además se integren la organización de los recursos y condiciones, a manera de favorecer una

reducción en la improvisación e incertidumbre, para hacer posible el control de las situaciones e imponer la razón sobre las circunstancias (Matus, citado por Huertas, 1996); donde el proceso de enseñanza-aprendizaje en cada “salón de clases” se reconozca como único desde la planeación, al momento de que se rescata de éste las características particulares de los individuos que participan en el proceso: “el estudio de la práctica docente debe ser orientado más al profesor y las interrelaciones que se generan dentro del aula” (Aldaba, 1998); buscando, principalmente si se trata de un CCH, generar en sus estudiantes un pensamiento crítico y reflexivo, que les permita hacer frente a un futuro donde se tenga como cometido la generación de conocimiento y aprendizaje permanente, como lo propone su proyecto educativo.

En este mismo proceso se propone que el profesor ha de enseñar a sus estudiantes, a través del modelado, que la planificación es una forma de influir de manera consciente en los resultados y dirigir esfuerzos hacia el logro de objetivos programáticos y no a lo que se presente por azar. Lo que va más acorde con el perfil que se busca que presenten los estudiantes al egresar de las instituciones educativas y como se comentaba anteriormente, ante los constantes cambios y demandas en las sociedades; de manera que se viva desde los espacios áulicos.

Ello implica que el docente deberá aprender a “leer” la realidad para identificar las subjetividades que se manifiestan en el contexto y actuar en consecuencia desde la planificación del proceso educativo. Al respecto Camarena (2009): “Pensar en la enseñanza con respecto a los programas escolares es proyectar conocimientos para los aprendizajes esperados en los alumnos. No podemos esperar generar un aprendizaje deseado dentro de un entorno escolar sino hemos pensado lo que necesitamos saber para lograr dicha finalidad”. De acuerdo con Camarena (2009) se precisa de que el docente, además de un conocimiento disciplinario, posea uno sobre cómo realizar el proceso educativo, dadas las características que confluyen en el aula: “saber sobre la intervención de su ejercicio-enseñanza-en un propósito-finalidad-constituido hacia una otredad-alumnos-(estructura cognitiva) dentro de un espacio regulado y ordenado-estrategias-(estructura metodológica)” (p. 24).

En este sentido, implica que el profesor realice un gran esfuerzo para hacer más eficiente su intervención educativa y dejar prácticas como: reciclar apuntes, problemas de tarea, exámenes, utilizar material anticuado y las clases rutinarias (Felder, 1994, citado por Bush, 2003).

De acuerdo con Elichiry (2000), las condiciones institucionales juegan un papel importante para favorecer u obstaculizar la retención y el aprendizaje, ya que las prácticas docentes tienen resoluciones como prácticas institucionales porque resultan de la elaboración de su historia (como sujeto de aprendizaje), de su experiencia de trabajo y de su formación en la docencia.

La misma autora propone, dada la problemática que se ha venido comentando, que existen alternativas que puede ofrecer la misma institución, además de la comentada anteriormente, que está relacionada con un verdadero compromiso por parte del docente, siendo: “la constitución de equipos docentes, la formación profesional en dominios específicos del conocimiento, la actualización de estrategias de enseñanza y la disponibilidad de espacios de expresión y reflexión” (Elichiry, 2000).

Elichiry (2000) señala que:

El dialogo entre maestros ayuda a la actualización y el intercambio de perspectivas. El diálogo, sobre lo que es su materia de trabajo, es un proceso a potenciar. Sin embargo, la “capacitación” con especialistas no ha sido favorable. La inclusión de los técnicos ha sido contradictoria porque no ha posibilitado que los docentes pudieran trabajar desde sus capacidades y saberes. Se ha evidenciado rigidez y falta de aplicabilidad en los saberes transmitidos desde los circuitos académicos y en las capacitaciones docentes. Juicios de censura ponen al especialista en el lugar del saber y olvidan el nivel de complejidad en el que se desenvuelven los maestros en la vida cotidiana. Muchos consultores menciona la autora, con buena formación académica, en lugar de comprender lo que ocurre dentro del sistema se alejan desde una posición de supuesta verdad.

Por lo anterior, se considera que la explicación del por qué los alumnos tienen problemas en el logro de los aprendizajes, es más complejo de lo que se piensa. Pero sin duda, que el compromiso docente, tanto en su práctica como en su formación como docente, así como en su actualización, son factores determinantes; en la que por supuesto el apoyo que le confiera la institución en donde se desempeña podrá potencializar el logro de los mismos.

2.7. Práctica docente y problemas escolares

El fenómeno de fracaso escolar masivo no sólo ha conservado vigencia como realidad que afecta en forma particular a los alumnos provenientes de sectores populares, sino que a su vez, puede considerarse que tiende a agravarse al mismo tiempo que la precarización sostenida de las condiciones de vida de los sectores humildes de la población (Santos Guerra *et al.*, 2000).

Aunque es complejo poder determinar qué factores de los que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje y los que generan el contexto educativo influyen de una mayor manera y de qué forma, se sabe que las aspiraciones, el apoyo familiar, pero también la estrategia de aproximación del docente están relacionados con los procesos de reprobación (Tapia *et al.*, 1994). Por ende, es trascendental que el profesor contemple como de suma importancia su labor y la forma en que realiza su práctica docente, como en el apartado anterior se señala.

Por su parte, Rugarcía (1994) establece que una de las barreras en el proceso educativo es el mismo maestro, y que si éste aceptara razonadamente que una de sus tareas fundamentales es el desarrollo de la creatividad en sí mismo y en sus alumnos, se facilitaría el proceso de enseñanza y aprendizaje. Ante este hecho, como lo señala De los Santos (1994, citado en Bush, 2003), considerando que la “deserción” es sólo uno de los tipos de abandono de estudios, las razones son más complejas que las simples condiciones socioeconómicas. El hecho de desertar, propone el autor mencionado, presenta una relación interdependiente entre las características del estudiante y los procesos escolares. Por ello, no sería incorrecto desde la posición de De los Santos (1994) pensar que la reprobación es una de las principales causas de deserción y donde el fracaso escolar es un fenómeno con un origen múltiple, en el que es indudable que la práctica docente es uno de los tantos factores que se relacionan con la reprobación y ésta a su vez, incide en la deserción provocada por un bajo aprovechamiento, el cual se suscita cuando las clases se caracterizan por ser expositivas, directivas y verbalistas; cuando la evaluación se centra en lo cuantitativo y no en lo cualitativo, a partir de examen escrito y, cuando la actitud del docente es carente de empatía y autenticidad (Bush, 2003). Estableciendo que son los estudiantes son los que tienen que acoplarse a las particularidades de los profesores (Cornejo, 1998). Lo anterior es frecuente que ocurra cuando el profesor está más preocupado por cumplir con el temario y no en el cómo aprende el alumno, ni en su proceso (Domínguez *et al.*, 1991); privilegiando que los alumnos memoricen y repitan información dictada por el profesor, porque están interesados en acreditar y ajustarse a las condicionantes del profesor (Zorrilla, 1992). Ante lo que Díaz Barriga (1997) y Woolfolk (1999) proponen que lo que se precisa es el generar un ambiente de aprendizaje más adecuado, en donde existan relaciones profesor-alumno más pertinentes y se implementen estrategias de enseñanza y aprendizaje más abiertas y participativas. Por lo que, se espera del docente una práctica más profesional por parte de un individuo acucioso (Gómez, 1988; Hargreaves *et al.*, 2000). En ese sentido, el papel del docente será esencial, ya que dependerá como lo propone Buendía (1993): de la “calidad de las ayudas que ofrezca el profesor”, que los contenidos resulten más o menos significativos para los estudiantes (Pelagar & López, 1999).

Al ser el CCH una institución humanista, se espera que el profesional de ésta comprenda que su práctica consiste en más que una colección de estrategias; se trata de una actitud de real interés y respeto por los estudiantes; ya que en diversas investigaciones realizadas se ha visto

que ello llega a tener una influencia importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ello como resultado de que los estudiantes relacionan las características de los profesores con las características del ambiente del aula, asocian a los profesores accesibles, que tengan vocación, que les guste enseñar con un ambiente agradable; mientras que también relacionan un ambiente desagradable con el hecho de que los profesores sean indiferentes, agresivos y una inadecuada forma de enseñar. Asociando además, ambos factores con el éxito o fracaso que pueden llegar a obtener, sin que por ello pierdan de vista y admitan que también ellos tienen un papel importante en el problema de la reprobación (Bush, 2003).

No obstante, cuando se le ha preguntado a los profesores sobre las causas de reprobación o deserción, la mayoría de ellos consideran al alumno como eje central del problema, ya que si bien mencionan la falta de disposición del estudiante y la falta de conocimientos previos, programas de estudio y política educativa, no mencionan las relacionadas con ellos, el profesor no se concibe como parte del problema.

Según lo analizado y propuesto por Baquero (en Santos Guerra *et al.*, 2000) el fracaso escolar tiene íntima relación con la educabilidad⁷ de los sujetos, por ende son una serie de factores los que determinan esta situación, entre ellos se puede mencionar el hecho de que el docente lo vea como una situación “normal” (Perrenoud, 1990), de manera que no lo ve como un fracaso de su propio proyecto pedagógico, lo ve como problema del alumno, a pesar de que no sea un alumno de su clase, sino un número importante de éstos quienes llegan a estar en dicha situación de fracaso. De hecho, se ha llegado a pensar que la posibilidad de que sea educado un individuo radica con mayor frecuencia, o bien, en sus características personales (un adecuado nivel de desarrollo intelectual y físico, o una adecuada historia educativa previa), o bien, en las características favorables de su entorno social o familiar. Sin embargo, con menor frecuencia se hace referencia a la situación educativa, misma como aspecto ineludible en la delimitación de la idea de educabilidad de un sujeto. Haciendo de esa manera que se vea al fracaso escolar con resignada naturalidad: “Peligrosamente hacen que veamos con resignada naturalidad a lo habitual del fracaso y al fracaso de lo habitual”.

⁷ *Educabilidad*: interacción entre las características de los sujetos y de las prácticas educativas.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tema de interés

Considerando la propia experiencia vivida, así como la de algunos compañeros docentes, existen temas que tienen cierto nivel de complejidad tanto para enseñarlo como para aprenderlo, debido entre otras razones a su nivel de abstracción. Ejemplo de ello es el tema de expresión y variación genética⁸, y más específicamente el de “relaciones no alélicas”⁹, razón por la cual, en este trabajo de tesis, se desarrolla una propuesta para apoyar el logro de los aprendizajes relacionados con estos temas a través de un cuaderno de trabajo: *Propuesta para la enseñanza y aprendizaje en el bachillerato: patrones de expresión y variación genética*.

Se piensa que el tema de “Expresión y variación genética” y más específicamente de la determinada por “relaciones no alélicas” (interacciones génicas), es un tema complejo, al igual que otros temas de la misma genética en general, lo cual está dado por su naturaleza y el nivel de abstracción que se requiere para poder generar representaciones del mismo (Banet & Ayuso, 1995). En ese sentido, su situación se complica debido a las diversas formas en que se pueden presentar las interacciones entre alelos del mismo gen (interacciones alélicas) o bien de varios genes (interacciones génicas), así como la resultante que se puede tener cuando además influyen otros factores, como los ambientales. Asimismo, el conocimiento acerca de los mecanismos precisos que determinan esos procesos biológicos y por ende, de su diversidad biológica, aún no es suficiente para tener un conocimiento completo de los mecanismos o procesos, lo que puede ser un factor determinante en los problemas de apropiación del mismo conocimiento.

Se partió del supuesto de que existía una problemática tanto de enseñanza como de aprendizaje en el tema de expresión y variación genética y más específicamente en los que respecta a la “relaciones no alélicas”. Para sustentarlo, se buscó información que respaldara dicho supuesto. Al respecto, se reporta haber encontrado una problemática en cuanto a la concepción que algunos de los profesores del CCH Azcapotzalco tienen de la temática; “los profesores de biología interpretan de formas variadas la intención educativa que se tiene para la enseñanza del tema: Expresión genética y variación”, mismo que implica las relaciones alélicas y no alélicas para explicar la variación biológica. Esta variedad de interpretaciones evidenció también que; “entre los docentes existe confusión en cuanto a qué considerar como relaciones alélicas y qué como relaciones no alélicas, y cómo éstas contribuyen a la comprensión y explicación de la variación fenotípica en los organismos” (Gómez, 2010, p.149). En el mismo trabajo, se evidencia que algunos profesores revisan este tema como se

⁸ Programa de estudios del CCH, 2004. Biología III. Unidad II.

⁹Ibidem

marca en el programa de Biología I: “Herencia Mendeliana y no Mendeliana” (anexo C) y no como lo marca o sugiere el programa de Biología III: “relaciones alélicas y relaciones no alélicas” (anexo D).

Aunado a lo anterior, se encontró que en la mayoría de los libros de genética para el nivel superior, no existe una explicación al respecto de lo que son las “relaciones alélicas” y las “relaciones no alélicas”, y en los libros de texto para el nivel medio superior mucho menos. En algunos libros para nivel superior se tratan como “interacciones alélicas” o “interacciones intraalélicas” e “interacciones génicas” o “interacciones interalélicas”¹⁰ respectivamente (Gardner *et al.*, 1991, p. 33; De Ron & Martínez, 2003, Pierce, 2010, p. 101, 102 y 105); lo que, de manera conjunta con los problemas en la interpretación de los programas de estudio, representan factores que tornan más compleja la práctica docente y, por ende, el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Del mismo modo, se realizó un análisis del estado de aprobación de alumnos de Biología III, de las generaciones 2005, 2006 y 2007 (matutino y vespertino), del Plantel Vallejo. Hay que recordar que, de acuerdo al programa de estudios el tema de “expresión y variación genética” y por tanto el contenido de “relaciones alélicas” y “relaciones no alélicas”, se revisa en el quinto semestre, (anexo D).

Para investigar el estado de aprobación de alumnos de Biología III, se recurrió a la información proporcionada por el departamento de sistemas y el área de Ciencias Experimentales del Plantel.

De la información obtenida se analizaron los porcentajes de alumnos aprobados, no aprobados, que no se presentaron y de las variaciones registradas durante las tres últimas generaciones, así como las condiciones de aprobación en relación a la asignatura de interés.

De igual forma, se revisaron los exámenes extraordinarios aplicados durante el ciclo escolar anterior (semestre 2011-1 y 2011-2), para conocer las condiciones de aprobación con relación a la asignatura de Biología III, poniendo énfasis en la situación de los alumnos, con relación a sus conocimientos en genética, que es la rama de la ciencia relacionada con el tema abordado en el trabajo de tesis.

La intención de revisar dichos exámenes, fue para conocer la proporción de reactivos del examen que se refieren a esta rama del conocimiento, y específicamente con el tema de interés. Una vez revisados los exámenes se observó que existe una reducida proporción de reactivos dirigidos al tema de genética, la mayor proporción corresponde a reactivos de

¹⁰ Interacción génica: Tipo de interacción entre los efectos de los genes de distintos o diferentes loci (genes no alélicos). Pierce, B. A. Genética, un enfoque conceptual. p.105.

bioquímica. Además, no se contemplan reactivos relacionados con el tema de “relaciones no alélicas”. Al respecto se consideraron algunos motivos que pudieran explicar el hecho: el grado de dificultad de las preguntas relacionadas con el tema, teniendo en cuenta que se trata de un examen que se debe responder en dos horas, o la complejidad al evaluar las mismas, dado las diferentes interpretaciones que se tienen del contenido y del aprendizaje correspondiente, entre otras posibles causas.

3.2. Objetivos y propuesta

Con base en los resultados y en relación a lo solicitado por la coordinación de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS) de Biología, de que, como trabajo de grado se construyera y se pusiera a prueba una estrategia, lo que se planeó fue la construcción de un cuaderno de trabajo impreso para abordar el tema de interés, ya que se consideró que un cuaderno de trabajo puede resultar un elemento flexible, que el docente puede incorporar en su estructuración didáctica del proceso de enseñanza-aprendizaje, o para coadyuvar a que el estudiante alcance los aprendizajes relacionados con la comprensión del tema “expresión y variación genética” y más específicamente de la determinada por “relaciones no alélicas”.

En este tenor, se establecieron como objetivos:

1. Hacer una propuesta de trabajo para apoyar la enseñanza y aprendizaje del tema de expresión y variación genética, a través de un cuaderno de trabajo.
2. Contribuir a la profesionalización del docente, a través de la experiencia y conocimientos obtenidos en la construcción, análisis y reflexión del presente trabajo de intervención docente, para integrarlo en su futura praxis profesional.

Con este trabajo se pretende realizar una propuesta de intervención y su puesta en práctica, que ponga en evidencia los problemas a los que se enfrenta el profesor y el estudiante durante el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje del tema en cuestión, para que, posterior a un proceso reflexivo, se pueda realimentar la apropiación que sobre la misma práctica se tiene y por tanto, también del mismo instrumento de intervención, ya que, como propone (Camarena, 2009), la estructuración que de su praxis haga el profesor, refleja los conocimientos y las significaciones que sobre la misma posee el docente. Por lo que se espera que después de esta experiencia, la estructuración que haga en su práctica futura el maestrante, sea más congruente con el logro de los aprendizajes esperados.

Así pues, con la información recabada, la experiencia personal y el apoyo de los miembros del comité tutorial, se integró el cuaderno de trabajo, en un primer momento se construyó el marco conceptual que sería parte fundamental del mismo, el cual fue revisado por los

miembros del comité (principalmente la experta en la disciplina) para su deconstrucción y posterior reconstrucción.

Posterior a ello, se propusieron las experiencias de aprendizaje con base en el análisis de la pertinencia y lo que se buscaba lograr con cada una de ellas, apoyándose en las referencias personales y bibliográficas, dando lugar a una fundamentación; de manera que, como docente se estuviera consciente del objetivo y coherencia de cada una de las experiencias educativas que se estaban proponiendo para con los alumnos, esto condujo a la selección y organización de aquellas que, se pensó, ofrecerían mayores probabilidades de alcanzar las metas propuestas, así como de los propósitos y aprendizajes indicados en el programa de estudios de Biología III, y de manera particular relacionados con el contenido de interés.

Asimismo, se integraron las actividades de aprendizaje con el marco conceptual para dar formato al que sería el cuaderno de trabajo, el cual fungiría como instrumento de intervención pedagógica. Se trató de integrar en la estructuración del material los dos subsistemas (didáctico¹¹ y psicológico¹²) que de acuerdo a Gimeno (1989) están en constante interacción con el proceso de enseñanza y aprendizaje, cuya adecuada interconexión es la que posibilita que éste tenga lugar al hacer comprensible las relaciones que se establecen entre lo didáctico y lo psicológico, ya que considera que para que el proceso de enseñanza-aprendizaje tenga lugar se necesita establecer una estrecha interacción entre la estructura psicológica de quien aprende y la estructura didáctica que hace funcionar a la primera.

Una vez conformado el material, se buscó el grupo específico en el cual se realizaría la intervención, para ello, se habló con el profesor responsable, con quien se acordó las formas y los tiempos de trabajo.

3.3. El cuaderno de trabajo como material educativo y como práctica en la formación docente

Los materiales impresos tradicionalmente han sido utilizados como auxiliares así como promotores en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Prendes *et al.*, 2000) y, aún en nuestros días, siguen teniendo gran relevancia a pesar de la incorporación de las nuevas tecnologías y de las críticas que sobre los mismos se hacen, debido a que se han llegado a considerar elementos que contribuyen a la desprofesionalización del docente; sin embargo, pese a ello, son ampliamente utilizados. En cuanto a su vinculación con la cultura escolar, algunos autores los reconocen en estrecha relación con la misma (Westbury, 1991; Gimeno, 1994, citados por Sancho *et al.*, 1994).

¹¹ Subsistema didáctico. Se presenta como una estructura sistémica con seis componentes: objetivos didácticos, contenidos, medios, relaciones de comunicación, organización y evaluación.

¹² Subsistema psicológico. La teoría psicológica aporta información que puede ayudar a explicar el proceso de enseñanza-aprendizaje al conocer que es el aprendizaje, cuál es su funcionamiento.

Algunos especialistas en investigación educativa consideran a los cuadernos de trabajo como elementos que brindan ayuda a los estudiantes en la construcción de su conocimiento, principalmente si han sido diseñados con fines específicos, al considerarlos una oportunidad de presentar a los alumnos información con una estructuración congruente y coherente. A su vez, se considera que, al momento de que los sujetos en proceso de aprendizaje utilizan estos materiales, se puede hacer un seguimiento sistemático que posibilite una reestructuración más precisa, al conocer cuáles han sido los aspectos o elementos del material impreso que han representado un problema para el logro de los aprendizajes planteados y establecer relaciones con el aprendizaje obtenido como resultado.

Por otro lado, se considera que los materiales educativos son herramientas auxiliares, cuyo objetivo es presentar información y apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje, de manera que faciliten el proceso inferencial de interpretaciones, a través de los cuales los individuos que hacen uso de ellos expresan, transforman y coordinan sus formas de priorizar y analizar los problemas o información que los materiales contengan; de esta manera los contenidos, al ser manipulados por los estudiantes, son contrastados y asimilados a través de procesos cognitivos e interpretativos que posibilitan su apropiación desde sus preconcepciones; las cuales se espera que, en la medida de que se conozca con anticipación al proceso educativo, el docente los integre al mismo material, a través de las prefiguraciones que ha hecho dado dicho conocimiento y experiencia.

Se propone que la intención de los materiales educativos deberá estar orientada a la creación de espacios de conversación entre los usuarios, de forma que permita ajustarlos al contexto situacional específico, proyectando posibilidades de interpretación del otro, y cooperación en la construcción de una racionalidad común, que les permita reinterpretar y dar sentido a un cambio de representaciones a través de la operación grupal, a partir de la cual, cada individuo en proceso de aprendizaje pueda deconstruir y reconstruir su conocimiento y realidad.

Si se realiza un análisis, todas las propuestas educativas presentan una recomendación de materiales educativos que pueden ser de mucha ayuda para facilitar la construcción de conocimiento, ya que muchos de ellos ayudan a objetivar la realidad desde una mirada contextualizada, de acuerdo a las características específicas de la población a aprender. Por lo que, en ese sentido, será determinante que el material educativo se ajuste a una serie de especificaciones o condicionantes que hagan posible el aprendizaje del estudiante.

A pesar de los avances relacionados a cómo deberían de ser los materiales (lenguaje, ilustraciones, preguntas, etcétera) para favorecer o promover el aprendizaje de los estudiantes, existen muchas interrogantes en cuanto a cómo diseñar eficientemente textos

educativos impresos¹³, que no han podido ser respondidas en su totalidad de forma adecuada (Sancho *et al.*, 1994). Aunado a ello, se tiene que los materiales elaborados por los profesores, en ocasiones, no presentan la calidad técnica y pedagógica que se requiere.

Algunos expertos opinan que el hecho de que el profesor diseñe sus propios materiales, resulta positivo, en el sentido de que éstos son fruto de la reflexión y actividad del propio docente, y seguramente han sido generados pensando en su utilidad y adecuación a las del contexto de enseñanza específico, incluyendo las propias características del grupo de estudiantes. Sin embargo, en ocasiones, las propuestas se contraponen con las condiciones reales que se tienen: tiempo, recursos económicos, laborales y humanos.

Existen investigadores que consideran que los recursos entre los que se encuentran los cuadernos de trabajo pueden representar verdaderos instrumentos de pensamiento, innovación, motivación del aprendizaje, siempre y cuando se cumplan con ciertas limitantes o características (Moya, 2010): “Recurso didáctico en la enseñanza como los apoyos pedagógicos para optimizar el proceso de enseñanza y aprendizaje. No obstante, para potencializarlo, su utilización debe consistir en un proceso organizado y sistematizado, que facilite la interpretación de los contenidos. La correcta selección y utilización de los diferentes recursos va a condicionar la eficacia del proceso formativo” (p. 2).

Los materiales elaborados con fines de enseñanza y aprendizaje pueden resultar potencialmente mucho más útiles, si toma en consideración la realización de actividades que no solamente impliquen la aplicación de habilidades relacionadas con la vista, sino también las que involucren ver y escuchar, las de comunicación verbal y escrita, además de discusiones y, aún más, las que implican comunicar información y realizarla, ya que muchas investigaciones sostienen que son las que favorecen la apropiación de conocimiento a largo plazo (Trujillo, 2012).

Los materiales de enseñanza pueden ser elaborados con diferentes objetivos, para la elaboración de este trabajo se dio especial relevancia a la práctica o experiencia propia como docente, ya que es un material que no responde a criterios lógico-técnicos ni demandas administrativas, ni mucho menos a intereses del mercado editorial. Como lo propone Sancho *et al.*, (1994), es frecuente que este tipo de materiales posean características muy artesanales y no siempre presenten la calidad, tanto técnica como pedagógica deseable; pero son fruto de la práctica, de la reflexión y actividad de colectivos de profesores (y en algunos casos, de individuos).

¹³*Material educativo impreso*: pensado como producto desarrollado principalmente por los profesores desde su experiencia profesional en la puesta en práctica del currículum y, como materiales que no respondan a criterios lógico-técnicos ni a demandas administrativas.

Su ventaja es que son elaborados con el criterio de ser útiles y adecuados a las características del contexto de enseñanza desde donde son generados, así como por estar ajustado a alumnos con características específicas, lo que favorece además la emancipación¹⁴ docente. Lo importante para que tanto el alumno como profesor aprendan, es que no se trate de una utilización mecánica de los materiales; pues ello puede favorecer la desprofesionalización del docente y repercutir en el aprendizaje de sus estudiantes: “Estos materiales no contribuyen precisamente al perfeccionamiento de los profesores, al separar la concepción de la ejecución y reducir el papel que tiene el profesor en la creación efectiva y la enseñanza de tales materiales... Los materiales controlan las decisiones de los profesores, que, por lo tanto, no necesitan ejercitar un juicio razonado. De esta manera, los profesores quedan reducidos al papel de técnicos sumisos que ejecutan las instrucciones de los manuales al uso” (Giroux, 1990).

Como bien propone Giroux (1990), lo más importante del proceso de enseñanza-aprendizaje no debe recaer exclusivamente en el aprendizaje instrumental de la producción, sino, más bien en una labor racionalizada y crítica, lo que incluye su acción frente al uso de desarrollos tecnológicos, productos o materiales didácticos: “la racionalidad como constructo crítico, también puede aplicarse al material escolar, como los libros de texto y el material audiovisual... Estos materiales no contribuyen precisamente al perfeccionamiento de los profesores al separar la concepción de la ejecución... los materiales controlan las decisiones de los profesores, que por lo tanto no necesitan ejercitar un juicio razonado”.

Así pues, es importante que el docente realice este ejercicio de reflexión continuamente, una forma de hacerlo es a través de la reflexión de su hacer y del tipo de actividades que planea proponer a sus estudiantes para el proceso de aprendizaje; lo que, además, es parte fundamental de su papel como docente; es decir, que de verdad funja como mediador, en donde la mediación que le corresponde no es mera transmisión, no es formación escueta; también es comunicación, producción, circulación y recepción de sentido¹⁵.

Donde el profesor como lo propone Vásquez (2000) “es un actor participante”, propiciador de diálogo, capaz de fusionar el conocimiento con la vida; o si se prefiere, el educador aspira a ser un “profesional” autónomo (organizado, eficiente, pedagógicamente variado, preocupado por las relaciones), con posibilidad de hacer consciente los límites de su propia práctica; o, el maestro “desea ser un agente de cambio social en perspectiva comunicativa”. Pero a quien no le basta con querer enseñar; quien reconoce que el deseo, la buena voluntad

¹⁴*Emancipación*: Autonomía o la capacidad que poseen todos los individuos para reaccionar sobre su realidad sin ninguna coerción o determinismo interno y/o externo. Es una situación que indica una ruptura atávica, más aún, una conciencia de sí mismo y de las condiciones sociales e ideológicas que determinan el trabajo profesional; más aún, una ruptura activa para eliminar estas dependencias y ataduras. Ello no concebido como algo terminado, sino como postura profesional a seguir (Habermas, 1988)

¹⁵ Mediación y mediación social de Martín Serrano. La Mediación Social, (1978).

o el conocimiento de una asignatura no bastan para educar; quien reconoce que el “buen maestro” no es aquel que solamente “conoce su asignatura”, o a quien “le gusta el tema” o “quiere a los alumnos”. Debe ser un profesional, es decir, “un organizador de la cultura,... diagnosticador,...planificador,...interventor cultural”. Un profesional que investiga, genera, interactúa...Es un intelectual transformativo”¹⁶. Para ello se requiere de la reflexión crítica y continua de su hacer, la cual se da a través de la elaboración crítica y reflexiva de materiales que pueda implementar en su práctica docente en los espacios áulicos.

El objetivo ha de ser el que el profesor llegue a convertirse en un estudiante de su enseñanza, para que pueda ser capaz de preparar a sus alumnos y aumentar su capacidad de comprender su mundo e influir en él.

3.4. Enfoque e instrumentos de recolección y análisis de datos

Este material consiste en un trabajo cualitativo debido a que, aunque parte de los datos o resultados se obtuvieron a partir de procedimientos cuantitativos, sólo una pequeña parte fue considerada (Strauss, 1987).

El seleccionar un enfoque cualitativo-interpretativo se basa en lo referido por algunos otros investigadores con relación a la utilidad que tiene éste al permitir comprender, a través de estrategias interpretativas, que los actos sociales tienen un significado para los propios participantes, al conocer y entender a los individuos y sus actos, y al describir la cotidianidad; o bien, con relación a que el trabajo interpretativo se realiza para descubrir conceptos y relaciones en los datos brutos, para luego organizarlos en un esquema explicativo teórico (Álvarez-Gayou 2005; Pulido, et al., 2007).

Así, considerando los objetivos del presente, y al tratarse de un trabajo de intervención didáctica, —teniendo en cuenta que la didáctica tiene como objetivo conocer y explicar los procesos de enseñanza y aprendizaje de manera que posibiliten su realización consecuentemente con los objetivos educativos—, resulta de gran valía el uso de medios que ayuden a conocer lo que ocurre en el aula, de forma que sea posible interpretar y explicar y, posteriormente, con base en ello, hacer una propuesta más acorde a la realidad que se vive

¹⁶ Los profesores como intelectuales transformativos: “*Un componente central de la categoría de intelectual transformativo es la necesidad de conseguir que lo pedagógico sea más político y lo político más pedagógico. Hacer lo pedagógico más político significa insertar la instrucción escolar directamente en la esfera política, al demostrar que dicha instrucción representa una lucha para determinar el significado y al mismo tiempo una lucha en torno a las relaciones de poder... Hacer lo político más pedagógico significa servirse de formas de pedagogía que encarnen intereses políticos de naturaleza liberadora; es decir, servirse de formas de pedagogía que traten a los estudiantes como sujetos críticos, hacer problemático el conocimiento, recurrir al diálogo crítico y afirmativo, y apoyar la lucha por un mundo cualitativamente mejor para todas las personas*”. Giroux, H. (1990). Los Profesores como Intelectuales. Hacia una pedagogía Crítica del Aprendizaje. Pag: 171-178.

en las mismas, al conocer algunos problemas específicos que se pudieran presentar en el proceso de aprendizaje (Gimeno & Pérez-Gómez, 1992). Por lo que, con base en los resultados obtenidos, la experiencia vivida y lo comprendido sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje relacionado con el tema biológico en particular, además, se pretende que el material realizado pueda servir en la reestructuración didáctica de un futuro hacer, así como el mismo pueda ser reconstruido, integrando la información recabada y el aprendizaje obtenido.

Como señalan Gimeno & Pérez-Gómez (1992), este proceso de búsqueda y comprensión se caracteriza porque los conocimientos derivados de otras investigaciones o experiencias personales o ajenas deben ser utilizados como hipótesis de trabajo, como herramientas que ayudan a indagar y relacionar, pero nunca como algoritmos explicativos de las relaciones entre los elementos y factores, de forma que no se utilicen como prejuicios sino que sirven para estar abiertos a la comprensión de lo que ocurre en ese momento, con esa situación y contexto singular; de esa manera es posible que se pueda entender cada situación en particular.

En cuanto a la obtención de información, ha sido muy fuerte la crítica al uso exclusivo del “tradicional” método de “lápiz y papel” para evaluar las concepciones de los individuos sobre la naturaleza de la ciencia (Aikenhead, 1973; Lederman & O'Malley, 1990; Aikenhead & Ryan, 1992; Eflin, Glennan & Reisch, 1999) por ser de lección única entre varias opciones, cerrada y por no dar la oportunidad a los individuos de hacer explícito su pensamiento. Además, Lederman, Wade & Bell (1998) sugieren que las intenciones de los profesores, sus prioridades y la realidad del aula que viven son factores críticos que deben investigarse; pero no solamente con instrumentos de “lápiz y papel”, sino combinando diferentes medios, por ejemplo: entrevistas y observaciones de aula, lo que puede resultar más laborioso, pero podrá arrojar resultados más confiables.

Considerando lo anterior, y de acuerdo a los objetivos planteados, se pensó que más que un análisis cuantitativo, se requería de uno cualitativo, que pudiera aportar la información requerida. Por lo que los instrumentos metodológicos a utilizar deberían estar en función de lo que se buscaba desarrollar (conocer, comprender, explicar el proceso educativo desde la propia perspectiva de los participantes), ya que, como proponen Guba, Lincoln (1981) y Stake (1998), los métodos son importantes, pero el análisis que sobre la situación se realice, también los es.

Teniendo en cuenta lo propuesto por Imbernón y colaboradores (2007), donde en el enfoque interpretativo, el objetivo es aportar un marco que ayude a responder preguntas que se han formulado, pero que al mismo tiempo, se haga de manera fidedigna y que resulte un proceso óptimo, ya que “es importante no perder de vista el propósito y los objetivos del proyecto, para no diseñar una investigación compleja y costosa, o estudios que consuman energía, que

podiera ser más aprovechable para otros fines”. Se sabe que, a veces, la investigación educativa llega a supeditarse a aspectos técnicos que reemplazan los educativos (Walker, 1989, citado por Imberón, 2007).

Considerando que en el proceso de recolección de información es importante que se integren instrumentos diversos, donde la información obtenida, a través de unos medios pueda ser verificada con los obtenidos por otros; para el presente trabajo se hizo uso tanto de la observación, como de la encuesta y la entrevista, cuya información posibilita conocer cómo los participantes, objeto de estudio, construyen una parte de su realidad y las significaciones que cada uno de ellos le asignan, al interactuar con el instrumento de intervención y con los otros (compañeros de clase, profesor).

Por su parte, la observación¹⁷ es considerada por varios autores como una forma de trabajo adecuada, no únicamente en investigación educativa, sino también para facilitar las tareas que como profesores se realizan en el hacer diario, al momento en que éstos desarrollan su actividad cara a cara con los educandos (Herrero, 1997).

Para poder percibir, a través de la observación, la información que se vierte en el aula, es necesario aprender, pero no sólo a percibir la información, es decir, no sólo a observar, sino también a analizar e interpretar de forma adecuada la información obtenida, para que la observación y la información recabada a través de ésta puedan ser útiles. Algunos investigadores (Wittrock, 1997; Postic & De Ketele, 2000) consideran que, además de lo anterior, si la observación se lleva a cabo en un ambiente natural, puede proporcionar información más confiable y abundante. Como por ejemplo, se puede llegar a discernir entre los diversos acontecimientos de cada día, cuál o cuáles son los más significativos; detectar dinámicas que se desarrollan en el espacio áulico; establecer patrones de conducta que nos permitan determinar actitudes particulares del o los individuos observados ante situaciones específicas, o bien, plantear la posibilidad de adecuar las tareas de aprendizaje a los progresos y dificultades de los alumnos, evaluando de forma continua si éstas son adecuadas o no, así como sus repercusiones en el desenvolvimiento del grupo (Bassedas, Coll, Huget, Marrodan, Miras, Oliván, Planas, Rossell, Eguer & Solé, 1984, citados por Herrero, 1997).

La observación¹⁸ —sea o no participante¹⁹, utilizada en investigaciones mediante un sistema de categorización previo, sea estructurada o no—, posibilita la obtención de información desde la significación de los participantes o grupo humano de interés, permitiendo a la persona que observa un acercamiento a diferentes aspectos del proceso educativo (Walker, 1989), al poder observar y conocer de una forma más integral a través de la experiencia

¹⁷*Observar*: Es un proceso que requiere atención voluntaria e inteligente, orientada por un objetivo terminal u organizado dirigido hacia un objeto con el fin de obtener información (De Ketele, 1984).

¹⁸Proceso de contemplar sistemática y detenidamente el desarrollo de un fenómeno educativo (Mayan, 2001).

¹⁹ Interactiva o no interactiva (Op. cit.)

personal (Bernard, 1988; Patton, 1990, citados por Mayan, 2001) y al observar cómo ocurre. Aunque por supuesto, no deja de ser infalible a la falta de objetividad, ya que la falta de ésta frecuentemente se encuentra latente cuando de humanos se trata (Rojas, 1995).

Para Bruner (1958, citado Por Postic & De Ketele, 2000) la actividad perceptiva supone un proceso donde el tratamiento de la información se obtiene por referencia a unos esquemas y procede por categorización. La información que aportan los mensajes sensoriales se utiliza para modificar una hipótesis anterior, al ser la percepción el resultado de un proceso de interacción entre el organismo y el entorno.

Para Postic & De Ketele (2000), la observación es aún más envolvente, implica una serie de procesos, los cuales son dirigidos por una intención. En ella juegan un papel muy importante la intencionalidad y la atribución de un significado. Es un proceso que es orientado por un objetivo y, al mismo tiempo, resulta ser un organizador del propio proceso pedagógico, para confirmar una hipótesis de investigación, o bien, para establecer un diagnóstico, ya que permite observar situaciones centrando la atención en el o los objetos de interés del proceso educativo y, por tanto, hacer una interpretación de las causas y de las posibles soluciones; teniendo en cuenta que lo que ocurre en un espacio áulico se encuentra estructurado y organizado en relación con ciertas finalidades.

Al observar el comportamiento de un sujeto en las relaciones que establece con su medio y en su acción sobre su entorno social, es posible la comprensión de una determinada situación, las causas de los comportamientos y los efectos que dichos comportamientos tienen en los comportamientos de los demás integrantes que participan del acto.

Al ser la observación una actividad de selección y estructuración de datos que arroja una red de información significativa, se requiere una recolección de información en la situación de interés, la cual deberá responder o estar acorde con los objetivos prefijados; posterior a ello se habrán de estructurar los datos, es decir, se analizan, clasificándolos de acuerdo a ciertos criterios de equivalencia determinados de antemano, de manera que pueda dar información sobre las relaciones entre los datos recolectados; o bien, en un primer momento, se requiere la identificación de los hechos, para luego construir una red de relaciones entre éstos, de manera que permitan hacer una interpretación, con relación a los objetivos de la observación y al confrontar dicha información recolectada con los criterios propuestos, o con algunas conceptualizaciones previas respecto de lo que se busca observar.

Con relación a la influencia que el observador puede llegar a tener sobre la información obtenida, existen opiniones encontradas. Al respecto, algunos investigadores afirman que la presencia del observador no desnaturaliza fundamentalmente los hechos que se someten a observación y casi no afecta a la dinámica de la clase, al menos hasta el punto de modificar sus componentes; sobre todo cuando el observador actúa con regularidad y adopta una actitud

de retraimiento y de no participación (Postic & De Ketele, 2000). Para estas autoras también intervienen las representaciones que el observador tiene de la situación educativa, así como sus referencias teóricas (valores personales, opciones ideológicas y pedagógicas), por lo que la manera en que lleve a cabo la observación está relacionada con la anticipación que hace de un determinado tipo de datos, así, el conocimiento previo que posee le hace más vulnerable para percibir o no ciertos eventos que tienen lugar en el espacio de observación.

Un análisis de tipo funcional para saber qué vínculo existe entre el acto de enseñar y el de aprender, únicamente es posible cuando se le atribuye un sentido y se le coloca dentro de un marco de referencia, o se parte de un modelo teórico, o hay que descubrirlo mediante el análisis del contenido. En el primer caso, se corre el riesgo de partir de un dato falso por ser una hipótesis, y de un marco que nos parecen válidos, o de vincular unos acontecimientos a un significado establecido de antemano.

Para desentrañar el significado de las interacciones, el observador intenta descubrir las intenciones que orientan los actos de los que participan en la situación. Atribuye una intención con relación a lo que le parece son causas posibles del comportamiento de un participante. Interfiere esa intención en función de los efectos que observa en las interacciones. La causalidad inferida es de tipo inductivo.

Las intenciones que el observador atribuye al participante no se corresponden necesariamente con las que le motivan porque sus percepciones de la situación, y especialmente de las obligaciones sociales que en ésta se manifiestan, pueden ser diferentes.

Algunos de los inconvenientes que se pueden llegar a presentar en relación con la recolección de datos a través de la observación, es el hecho de que los observadores puedan dar más importancia a la valoración de los rasgos de personalidad, que a los factores que influyen o intervienen en la situación. Algunos autores afirman que el participante sabe que su comportamiento es una respuesta a una situación, porque sabe que en otras situaciones se comporta de otra manera. El observador no lo sabe necesariamente y puede pensar que el participante siempre se conduce de esa manera; tiende a racionalizar lo que es inconsciente en la conducta de un individuo, buscando rasgos de personalidad, en vez de relacionarlo con cambios de las circunstancias.

Se ha visto que el tiempo de observación puede llegar a ser otro factor que influye en el registro de datos y llega a influir en el juego de adaptaciones recíprocas. Sin embargo, se considera que ello no implica que se pueda afirmar que cuanto más breve es el encuentro entre el observador y observado, mayores sean las distorsiones de la realidad que introduce. Todo esto depende del reto de la situación de observación y de la repercusión que tenga para las personas observadas. Aunque éstas intenten responder siempre a las expectativas del observador, de acuerdo con la idea que tienen de él, y en algunos casos no se sienten ni

amenazados ni implicados, ya sea porque los proyectos del observador coinciden con los observados (analizar una determinada práctica pedagógica, analizar el progreso en el aprendizaje de un alumno) o porque el objetivo de la observación les puede llegar a ser extraño o ajeno, debido a que no les afecta personalmente.

Lo anterior ocurre principalmente en situaciones educativas, ya que en este caso el observador construye un saber, partiendo de sí mismo más que sobre el observado; porque lo que se busca comprender son los procesos interaccionales o pedagógicos.

En suma, se reconoce a la observación de gran utilidad en la evaluación, no sólo de actitudes y valores de los alumnos, sino también del proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que posibilita articular una percepción de la realidad manifiesta con su adecuada interpretación, al captar su significado en un determinado contexto y posterior a un cuidadoso análisis (Anguera, 1988).

En este caso, la observación realizada tuvo carácter de no estructurada o sistemática, teniendo en cuenta que no se utilizaron categorías preestablecidas para el registro de los sucesos que se observaron. Sin embargo, la categorización se generó como elemento auxiliar en el análisis e interpretación de la información (Álvarez-Gayou, 2005).

En relación con la observación realizada durante el desarrollo del presente trabajo de intervención; ésta se llevó a cabo durante cinco sesiones de dos horas los días lunes y miércoles de 17:00 a 19:00 hrs, en un grupo de 17 estudiantes del CCH Azcapotzalco del turno vespertino. Durante ese tiempo se registraron en un cuaderno de campo o “diario” las descripciones y reflexiones que se generaron por parte del observador, a partir del desarrollo de la intervención didáctica.

De acuerdo con Postic & De Ketele (2000), el diario se considera una “técnica de observación narrativa y retrospectiva que consiste en escribir con lenguaje habitual (lo cual no excluye el uso de términos técnicos familiares para el observador) lo que realiza el observador así como los observados. Resulta ser una técnica adecuada cuando el observador, desea entrar en un “*mundo nuevo*”, lo que hace posible la obtención de información útil en un análisis posterior. Por ello, le resulta ventajoso a un profesor que busca comparar, por ejemplo, la planificación prevista y la efectivamente realizada; o bien, la información obtenida puede ser útil para programar su práctica futura. Dichas bondades residen en el hecho de que permite describir longitudinalmente las actividades emprendidas para conseguir un objetivo. Puede llegar a ser utilizado por un investigador para intentar coordinar los efectos del aprendizaje (variables dependientes) con la trayectoria seguida (variables de proceso), después de tener en cuenta la situación de inicio (variable de entrada).

Por ello, de acuerdo a Postic & De Ketele (2000) el diario no es una técnica en donde el objeto de observación esté predeterminado, es útil para describir longitudinalmente las actividades emprendidas para conseguir un objetivo. Que tan exhaustivo se debe ser es un problema que merece reflexión cuando se utiliza esta técnica, pero para el ámbito escolar, un buen marco teórico sobre enseñanza y aprendizaje resultaría adecuada para responder de forma apropiada esa cuestión.

En cuanto al tipo de anotación, se utilizó la inmediata. Se dice que es inmediata la anotación cuando ésta se hace en seguida, después de realizada la observación de un comportamiento o de un objeto. Además, también se realizó una observación directa, a diferencia de una mediatizada, dado los objetivos. Para poder obtener información más confiable, posterior a la observación, se aplicó a los estudiantes una encuesta, ya que al ser una técnica que permite recopilar información de tipo cualitativo del tema de interés, permite que ésta pueda emplearse para un análisis cuantitativo, con el objetivo de identificar y conocer la magnitud de la situación que se supone o conoce en forma parcial o imprecisa (Rojas, 1995).

Se empleó una encuesta para conocer la opinión que los estudiantes tenían del cuaderno de trabajo. Para la obtención de la información se utilizó un cuestionario anónimo semiabierto y mixto, debido a las ventajas que tiene para recabar información, al optimizar tiempo y esfuerzo (Walker, 1989, citado por Imbernón *et al.*, 2007), la cual puede llegar a ser abundante, al existir menos limitaciones para que el encuestado exprese sus opiniones y sugerencias con mayor libertad, al mismo tiempo que proporciona mayores elementos de juicio para formular sugerencias pertinentes al término de la indagación, si se siguen algunas de las recomendaciones hechas por algunos investigadores (Rojas, 1995). Este instrumento presenta potenciales ventajas al representar un estímulo similar a numerosos individuos de forma simultánea, de manera que los datos pueden ser, en mayor medida, comparables (Walker, 1989, citado por Imbernón, 2007).

El cuestionario ofrece algunas ventajas (Spengler *et al.*, 2012), al facilitar la medición y comparación de información proveniente de distintos sujetos, minimizando los errores y el esfuerzo de los que lo responden. De igual manera, tiene algunas desventajas (Padua, 1979), ya que puede llegar a tener poca flexibilidad y limitación en las respuestas. Por estas razones, se pensó en un cuestionario semiabierto, buscando obtener una mayor cantidad de información, que pueda orientar la reestructuración del material en un futuro.

Las preguntas que formaron parte del cuestionario aplicado fueron elaboradas de forma que su respuesta correspondiera con una escala ordinal, en la que los alumnos valoraban cada una de las preguntas de acuerdo con la gradación que consideraban más adecuada, y, al mismo tiempo, debiendo indicar o argumentar las razones de su elección. Las opciones de la escala contemplaron una gradación que va desde la aprobación hasta la desaprobación, siguiendo las recomendaciones de algunos expertos (Ander-Egg, 1995, citado por Spengler, 2002).

El cuestionario estuvo conformado por 15 preguntas. En 12 de ellas el estudiante debía elegir la opción que más se acercara o valorara cada uno de los aspectos que se le proponían, así como la justificación de su elección, ya que lo que se buscaba era conocer su percepción sobre el instrumento y los problemas que éste presentaba y representó para cada estudiante. Las tres preguntas restantes fueron abiertas, éstas estuvieron relacionadas con los cambios o sugerencias para que el cuaderno de trabajo resultara más adecuado o apoyara en mayor medida el aprendizaje.

El instrumento de evaluación fue aplicado por el maestrante, quien informó a los alumnos los objetivos de su aplicación. Cabe señalar que dicha aplicación tuvo lugar después de que los estudiantes presentaron un examen escrito, realizado por el profesor del grupo, el cual incluía el tema, objeto de estudio, de manera que los alumnos opinarían sobre el cuaderno de trabajo, y el apoyo obtenido a través del mismo en el logro de los aprendizajes esperados teniendo el resultado de sus evaluaciones.

Una vez aplicados los cuestionarios, se les asignó una clave con la finalidad de facilitar el manejo de la información obtenida; dicha clave estuvo conformada por ocho dígitos, distribuidos de la siguiente manera: los primeros dos dígitos corresponden a un número asignado al azar del 01 al 13; el siguiente par de números corresponde al día de aplicación del instrumento; el siguiente par de números corresponde al mes, y el último par corresponde al año de aplicación, quedando de la siguiente manera: 01210312, lo que indica que es el cuestionario uno, el cual fue aplicado el día 21 del mes de marzo del año 2012.

Por su parte, la entrevista es un instrumento utilizado frecuentemente en el campo interpretativo y tiene como características positivas la facilidad con la que puede llevarse a cabo y el carácter directo, ya que ofrece información sobre opiniones, actitudes, sugerencias, etcétera (Imberón *et al.*, 2007), además es abundante y básica sobre lo que se busca conocer (Rojas, 1995). Es un instrumento de precisión que nos ayuda en la medida en que se fundamenta en la interrelación humana como fuente de información, al poder ser completado o reforzado con la implementación de otras técnicas como la observación o la encuesta (Rojas, 1995; Mayan, 2001).

Para recabar la información que sobre la experiencia en la instrumentación del cuaderno de trabajo formuló el profesor del grupo, se empleó una entrevista estructurada de 18 preguntas. Tres de ellas estuvieron relacionadas con los aspectos generales del cuaderno de trabajo, dos con su diseño, dos más con su estructura, cuatro preguntas fueron sobre los contenidos y las restantes sobre las actividades propuestas en el cuaderno. La entrevista se realizó después de que el profesor titular del grupo evaluó los cuadernos de trabajo y el examen escrito aplicado a sus alumnos, en la sesión posterior al término de la intervención.

Emplear una entrevista tiene que ver con el hecho de que es una técnica, que entre otras muchas, satisface los requerimientos de interacción personal estructurada, a través del cual se puede generar un intercambio significativo de ideas a través de una intersubjetivación si se tiene claro el propósito; además se puede obtener información no solamente de lo que se dice, sino también a través de otros indicadores como la postura del cuerpo y las reacciones emocionales, entre otros (Acevedo & López, 1998.)

Se utilizó una guía de tipo estructurada para asegurar que los aspectos de interés fueran explorados durante la entrevista (Taylor & Bodgan, 1990). La entrevista fue grabada y posteriormente transcrita y analizada. Durante la entrevista solamente estuvieron presentes el profesor entrevistado y la entrevistadora. Se analizaron las respuestas del profesor entrevistado para apoyar o sustentar la discusión que sobre la utilidad del cuaderno de trabajo impreso, al tener la oportunidad de conocer cómo construyen el conocimiento biológico los estudiantes a partir de sus propias significaciones e identificar los procesos y estrategias, a través de los cuales los estudiantes llegan al aprendizaje (Zabalza, 2001).

El uso de esta forma de trabajo tiene su razón en la utilidad que tiene para obtener información o conocimiento de los fenómenos educativos que tienen lugar en el aula, además de lo práctico que resultan durante el proceso de recolección de información. Esto se justifica dado los objetivos planteados durante la presente indagación, ya que permite obtener información de una manera más completa al no encasillarse ésta o reducirse a observar la realización de cierto comportamiento o se presentó determinada situación; sino que posibilita el conocimiento de las interrelaciones con un hecho de aprendizaje, y al mismo tiempo, potencializa la explicación de cuáles son las posibles causas o factores que están influyendo en la obtención de un determinado resultado, a diferencia de otros métodos de observación como la observación sistemática, que resultan más adecuadas cuando se precisa conocer un fenómeno del cual se pueden predeterminar los posibles resultados o cuando se trata principalmente de datos cuantitativos, o bien, cuando lo que interesa es el resultado en sí mismo y no el proceso, para lo cual podría ser suficiente un cuestionario o entrevista final.

Con relación al material impreso implementado para la intervención, Martínez Bonafé, Jaume (2002, citado por Spengler, 2002) propone buscar el potencial pedagógico de los materiales curriculares, más allá de lo meramente técnico, poniendo énfasis en el análisis de las estrategias didácticas que se ponen en funcionamiento a través del material, aportando con este enfoque elementos al debate profesional en el equipo docente. Los materiales curriculares deben transmitir eficazmente la información, sugerir problemas y cuestionar a través de interrogantes que obliguen al análisis y reflexión, propiciando la transferencia y aplicación de lo aprendido.

Con ello, la elaboración de materiales curriculares alcanza una especial complejidad, ya que éstos deben evitar que el aprendizaje se base en la intervención sistemática del docente.

Spengler (2002) detalla algunos de estos requerimientos como; motivar, informar, aclarar y adaptarse al ritmo de cada estudiante, dialogar, enlazar las experiencias del sujeto con las de enseñanza, programar el trabajo individual o en equipo, y poner en juego la intuición, la actividad y la creatividad del alumno, aplicando los conocimientos a situaciones concretas.

Spengler considera algunos elementos que es recomendable evaluar en relación con los materiales curriculares, algunos de ellos son; estructura lógica: se refiere a la apreciación por parte del alumno, de un orden que facilita la captación de los conocimientos, los ordena y jerarquiza (Guzmán, 1996, citado en Spengler, 2002); el grado de dificultad de las actividades: coherencia en la gradación ascendente de las dificultades, la apreciación de los obstáculos cognitivos, ya sean epistemológicos, didácticos u ontogenéticos; el diseño gráfico: apreciación respecto a la presentación y diagramación del material didáctico, relacionándolo con el pensamiento visual, que va más allá de la simple visualización y apunta a clasificar, ordenar, priorizar; así como la utilidad del material: apreciación del material didáctico como facilitador del aprendizaje. Los cuales son elementos que se tomaron en consideración en la evaluación del presente material implementado.

En suma, para el presente trabajo de intervención, se utilizó tanto metodología cuantitativa como cualitativa, esto con la intención de tener un panorama más completo sobre la situación y los resultados. Al respecto, algunos autores señalan que dada la complejidad inherente a la realidad educativa, el pluralismo metodológico es la opción más adecuada para su estudio, la cual está fundamentada en el paradigma positivista y que toma como métodos propios los de las ciencias físico-naturales. Por lo que se considera que posee una perspectiva objetiva. Dado lo anterior, se considera que puede ser inferencial, ya que es posible generalizar los resultados a partir de muestras representativas; de igual manera otra de sus características es que se basa en principios de evidencia empírica y cuantificación.

Principalmente la metodología y el análisis de información fue de tipo cualitativo, ya que se sabe que se encuentra orientada al estudio profundo de la compleja realidad social, cuya funcionalidad es la de establecer relaciones entre los elementos. Es una forma de análisis de información, orientada a la comprensión e interpretación de los fenómenos o de situaciones únicas y particulares; se centra en la búsqueda de significado y de sentido que le conceden a los hechos los propios agentes y en cómo viven y experimentan ciertos fenómenos o experiencias los individuos o los grupos sociales de interés. Posterior a la obtención de la información, se procedió a ordenarla y analizarla, tanto la obtenida a través de los mismos cuadernos de trabajo, como la del cuestionario, la entrevista y la observación.

La información obtenida a partir de los cuadernos de trabajo se organizó y ordenó de acuerdo a la sección del cuaderno, tratando de que su análisis e interpretación de la información evidenciara los elementos o aspectos que se buscaban, es decir, que pudieran aportar información sobre la utilidad del uso del cuaderno en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

De igual forma, las respuestas obtenidas a partir del cuestionario aplicado se organizaron y ordenaron para su análisis cuantitativo y cualitativo.

Para facilitar el manejo de la información recabada a través de los cuadernos de trabajo, a cada uno de ellos se le asignó una clave conformada por nueve dígitos, quedando integrada de la siguiente manera: 12EMO0212. Los primeros dos dígitos corresponden a un número entre 01 al 17, ya que fueron un total de 17 cuadernos de trabajo los que se trabajaron; los siguientes tres dígitos corresponden a las iniciales del nombre del alumno que lo respondió, es decir, la inicial de su nombre y las de sus dos apellidos; los restantes cuatro números corresponden al mes y al año de aplicación del instrumento de intervención.

Por su parte, la entrevista que se le realizó al profesor, fue posterior a la evaluación que él mismo hizo de las respuestas de los alumnos en los cuadernos de trabajo, así como de un examen escrito para evaluar el aprendizaje que incluía el tópico de interés y objeto de estudio para el presente trabajo de intervención. La entrevista se transcribió para poder revisarla y rescatar los elementos o información necesaria para contrastarla con la obtenida a través de los demás instrumentos de evaluación y poder determinar la utilidad o de las actividades de aprendizaje propuestas en el cuaderno de trabajo y sus posibles causas o razones.

De igual manera las respuestas proporcionadas por los estudiantes en el cuaderno de trabajo fueron un elemento fundamental para la obtención de información y comprensión del fenómeno de enseñanza y aprendizaje de interés. Para el análisis de las respuestas, se utilizó la siguiente rúbrica, la cual se construyó de acuerdo a lo esperado en cada una de ellas.

Escala	Aspectos o parámetros
Deficiente	No responde a la pregunta, muestra muy poca o nula comprensión del contenido, la respuesta es confusa y desorganizada.
Aceptable	Responde de manera incompleta la pregunta, muestra comprensión parcial del contenido, da explicaciones poco coherentes en relación con la pregunta, la información está desorganizada.
Sobresaliente	Responde de manera satisfactoria la pregunta, muestra comprensión del contenido, da explicaciones coherentes, información poco desorganizada.
Excelente	La respuesta es completa y se centra en el tema propuesto, muestra total comprensión del contenido, utiliza lenguaje propio (no copiado del material), manejo de lenguaje científico, la información está organizada.

Esta rúbrica, como ya se refirió, se empleó para evaluar cada una de las respuestas que los alumnos proporcionaron en sus respectivos cuadernos de trabajo, a excepción de la actividad diagnóstica en la que también se tomó en cuenta si señalaban de forma adecuada el concepto en cuestión.

IV. FUNDAMENTACIÓN DEL CUADERNO DE TRABAJO

Los materiales impresos didácticos, se consideran como tales, no porque llevan asociado el adjetivo escolar, sino porque han sido diseñados específicamente para enseñar, previendo su utilización como auxiliares de la enseñanza y promotores del aprendizaje. Es decir, son didácticos por la finalidad con la que han sido diseñados (Prendes & Solano, 2006).

No obstante, tanto los libros de texto o manuales, a pesar de haber sido utilizados desde los egipcios, si bien no como recursos de aprendizaje como se conciben actualmente, también es cierto que en años recientes han sido criticados; algunas de las críticas realizadas han procedido directamente de las críticas que realizan del sistema educativo o de la escuela como institución, entre las que destacan: el hecho de que se han convertido en “un gran negocio editorial con importante influencia en las políticas educativas de los gobiernos” (Martínez Bonafé, 2002); que ha conducido a la desprofesionalización docente, ya que en numerosas ocasiones el profesorado ha considerado el libro de texto como el diseño del proceso de planificación didáctica y ello ha contribuido a que el profesor deje de hacer su función de planificación; que la escuela es un espacio en donde se refugia el docente, al no ser éste un espacio donde fluya o se movilice el conocimiento, “sino el lugar donde algunos conocimientos son transmitidos y clasificados” (Simone, 2000, citado por Prendes & Solano, 2006), además de que no favorece la convivencia al realizarse la lectura a solas, de manera aislada y en silencio, por lo que va en contra de las habilidades de convivencia que se busca que el individuo desarrolle y aplique durante su estancia en la escuela. Sin embargo, algunos autores o investigadores consideran que existen materiales didácticos adecuados para promover la construcción del aprendizaje, que no siempre es el más caro o bonito, sino el más accesible y conveniente, y por supuesto potencialmente significativo.

En la era actual se ha propuesto el uso de otros materiales, que no son una alternativa al uso de materiales impresos, ya que la única diferencia es el hecho de ser impreso o digital. Por lo que se trata de medios diferentes en cuanto soporte y los códigos utilizados, pero que continúan perpetuando el esquema de la linealidad al que se refiere Ferdinand de Saussure (citado por Prendes & Solano, 2006).

Los materiales didácticos resultan de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje cuando no solamente sirven para transmitir conceptos e ideas, sino que son una forma de concebir el desarrollo del curriculum y el trabajo de profesores y alumnos; cuando se consideran como elementos de experimentación que pueden probarse y modificarse a partir de la puesta en práctica, potencializando la mejora de la práctica docente. De esta forma, además el papel del profesor no se reduce a la selección del material, sino que se amplía a la elaboración y evaluación del mismo; realizando al mismo tiempo un trabajo de reflexión sistemática y en ocasiones trabajo en grupo, discusión compartida y enriquecimiento (Díaz, 1996).

4.1. El contenido biológico objeto de estudio

Una de las principales razones que ha generado la elección de la temática de relaciones no alélicas, que se imparte en la segunda unidad de Biología III en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades para desarrollar el trabajo de grado, estriba en el conocimiento de una importante complejidad y dificultad en su enseñanza-aprendizaje, que se ha vivido como estudiante y actualmente como docente.

Las causas de esta complejidad y dificultad son varias, entre ellas podemos mencionar que algunas están relacionadas con el mismo término con que se señalan en el programa de estudios y que como concepto no se encuentra especificado en las diversas fuentes bibliográficas del campo de conocimiento (no en las más accesibles, libros de nivel licenciatura, revistas); esta situación se torna más compleja ya que no es el único factor que influye en el proceso de aprendizaje, sino que al no tener una formación pedagógica, no se tiene claridad del rol que como docente le corresponde, por lo que no es claro cómo interpretar éstas, al no comprender que el aprendizaje supone un proceso de construcción de conocimientos (Resnick, 1983; Driver, 1989, citados por Ayuso & Banet, 2002), lo que conlleva al desconocimiento de cómo examinar eso que saben cuando se inician los contactos académicos con la temática y de manera particular, con la herencia biológica; se carecen de los criterios para seleccionar y secuenciar los contenidos con la localización, la transmisión y los cambios de la herencia biológica, así como de las características que podrían tener las actividades de enseñanza para favorecer su aprendizaje (Ayuso & Banet, 2002).

También se considera que parte de esa dificultad se debe al hecho de que como docente de reciente ingreso, se desconocen las metas de la institución o bien su currículum, por lo que se presentan problemas en la comprensión de sus programas de estudio. Esto último resulta una situación recurrente, debido a que no en todos los planteles existe un curso “propedéutico” para ello; sino que a través del estar inmerso en la actividad educativa se puede llegar a conocer la filosofía del modelo educativo del Colegio a través de compartir experiencias con los colegas.

Lo anterior resulta una situación relevante, considerando que para poder contribuir al logro de los fines de una institución, es indispensable que se comprenda la lógica de un currículum en cuanto a su fuente, es decir, que se conozcan los propósitos de ésta, lo que implica comprender cuáles se encuentran inscritos o formando parte de los programas de estudio; representando a su vez una guía para el docente, para contribuir a subsanar las carencias o vacíos que aparecen en la formación actual de los estudiantes (Tyler, 1973) preparándolos para que en un futuro puedan resolver problemas con eficacia, tomar decisiones bien meditadas y disfrutar de una vida de aprendizaje (Tishman *et al.*, 1997), papel o función al que en pleno siglo XXI le ha sido asignado contribuir al profesional de la docencia, quien tiene una gran responsabilidad en la formación de un ciudadano que actué de manera creativa,

sensible, responsable y autónoma en esta sociedad del conocimiento (Bodoira & Ferreyra, 2003, citado por Ferreyra *et al.*, 2008). Es decir, que la educación sea plena al provocar un acto de conocimiento, un compromiso ético y una experiencia ética (Freyre, 1997).

4.2. La enseñanza-aprendizaje de las relaciones no alélicas de acuerdo al programa de estudios de Biología III en el CCH

Con relación a cómo impartir el tema, lo primero que como docente se ha realizado, es la búsqueda de información que proporcione claridad sobre el tema en sí mismo y la revisión de lo que propone el programa de la asignatura en relación con este. No obstante, al realizar la búsqueda de información bibliográfica sobre la temática, como se propone en el programa, se percibió que no existía en una fuente accesible el concepto y la explicación correspondiente al respecto, por lo que como docente se optó en la primera ocasión que se revisó el tema con los alumnos, hacer hincapié en la diversidad de patrones de expresión de información genética existentes, lo que además por la falta de una formación pedagógica no faltó la carencia de una estructura didáctica, provocada en parte por la inseguridad sobre el hecho de ser docente, así como también sobre si lo que se buscaba que el alumno aprendiera era lo adecuado, de acuerdo con los objetivos de la institución (Tyler, 1973).

Para ello, se enunció el título de la temática a revisar (relaciones no alélicas), posteriormente se realizaron preguntas al grupo relacionadas con el tema, las cuales en su momento se consideró podrían despertar el interés del alumno (Tyler, 1973), por ejemplo: ¿ustedes consideran que son diferentes o iguales a sus hermanos?, ¿por qué son diferentes o iguales a sus hermanos?, ¿en cuanto al color de ojos se parecen a su padre o a su madre?, o ¿a quién se parecen? y ¿por qué?, preguntas que en parte podían responder y que en su mayoría a varios de los alumnos interesaban, pero que no podían responder. A continuación, la mayor parte se les explicaba a través de una presentación en PowerPoint y de uso de pizarrón, explicando cómo en algunos casos se sabía que era un par de alelos el que determinaba el carácter, en algunos otros casos se proponía que eran dos pares de alelos y en otros, tres pares de alelos. En ocasiones, parte de la información se solicitaba que la buscaran de tarea y la llevaran escrita en su cuaderno para la siguiente sesión. Para finalizar, se realizaban en algunos casos problemas de genética.

En la segunda oportunidad que se tuvo de impartir esta temática, y con el conocimiento de esta falta de comprensión de lo que proponía en realidad en el programa de la asignatura con relación al tema, se revisaron los programas de Biología I a IV, dado que en un curso se comprendió que existe una relación entre los programas de las asignaturas y que además el programa se había pensado contemplando una lógica desde la disciplina, por lo que al quedar claro que el eje era la biodiversidad, se buscó dar este enfoque en la revisión de la temática, teniendo presente además, que existe la opción de manejar diferentes enfoques (histórico,

didáctico, relación naturaleza-sociedad-tecnología) en relación con la temática, cuando ésta se estudia con los alumnos y que debería por tanto, tomar una postura desde mi experiencia como estudiante, reflexionando sobre el proceso de apropiación personal de esta temática, desde mis referentes como estudiante y que como docente de una disciplina, considere la más adecuada, dada las condiciones presentes en ese momento, de acuerdo a las características de los alumnos, lo que resulta importante a la hora de implementar una forma de trabajo, ya que posibilitará un mejor éxito en el logro de los objetivos de aprendizaje que se proponen (Tyler, 1973); sin olvidar tener en cuenta otros elementos como los presentes en el aula (clima), tiempo, recursos, entre otros aspectos; por lo que durante el proceso enseñanza-aprendizaje del tema se tuvieron tanto aciertos como errores.

Además, se consideró que el alumno debía participar más, o bien, tener un papel más activo durante el proceso de la revisión de la temática, ya que de acuerdo con algunos investigadores, el alumno aprende las cosas que hace (Comenio, 2010; Tyler, 1973), por lo que se pensó en actividades que pudiera realizar el alumno que le contribuyeran al logro de los aprendizajes propuestos en el programa en relación con el tema.

Durante esta segunda experiencia, en la revisión de las relaciones no alélicas, la explicación de las preguntas planteadas al inicio no fue totalmente por parte del docente, sino que considerando que cuando las habilidades de pensamiento de los individuos no se estimulan, estas tienden a languidecer (Tishman *et al.*, 1997). Se le pidió al alumno que buscara información sobre los patrones de expresión, para posteriormente trabajarla en equipo, proporcionando la oportunidad para que interactuaran en el uso de estrategias de pensamiento, al involucrarse en discusiones y actividades en la que se fomenta el uso de lenguaje y tácticas de pensamiento estratégico en sus interacciones interpersonales (Tishman *et al.*, 1997). De esta manera, la explicación posterior la proporcionaba algún (os) estudiante (s); por lo que se trataba de un proceso activo, que implicaba la realización de un esfuerzo por parte del estudiante que posibilitaba su aprendizaje (Tyler, 1973), el profesor posteriormente, dependiendo de la contribución que realizarán los estudiantes, daba una realimentación realizando aclaraciones, interconexiones entre conceptos e ideas, así como haciendo especificaciones en aspectos relevantes, como por ejemplo: la forma en que dependiendo de la información genética participante (genotipo) y el número de alelos, existía variación en el fenotipo, que podía explicarnos parte de la biodiversidad existente en nuestro planeta. De igual forma que en la primera ocasión, se realizaban al final del tema algunos problemas de genética utilizando el cuadro de Punnett, es decir, una estrategia prefabricada que en determinadas circunstancias resulta de mucha utilidad en el logro de objetivos (Tishman *et al.*, 1997).

Al mismo tiempo, se buscaba que a través de la enculturación por medio del modelado, el individuo fuera aprendiendo a identificar conceptos y elementos clave de los que se fuera apropiando (Tishman *et al.*, 1997) y contribuyeran a ampliar sus campos semánticos y de esa

forma facilitar su aprender no sólo de la genética, sino de habilidades para aprender al reflexionar sobre su pensamiento, es decir, sobre la forma en que ha aprendido, posibilitando su aplicación en la comprensión de otras disciplinas y explicación de fenómenos que se presentan de manera continua en su vida cotidiana, favoreciendo a su formación en una cultura de pensamiento.

De esta experiencia, en estas dos ocasiones se concluyó que era un tema complejo y que en lo particular requería una mayor búsqueda de información, que proveyera un mejor manejo y análisis del programa correspondiente, que incidiera en un mayor dominio del tema, ya que, si bien, algunas prácticas realizadas de manera intuitiva o empírica parecían funcionar, es decir, permitían lograr los objetivos parciales que se esperaban y que daban muestra del aprendizaje de los alumnos, se consideró la opción de participar en un proceso que contribuyera a la formación docente, esperando que éste proporcionara elementos para poder desempeñar un mejor o más exitoso papel como profesor del nivel medio superior y de manera particular, como docente de del Colegio de Ciencias y Humanidades.

Al tener que seleccionar un tema del plan de estudios del bachillerato del sistema en el que se participa como docente para realizar el trabajo de tesis, en el que además se registrara un problema en su enseñanza-aprendizaje, se optó, entre otros tantos, por la temática de las relaciones no alélicas, ello debido a la experiencia vivida. Al continuar indagando un poco más sobre la temática seleccionada, se percibió que no era la única profesora que tenía problemas en la enseñanza-aprendizaje de ésta, sino que otros profesores tenían problemas parecidos (Gómez, 2010). Además de estas problemáticas, se observó que no obstante que es una asignatura de las de menor índice de reprobación en el Colegio, en comparación con otras asignaturas como matemáticas, cálculo, química, física (Informe sobre la Gestión Directiva del CCH 2010-2011, 2011). Biología III era la que al parecer mostraba mayor proporción de reprobación, tanto en cursos ordinarios, como extraordinarios. Al realizar un análisis de los resultados en exámenes extraordinarios y de las calificaciones obtenidas por algunas generaciones (2006, 2007 y 2008) se observó que existe un importante índice de reprobación de esta asignatura, que si bien se ha reducido en la última generación, es alto en comparación con otras asignaturas (revisión personal a partir de información proporcionada por el departamento de sistemas del colegio, 2011).

El motivo de realizar un cuadernillo de trabajo para trabajar la temática de las relaciones no alélicas está basado en una reflexión sobre la confusión y al mismo tiempo sobre la complejidad que comentamos que existe en relación con este tema, y al hecho de que la información disponible está dispersa, y se encuentra muy resumida en los libros de texto del bachillerato, entre otros aspectos. Por dicha razón se consideró también con el tutor principal de trabajo de tesis que era lo más pertinente.

De esta forma el enfoque del cuadernillo de trabajo tiene como objetivo servir de material de apoyo para el alumno, al representar una guía de lo que es la temática y de lo que se espera que aprenda al encontrar la información básica sobre la misma, contenida en este material; al igual que pueda encontrar algunas sugerencias de actividades que le faciliten o ayuden a alcanzar los aprendizajes señalados en el programa correspondiente para Biología III. Que el alumno pueda sentir suyo y por tanto, sentirse con la confianza y seguridad necesarias para revisarlo, rayarlo, hacer notas, por mencionar algunos aspectos; los cuales se espera que a través de los conocimientos que como estudiante de la MADEMS en biología pueda ir adquiriendo y que favorezcan en el enriquecimiento del mismo en momentos posteriores; así como resultado de la aportación que dé la MADEMS a su formación docente.

Un material impreso de esta naturaleza como lo proponen Ayuso & Banet (2002) resulta de gran apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la genética, al permitir realizar un registro de información para llevar a cabo un seguimiento de los avances y problemas que presenten los alumnos para aprender; se puede comprobar en qué medida finalizan las tareas, las conclusiones que obtienen, sus respuestas y reflexiones ante determinadas situaciones. Este material puede servir por tanto, para proponer a los alumnos actividades de refuerzo o ampliación, de acuerdo al contexto o situación específica que se presente en cada grupo. Sin embargo, lo anterior presupone mayor dedicación por parte del docente, así como una mayor implicación de los estudiantes en el proceso educativo (no fácil de lograr) y períodos de tiempo más prolongados.

Se busca por ello que sea un material que esté dirigido al alumno, que es quien se espera logre los aprendizajes marcados en el ya mencionado programa; ello implica que el material elaborado deberá contar con una serie de condiciones, de acuerdo al contexto del alumno, entre las que figuran, un lenguaje acorde al tipo de alumno al que va dirigido, considerando que éste presenta un cierto desarrollo cognitivo (Piaget, 1979), posee ciertos conocimientos a partir de lo que ha vivido en alrededor de 15 años de existencia y de forma particular de sus cursos de Biología I y II.

Seleccionar sólo la temática de las relaciones no alélicas para ser desarrolladas como parte del trabajo de tesis y por tanto, como contenido del cuadernillo de trabajo, tiene su fundamento en el hecho de considerar varios aspectos, como el hecho de que el tema de relaciones alélicas pueda resultar más “fácil de comprender” por parte del alumno, dado que implica que en la expresión del genotipo en el fenotipo intervienen un par de alelos, noción que ya se viene trabajando desde Biología I, además como lo referencia la bibliografía y algunos investigadores en genética (comentario personal de Dueñas, 2011) muchas de las características de los individuos están determinadas por patrones de expresión de la información no alélica. Dicho de otra forma, existen varios casos, con pocas réplicas de los mismos como ejemplo de patrones de expresión genética, determinados por relaciones alélicas y sin embargo, menor número de casos pero con gran cantidad de réplicas cada uno de ellos, de características de los individuos que evidencian la

existencia de los patrones de expresión genética determinados por relaciones no alélicas. Sin embargo, se consideró adecuado integrar al presente material didáctico una breve revisión de algunos conceptos clave, así como de lo que son las relaciones no alélicas y alélicas, ya que por la poca experiencia docente propia y de colegas, así como a partir de las contribuciones de algunas investigaciones, uno de los primeros obstáculos en la comprensión por parte de los alumnos sobre temas de genética, versa sobre el poco manejo o comprensión de dichos conceptos clave, como por ejemplo: gen, alelo, homocigoto, heterocigoto, por mencionar sólo algunos ejemplos, además de la falta de relación entre éstos, los cuales aportan un marco conceptual elemental que contribuyen a que los alumnos comprendan mejor el significado de ciertos fenómenos biológicos importantes en los organismos (Longden, 1982; Collins & Stewart, 1989; Stewart, 1982; Wood-Robinson *et al.*, 1997; Lewis *et al.*, 2000^a, citados por Ayuso & Banet, 2002).

De esta manera, se propone hacer un diagnóstico del conocimiento que sobre conceptos clave tiene el alumno antes de comenzar a abordar esta parte del tema, y para ello se propone ofrecer una pequeña lectura que intenta explicar la relación entre conceptos clave (gen, alelo, DNA, cromosoma), que ayude al estudiante a comprender lo que son las relaciones no alélicas, porque se sabe que en ocasiones existe confusión en el nivel de organización de la materia de la que se está hablando, lo que genera a su vez la confusión en la comprensión de los patrones de expresión genética y de cómo éstos generan la variabilidad. Agregado a esta problemática, lo comentado por Furlán *et al.* (1998), el desfase entre las aspiraciones del alumno y el contenido posible de alcanzar que la vuelve más compleja, ya que el alumno de forma regular opera sobre un contenido, asimilándolo de forma que cubre paulatinamente sus propósitos, coincidiendo pocas veces con los del profesor, y en los menos de los casos con los de la institución educativa.

Dado esta situación, para hacer coincidir los diversos propósitos se proponen los objetivos didácticos, los cuales plantean los puntos de referencia para el estudiante (Furlán *et al.*, 1998) y al mismo tiempo, diversos estudios e investigaciones en relación con el proceso de enseñanza-aprendizaje proponen que parte de la respuesta se encuentra en trabajar el aprendizaje situado, es decir, que las actividades de enseñanza-aprendizaje se den como una actividad en contexto, que ubica a la educación como parte integrante e indisoluble de las diversas prácticas de la vida cotidiana (Sagástegui, 2004). Se considera además que esta propuesta representa una forma de renovar un imaginario de innovación presente en los educadores, en el que se resume el ideal de lograr una pedagogía que tienda puentes sólidos y flexibles entre los procesos educativos escolares y la “realidad” (Sagástegui, 2004). Esta es una propuesta que ya Comenio (1994) presentaba como recomendable, que el alumno aprendiera haciendo, de forma que las experiencias de aprendizaje le permitieran aprender, con goce. Es decir, se trata de un método activo que permitía comprender, retener y practicar. Esta es una idea que a su vez, en otros términos Berger & Luckmann (2001)

respaldaban, al proponer que para que un individuo, al ser un ente social, incorpore conocimiento que oriente su conducta en la vida cotidiana, es necesario que exista una reflexión, por lo que sus procesos deberán estar centrados en la realidad, es decir, en la suprema realidad, la que puede percibir a través de su sentido común e interpretar de forma precientífica y cuasicientífica; al introducir mayor tensión o impacto de la conciencia que genera a su vez estructuraciones. Por lo que se aprende la realidad de vida cotidiana como una realidad ordenada, al presentarse objetivada por los que han existido y han legado un conjunto de conocimientos y representaciones (lenguaje) y porque es accesible a la manipulación corporal que la vuelve más interesante porque es donde nos movemos, es decir, donde se ubica lo que hacemos.

De esta forma, el material sobre el que versa el trabajo de tesis espera ser un trabajo didáctico, que ofrezca una estructura de pensamiento que contemple una lógica interna de procesos que se traduzcan en modelos de concepción del mundo (Zubiría, 2004), es decir, una entidad real, diferente a la simple colección de elementos que regule las relaciones que se dan entre los elementos y a la estructura misma (Furlán *et al.*, 1998), factores intervinientes en el proceso de aprendizaje, entre los que resalta la necesidad de conocer con suficiente claridad al alumno, según los requerimientos indispensables para su desenvolvimiento en la disciplina que se busca trabajar, que en nuestro caso particular tiene que ver con una ciencia (Biología); es decir, qué conocimientos o información posee el alumno y las formas en que interacciona con ésta, las habilidades que como sujeto social a través de sus vivencias ha desarrollado hasta encontrarse en el quinto semestre del bachillerato en el bachillerato de la UNAM, que contemple el aspecto de que el aprendizaje esté situado en la suprema realidad del alumno, para que despierte su interés, de forma que responda a sus propósitos y los del educador, para lo que la temática deberá desarrollarse respondiendo a las necesidades del alumno.

Es por ello que la secuencia de actividades propuestas intenta responder a esta condición, al tratarse de lecturas relacionadas con situaciones reales narradas de forma accesible, tanto respecto al lenguaje utilizado, como a los temas de interés de los adolescentes. Pero para poder llevarlos a experimentar ese interés, se propone que sea a través de generar en un primer momento un conflicto cognitivo, o crisis, sin que se llegue a desarrollar angustia, pero sí permita que el alumno salga de su zona de confort y que a partir de una serie de pautas de ordenamiento, el alumno pueda ordenar su pensamiento a través de un proceso de acomodación. A través de estas situaciones se busca llevar al estudiante de una situación no problemática a una problemática, que le posibilite al individuo la deconstrucción y posterior reconstrucción de su realidad, al integrar el sector problemático dentro de lo que ya no es problemático y al mismo tiempo la ampliación de sus campos semánticos, que recaigan en un mayor bagaje de conocimientos que faciliten o apoyen en los aprendizajes posteriores, ya sea de la misma asignatura o de la comprensión y explicación de su realidad, al “deformar” ésta, al emplear el lenguaje para interpretar experiencias de zonas limitadas de significado y “traducirlas” a la suprema realidad de la vida cotidiana (Berger & Luckmann, 2001).

Por tanto se considera, que esta situación contribuye a su formación como personas de nuestro tiempo, capaces de insertarse en una sociedad, al desenvolverse con éxito, al saber desarrollar un espíritu estratégico en la toma de decisiones reflexivas e inteligentes, al resolver un problema y de manera general, al saber encarar desafíos de pensamiento que les planteen la vida a través del empleo continuo y creativo de aptitudes (Tishman *et al.*, 1997).

Ferreira *et al.* (2008), proponen que los buenos pensadores tienen tendencia a explorar, a cuestionar, a investigar nuevos territorios, a buscar la claridad, a pensar crítica y cuidadosamente, a considerar diferentes perspectivas, a organizar su pensamiento para actuar con ciencia y con conciencia, a trabajar con otros. No obstante, dichas habilidades se desarrollan con el tiempo, por ello, deben aprenderse, ejercitarse y recrearse para que se conviertan en competencias socio-cognitivas. Por tanto, es importante enseñar predisposiciones para el pensamiento porque permite: buscar puntos de vista diferentes del propio y estar “abierto” a ellos, tomar conciencia de los propios patrones de pensamiento, analizarlos y ponerlos en discusión, actuar de manera reflexiva, cultivar hábitos de buen pensamiento. Por tanto, el aula representa un espacio en el que pueden generarse situaciones intelectuales, humanas y sociales valiosas.

Al buscar prefigurar al alumno, dadas las características que como grupo de adolescentes comparten (sin olvidar sus particularidades), se proponen actividades como forma de proporcionar un andamiaje para que el alumno logre los aprendizajes y objetivos que se han propuesto; las cuales están pensadas para que el alumno se implique en su realización y dependiendo de ésta, tenga lugar el proceso de apropiación en el sujeto en la aprehensión de su significado (Camarena, 2009), considerando actividades a partir de los conocimientos e ideas previas que ya poseen, al iniciar el estudio de esta temática, muchas de las cuales se desarrollan desde edades tempranas y sin haber sido instruidos sobre ellas, sino que se aprenden en el entorno en el que nos desenvolvemos (medios de comunicación, familia, ambiente escolar y que condicionan la concepción que se tiene sobre la herencia biológica (Ayuso & Banet, 2002).

Representan explicaciones elementales relacionadas con la herencia y la variación biológica, que en ocasiones no coinciden con las explicaciones aportadas por la ciencia; sin embargo, son esos conocimientos los que permiten aprender de manera significativa al establecer relaciones intencionadas entre éstos y los nuevos (Ayuso & Banet, 2002); son concepciones alternativas al conocimiento escolar deseable que llegan a persistir, incluso al terminar el nivel bachillerato (Banet & Ayuso, 1995; Ayuso & Banet, 2002), en ocasiones, hasta en alumnos de nivel superior (Corbacho & De P., 2009). Por tanto, se propone que al identificar formas de pensar erróneas en los estudiantes cuando inician el estudio de los distintos temas de genética, no deben entenderse como idea de su “nivel” de conocimientos para saber cómo comenzar a enseñar o para identificar que errores se deben “eliminar”. De

acuerdo a Ayuso & Banet (2002); Corbacho & De P. (2009), lo que se busca es tener indicadores que alertan sobre las posibles dificultades que presentarán los estudiantes para aprender esos contenidos, por lo que constituyen un elemento esencial para orientar el proceso de planeación y desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

4.3. Las actividades de aprendizaje

Las actividades que contiene el material didáctico realizado se desarrollan a partir de problemas, los cuales varios autores recomiendan (Ayuso & Banet, 2002; Corbacho & De P., 2009) ya que son actividades que permiten a los alumnos desarrollar destrezas y capacidades relacionadas con; la puesta en práctica de algoritmos necesarios para resolver problemas, la observación, recolección, búsqueda y organización de información, la formulación de hipótesis explicativas en relación con las situaciones planteadas, así como el desarrollo de estrategias para contrastarlas; no obstante, se trata de problemas abiertos, dado que estas situaciones son en realidad las que favorecen la reflexión en los estudiantes y se alejen de simples rutinas, que resuelven a través de la aplicación de reglas aprendidas de memoria, al implicar la comprensión de los conceptos implicados en su resolución (Ibáñez & Martínez Aznar, 2005).

Lo anterior se afirma con base en lo que se ha visto ocurre al trabajar con problemas cerrados, incluso los alumnos de educación superior, en donde éstos recuerdan de memoria algunas definiciones incompletas, presentan dificultades en el establecimiento de las relaciones entre la estructura y la función correspondiente a ésta que explica la herencia biológica, no comprenden las consecuencias de los procesos, manifiestan nociones erróneas sobre la localización y transmisión de la información hereditaria (Ayuso *et al.*, 1996; Ayuso & Banet, 2002; Corbacho & De P., 2009) y muestran que no se comprende la relación entre cromosoma, gen y alelo (Corbacho & De P., 2009). Sin embargo, se reconoce que el conocimiento de los conceptos clave, es un aspecto que en el inicio de la enseñanza de la temática no se consideró un problema y por tanto no se contempló.

Es necesario agregar, que de acuerdo a investigaciones en el campo educativo, se afirma que aprender a partir de actividades basadas en problemas, resulta más complejo de lo que se esperaría. Se pueden presentar diversas dificultades (Ayuso *et al.*, 1996), algunas de las cuales están relacionadas con el nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes o bien, con la naturaleza conceptual, carecen de significado para los alumnos o las interpretaciones que ofrecen sobre los conceptos implicados son inadecuadas; en ocasiones los problemas están relacionados con el enfoque de los problemas y con las estrategias intelectuales que ponen en práctica los alumnos para su resolución; ello como consecuencia de que un problema abierto, efecto-cause, ofrece más de una solución posible, no se tiene la habilidad para; analizar datos, elaborar hipótesis y predicciones, aplicar algoritmos, interpretar resultados, analizar posibles conclusiones (Ayuso & Banet, 2002).

Por tanto, Hodson (1994) & Gil *et al.* (1999a), proponen que se deben realizar “verdaderos problemas” para que a través de ellos, los estudiantes puedan aplicar las habilidades antes mencionadas, de forma que no solamente aprendan ciencia, sino también “cómo hacer ciencia”, como consecuencia de actividades que fomenten la comprensión por medio de la acción. Esto facilitará que posteriormente los alumnos puedan abordar situaciones problemáticas más complejas, abiertas, sin solución única, que favorecen el desarrollo del razonamiento científico.

Es por ello, que es recomendable que el contenido de los problemas se refieran a aspectos relevantes desde el punto de vista educativo y que en lo posible interese a los alumnos, de manera que los implique mentalmente en su resolución; es decir, dado que se trata de un tema que requiere de una importante capacidad de abstracción (Ayuso & Banet, 2002) se propone que sean conocidos o relacionados con su vida cotidiana (Ibáñez & Martínez Aznar, 2005), y no como los que se proponen en muchos libros de biología; tal vez, relacionados con la genética humana; los que además es recomendable que se propongan como punto de partida para el desarrollo del tema, ya que además de los posibles efectos motivadores, ayudarán a explicitar las ideas de los estudiantes o poner de manifiesto sus habilidades y destrezas para resolver situaciones planteadas.

Se reconoce así también, que los problemas abiertos relacionados con su cotidianidad constituyen excelentes actividades para favorecer la construcción de conocimiento durante la fase de desarrollo; no obstante, Pashley (1994) propone que en ellos se sustituyan algunos símbolos utilizados para representar los genes, es decir, que en lugar de utilizar letras mayúsculas o minúsculas, se utilicen modelos en los que se sitúen los genes en los cromosomas, para que de esta manera los alumnos puedan comprender mejor las relaciones entre cromosomas, genes y alelos; haciendo más significativos sus aprendizajes (Ayuso & Banet, 2002).

De manera particular estas investigadoras recomiendan no abordar el tema de la herencia biológica a partir de la revisión de las leyes de Mendel, dado que es común que se tengan serias dificultades para conocer la presencia de cromosomas y genes en las plantas, así como el carácter sexual de su reproducción; la propuesta alternativa reside en reflexionar sobre la variabilidad que existe entre los individuos de una misma especie (destacado la especie humana y también otros animales conocidos), así como la que se produce entre distintas especies; identificando las características hereditarias y diferenciándolas de aquellas que no lo son. De esta forma se puede promover que los alumnos conozcan que todos los seres vivos tienen células, cromosomas e información hereditaria; y que ésta puede verse influida por el medio ambiente.

Actividades de aprendizaje: aportación del sujeto a la comprensión de conocimiento. Para que un individuo logre una representación de la estructura de un texto, es importante el conocimiento que el individuo posea, su estructura conceptual y semántica. Estos conocimientos actúan en los distintos niveles del proceso de comprensión, reduciendo la complejidad del proceso, haciéndolo abordable y accesible para poder resolverlo. Son los conocimientos lingüísticos los que permiten identificar un patrón gráfico como una palabra y acceder a su significado léxico. Es, asimismo, el conocimiento del mundo el que permite resolver la ambigüedad sintáctica de las oraciones, permitiendo realizar las inferencias necesarias. El conocimiento previo de un tema facilita la formación de una correcta macroestructura de los textos, distinguiendo entre las ideas principales y las accesorias.

Exige además, un adecuado control y regulación por parte del individuo de sus recursos cognitivos y resalta el carácter estratégico de estos conocimientos. Ya que no basta con poseer conocimientos conceptuales o declarativos sobre el mundo, se precisa saber cómo activarlos y utilizarlos en la comprensión de un texto determinado; es necesario poseer procedimientos específicos, estrategias y aplicarlos en forma autorregulada para lograr el objetivo de la comprensión de la información (García, 1995).

La comprensión y por tanto, el aprendizaje y recuerdo posterior, no dependen únicamente del texto o de las estructuras cognoscitivas previas del sujeto, sino de una interacción entre el texto con sus características estructurales y los esquemas usados por el sujeto (García, 1995). Los resultados encontrados en estudios de García Madruga & Martín Cordero, (1987); García, Luque & Martín, (1989); Cordero, García, Luque & Santamaría, (1992), muestran la eficacia de los esquemas frente a los objetivos, especialmente en la comprensión y recuerdo global y en la memoria de la macroestructura del texto.

Estrategias significativas: repaso o repetición y la organización. Para García Magruga & Fernández (2008), las estrategias más interesantes resultan las que buscan desarrollar habilidades en el individuo para comprender la globalidad de un texto (“macroestructura”): identificación de ideas principales, resumen, y que como han mostrado Brown & Smiley (1977, 1978) es una adquisición que no concluye sino hasta llegar a adulto, es decir, proponen que con la edad el individuo adquiere un mayor control consciente de la tarea, lo que le permite tener una mayor concentración sobre las diferentes partes del texto, ubicando las más importantes; cosa que no ocurre en los individuos más jóvenes como por ejemplo, los adolescentes del Colegio que todavía no alcanzan esa madurez cognitiva (Santrock, 2004), siendo su proceso menos activo, donde además no existe o no se establece una clara interconexión entre sus conocimientos previos y los nuevos. Las nuevas teorías resaltan la importancia de que los procesos de comprensión sean menos dependientes del texto original, y en el que integre sus propias ideas y conocimientos.

Al respecto, algunas de las actividades de enseñanza-aprendizaje¹⁸ que de acuerdo a Villalobos (2003) podrían ser de gran ayuda en el proceso educativo, serían por ejemplo, contar historias. Argumenta que son adecuadas para atraer la atención de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, dado que las personas gustan de escucharlas; de hecho, dicho autor afirma que las personas pasan un buen tiempo de su vida, contándolas y escuchándolas, incluyendo los estudiantes. Estas crean interés, entretienen, instruyen, ilustran, motivan, desafían y dan el ejemplo.

No obstante, contar historias que en realidad logren lo que se ha mencionado anteriormente no es cosa fácil, ya que habrá que practicar la historia antes de plantearla. No se trata de que se analice la historia, se deberá dejar que ésta explique por sí misma los hechos; existe el reto de lograr que el alumno la pueda imaginar o recrear en su mente; habrá de ser una historia que no contenga demasiados detalles, ya que puede llegar a ser un factor que en lugar de lograr un efecto positivo, lleve a confusiones a los estudiantes.

Las preguntas provocativas son consideradas también actividades de enseñanza-aprendizaje, para tal efecto deberán ser abiertas y desafiantes, ya que de otra manera las preguntas cerradas no permiten la explicación amplia, por lo que no permiten la comunicación; en cambio las preguntas abiertas pueden activar el pensamiento del estudiante y motivarlo, fomentan su participación.

Pero como comenta el autor, formular preguntas adecuadas que puedan tener tal efecto, requiere de tiempo para ser formuladas; no siempre la primera que se piensa puede tener los resultados esperados, y sin embargo, suele ocurrir que los docentes no se tomen el tiempo para reflexionarlas y planearlas; llega a ser ingenuo al pensar que en ese momento se le ocurrirán. Se recomienda que sean preguntas con aplicación específica y no general, es decir que se pueda responder dado un contexto específico, el cual de ser posible, es mejor que esté relacionado con el del alumno.

Los estudios de caso también llegan a ser actividades de enseñanza-aprendizaje muy adecuadas para fomentar el proceso educativo, ya que brinda información al estudiante sobre una situación o incidente en la vida de una persona. Se considera que confiere elementos al proceso de aprendizaje porque genera interacción y opiniones entre los miembros de la clase, lo que además genera su implicación en el caso y al mismo tiempo con el contenido (Villalobos, 2003).

¹⁸*Actividad de enseñanza aprendizaje* es un procedimiento que se realiza en el aula de clase para facilitar el conocimiento en los estudiantes” (Cooper, 1999; Richards y Rodgers, 1992). “Son los medios por los cuales los estudiantes se comprometen a aprender en esferas tanto cognitivas, afectivas como de conducta o comportamiento” (Cooper, 1999). Citado por Villalobos, 2003 p. 171

Lo anteriormente comentado no implica que las actividades de enseñanza-aprendizaje sean los únicos elementos del proceso educativo que habrá que tener en consideración; se requiere tener en cuenta que éstas no son el fin en sí mismas, sino son partes imprescindibles para el logro del mismo; de ahí su importancia (Villalobos, 2003).

V. ANALISIS DE RESULTADOS

Se ha dicho y por experiencia propia se sabe que la realidad del aula es compleja, poder ver e interpretar al aula con esa complejidad, percatándose de los factores que la conforman y los que la influyen, presupone conocerla tanto teórica como empíricamente (Herrero, 1997). Cuando se tiene la oportunidad de estar como observador, realizando una observación sistematizada, se tiene la posibilidad de aprender, no sólo por lo que se puede observar que ocurre en este espacio tan complejo, sino porque se es participe, de alguna manera, de lo que ahí se suscita, y se puede aprender de la forma de trabajo de los colegas.

5.1. El cuaderno de trabajo

El cuaderno de trabajo consta de 51 páginas. Está conformado en términos generales por 3 secciones, además de una actividad diagnóstica, índice, portada, un pequeño glosario y su correspondiente bibliografía; cada una de las secciones se acompaña de una serie de actividades, principalmente cuestionarios abiertos. En la primera sección, se presenta un caso: “¿infidelidad o negligencia?” para realizar la introducción al tema de las interacciones génicas, posteriormente se integra una lectura en la que de forma no tan profunda se busca establecer las relaciones entre conceptos como el de gen, alelo, cromosoma, DNA, organismo homocigótico, organismo heterocigótico y fenotipo. Posteriormente se trata una lectura que busca explicar en qué consisten las relaciones no alélicas (interacciones génicas) y compararlas con las relaciones alélicas (interacciones alélicas).

La segunda sección, trata la parte histórica del desarrollo del conocimiento de los 3 patrones de expresión que determinan la variabilidad fenotípica que se tratan en el cuaderno: epistasia, herencia influida por el sexo y poligenia. Con respecto al segundo patrón de expresión, se reconoció como antecedentes a la herencia ligada al sexo.

La tercera sección, se trata cada uno de los 3 patrones de expresión genética ya referidos anteriormente, explicando con ejemplos cómo es que en cada uno de ellos se presentan las interacciones entre genes, para comparar las diversas formas en que ocurren las interacciones entre alelos de distintos loci.

5.1.1. La primera impresión

Cuando los alumnos tuvieron el cuaderno de trabajo en sus manos, la impresión, a primera vista, se considera que fue positiva, porque al recibirlo (algunos en mayor grado que otros), comenzaron a hojearlo en lo que el profesor daba las indicaciones correspondientes al tema y al adecuado uso del cuaderno de trabajo.

Algunos estudiantes (principalmente alumnas), cuando se percataron de que la pasta del reverso de cada uno de los cuadernos de trabajo era de un color diferente, solicitaron al profesor que les cambiase el suyo por uno que tuviera la pasta del color de su preferencia, a lo que el profesor únicamente en dos casos accedió, diciendo a los demás que todos los cuadernos contenían lo mismo.

Durante la entrevista, el profesor comentó que también se percató del agrado que mostraron sus alumnos al momento de recibir el material en sus manos: pues “al momento de entregarles el cuaderno de trabajo y que abrieron las primeras páginas, los alumnos mostraron bastante agrado por el trabajo que se les estaba proponiendo, con el cual iban a trabajar”. Asimismo, hubo alumnos que así lo manifestaron en el cuestionario de evaluación al confirmar que les había gustado, pues la pregunta 14 hacía referencia a lo que menos les había gustado del material en cuestión, se encontraron respuestas como: “me gustó todo”, “todo me gustó”, “trabajar a diario con él”.

Por otra parte, hubo alumnos quienes después de haber utilizado el material sí manifestaron que no les había gustado; ésta opinión estuvo relacionada con las actividades, las características de las lecturas, e incluso, con la redacción, en algunos casos por su extensión o por su cantidad, pues se encontraron respuestas como: “a veces las lecturas no las entendía”, “demasiadas lecturas”, “creo que a veces abarcaba demasiado en algunos temas”, “que le falta información más exacta al tema”, que “tuviera pocas actividades”; “las historias largas, estarían mejor más didácticas, con esquemas y dibujos”, etcétera. Esta última sugerencia podría considerarse como una opción o alternativa para probar y analizar si funciona, pero habría que ponderar dependiendo de cómo se vaya desarrollado el curso, es decir, qué tipo de actividades y experiencias de aprendizaje se llevaron a cabo, así como las problemáticas de aprendizaje y enseñanza específicas detectadas en su momento en el grupo.

En esta parte del cuaderno de trabajo el alumno, además de aplicar y desarrollar habilidades para seguir instrucciones, debía desarrollar y aplicar habilidades para la comprensión lectora y hay que resaltar que los conocimientos y habilidades que implican comprender una lectura no son los mismos que los que se precisan para comprender esquemas o dibujos, por lo que habrá que considerar los objetivos de interés.

La falta de lectura en México es un problema considerable (que si bien se refiere a la lectura de obras clásicas), si a eso le agregamos que el lenguaje utilizado en las ciencias tiene sus propias particularidades, por la forma en que se escribe, no son temas que atraigan principalmente a los jóvenes, y en muchas ocasiones es un lenguaje que resulta nuevo para ellos, el uso de tiempos verbales y expresiones normalizadas que generan que el lenguaje científico tenga un alto grado de abstracción, conducen a que los estudiantes y las personas en general supongan que la ciencia permanece de alguna manera fuera del mundo de la experiencia humana, en vez de ser parte del mismo (Márquez & Prat, 2005):

Lo importante de la lectura no es la comprensión del texto en sí, sino la capacidad de los alumnos para establecer relaciones entre los conceptos que se expresan en ese texto y los conocimientos adquiridos en otras situaciones. El valor es el contexto: por qué, para qué leemos, qué nos aporta la lectura, reflexiones a partir de los contenidos expresados, conexiones con otros conocimientos y otros textos, sugerencias a partir de la lectura, etc.

Una de las opciones que se puede probar es cambiar el formato de la lectura, de manera que resulte más accesible a los estudiantes y estructurar las actividades de manera diferente, como por ejemplo, preguntas intercaladas, de manera que el alumno no sienta que es demasiado larga, o bien, que la lectura se realice en equipo y se comente entre todos los integrantes, para que exista esa interacción y variabilidad en las actividades, lo que puede llevar a que el estudiante no perciba la lectura como muy extensa.

Lo anterior se propone también teniendo en cuenta las características que poseen nuestros alumnos, quienes son más visuales y están más acostumbrados a la conversación directa, contextualizada, que combina conjuntamente recursos lingüísticos con gestos, miradas, tonos de voz y que a través del diálogo tiene la posibilidad de reformular o pedir aclaraciones, y que enfrentarse ante un texto científico muchas veces le llega a significar una barrera, ante el que “el alumno sólo cuenta con el bagaje de sus conocimientos (los cuales no son los que prefigura el autor), y su habilidad para interpretar y dar sentido a lo desconocido” (Márquez & Prat, 2005).

Otros de los argumentos de porque el cuaderno de trabajo no les gustó fue que al parecer no les pareció claro o no se les ayudó a comprender que existen ciertas actividades que son diagnósticas y que son útiles, tanto para el profesor como para ellos, para conocer qué idea o conocimiento se posee sobre cierto contenido y por tanto, las posibilidades y formas en que podría el docente conducir o planear el proceso de enseñanza-aprendizaje en lo sucesivo, esto con la finalidad de proporcionarle una ayuda más ajustada o acorde con sus necesidades en la construcción de su conocimiento.

Lo anterior tiene su fundamento a partir del comentario de quien manifiesta que “pedían que realizáramos actividades antes de haber leído acerca del tema”¹⁹. Es importante señalar que la iniciativa de revelar los conocimientos previos que los alumnos poseen es para poder ponderar las situación que se tiene en el aula y poder realizar, con base en los resultados obtenidos, la planeación del proceso de enseñanza-aprendizaje que podría resultar más

¹⁹ 05210312

adecuado, dadas las condiciones que se sabe que existen al respecto, es decir, es necesario conocer qué estrategias, materiales, qué conceptos son más importante trabajar, ya sea porque los desconocen o porque se trata de conceptos erróneos, o porque refieran algún otro tipo de problemática que se requiera trabajar.

Aclarar la importancia y finalidad de las actividades diagnósticas es de suma importancia, no importa que uno o 17 de los estudiantes participantes les haya resultado necesario hacer esta aclaración, el objetivo es que el alumno conozca la intencionalidad de las mismas y de igual forma exista la posibilidad de proporcionarle una respuesta honesta, para que reflexione sobre lo que sabe y lo que no, respecto de lo que se le pregunta y por qué no, tener la posibilidad de autorregularse y responsabilizarse al preguntarse a sí mismo durante su proceso de aprendizaje, si ha aprendido, qué ha aprendido y cómo lo aprendido, potencializando con ello también la formación de un estudiante autónomo.

Cuando se les preguntó a los alumnos qué era lo que más les había gustado del cuaderno (ítem 15 del cuestionario de evaluación del cuaderno de trabajo), las respuestas fueron diversas, algunos señalaron: “que es de fácil comprensión en los temas, y es muy práctico, tanto para el estudio, como para su traslado”²⁰, algunos más de los estudiantes se refirieron al hecho de que tuviera imágenes: “los dibujos”²¹, “las fotos, que explican a veces mejor”²², “su diseño”²³, “que es precisa con los temas y viene ilustrado”²⁴, “las ilustraciones y las definiciones para facilitar el trabajo”²⁵.

Al referirse a la forma en que se les plantean los contenidos en el cuaderno de trabajo se obtuvieron respuestas como que “las actividades, ayudan a entender mucho mejor el tema, y si queda alguna duda la resuelve”²⁶, “la forma en que se abordan los temas, las ilustraciones”²⁷, “la forma en que nos plantea los problemas”²⁸, “el diseño e historia”²⁹, aunque en este último caso no queda claro si hace referencia a la parte histórica que comprende el cuaderno de trabajo o al hecho de que se plantean los contenidos en forma narrativa.

Para algunos estudiantes lo que les fue grato del material fue el hecho de no tener que utilizar otras fuentes o materiales, pues “la practicidad de sólo trabajar con eso en la materia”³⁰, lo

²⁰ 06210312

²¹ 03210312

²² 02210312

²³ 09210312

²⁴ 10210312

²⁵ 11210312

²⁶ 01210312

²⁷ 12210312

²⁸ 04210312

²⁹ 13210312

³⁰ 05210312

que se considera que dada la filosofía del Colegio de Ciencias y Humanidades, no es lo más adecuado, pues la enseñanza y aprendizaje en dicha institución es de fuentes, por lo que se busca que el alumno aprenda a aprender, y una forma de prepararlo para ello es que desarrolle habilidades y actitudes para consultar varias fuentes que le permitan construir o reconstruir su conocimiento, de una forma mucho más confiable; además de la apropiación de diferentes códigos que le permitan ampliar sus campos semánticos y el desarrollo de una estructura conceptual sobre la disciplina en particular.

Lo anterior significa que el estudiante al tener contacto con diferentes fuentes de información, en donde se explique de formas variadas un mismo contenido, —y con ayuda del profesor, quien podrá hacer las veces de “traductor”, al tender los puentes, al ayudarlo a decodificar e interpretar la información—, podrá entender los significados de las palabras en contextos diferentes y organizarlas de acuerdo a las relaciones lógicas internas de un campo de conocimiento de la realidad, en un patrón más amplio, y que en el caso particular se trata de la biología, pero más específicamente de la genética.

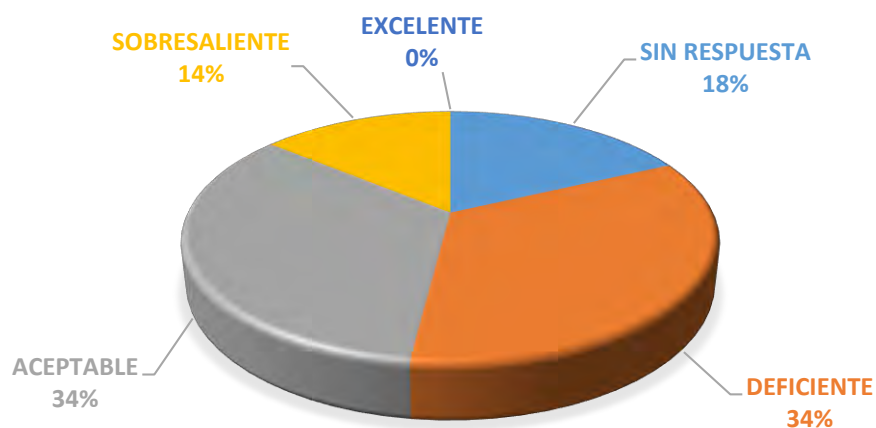
Al respecto, Lemke (1997), propone que para que el alumno pueda llegar a aprender ciencia, es porque ha podido “ensamblar los significados y los patrones semánticos (relaciones de significado...), cuando se han dominado esos patrones, la lectura de temas científicos o escuchar hablar de éstos ellos resulta relativamente fácil; sin embargo, antes de haberlos dominado, cuando aún tratamos de descifrarlos, quizá mucho de lo que se dice no tenga demasiado sentido” (p. 37).

5.1.2. Los conocimientos previos de los estudiantes (actividad diagnóstica)

En la Gráfica 8 se pueden observar los resultados obtenidos con relación al desempeño en la actividad diagnóstica contenida en el cuaderno de trabajo como primera actividad. La actividad consistió en explicar cada uno de los 9 conceptos básicos de genética presentados y señalar en la imagen proporcionada la estructura o parte de la misma que representaría el concepto.

De ésta primera actividad se obtuvieron los siguientes resultados; no hubo parte de la actividad que se respondiera de forma excelente; el 14% de la actividad se resolvió de manera sobresaliente, el 34% se respondió con un nivel de desempeño aceptable, otro 34% de la actividad se resolvió de manera deficiente y el 18% de la actividad no se respondió. Este último se explica debido a que hubo tres estudiantes que no estuvieron presentes durante la realización de la actividad diagnóstica³¹.

³¹ 01JAR0212, 02DHA0212 y 04NTT0212.



Gráfica 8. Resultados obtenidos en relación con la actividad diagnóstica, la cual consistió en señalar para cada una de las nueve imágenes proporcionadas la estructura a la que hacía referencia cada uno de los nueve conceptos de interés y, explicando en breves palabras lo que conceptualizaba para cada uno de ellos.

En su mayoría, el nivel de desempeño reflejado en la realización de la actividad estuvo influido por problemas que se tuvieron al mostrar en la imagen el concepto en cuestión. Es decir, la mayoría pudo explicar o enunciar el concepto solicitado, pero no pudo indicarlo en la imagen (en términos generales fue el mayor problema), en parte esta situación se puede explicar porque algunas de ellas no fueron las más adecuadas (gen, alelo, fenotipo).

De los nueve conceptos que formaron parte de la actividad diagnóstica, los que representaron un mayor reto para los alumnos fueron alelo, genotipo, fenotipo y locus. Ya que si bien, todos los estudiantes respondieron la actividad, parte de ésta la respondieron de forma imprecisa o errónea.

Por ejemplo, cuando se solicitó que explicaran el concepto de alelo, se encontraron respuestas como: “son las variaciones genéticas”³², ya que si bien al ser una forma alterna de un gen, es una variante genética, puede entenderse que existen otras variantes genéticas y que no son precisamente alelos, como mutaciones que son cambios ocurridos de manera espontánea en el DNA y que no dan precisamente lugar a éstos; lo definen como “el que contiene las características específicas para los genotipos y los fenotipos”³³, pero sin diferenciarlo de lo que sería un gen, el que se reconoce como la secuencia específica de nucleótidos en el DNA que interviene en la expresión del fenotipo; o como “la variación que tiene una característica al expresarse genótipicamente fenótipicamente”³⁴, la cual es una explicación que en realidad no se entiende, pero que pareciera referirse a la forma alterna de expresión del gen, por lo que no conceptualiza que también es un gen, sino que se trata de la expresión sólo de éste.

³² 03ATG0212

³³ 06LGB0212

³⁴ 08KTP0212

Lo último se interpreta de esa manera, dado que cuando el profesor hizo el ejercicio de pasar a algunos alumnos al pizarrón a señalar el alelo, no pudieron hacerlo, pero comentaron que se trataba de la expresión alterna de un gen; otros señalaron que “son las variaciones de un gen y sus características”³⁵, o “las variaciones de un gen, características”³⁶; se piensa que tal vez se pudiera referir a la forma alterna en la expresión del rasgo, como decir el alelo que codifica para el color rojo y el alelo que codifica para el color blanco, es decir, la variación en la expresión en el fenotipo; pareciendo además que se copiaron las respuestas, ya que son bastante parecidas.

Otro de los estudiantes lo conceptualizó como “la variación de un mismo gen. Contiene características fenotípicas”³⁷, donde la primera parte pudiera ser correcta; sin embargo, al tratar de ser más específico, su respuesta lleva a pensar que no tiene claridad de lo que ha dicho, ya que al tratarse de un gen, es una secuencia de nucleótidos en el DNA, por lo que no es posible que éste pueda contener características fenotípicas, pareciera más bien, que lo conceptualizan solamente como la forma alterna de expresión de un gen, pero sin reconocerlo como uno de ellos.

Otro estudiante lo reconoce como “una característica, y dentro tiene información genética”³⁸, lo que lleva a reafirmar lo comentado anteriormente, que conceptualizan al alelo como la expresión de un gen, el cual puede tener diferentes formas de expresarse. Otra expresión fue que son las “variaciones que tiene un gen”³⁹, lo que lleva a pensar que podría referirse a lo que se comenta en el siguiente párrafo o bien, a que el alelo no es un gen, sino las variaciones que se pueden encontrar en éste, en cuanto a los cambios en los nucleótidos. En varios casos, mencionan que son “la variación de un gen”⁴⁰, pero no obstante, pareciera que únicamente repiten la información de manera memorística, sin comprender qué implica o a qué se refiere que sea la variación de éste.

En la parte de la actividad diagnóstica en la que se les solicita que señalen el concepto al que se hace referencia en la imagen que se les proporciona, 7 de los 14 estudiantes que realizaron la actividad diagnóstica no señalan dónde estaría el alelo⁴¹, a pesar de que para algunos otros conceptos sí lo hicieron. Lo que lleva a pensar que más que tratarse de que no quisieron realizar esta parte de la actividad, se debió a que carecieron de los conocimientos para poder responder, o bien, que la imagen no fue la más adecuada para alcanzar el objetivo, quizá se debió haber puesto una imagen que indicara de manera clara los cromosomas homólogos.

³⁵ 10MHR0212

³⁶ 11AMB0212

³⁷ 12EMO0212

³⁸ 14JAV0212

³⁹ 17RRV0212

⁴⁰ 04NTT0212, 07ASR0212, 09BGM0212, 13SNM0212, 15SLA0212, 16MPT0212

⁴¹ 05MMT0212, 07ASR0212, 09BGM0212, 12EMO0212, 13SNM0212, 14JAV0212 y 15SLA0212

De los otros siete estudiantes que respondieron la actividad diagnóstica y que señalaron lo que correspondería al alelo, tuvieron problemas, ya que señalaron los dos alelos de un gen⁴², lo cual muestra o conduce a pensar que tienen una idea de lo que es un alelo, pero sus respuestas se referían a los alelos y no al alelo en singular, que es lo que se les solicitó. De ellos, solamente uno lo señaló de manera correcta⁴³, al indicar solamente uno de los alelos de un gen en una imagen de un cromosoma homólogo.

Parte de esta problemática puede deberse a lo que plantean Ayuso *et al.*, (1996), que exista confusión entre gen y alelo, lo cual en muchas ocasiones se refuerza por expresiones utilizadas por profesores y libros de texto (Radford y Bird-Stewart, 1982; Pearson y Hughes, 1988), como por ejemplo “gen (y no alelo) letal”, así como por el hecho de que un alelo es un gen, se presta a dicha confusión si no se hace una exhaustiva aclaración al respecto de lo que es un alelo y lo que es un gen. Como ésta, también existen otras confusiones y problemáticas generadas por el lenguaje que se utiliza en el campo y que, como se dijo, es frecuente que ocurra en el campo de la genética.

Ocho de los 14 alumnos que respondieron la actividad, señalan en la imagen loci y no locus como se les solicitaba, ya que marcan más de un gen. Uno de los estudiantes responde de manera correcta a esta pregunta en sus dos aspectos, es decir, indicando la región del cromosoma y explicando el concepto; además de ello también indica en la imagen lo que correspondería a loci, es decir, los lugares de lo que correspondería a tres genes en un cromosoma, pero haciendo la aclaración que se trata de dicho concepto. No obstante, también hubo varios estudiantes (cuatro) que no respondieron la parte de la actividad diagnóstica, que consistía en señalar en la imagen lo que representa el concepto de locus, a pesar de que al enunciar el concepto fuera correcto, o algo muy cercano a una respuesta correcta.

En cuanto al concepto de gen, en general no representó un conflicto para los estudiantes; llama la atención que uno de los estudiantes presenta un problema serio en relación con su comprensión, ya que explica: “todo el cromosoma forma parte de un gen pues éste (el cromosoma) contiene la información específica”⁴⁴. Por lo que siempre habrá que tener cuidado con estos alumnos que pueden llegar a construir conocimiento de forma errónea, que les puede llevar a tener dificultades con la construcción de conocimiento relacionado con el concepto de gen.

Cuando el profesor les solicitó que pasaran al pizarrón para señalar la diferencia entre alelo y gen, ninguno de los estudiantes pudo concretar la tarea; sólo uno de ellos, que estaba sentado hasta la mesa de atrás, indicó de manera oral y en voz baja la respuesta correcta,

⁴² 03ATG0212, 06LGB0212, 08KTP0212, 10MHR0212, 11AMB0212 y 17RRV0212

⁴³ 07ASR0212

⁴⁴ 07ASR0212

pero el profesor no le escuchó, porque continuó sin hacer referencia a su respuesta. No es de extrañar esta situación, ya que Ayuso *et al.*, (2002) menciona que existen problemas para poder comprender y diferenciar dichos conceptos. El gen se entiende como un segmento del DNA o secuencia de nucleótidos que participa en la codificación de un RNA o un polipéptido; por otra parte, el alelo es una forma alterna de un gen que se halla en el mismo locus (o posición) de los cromosomas homólogos, es decir, es un gen que codifica para el mismo carácter, pero que presenta una secuencia de nucleótidos diferente, generando en este caso particular que el carácter para el que codifica sea diferente. Por ejemplo: en una determinada posición de los cromosomas homólogos está el gen que codifica para la forma del lóbulo de la oreja, pero el gen está representado por dos alelos diferentes, el alelo que informa o codifica para lóbulo despegado y el alelo que informa o codifica para lóbulo pegado, es decir, ambos alelos codifican para el mismo carácter (forma del lóbulo de la oreja), el cual se expresa de manera diferente.

Otro de los conceptos que generó problemas durante la resolución de la actividad diagnóstica fue el de genotipo, aunque parece haber una mayor apropiación, ya que varios de los estudiantes lo refieren como el “conjunto de genes”⁴⁵, pero no señalan de quién o dónde se encuentra o para qué sirve; es decir, su respuesta, a pesar de que se les solicita que expliquen, es muy escueta. sólo algunos abundan un poco más en su respuesta: “Conjunto de genes. Combinación genética que da paso al fenotipo, para expresarse”⁴⁶. Sin embargo, la respuesta de algunos otros, aunque se observa que tienen noción, no es tan comprensible, o bien, al tratar de repetir lo memorizado tienen problemas: “son las características específicas de un individuo pero no se expresan visualmente”, se les olvida que en ocasiones la forma de percatarse de la expresión no es viendo directamente los productos de ésta, sino de manera indirecta, a través de instrumentos capaces de poder detectarlos, ya que además algunos únicamente hacen posible la expresión de otros, o simplemente no se expresan, ya sea porque se inhibe su expresión, porque sólo se encienden hasta que el individuo alcance cierta etapa de su desarrollo (como algunos genes que sólo se expresan durante el desarrollo embrionario), entre otras causas.

Otras expresiones fueron: “representa el tipo de representación alélica. La forma en cómo se representa el fenotipo del individuo, alelos. Conjunto de genes”⁴⁷, pareciera que tiene un problema de semántica, ya que no alcanza a comprender su significado ni por qué cuando se está analizando el patrón de herencia de algunos caracteres, para referirse a ellos se representan los alelos que posee un individuo o célula respecto de dicho carácter o caracteres y se le denomina genotipo.

⁴⁵ 03ATG0212 y 15SLA0212

⁴⁶ 05MMT0212

⁴⁷ 08KTP0212

Lo anterior también muestra lo difícil que es aprender genética, ya que es confuso el lenguaje utilizado en este campo del saber, y a veces no es posible comprender las significaciones de los conceptos cuando se usan en contextos diferentes al aprendido. Pareciera que las respuestas de los alumnos son producto de una memorización mal realizada y confunden los términos: “secuencia de genes que posee un individuo”⁴⁸, ya que si bien se refiere al conjunto de genes que posee un individuo, no interesa su secuencia, como en el caso del gen, el cual si se reconoce como una secuencia de nucleótidos en el DNA.

Tomando en cuenta las respuestas proporcionadas en el cuaderno de trabajo, y al hecho de que cuando el profesor les preguntó a los alumnos sobre las respuestas proporcionadas, éstas fueron las mismas, el profesor no profundizó mucho, lo que muestra que al parecer el profesor, sin que le dieran una respuesta tan completa sobre lo que se supone que ya sabían, manejaba un lenguaje ya intersubjetivado. Sin embargo, por las respuestas que proporcionan cuando las preguntas estuvieron relacionadas con este concepto, se muestra que tienen en términos generales una idea del mismo, aunque en algunos casos no muy clara, en algunos otros es suficiente para comprender el tema en cuestión.

En cuanto al concepto de fenotipo, se observa que los estudiantes tuvieron problemas para explicarlo, no así para señalarlo en la imagen proporcionada. Si bien se observan algunas imprecisiones pareciera que tienen una idea general de su significado, aunque les resulta difícil expresarlo tanto de manera escrita, como oral; esto último se deduce por las respuestas proporcionadas en el cuaderno de trabajo, las cuales fueron muy similares a las proporcionadas oralmente por el profesor, quien manifestó que, desde su punto de vista las respuestas eran adecuadas y le indicaban que comprendieron a qué se refería, sin que se hicieran más puntualizaciones sobre las mismas para asegurarse de que se había comprendido.

Algunas de las respuestas proporcionadas por los estudiantes fueron como las siguientes: “Es la característica que se expresa física y químicamente, está dada por los alelos”⁴⁹, “Es la expresión del genotipo bioquímicamente”⁵⁰, “Es la forma de cómo se va a expresar el genotipo como en los ratones, negro con blanco, el fenotipo va a ser negro. La expresión física y química del genotipo”⁵¹, “Son las características físicas de un individuo y se expresan visualmente”⁵², “Es la expresión exterior del genotipo que nos da para cierta característica”⁵³, “Son las características físicas y bioquímicas que expresa el individuo gracias a los genes o genotipo”. En ocasiones las respuestas de los estudiantes mostraron un manejo inadecuado

⁴⁸ 09BGM0212

⁴⁹ 09BGM0212

⁵⁰ 12EMO0212

⁵¹ 14JAV0212

⁵² 06LBG0212

⁵³ 07ASR0212

de los términos utilizados, dado que gramaticalmente son similares, pero semánticamente son diferentes: “las características físicas y químicas del gen”⁵⁴, “Son las expresiones del gen físico y químico”⁵⁵, “Son los genes que se expresan”⁵⁶, es decir, esto último es diferente a decir que es la expresión de los genes, ya que lo primero se refiere a que el fenotipo son los genes cuando se expresan y lo segundo al producto de la expresión de los genes.

En algunos casos los alumnos señalan que el fenotipo “se refiere a rasgos físicos, bioquímicos, etcétera, del genotipo, expresión”⁵⁷. Estas respuestas indican que los estudiantes tuvieron problemas con la apropiación del concepto, principalmente si tomamos en cuenta que no lo señala en la imagen donde se le pide que lo hagan.

Por el contrario, la respuesta “es la característica o características que se expresan dependiendo de los alelos, física, fisiológica o bioquímicamente. Expresión del genotipo”⁵⁸, expresa que se tiene una concepción más clara del concepto; sin embargo, no señalan en la imagen proporcionada dónde estaría representado el concepto en cuestión. Ello lleva a pensar a que tal vez no encontraron, en la imagen proporcionada la representación que tenían en mente. Ello lleva a reflexionar sobre lo propuesto por algunos investigadores, quienes recomiendan que para tener acceso a los conocimientos previos de los estudiantes es recomendable pedir que ellos hagan sus propias representaciones, de manera que permitan conocer realmente qué es lo que saben sobre el contenido de interés.

Lo anterior se propone como una posible alternativa que pudiera funcionar o proporcionar mayor conocimiento de lo que saben o no los estudiantes, pero por experiencia de algunos profesores (Alcántara, 2013), pudiera no ser siempre la mejor opción; sin embargo, no es posible evaluarlo de antemano sin haberlo probado y evaluado.

Con relación al concepto de locus, se observa que los alumnos pueden enunciarlo con mayor precisión en comparación con los conceptos analizados anteriormente. Por su parte el profesor, durante la revisión de las respuestas, al escuchar que repetían lo mismo o algo similar a lo tal vez revisado con anterioridad en clase, consideró que la respuesta era correcta, dado que no hizo mayor aclaración o comentario sobre el mismo. Algunas de las respuestas proporcionadas son las siguientes: “Es el lugar donde se encuentra un gen”⁵⁹, señala loci, es decir, señala el sitio de varios genes. “Es el sitio específico donde los alelos ocupan”⁶⁰ y marca el sitio de dos genes.

⁵⁴ 11AMB0212

⁵⁵ 05MMT0212

⁵⁶ 10MHR0212

⁵⁷ 13SNM0212

⁵⁸ 15SLA0212

⁵⁹ 17RRV0212

⁶⁰ 14JAV0212

Otro alumno reconoce al locus como “lugar donde está el alelo”⁶¹, pero además no lo señala en la imagen. Un alumno más, aunque lo enuncia como “el lugar donde se encuentra el gen”⁶², lo señala de manera hasta cierto punto incorrecta en la imagen, ya que a pesar de encontrarse un par de cromosomas homólogos, sólo marca un alelo ubicado en uno de los cromosomas. “Lugar donde se encuentran los genes en un cromosoma”, pero el estudiante que proporciona esta respuesta, no lo señaló en la imagen.

Algunas respuestas resultan confusas “lugar donde se encuentra el alelo con su característica”⁶³, la parte de esta respuesta que no se logra comprender, es a qué se refiere “con su característica”, y al momento de señalar el concepto en la imagen proporcionada, marca un alelo de uno de los cromosomas homólogos y otros tres alelos del mismo cromosoma pero de una sola de las cromátidas, y les denomina loci, por lo que haciendo una interpretación en conjunto, podemos pensar que es incorrecta su respuesta, además de confusa.

Otro de los estudiantes proporciona una respuesta que guarda algunas similitudes con la respuesta anteriormente citada: “el que se encuentra un alelo con su característica”⁶⁴, y señala en la imagen dos alelos, uno de cada cromosoma homólogo, por lo que la respuesta es correcta; Sin embargo se deduce que tiene problemas de aprendizaje, ello por las respuestas que proporciona de los restantes conceptos que conforman la actividad diagnóstica.

Otras respuestas parcial o totalmente correctas fueron: “Es el lugar en el que se encuentra el alelo para una característica”⁶⁵ y señala de manera correcta una representación de lo que correspondería al concepto de locus. “Sitio donde se encuentra un gen en un cromosoma”⁶⁶, pero señala el sitio de varios genes (loci). “Es el lugar específico de un gen en el cromosoma”⁶⁷, pero no lo señala. Lo que lleva a pensar que no puede identificar una representación del concepto en la imagen proporcionada, y entonces aquí, pudo haber sido la imagen la que influyó en su respuesta, pues muy probablemente no es la misma que ha aprendido en sus experiencias anteriores; lo que puede ser un factor que dificulte su acceso al aprendizaje correspondiente al contenido de relaciones no alélicas.

Pareciera que tienen problemas para comprender lo que es un cromosoma, pues se sabe que no es un concepto fácil de asimilar. Ayuso *et al.* (1996) al respecto afirman que “existen dificultades entre los estudiantes para establecer las relaciones entre el material genético de ambas cromátidas”, también han encontrado que “existe confusión entre cromátidas y

⁶¹ 13SNM0212

⁶² 12EMO0212

⁶³ 11AMB0212

⁶⁴ 10MHR0212

⁶⁵ 08KTP0212

⁶⁶ 16MPT0212

⁶⁷ 15SLAO212

cromosomas homólogos”, esto lo han observado al pedir a los estudiantes que dibujen una célula con seis cromosomas y los estudiantes dibujaron los cromosomas con dos cromátidas.

Se muestran también imprecisiones en cuanto a que desconocen en dónde se encuentra el gen del que se trata. Esto último se llega a establecer, ya que al señalar en la imagen el concepto en cuestión (locus), señalan en la mayoría de los casos más de uno (loci).

En términos generales, se observa que existe una problemática en la comprensión de los conceptos trabajados, pero como lo señalamos, principalmente con el de alelo, genotipo, fenotipo y locus. Al respecto, Ayuso & Banet (2002) afirman que en las investigaciones que han realizado, encontraron que existe un escaso significado de términos básicos: gen, cromosoma, alelo, carácter, gameto o cigoto. No hay relación entre conceptos como el de gen-alelo, alelo-cromosoma, gameto-cromosoma, cigoto-alelo, alelo-carácter, gen-carácter o gen-ADN. Además, se tiene un modelo de cromosoma confuso: dos cromátidas del mismo cromosoma con distinta función; una cromátida con información, la otra no; los dos alelos del gen en la misma cromátida; los dos cromosomas homólogos en el mismo gameto.

Esto lleva a considerar que la actividad presentada en el cuaderno de trabajo es adecuada, en el sentido de que permite tener acceso a los conocimientos previos de los estudiantes, así como a algunas problemáticas relacionadas con ellos; no obstante, será pertinente cambiar o mejorar algunas de las imágenes así como algunas otras características de la actividad, pues al parecer fueron en cierta forma fuente de confusión, así como probar otras imágenes que representen de mejor forma los conceptos trabajados, para que la actividad pueda cumplir de mejor manera su intencionalidad.

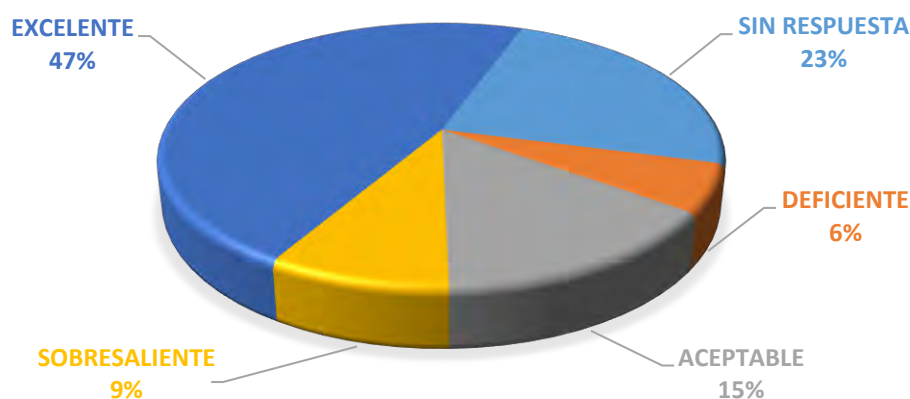
En el caso de algunas de las imágenes no se supo si las respuestas que los alumnos proporcionaron de manera incorrecta o confusa, se debió a que no sabían o a que no les era representativa la imagen. Una alternativa de la actividad podría ser que los estudiantes elaboren sus propias representaciones de los conceptos, de manera que se pueda estar más cerca de conocer la conceptualización que tiene cada uno de los estudiantes que inicia el proceso de aprendizaje del contenido de interés. Con relación a esto, Moreno *et al.*, (2002) proponen que se podría solicitar que hicieran un dibujo, considerando su código y el hecho de que éste finalmente es una expresión de su pensamiento, es decir, una construcción intelectual que realiza el estudiante, que le implica una interpretación de la realidad como él la percibe, donde además hace uso de otras habilidades, como, por ejemplo, la imaginación, sin la cual, de acuerdo a los autores, es imposible entender el mundo que nos rodea: “Todo descubrimiento antes de configurarse en conocimiento, se realiza necesariamente en la imaginación del sujeto como estructura de base; es la que permite la transformación de la intuición en saber científico” (Moreno *et al.*, 2002, p.157).

La actividad diagnóstica se piensa que resultó menos compleja dado que el problema detectado entre no comprender las diferencias y semejanzas entre gen y alelo, no es un problema que precise de deconstruir para reconstruir, sino de modificar, conocer, saber. Por lo que las representaciones que tienen sobre gen y alelo no constituyen “obstáculos epistemológicos”, sino que son ideas o concepciones que no están fuertemente arraigadas, como lo están las representaciones que tienen similitud con el comportamiento aparente de lo real.

También está relacionado el nivel de desarrollo cognitivo, que como ha sido propuesto por algunos investigadores, influye en el proceso de aprendizaje de los individuos y ello solamente por el desarrollo biológico propio de nuestra especie, sino también por la interacción que tenga el individuo con su medio, donde la escuela forma parte importante. Algunos proponen que dichos niveles podrían mejorarse mediante una enseñanza que hiciera menos hincapié en la mera transmisión de contenidos y que partiera de las representaciones del alumno y las hiciera cambiar de una forma reflexiva, de manera que no se trate de un conocimiento superficial (Moreno *et al.*, 2002).

5.1.3. Actividad 1.1. Reflexión sobre el caso de ¿infidelidad o negligencia?

Como se observa en la Gráfica 9, —que representa el logro en la realización de la Actividad 1.1, relacionada con un caso para la introducción al tema de relaciones no alélicas—, casi la mitad de la actividad, el 47% se respondió de forma excelente; 9% de la actividad se resolvió de forma sobresaliente; 15% fue aceptable y, sólo el 6% de la actividad se resolvió de manera deficiente. Aunque hay que destacar que el 23% de la actividad no fue respondida por los estudiantes, parte de ello se explica porque dos de los estudiantes no asistieron a la primera sesión y otro más llegó tarde, por tanto, no realizaron esta actividad; lo cual significa que la actividad fue resuelta sólo por 14 de 17 alumnos.



Gráfica 9. Resultados obtenidos en relación con la actividad de reflexión sobre el caso de ¿infidelidad y negligencia? que se utilizó para generar conflicto cognitivo.

La actividad consistió en responder cuatro preguntas relacionadas con un caso. Después de que el profesor pidió a los alumnos que socializaran las respuestas de la actividad diagnóstica, les solicitó a los estudiantes que la realizaran de manera individual, para lo cual tendrían 15 minutos.

Pasados 20 minutos el profesor comenzó a preguntarles de manera general. Algunos de los alumnos (6), a pesar de que se les indicó que la actividad era individual, hicieron la discusión en equipo; además de estar un poco en el “parloteo”, expresando frases como; “la mamá tuvo sus querer”, pudo observarse que ayudo a algunos de ellos a entender el problema, mismo que fue explicado por lo menos por dos de las alumnas, quienes hicieron énfasis en la forma en cómo se expresaba el carácter tipo sanguíneo; lo que les pudo ayudar además a responder las preguntas.

Durante la discusión y de igual manera cuando se socializaron en grupo las respuestas, coincidieron en que faltó ponerle nombre a la hija, por lo que de común acuerdo le pusieron Silvia, para evitar confusiones, lo que además resultó positivo porque generó risas, participación y un clima más grato.

En términos generales y con base en las respuestas proporcionadas al profesor, mismas que ya habían sido vertidas en el cuaderno, se observó que los estudiantes tuvieron dificultades para identificar el problema (pregunta dos) y proponer una solución, o por lo menos indicar, con qué estaría relacionada la solución que se requería (pregunta 4).

Hubo estudiantes que tuvieron bastante claridad en identificar el problema: “que su hija era tipo A”⁶⁸, “el tipo de sangre de la hija”⁶⁹, “El esposo creía que su mujer lo engañó porque él y su esposa son tipo sanguíneo O y su hija es tipo A”⁷⁰, “Que para que la hija sea tipo sanguíneo A, alguno de los padres debía serlo y no era así”⁷¹. El hecho de que hayan podido plantear estos problemas, deja ver que en su mayoría se había comprendido durante la revisión de este patrón de herencia y expresión, revisado con anterioridad con su profesor para abordar la codominancia y alelos múltiples. Llama la atención que los alumnos pudieron identificar el problema, pues es frecuente que los estudiantes de nivel medio superior tengan dificultades para identificar el problema en una situación o para realizar una investigación.

En algunos otros casos no fue tan claro el planteamiento del problema que redactaron: “que en la sangre tipo O el alelo es recesivo”⁷², “que el padre golpeó a su mujer por ser infiel al

⁶⁸ 03ATG0212

⁶⁹ 05MMT0212

⁷⁰ 06LGB0212

⁷¹ 07ASR0212

⁷² 08KTP0212

saber que su hija era tipo A (tipo sanguíneo)⁷³, “la hija salió con el tipo dominante diferente al recesivo de sus padres”⁷⁴, es decir, no son tan evidentes las relaciones entre lo que identifican como el problema, considerando la situación presentada.

Pareciera que para algunos estudiantes no fue fácil comprender la pregunta: “en un principio la “infidelidad”, después que les cambiaron a su hija”⁷⁵, “una equivocación en el hospital o una infidelidad”⁷⁶, ya que en realidad la pregunta no tenía esta intención, sino más bien, la finalidad era que identificaran una incongruencia entre lo que ellos se supone sabían, para que pudieran buscar una respuesta que representara una mejor explicación, y al mismo tiempo, poder atraer su interés por el tema buscando favorecer el logro de los aprendizajes.

Cuatro de los 14 estudiantes que realizaron la actividad no respondieron la última pregunta, es decir, la número cuatro. Las respuestas proporcionadas lleva a pensar que no fue clara: “Un examen de ADN”⁷⁷, “Que no podía ser hija de ellos pues para ser tipo O necesita que ambos sean homocigoto recesivo”⁷⁸, “La explicación de un médico profesional”⁷⁹, “que en la cruce $O \times O$ no es posible, pero en secuencia de ADN hubo un cambio en las bases nitrogenadas”⁸⁰, este alumno sugirió varias veces que se trataba de una mutación, lo cual efectivamente podría llegar a ser una alternativa, esto llama la atención, porque hasta ese momento no se había revisado cómo es que las mutaciones son una fuente de variación. Aunque si hubo algunas respuestas como las que se esperaban: “Cómo pudo suceder que su hija saliera con una característica dominante si los padres la tienen recesiva”⁸¹, “Cómo dos tipos sanguíneos O podrían haber originado un tipo sanguíneo A”⁸², que dejan ver la existencia de un conflicto cognitivo.

Es decir, las respuestas son tan variadas que dejan entrever que no fue clara la pregunta, quizá esto influyó también en los alumnos que no la respondieron, además de que algunos alumnos comentaron en el cuestionario de evaluación del cuaderno, que “algunas actividades no entendía muy bien cómo realizarlas”⁸³ o sugirieron “que se pusieran ejercicios más entendibles y dinámicos”⁸⁴. La alternativa es reestructurar la pregunta de manera que se comprenda y tenga la intencionalidad que se buscaba en un principio, que si bien, no se trata

⁷³ 09BGM0212

⁷⁴ 12EMO0212

⁷⁵ 15SLAA0212

⁷⁶ 14JAV0212

⁷⁷ 06LGB0212

⁷⁸ 07ASR0212

⁷⁹ 08KTP0212

⁸⁰ 09BGM0212

⁸¹ 12EMO0212

⁸² 13SNM0212

⁸³ 11210312

⁸⁴ 02210312

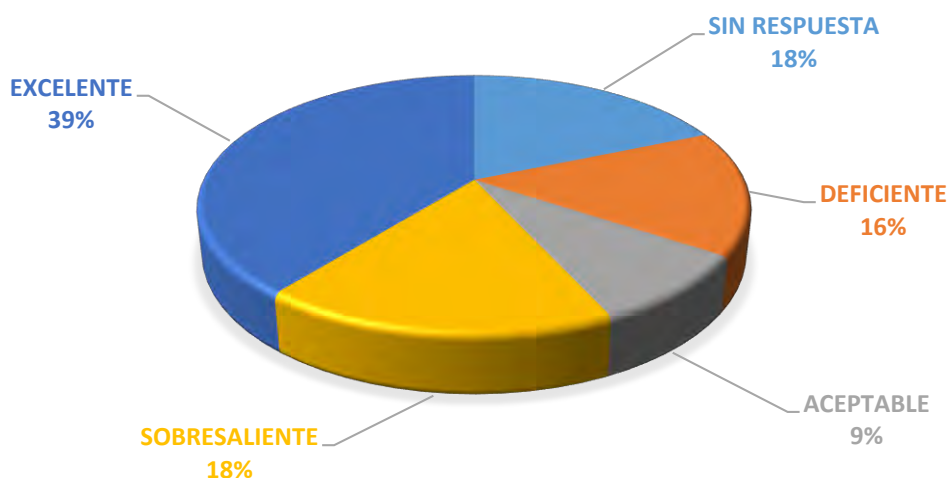
de preguntas cerradas, se espera que sean más acorde con la situación planteada de manera que se genere un conflicto cognitivo.

Algunos comentarios del profesor llevan a reafirmar que sería adecuado volver a revisar las preguntas e incluso modificar algunas de ellas (pregunta 4): "...Hay instrucciones o más que la instrucción, el desarrollo de la pregunta que provocaron algunas confusiones, sería cuestión de revisar el tipo de preguntas que se están haciendo, cómo están escritas... sería cuestión de un poquito más de detalle".

En cuanto al caso con el que se comienza la revisión del tema el profesor comentó: "es muy forzado, pierde realidad". Sin embargo, considerando las respuestas y la forma en que se desarrolló su revisión (en donde hubo mucha participación, porque varios querían hablar al mismo tiempo, generando un clima en el aula más propicio para el aprendizaje, al haber risas y chuchicheos), podría pensarse que la actividad es adecuada, pero es necesario reestructurar la pregunta cuatro, ya que fue en la que se tuvo mayor problema para responderla.

5.1.4. Actividad 1.1.1. Conceptos clave

Como se puede apreciar en la gráfica 10, el 39% de la actividad se respondió de manera excelente, el 18% se resolvió de manera sobresaliente; el 9% se respondió de forma aceptable; y sólo para el 16% se obtuvo un resultado deficiente; cabe señalar que el 18% restante de la actividad no se respondió lo que se debió a que algunos de los estudiantes no estuvieron presentes en el momento en que se realizó la actividad.



Gráfica 10. Resultados obtenidos de la actividad de reflexión sobre conceptos clave de genética, presentados como una introducción para la revisión del tema de interés.

Si se sumaran los porcentajes de la actividad que se respondió de forma excelente y sobresaliente, se tiene que más de la mitad de la actividad se resolvió de forma adecuada, sugiriendo que se pudieron comprender algunos conceptos y relaciones básicas importantes, necesarias para la comprensión de la temática. Entre ellos, la relación entre alelo y gen, entre alelo y cromosoma, entre alelo y fenotipo, y por qué a un organismo se le denomina homocigoto o heterocigoto.

La actividad completa consistió en responder tres preguntas, con dos incisos cada una. El objetivo de estas preguntas fue llevar al estudiante a relacionar algunos conceptos básicos importantes para la comprensión del tema. Fue una actividad para realizar en casa; sin embargo, algunos de los estudiantes (tres) la estuvieron haciendo mientras llegaba el profesor; y a pesar de mi presencia, fue un hecho que en nada les inhibió.

Algunas respuestas muestran hasta qué punto el estudiante está construyendo una concepción errónea de lo que es un alelo y un gen: “los alelos son los que contienen al gen”, —esto podría explicarse porque se trata de un estudiante que no estuvo en la primera sesión y que por tanto no tuvo la oportunidad de aprender con las experiencias que vivieron sus compañeros de clase. Además se trata de un error que lo repite al responder la segunda pregunta del punto dos—...“el alelo tiene los genes, es decir, la información genética y el fenotipo expresa esta característica”⁸⁵.

Este alumno también evidencia los problemas semánticos, pues es común que los individuos lleguemos a expresar ideas que gramaticalmente suenan similares, pero que semánticamente son diferentes y que en ocasiones es porque aún no existe una apropiación del significado del concepto, o por problemas de apropiación del lenguaje, es decir, cuando se ahonda en la conceptualización que se tiene, se advierte que se trata de un problema de no poder expresarlo de manera correcta, aunque comprenda el fenómeno. Nos parece similar el hecho de que el fenotipo sea la expresión del genotipo, a decir, que el fenotipo expresa el genotipo. Lo que tiene también relación con la forma en cómo lo utiliza el docente, sin percatarse de lo que puede generar en los estudiantes.

Tomando en consideración otras respuestas, de las mismas preguntas, se llega a pensar en la necesidad de aclarar primero los conceptos clave, y posteriormente establecer las relaciones que existen entre ellos, por ejemplo, uno de los estudiantes proporcionó la siguiente respuesta “un gen contiene un alelo que puede tener variantes para otro alelo,... (y en cuanto a la relación entre alelo y fenotipo explica que)... la manifestación de un alelo se presenta en el genotipo que da paso a las manifestaciones físicas y químicas,...sin precisar a qué se refiere o que entiende cuando dice que la manifestación de un alelo se presenta en el genotipo.

⁸⁵ 02DHA0212

Podría pensarse que el estudiante tiene un problema para expresar lo que sabe y que a lo hizo referencia es que el alelo es parte del genotipo y al formar parte de éste, al momento que se expresa el genotipo en el fenotipo, también lo está haciendo el alelo al formar parte del mismo: Lo anterior nos lleva a pensar que el estudiante, como otros de sus compañeros, concibe que el gen contiene al alelo, lo que hasta cierto punto sería correcto, considerando que en un organismo diploide, el gen está conformado por dos alelos, pero que debido a que el estudiante no hace una explicación amplia no se puede conocer con seguridad la conceptualización que tiene sobre “gen”, pero que la respuesta proporcionada por el mismo estudiante, cuando se le pregunta sobre la relación entre alelo y cromosoma muestra que tiene problemas con su comprensión, así como para comprender la relación entre ellos... el cromosoma está en los genes y en los genes están los alelos”⁸⁶.

Tres alumnos tuvieron problemas para explicar por qué a un organismo se le denomina homocigótico o heterocigótico: “porque los alelos expresan la misma característica... [y]... sus alelos expresan diferentes características del carácter y sólo uno se expresa inhibiendo al otro”⁸⁷; otro de los alumnos comentó que “cuando tenemos los dos alelos iguales o similares para la misma característica... [y]... cuando sólo tiene un alelo para un gen (características)”⁸⁸, en este último caso la primera de las respuestas es correcta, es decir, que a un organismo se le denomina homocigótico si los alelos que posee para una determinada característica son similares; sin embargo, la segunda respuesta sobre por qué a un organismo se le denomina heterocigótico, es incorrecta; ello hace pensar que no sabe que existe una relación entre ser homocigótico y ser heterocigótico.

Las preguntas en las que mayor problema tuvieron los estudiantes, fueron, igual que en la actividad anterior, las que relacionaban el alelo y cromosoma, así como aquellas donde debían explicar de qué manera está relacionado un alelo con el fenotipo de un individuo, ya que en algunos casos no respondieron esta pregunta. Al analizar el texto, se observa que se cometieron los mismos errores que se han encontrado en algunos otros textos, pues más allá de tratar de explicar las relaciones entre conceptos, le faltó precisión para lograr el objetivo que se buscaba, además de ser redundante en la explicación proporcionada, como de alguna manera lo comentaron algunos alumnos.

En menor grado, pero también con ciertos problemas los estudiantes establecieron la relación entre alelo y gen: “el gen da forma” a una característica y el alelo da variación a la misma...[lo que lleva a pensar nuevamente que el alumno considera al alelo como la expresión del gen y no como que éste es un segmento de DNA, al igual que el gen; no es clara la respuesta proporcionada para explicar la relación entre alelo y fenotipo]...dependerá

⁸⁶ 16MPT0212

⁸⁷ 12EMO0212

⁸⁸ 11AMB0212

si el tipo de alelo es recesivo o dominante y el tipo de relación que tenga para formar la expresión del fenotipo (color de pelo, de ojos, etc.)”⁸⁹. Lo anterior lleva a pensar que tiene confusión con respecto a qué es un alelo y lo que es un gen, le lleva a tener problemas para responder esta pregunta; como lo hace pensar también la respuesta de otros estudiantes: “el gen es el carácter y el alelo es la variación de éste... [y que la manera en que está relacionado el alelo y el fenotipo:]...en la herencia de los alelos del padre y de la madre”⁹⁰. Lo anterior pareciera no ser respuesta para la pregunta planteada, porque si bien deja entrever la relación entre ambos conceptos, no explica su relación directa.

Llama la atención que algunos estudiantes puedan dar una respuesta correcta a lo que es un alelo —“formas alternas de expresión de un gen, poseen información genética diferente pero codifica para el mismo carácter”⁹¹—, y tengan fallas cuando se les pregunta sobre la relación entre el alelo y el cromosoma. Una explicación podría ser que no utilizaron las palabras adecuadas para expresarlo, o bien, al revisar las demás respuestas de la sección, pareciera que copió la respuesta casi textual del material proporcionado. En algunos casos se puede pensar que tienen claridad cuando se les pregunta sobre lo que entienden por alelo, pues consideran que “son genes que poseen información genética diferente,... los alelos son genes (contienen),... el alelo se encuentra dentro del cromosoma,... el alelo determina los fenotipos (resultado expresión)”⁹².

Al apreciar que la mayoría de los estudiantes tuvieron problemas para realizar la actividad, se podría pensar en proponer una estrategia que permita ayudar a los estudiantes a construir un conocimiento correcto de dichos conceptos, y de ser posible desde que se revisan por primera vez, como parte de los contenidos de la asignatura de Biología I.

El último de los tres estudiantes escribió: “si los alelos presentes en el cromosoma son homólogos son iguales o similares... [y respectivamente para la segunda pregunta del punto tres señala]...si los alelos que se encuentran en el cromosoma son diferentes”⁹³, lo que coincide con la confusión que señala Allen & Mol (1986), Kindfield (1994), citados por Ayuso *et al.* (1996); Brown (1990); Lewis & Wood-Robinson (2000); Lewis *et al.* (2000a, 2000b), citados por Knippels *et al.* (2005); sobre el hecho de que los estudiantes confundían cromátidas con cromosomas homólogos, o bien, que cometen errores al situar los genes en los cromosomas.

Con base en la respuesta de los estudiantes, al hecho de que cuando se estaban revisando en plenaria las respuestas varios de los estudiantes volvieron a revisar varias veces el material,

⁸⁹ 17RRV0212

⁹⁰ 15SLA0212

⁹¹ 14JAV0212

⁹² 13SNM0212

⁹³ 02DHA0212

más precisamente la lectura previa a las preguntas en cuestión, y considerando lo comentado por el profesor: "... existe una sección resumen en el material que podría omitirse, porque implicaría regresarse a lo que supuestamente ya se trabajó; lo digo por cuestiones de tiempo, no tanto porque este mal hecho, no tanto por la relación, porque lleva una relación lógica. Sería una sección, que pudiera utilizarse o no, dependiendo del criterio de cada profesor". Se piensa que es necesario modificar el texto, con la finalidad de poder ser más preciso y enfocar la explicación, no únicamente a establecer las relaciones entre conceptos básicos, sino también la explicación y precisión de cada uno de ellos; este último aspecto no fue tomado en cuenta porque no se tenía comprensión de la magnitud de este tipo de problemas; además, de entender las relaciones entre conceptos clave, ya que se había pensado que en eso consistía el problema.

Se hace necesario que durante la futura práctica docente se tenga más cuidado en cómo y qué se les plantea a los estudiantes, incluyendo una explicación más adecuada de los conceptos de alelo, gen, fenotipo, genotipo, cromosoma, cromátidas, cromosomas homólogos, homocigoto, heterocigoto y las relaciones entre ellos; de igual manera, ocuparse de conocer las construcciones que sobre los contenidos presentados están haciendo los estudiantes y tomar precauciones para que puedan llegar a construir y/o reconstruir de forma más adecuada, las que incluyen no copiar de manera textual de los materiales. Dependiendo del avance podría prescindirse de esta actividad, o modificarse para que sólo refuerce o evalúe si las decisiones tomadas para apoyar a los estudiantes en la construcción del conocimiento fueron las adecuadas.

5.1.5. Actividad 1.1.2. Relaciones no alélicas y biodiversidad

En relación con esta actividad (1.1.2), y como se puede observar en la Gráfica 11, el 27% de la misma se respondió de forma excelente, el 24% de ella, se respondió por parte de los estudiantes de manera sobresaliente, el 24% muestra un resultado aceptable y el 23% un resultado deficiente. Sin embargo, el 2% de la actividad no se respondió por parte de los estudiantes (que aunque hubo un alumno que puso una respuesta en las dos primeras preguntas de la actividad, se tomó como no respondida debido a que lo hizo de prisa, ya cuando se estaban revisando las respuestas en plenaria): "la relación e información que tiene distintos genes... hizo ver de otra forma lo que nosotros creíamos ...y que con el tiempo se transforma"⁹⁴, respectivamente para la pregunta uno, dos y tres, de esta actividad.

La actividad consistió en responder 3 preguntas abiertas cuyo objetivo era que el estudiante rescatara de la lectura en qué consistían las interacciones génicas, así como el hecho de que éstas se pueden presentar de diversas formas y cómo ello puede explicar parte de la biodiversidad existente en el planeta.

⁹⁴ 10AMB0212



Gráfica 11. Resultados obtenidos de la actividad en la que se les solicitó a los estudiantes que identificaran la relación entre las relaciones no alélicas (interacciones génicas) y la biodiversidad.

Se observa que los resultados son heterogéneos, ya que así como hubo parte de la actividad que se respondió de forma excelente, hubo una proporción similar de la misma que se respondió de forma sobresaliente, aceptable y deficiente en relación al contenido tratado. Esto lleva a pensar que puede estar relacionado con las confusiones que ya se tenían y que en algunos casos se fueron aclarando y en otros generó mayor confusión, lo que responde a que cuando el profesor hizo aclaraciones en el pizarrón señalando que los patrones de expresión que habían revisado eran determinados por relaciones alélicas (interacciones alélicas) y que en el caso en el que participaba más de un gen se trataba de relaciones no alélicas (interacciones génicas), un par de alumnos expresaron en voz alta y en coro “¡ah! ¡Ya le entendí!”.

Se considera que el hecho de que el profesor haya realizado una aclaración sobre las relaciones alélicas y no alélicas fue acertado, teniendo como antecedente que cuando los estudiantes terminaron de leer y responder las preguntas, varios de ellos comentaron que la lectura había estado confusa o difícil: “la lectura estuvo difícil”, “confunde”.

De acuerdo a las respuestas obtenidas, la que tuvo mayor problema fue la número 2 (¿por qué consideras que ha sido importante el aporte de Sutton, Boveri y Morgan en relación al reconocimiento de que existen formas distintas en que interactúan los genes?), ya que la mayoría de los estudiantes (14 de los 16 que respondieron la actividad) no dio una respuesta totalmente correcta: “porque así se pudo identificar y entender la presencia de los alelos (características) que dan lugar a diferentes características en un mismo individuo gracias a

que estos heredan de manera sexual dos alelos diferentes”⁹⁵, “porque así se pudo identificar y entender la presencia de dos alelos que dan lugar a diferentes características en un mismo individuo, gracias a que éstos heredan de manera sexual dos alelos diferentes”⁹⁶. Además, se nota que compartieron con sus compañeros las respuestas.

Otros alumnos señalaron que la importancia de la aportación de dichos investigadores fue: “para explicar las diversas formas de modificación de las relaciones de dominancia”⁹⁷, “porque el mecanismo sexual está determinado por varios alelos para una misma característica y se le denomina interacción de genes”⁹⁸; con lo anterior puede pensarse que no se había comprendido lo relacionado al patrón de herencia ligada al sexo, —revisado con antelación con su profesor, o bien, que la lectura le generó confusión—, de manera que, dado que se hablaba de relaciones no alélicas, se podría llegar a pensar que en la lectura se mostraba que el patrón de expresión de la información genética conocido como herencia ligada al sexo, está determinado por relaciones no alélicas⁹⁹.

Hubo alumnos que no respondieron la pregunta, podría pensarse que no la entendieron, o, no supieron qué escribir al sentirse o encontrarse confundidos o no entender la relación entre la herencia ligada al sexo, herencia influida por el sexo y las relaciones no alélicas, ya que comenzaron a escribir: “las características”¹⁰⁰ pero no escribieron más.

Algunos alumnos tuvieron más claridad al entender la pregunta: “para tratar de explicar las variaciones genéticas”¹⁰¹, “porque así existe una forma de saber cómo se da la variabilidad en los seres vivos”¹⁰², “ya que gracias a ello encontramos que los alelos pueden interactuar de maneras diferentes”¹⁰³, “porque ahora podemos entender por qué se dan las amplias variaciones fenotípicas en los individuos”¹⁰⁴. En algunos casos no es tan claro el lenguaje que utilizan, pero dejan ver que tienen la idea en relación con la pregunta: “Para entender la diversidad que existe hasta dentro de nuestro cuerpo, del cromosoma y ver que su funcionamiento de alelos también tiene variables”¹⁰⁵.

⁹⁵ 02DHA0212

⁹⁶ 05MMT0212

⁹⁷ 04NTT0212

⁹⁸ 09BGM0212

⁹⁹ El cual además no se incluyó porque existen algunas propuestas por parte de los optometristas de que un patrón de expresión que se concibe como determinado por un gen, en realidad está determinado por más. Por tanto, no se puede afirmar y no forma parte del material hasta no estar ciertos.

¹⁰⁰ 03ATG0212

¹⁰¹ 06LGB0212

¹⁰² 08KTP0212

¹⁰³ 11AMB0212

¹⁰⁴ 12EMO0212

¹⁰⁵ 07ASR0212

Con respecto a las respuestas dadas por los alumnos a las preguntas que contempla esta actividad, y observando los problemas que tuvieron para formularlas, se piensa que gran parte de la dificultad está determinada por la forma, por el lenguaje de la lectura, así como por las preguntas, principalmente de la pregunta número dos. Lo anterior se sustenta en lo comentado por los alumnos en el cuestionario de evaluación del cuaderno de trabajo: “que era un lenguaje que en ocasiones me costaba”¹⁰⁶, “que los temas sean explicados lo más claro posibles para que las actividades se realicen con mayor facilidad”¹⁰⁷, “pues que a veces las lecturas no las entendía”¹⁰⁸, “que le falta información más exacta al tema”¹⁰⁹, “algunas actividades no entendía muy bien cómo realizarlas”¹¹⁰, “los colores y las imágenes, está bien explicado, aunque a veces un poco enredado (no son temas fáciles)”¹¹¹, “había algunos ejercicios que tuve que leer detenidamente más de una vez para poder realizarlos”¹¹².

Aunque también hubo estudiantes con puntos de vista favorables: “que es de fácil comprensión en los temas y es muy práctico para el estudio como para su traslado”¹¹³, “es precisa con los temas y viene ilustrado”¹¹⁴, “porque el lenguaje es claro y de una manera fácil de entender”¹¹⁵.

Al respecto, durante la entrevista el profesor comentó que “algunas de las instrucciones, o más que la instrucción, el desarrollo de la pregunta provocó cierta confusión; sería cuestión de revisar el tipo de preguntas que se están haciendo, de cómo están escritas, tal vez le hace falta detallarlas”. Lo anteriormente comentado abona a pensar que se precisa de una reestructuración de la lectura y de las preguntas planteadas en relación con ésta, principalmente en cuanto al lenguaje y a la redacción de las preguntas planteadas, y específicamente la pregunta dos. Esto se había contemplado previo a la aplicación del instrumento, pues se dudaba que esta sección pudiera llevar a alcanzar los objetivos, pero no se tenía seguridad sobre los cambios que precisaba, por lo que se puso en marcha su aplicación.

La certeza de la utilidad de las actividades, sólo pudo medirse al momento de aplicarlas, explicar las relaciones alélicas y relaciones no alélicas implica material específico y, que tuvo que elaborarse *ex profeso*, y aunque sea un tema complicado era preciso incluirlo porque es parte coyuntural del tema que se trata. En ocasiones como docentes podemos retomar

¹⁰⁶ 13210312

¹⁰⁷ 05210312

¹⁰⁸ 04210312

¹⁰⁹ 09210312

¹¹⁰ 11210312

¹¹¹ 08210312

¹¹² 11210312

¹¹³ 06210312

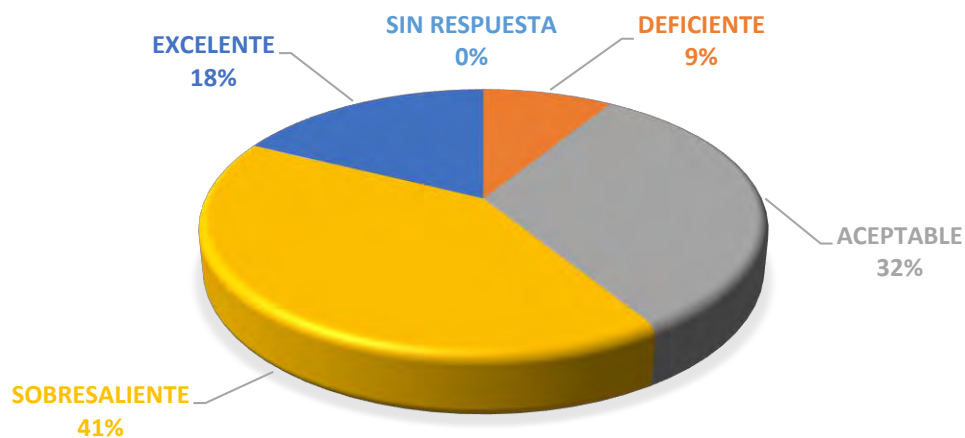
¹¹⁴ 10210312

¹¹⁵ 01210312

materiales elaborados por otras personas y ajustarlo al contexto específico de trabajo, no obstante, para la presente experiencia y tema no hubiera sido posible, ya que aunque se ha realizado una amplia búsqueda, pocas fuentes lo tratan (como interacciones alélicas y génicas) y lo hacen de una manera muy somera y escueta.

5.1.6. Actividad 1.1.3. Relaciones alélicas y no alélicas (interacciones alélicas e interacciones génicas)

En la Gráfica 12 se muestra que el 18% de la actividad se resolvió de forma excelente, aunque hay que destacar que la mayor parte de ésta (41%) se respondió de manera sobresaliente, y un importante porcentaje (32%) se realizó aceptablemente; asimismo la minoría (9%) mostró un desempeño deficiente. En esta ocasión, los 17 estudiantes que comúnmente asistían a clase, realizaron la actividad.



Gráfica 12. Resultados obtenidos en relación con la actividad en la que se les pidió a los estudiantes que identificaran las semejanzas y diferencias entre ambos tipos de interacciones de alelos.

La actividad consistió en señalar las semejanzas y diferencias que podían, a través de la lectura, identificar entre las interacciones alélicas y las génicas, de manera que pudiera comprender lo que las distingue.

Como lo deja ver la gráfica, la mayoría de los estudiantes si bien respondió ambas preguntas, hubo algunas partes de las respuestas que son correctas y otras que son incorrectas, únicamente algunos de ellos tuvieron ambas respuestas correctas casi de forma completa, es decir, las semejanzas entre las relaciones alélicas y las no alélicas que anotaron, fueron abundantes y correctas: “Ambos necesitan de alelos e información genética, ambos van a expresarse fenotípicamente, en organismos diploides, células eucariontes, —aunque tengan problemas en el uso del lenguaje, pero finalmente es correcto, pues sólo tiene lugar este tipo de relaciones en organismos eucariontes, diploides, con reproducción sexual— se heredan de manera

independiente”¹¹⁶, al respecto, se piensa que se refiere al hecho de que cada alelo segrega o se hereda de forma independiente a los demás alelos.

Otro de los estudiantes respondió: “los alelos siguen interactuando entre ellos, en las relaciones alélicas y no alélicas”, “dan paso a características fenotípicas, se heredan los alelos, solamente se llevan a cabo en organismos diploides y por tanto en células eucariotas”¹¹⁷. De igual manera, lo fueron las diferencias que identificaron entre las relaciones alélicas y no alélicas: “No alélicas tiene más de dos alelos, no alélicas, pueden estar en diferente loci y alélicas están en el mismo locus, no alélicas, necesitan más de dos genes para su producto final”¹¹⁸ (considerando en este caso que se refiere a que los alelos sean genes, por tanto, es correcto que están implicados más de dos alelos, porque participa más de un gen); “relaciones no alélicas se pueden llevar entre alelos de cromosomas distintos, se presentan debido a que los alelos de un mismo gen se heredan de manera independiente, se dan entre más de dos alelos, el ambiente es un factor importante”¹¹⁹.

Algunas otras respuestas mostraron un mayor grado de dificultad del estudiante para realizar la actividad, ya que se observan un mayor número de aspectos que no son tan precisos o adecuados: “Expresan características fenotípicas, los alelos interactúan aunque no de la misma manera, son heredables, relacionados con las variaciones de las características, únicamente en organismos diploides eucariotas”¹²⁰; algunos otros estudiantes indican “que son entre alelos, ocurre en organismos diploides eucariotas, expresan características fenotípicas, se heredan de manera independiente de otros genes, puede ocurrir que un sólo alelo de un genotipo”¹²¹, en esta respuesta el último aspecto es incorrecto, y pudo haberse originado porque se menciona la herencia ligada al sexo, pero como un ejemplo de un patrón de expresión de la información genética determinada por relaciones alélicas; aunque la redacción confusa pudo haber llevado a que se generara esta interpretación.

En cuanto a reconocer las diferencias entre los patrones de expresión determinados por relaciones alélicas y no alélicas, señalaron: “para la expresión de las características no existe solamente la interacción entre un par de alelos de un mismo gen”¹²²; “que al contrario de las alélicas las no alélicas son entre alelos de diferentes loci, alélicas, interacción entre un par de alelos de solamente un gen, no alélicas interacción entre dos genes o más, expresan características fenotípicas, —este aspecto más que diferencia, es una semejanza— el ambiente es un factor que tiene efectos”¹²³.

¹¹⁶ 07ASR0212

¹¹⁷ 06LGB0212

¹¹⁸ 07ASR0212

¹¹⁹ 06LGB0212

¹²⁰ 13SNM0212

¹²¹ 08KTP0212

¹²² 13SNM0212

¹²³ 08KTP0212

Aunque fueron los menos, para algunos alumnos fue una actividad difícil de realizar. En cuanto a semejanzas entre los patrones de expresión determinados por relaciones alélicas y no alélicas comentaron: “que en los dos la variación depende de los alelos, que ya sea dos o más alelos se especifican en una misma característica [Con relación a las diferencias entre ambos patrones de expresión, identifican:] “que en las alélicas se interactúan dos y en los no alélicos son más de dos”, “que hay más posibilidad de variaciones diferentes”¹²⁴.

A pesar de la confusión en la lectura, manifestada por los alumnos, fueron capaces de identificar aspectos relevantes que asemejan y diferencian los patrones de expresión determinados por relaciones alélicas, de aquellos determinados por relaciones no alélicas; lo que se observa es más bien una dificultad del uso del lenguaje para expresar o hacer patente la construcción del conocimiento que pudieron realizar con base en la lectura, y con el apoyo del profesor al revisar con ellos las respuestas que proporcionaron, pero al mismo tiempo, haciendo énfasis en las respuestas correctas al retomarlas y precisarlas, respecto de lo cual, los alumnos coincidieron en que la combinación de la lectura con el apoyo del profesor les fue de gran ayuda para la comprensión del contenido: “sí, porque entre las lecturas y el profesor explican bien el tema”¹²⁵. Las respuestas, abundantes y variadas, hacen pensar que es una adecuada caracterización de cada una de las categorías de los patrones de expresión de la información genética.

Finalmente, algunos alumnos mencionaron que lograron construir conocimiento relacionado con este contenido: “sí yo creo que vimos las relaciones no alélicas y en qué consistían... ya que entendí lo que eran estas relaciones”¹²⁶.

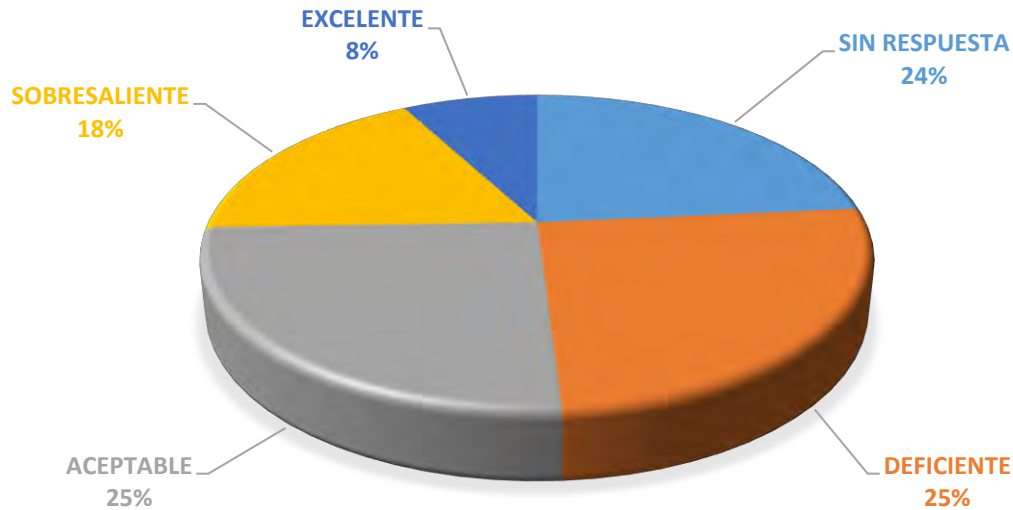
5.1.7. Actividad 1.2.1. Antecedentes de la epistasis, la herencia influida por el sexo y la poligenia

Como se observa en la Gráfica 13, correspondiente a los resultados obtenidos con relación a esta actividad (1.2.1), sólo el 8% de la actividad se resolvió de forma excelente, en el 18% se obtuvo un resultado sobresaliente, lo que en suma representa un porcentaje bajo, considerando que implica que sólo alrededor de una cuarta parte de los estudiantes tuvieron un desempeño adecuado, por lo que llama la atención el alto el porcentaje de la actividad en la que no se tuvo un desempeño deficiente (25%), aunado con el que no se respondió (24%), lo que acumula casi la mitad de los resultados de la actividad.

¹²⁴ 09BGM0212

¹²⁵ 01210312

¹²⁶ 03210312



Gráfica 13. Resultados obtenidos de la actividad en la que se aplicó el instrumento de intervención e identificaron información clave sobre los antecedentes de los tres patrones de expresión y herencia que contempla el cuaderno de trabajo.

En esta actividad lo que se le solicitó al estudiante fue que hiciera la lectura de los antecedentes de cada uno de los 3 patrones de expresión genética que aborda el cuaderno de trabajo para el contenido de interacciones génicas, y que posterior a la lectura, completara un esquema teniendo en cuenta el tiempo, y rescatando para cada uno de los tres patrones de expresión los aspectos relevantes.

Pareciera que una de las explicaciones para no resolverla es que fue una actividad y por lo que se pudo observar desde el primer día, varios de ellos no hacen tarea, o la hacen en los minutos que esperan fuera del laboratorio al profesor; situación que se repitió en varias ocasiones, incluyendo el día en que se aplicó el cuestionario.

Al observar las respuestas de los estudiantes se deja entrever que fueron pocos los que realmente revisaron el material y dedicaron tiempo para hacer la tarea, pues en la mayoría de los casos las respuestas son escuetas, e incompletas, o en su defecto, sólo incluyen un dibujo, pareciera que escribieron lo primero que leyeron o lo que les vino a la mente al leer el encabezado de las lecturas que constituyen la sección.

Algunas de las respuestas incluyen los antecedentes de cada uno de los tres patrones de herencia, cuyo mecanismo se contempla en el tercer apartado del cuaderno de trabajo: “1900. William Bateson y Reginald Punnett realizan experimentos con diferentes raza de pollos y descubren una nueva raza a través de las cruza que investigan... 1908, Thomas Hunt Morgan y sus estudiantes investigan una característica (color de ojos) de la mosca de la fruta, en la que los machos de ojos blancos heredaban ese alelo únicamente a las hijas, en cambio las hembras heredaban su alelo tanto a los hijos como a las hijas... 1906, Wilhem Johannsen hace

experimentos acerca del peso de los frijoles, separándolos entre ellos y autofecundándolos, tras no conseguir resultados esperados, George Udny Yule, propone que esas variaciones no solamente están determinadas por genes¹²⁷. Esta información corresponde a las tres primeras partes de la actividad.

Al respecto, un estudiante respondió: “en el primero se dio a tratar el tema de los pollos en donde se descubrió que al cruzar un pollo de raza pura con una cresta guisante, la cruce daba vida a una nueva raza,...después hicieron el mismo experimento para moscas hembras de ojos rojos y un macho de ojos blancos y los resultados fueron que el gen que determina el color de ojos se encontraba en los cromosomas que determinan el sexo,...en el experimento ocurrió algo similar, sólo que en éstos querían encontrar semillas con el mismo peso¹²⁸”.

De igual manera, hubo quienes se esforzaron en realizar la actividad y dedicar tiempo para construir conocimiento con relación al contenido, ya que se encontraron respuestas como estas: “1900. La epistasis es un patrón de expresión de la información genética de un individuo, cuya relación interloci da como resultado la presencia de nuevos fenotipos,...1906. Cuestiones de sexo. Algunos caracteres del nuevo individuo están ligados al cromosoma sexual,...SXX. Relaciones de los genes con el ambiente. La variación continua se encuentra bajo la influencia de factores genéticos y ambientales¹²⁹”. Además, para cada sección de la actividad pegó una imagen, recortada de alguna revista. Es decir, se tomó el tiempo de buscar una imagen acorde o representativa de cada una de las secciones. En la respuesta muestra que no sólo repitió información que se le presenta en el material, sino que trató de sintetizar lo más importante de la lectura.

En la respuesta que ofrece el estudiante, muestra que no solamente repitió información que se le presenta en el material, sino que en unas cuantas palabras trató de sintetizar parte de la esencia de cada sección de la lectura, y se dice “parte”, porque queda sin evidenciarse la parte histórica de construcción del conocimiento científico que se está tratando.

Algunos de los estudiantes no completaron la actividad, ya que una de las tres partes de la pregunta no la respondieron: “Dominancia y recesividad. 1900. Donde se crea que este factor tiene que ver con los alelos de un solo gen que daban un nuevo fenotipo,...siglo XX donde se comprobó la teoría de la interacción de mas de dos genes, pero surge una nueva teoría. El ambiente era influencia para las características fenotípicas¹³⁰”. Su respuesta lleva a pensar que no hizo la actividad extraclase y que al final, únicamente respondió de lo que entendió al dar una ojeada al material.

¹²⁷ 01JAR0212

¹²⁸ 02DHA0212

¹²⁹ 08KTP0212

¹³⁰ 03ATG0212

Una situación como la anterior se observa con otros estudiantes quienes responden: “Epistasis, 1900. Patrón de expresión de un individuo, cuya relación da como resultado nuevos genotipos,...Ligados al cromosoma sexual. Los genes se encuentran ligados y algunos de ellos al cromosoma sexual,...relacion de los genes con el ambiente”¹³¹. En el caso siguiente lo que sugiere su respuesta, es que respondió lo primero que se le ocurrió, con base en los títulos de las lecturas o al tener acceso a los primeros renglones; “Relaciones alélicas. Mendel 1900. La epistasis. William Bateson,...herencia ligada al sexo. Thomas Hunt Morgan. 1908,...relación de los genes con el ambiente. Wilhem Johanssen . George Udny Yule”¹³².

En otro de los casos sólo se hizo un esquema o dibujo y se escribió una frase para cada una de las tres partes de la actividad, de la cual además se observó que lo hizo dentro del aula en lo que se socializaban las respuestas: “patron hereditario. 1900... [y esquematiza lo que sería la cabeza de lo que serían tres pollos] el sexo. 1908...[presentó un dibujo que representaría dos cabezas de mosca, una con ojos blancos y otra con ojos rojos, y en la tercera parte] relacion genes ambiente. XX¹³³, —realizó para este punto un dibujo muy esquemático de lo que correspondería a tres granos de frijol, en donde presentan rasgos distintos y dos mazorcas—. De manera similar respondieron dos estudiantes más¹³⁴.

Lo que también lleva a pensar que no realizaron la actividad en casa o la realizaron de prisa, sin dedicarle el tiempo y la atención que se precisa y esperaba. Al respecto, algunas de las respuestas que dieron en el cuestionario de evaluación del cuaderno de trabajo fueron que la lectura les había parecido muy extensa (siete cuartillas y un tercio), que no les había agradado o que no la encontraron muy motivante, desde sus desde sus intereses: “las lecturas eran poco largas”¹³⁵, “creo que debería haber más actividades para toda esa lectura”¹³⁶, “creo que a veces abarcaba demasiado en algunos temas”¹³⁷, “más colores e imágenes, actividades no tan largas y más ejemplos”¹³⁸, “demasiadas lecturas”¹³⁹.

Al realizar la entrevista al profesor para conocer su punto de vista sobre el cuaderno de trabajo, comentó algo similar a lo dicho por los estudiantes respecto de la extensión de las lecturas:

¹³¹ 06LGB0212

¹³² 06LGB0212

¹³³ 07ASR0212

¹³⁴ 08KTP0212 y 15SLA0212.

¹³⁵ 09BGM0212

¹³⁶ 07ASR0212

¹³⁷ 01JAR0212

¹³⁸ 08KTP0212

¹³⁹ 03ATG0212

Las lecturas son bastante amplias para los muchachos, por el tiempo que hay para cada clase y el tipo de actividad que se está pidiendo, bueno más que actividad situación de aprendizaje. Estamos hablando de que tienen que hacer la lectura, la actividad y después recobrar esa actividad para llegar a la reflexión. A veces no se llegaba a eso, se llegaba a la lectura y empezar la actividad, se terminaba el tiempo y hasta el otro día venía la reflexión. Con esto podemos pensar que se pierde un poco esa coherencia, porque ya no es lo mismo que sea inmediatamente, cuando los alumnos tienen las ideas frescas, si bien hicieron un escrito o escribieron sus respuestas, en ocasiones se pierden argumentos que tal vez no escribieron y que se les quedaron en la cabeza, y después querer recobrarlos hasta dos días después les cuesta un poco de trabajo. Entonces una de las dificultades que yo observé es que el cuaderno, si bien considero que la información es adecuada, las lecturas son bastantes y muy largas; hay que pensar qué tanta información se está aportando, porque es bastante amplia y luego se repite en las mismas lecturas; se vuelven a repetir conceptos que a veces puede desorganizar las ideas de los alumnos porque se presente en diferentes momentos...

Por lo comentado por el profesor y los alumnos, al referirse a que las lecturas (pensando que ésta es una a las que se referían) son muy extensas, propuesta por un alumno es que podrían agregarse más actividades, se supondría que de esa forma se hace por partes la lectura, o bien, tiene mayor sentido hacer una lectura amplia, no únicamente para rescatar algunas ideas relevantes de la misma, sino que implique un mayor trabajo de la información.

Considerando, de manera particular, lo comentado por el profesor sobre el tiempo del que se dispone para revisar el contenido, y hablando específicamente de esta parte del cuaderno de trabajo, se piensa que una opción sería reestructurarlo, de manera que tenga menor extensión, lo que podría ser plausible si se procura que resulte menos redundante; sin que por ello se dejen de recuperar las ideas importantes, principalmente para ubicar el contenido en un contexto y que esto pueda darle un mayor sentido de realidad al contenido que se está tratando. Teniendo en cuenta que es uno de los problemas de la ciencia, —que en ocasiones da un sentido de irrealidad—, de que la ciencia se realiza como de manera mágica y de la noche a la mañana, y que se lleva a cabo por personajes no humanos, con características totalmente diferentes a las que puede tener un estudiante.

Cabe aclarar que el hecho de coincidir en que la lectura puede reducirse, en cuanto a su extensión, es porque es posible realizarlo sin que se pierda riqueza de contenido, no porque se considere extenso *per se*. La propuesta de reducir el tamaño del texto es para que sea menos redundante y no por su extensión, pues considerando las características de un estudiante de bachillerato universitario y las habilidades lectoras que debe desarrollar, pronto deberá enfrentarse a lecturas con un mayor grado de dificultad y extensión.

Además, como lo señalan Wellington & Osborne (2001): “la lectura no es un simple instrumento para la transmisión de un saber científico bien establecido, sino que es una forma de construirlo y utilizarlo”. Por tanto, si no se realiza lectura, que en realidad no se trate de leer siempre solo un resumen, no se considera que se esté ayudando a los estudiantes a desarrollar las habilidades para que puedan seguir aprendiendo, a partir de la lectura, la cual no sólo es uno de los medios sino el principal de acceso al conocimiento, no sólo de la ciencia, sino de cualquier campo de estudio.

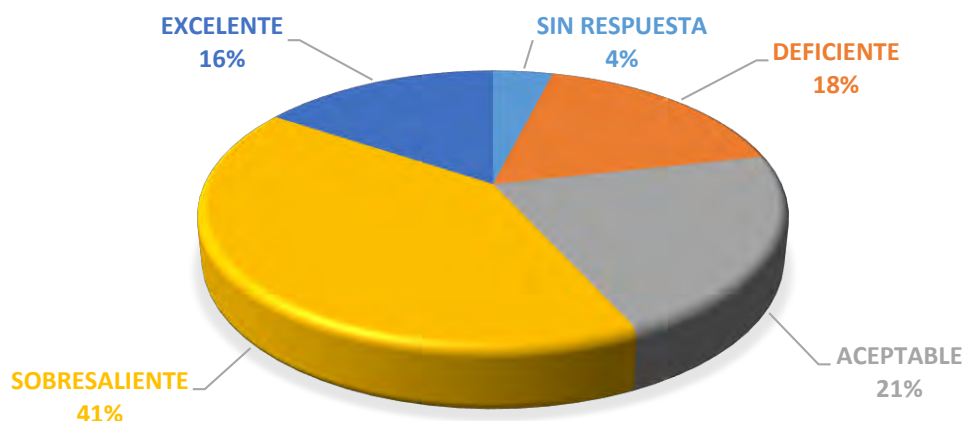
Una de las características que destacó el profesor es que a los alumnos no les gusta hacer tarea... “la mayoría de mis alumnos, si no los presiono, no trabajan. Estando en su casa si la hacen, pero no le dedican el tiempo que se requiere. En algunas actividades se requiere análisis, pero lo hacen en automático, o lo que recuerden y lo aplican cuando no se dan cuenta de algunos otros puntos, pero realmente no llegan al análisis”...Una alternativa podría ser reducir las lecturas, o hacer una planeación para que las actividades se realicen en el espacio áulico y no tengan que hacer actividades académicas en casa. Otra opción es cambiar la presentación de la lectura para hacerla más atractiva e interesante para los estudiantes, una especie de cuento, con dibujos caricaturescos, o bien, que ésta sea parte de la actividad que realicen, pero además que haya oportunidad de una mayor socialización durante la misma, para que no se aburran de trabajar la mayor parte del tiempo en solitario; lo que no favorece mucho al desarrollo de habilidades para comunicarse.

Cabe también aclarar que el hecho de incluir la parte histórica de cómo se conoció sobre el patrón de herencia ligada al sexo es porque gracias a dichos conocimientos y los que se han generado a partir de ellos, se ha podido conocer el patrón de herencia influido por el sexo, que es el patrón de expresión que más interesa en el presente material, dado que en éste, a diferencia del patrón de herencia ligado al sexo¹⁴⁰, los casos que se conoce están determinados por más de un gen, es decir, están determinados por interacciones génicas.

¹⁴⁰ Por parte de algunos optometristas se ha propuesto que algunos casos de herencia ligada al sexo, como el daltonismo, el cual está concebido como determinado por un gen, en realidad está determinado por más, por lo que, debido a que no existe aún mucho consenso no ha formado parte del material de intervención, considerándolo aún como un patrón de herencia determinado por relaciones alélicas (interacciones alélicas o interacciones intraalélicas).

5.1.8. Actividad 1.3.1. Epistasis

Con puede observarse en la Gráfica 14, un porcentaje importante de esta actividad se resolvió de manera positiva, ya que el 16% se resolvió de forma excelente, el 41% de manera sobresaliente, —esto suma más de la mitad, con ello se puede pensar que los estudiantes tuvieron menos dificultades para comprender el contenido—, además el 21% se respondió de forma aceptable. sólo el 18% se resolvió de manera deficiente y el 4% de la actividad no se respondió.



Gráfica 14. Resultados obtenidos en relación con la actividad de comprensión sobre el patrón de expresión y herencia conocido como epistasis.

Esta actividad, se encuentra conformada por tres preguntas de epistasis, cuyo objetivo era llevar al estudiante a relacionarla con la situación del caso expuesto al inicio del cuaderno, así como que reflexionaran sobre la importancia de dicho conocimiento.

Se piensa que la pregunta que significó un mayor reto para los estudiantes al momento de responderla, fue la segunda. Dicha idea se construye a partir de observar con detenimiento la respuesta proporcionada por los alumnos, en donde se percibe que la pregunta no estuvo adecuadamente formulada, en ese sentido, se precisa necesario reformularla para que sea clara.

Con relación con la primera pregunta, algunos estudiantes respondieron acertadamente: “es cuando interactúan más de dos alelos, y existe un alelo que suprime al otro alelo”¹⁴¹; Algunas otras respuestas no lo son tanto, dado que muestran algunas imprecisiones: “La interacción que hay entre dos o más alelos de diferentes genes, el fenotipo puede ser diferente a los de los progenitores, es decir un nuevo fenotipo”¹⁴², “ Es la aparición de un nuevo fenotipo

¹⁴¹ 11AMB0212

¹⁴² 08KTP0212

diferente a los progenitores provocado por una inhibición o enmascaramiento de unos alelos”¹⁴³, “es el fenómeno que determina una característica gracias a la interacción de dos o más alelos, la cual amplía la variación dicha característica; también porque los alelos pueden enmascarse unos a otros”¹⁴⁴. Pero no son dos alelos, sino que son más de dos, si bien es cierto que son dos o más genes, por lo que puede tratarse de un problema gramatical o de semántica, como lo señala Ayuso *et al.* (1996), con relación a que esté confundiendo gen con alelo. Lo que es muy probable, dadas las respuestas que se proporcionaron en la actividad diagnóstica y en la actividad 1.1.

La respuesta indicada por los estudiantes, en ocasiones no fue la más acertada: “es la expresión de nuevos fenotipos diferentes a los de los padres, [esto no únicamente ocurre en la epistasis, sino en varios de los patrones de expresión, sean determinados por relaciones alélicas o no alélicas, como, por ejemplo, en la herencia intermedia, alelos múltiples, poligenia, por mencionar unos cuantos, de ahí lo inadecuado de la respuesta. También comentan que epistasis es cuando]... existen por lo menos dos genes y tienen relación directa para una característica y dependen de otro gen que al tener problemas al expresarse afecta a los otros, [esta respuesta se presupone no acertada porque al parecer el alumno está pensando en que deben haber por lo menos tres genes, cuando expresa que] existen por lo menos dos genes... y dependen de otro gen...”¹⁴⁵, lo cual no es totalmente correcto porque se concibe como tal, aún participando solamente dos genes diferentes.

Pareciera que la última parte de su respuesta es correcta, solamente que lo expresa de tal manera, que puede llevar a pensar que se refiere a que el enmascaramiento tiene lugar porque uno de los genes (el tercero) tiene problemas para expresarse, lo que no es totalmente cierto, ya que puede tratarse de un alelo recesivo que no se expresa, no porque tenga problemas para hacerlo, sino por el hecho de ser recesivo.

Pudo estar influido por el hecho de que el profesor realizó una pequeña presentación de otro ejemplo, el de las serpientes del maíz¹⁴⁶ y se tuvo oportunidad de aclarar, deconstruir y reconstruir conocimiento relacionado con el contenido en cuestión.

¹⁴³ 09BGM0212

¹⁴⁴ 17RRV0212

¹⁴⁵ 12EMO0212

¹⁴⁶ Ejemplo de la serpiente de maíz, en donde interactúan dos genes en la misma ruta de síntesis de pigmento. El fenotipo silvestre presenta un patrón de pigmentación de la piel formado por dos pigmentos, uno negro y otro naranja. El gen O determina la enzima de la ruta biosintética del pigmento naranja cuando ésta enzima es defectuosa (o/o) no se produce pigmento naranja y la serpiente es negra. El gen B, determina otra enzima para producir pigmento negro; cuando dicha enzima es defectuosa (b/b), la serpiente es naranja. Cuando ambas enzimas son defectuosas, la serpiente entonces es albina, por lo que su genotipo sería oobb (Griffiths et al., 2000, p.114).

La pregunta dos, que forma parte de esta actividad, y en la que se pide al alumno que explique cuál es la relación entre la epistasis con la situación de Héctor; representó un problema para los estudiantes. Dada sus respuestas, se piensa que se debió a que no se especificó en la pregunta a qué situación anterior se refería, generando confusión y por tanto, dificultad para generar una respuesta adecuada. Las respuestas proporcionadas al respecto fueron como las siguientes: “variación del fenotipo”¹⁴⁷, cuya respuesta tiene algo de correcto porque la epistasis genera variación fenotípica, pero si se recuerda lo comentado párrafos más arriba, no es el único patrón de expresión que genera variación fenotípica, existen otros, por ello la respuesta no es totalmente correcta; aunado a ello, no precisa a qué situación está referida su respuesta, ya que puede tratarse de la situación de Héctor o a la de los perros labrador, ya que hubo estudiantes que interpretaron que la situación a la que se refería la pregunta era a la de los perros, a lo que respondieron: “para saber por qué salieron perros de color amarillo y marrón, si se cruzaron dos perros de pelaje negro”¹⁴⁸, por lo que además, la respuesta proporcionada no corresponde con una respuesta a la pregunta planteada, sino que guarda más conexión con una pregunta que trate sobre la importancia o la relevancia de conocer sobre la epistasis.

Otro de los estudiantes interpretó que la situación a la que hacía referencia la pregunta era a la de los perros labrador, y respondió: “porque el alelo del color negro era dominante (A) pero al haber presente también dos alelos recesivos (a) estos alelos suprimieron la expresión total del color negro, por lo que fueron marrones”¹⁴⁹, que es una respuesta correcta si se hubiere estado preguntando sobre el caso de los perros labrador. Un alumno respondió: “con la variación de color en la descendencia respecto a los progenitores”¹⁵⁰. En ese sentido, pareciera que en lo que no hubo claridad fue en la pregunta, por lo que, para evitar poner al estudiante en una incertidumbre y probable confusión, lo correcto es modificar la pregunta de manera que sea clara.

Con relación a la falta de claridad en las preguntas, como lo es la número dos de esta sección, el profesor comentó durante la entrevista que:

De repente había confusiones y eso era una de las dificultades que yo llegue a detectar, aunado a algunas instrucciones o al desarrollo de la pregunta. Aquí se hablaba de Héctor pero, de repente, hay una pregunta donde no sabían a qué problemática se refería, si al de la lectura o al problema inicial que era el de Héctor.

¹⁴⁷ 04NTT0212

¹⁴⁸ 03ATG0212

¹⁴⁹ 02DHA0212

¹⁵⁰ 01JAR0212

Hubo una confusión que tiene que ver con la redacción, y esto podría corregirse si las instrucciones fueran un poco más claras.

Es decir, el profesor se percató de esta confusión, la cual se hizo evidente durante la observación cuando, al momento de que los alumnos compartieron sus respuestas de manera grupal, hubo divergencia de respuestas, y que también en ese momento generaron mayor confusión a algunos estudiantes, pues pareciera que habían hecho una interpretación y cuando escucharon lo que había anotado otro de sus compañeros, generó comentarios como: “¿cuál es la respuesta?”, “¿cuál está bien?”; una de las estudiantes que hizo una de estas preguntas y que estaba sentada en una de las mesas más cercanas al pizarrón, se veía un poco molesta, muy probablemente por el hecho de que la pregunta no estuvo bien planteada; de hecho fue la misma alumna que hizo una expresión similar en la lectura anterior, la que trata sobre las relaciones alélicas y no alélicas.

En relación con la pregunta tres de esta actividad, lo que puede observarse es que el mayor problema en las respuestas fueron las imprecisiones y el uso inadecuado del lenguaje. Algunas de las respuestas obtenidas sobre por qué piensan los estudiantes que es importante conocer sobre el fenómeno de la epistasia, fueron: “así se puede explicar la diversidad de fenotipos dentro de una raza, aunque los progenitores no presenten los mismos fenotipos”¹⁵¹, esta es una respuesta adecuada, considerando que ahí es a donde se les quería llevar, a que reflexionaran, ya que es el propósito de la revisión de este contenido.

Otra respuesta es: “que comprenda las fuentes de variación genética y las formas de transmitirla para que valore su importancia en la biodiversidad”¹⁵², aquí también podría pensarse que el estudiante pudo lograr lo que se busca. Algunos otros señalamientos al respecto: “Porque así podemos saber y entender a qué se debe y por qué se dan distintas variaciones en las especies”¹⁵³, “porque así entendemos por qué se dan diversas variaciones en las especies”, “porque se da solución o una explicación a la diversidad que existe genotípica y fenotípica en las personas, animales y vegetales etc.”¹⁵⁴; o como lo propone uno de los estudiantes: “para no tener problemas como el caso de que fue infiel”¹⁵⁵, este último señalamiento resulta muy válido, ya que también es importante y es uno de las finalidades de la escuela y de lo que se aprende en esta, que el conocimiento pueda ser movilizado a la vida cotidiana.

¹⁵¹ 01JAR0212

¹⁵² CCH-UNAM. Programa de Estudios de Biología. Pag. 34.

¹⁵³ 02DHA0212

¹⁵⁴ 07ASR0212

¹⁵⁵ 10MHR0212

Algunas otras respuestas: “para darnos cuenta del porqué de los distintos fenotipos”¹⁵⁶, “es importante ya que la epistasia da paso a nuevos fenotipos, similar a la dominancia incompleta”¹⁵⁷, “para dar una explicación a diversas situaciones que causan desconcierto a algunas personas respecto a las biodiversidad”¹⁵⁸. Esta última también lleva a pensar que el alumno lo está considerando o relacionando con su vida cotidiana, tal vez con alguna situación particular que le implique o bien, como en el caso de los perros o el de Héctor.

A pesar de que las respuestas otorgadas por los estudiantes, con mayor énfasis en lo que corresponde a la tercera y última pregunta de esta actividad, también muestran la diversidad y riqueza de patrones temáticos que se pueden establecer para explicar lo mismo, pero de diferentes formas y que, además, rescatan e infieren de manera muy acertada la justificación de revisar este contenido. Durante la socialización grupal no se observó dicha riqueza, porque no todos participaron, pero se antoja interesante la participación de todos y el enriquecimiento del conocimiento al escuchar las intervenciones de sus compañeros.

También hay alumnos cuyas respuestas, si bien no son totalmente incorrectas, sugieren que no han podido establecer las relaciones entre los conceptos, ni tampoco sobre el contenido: “para saber que no sólo hay una manera de que se heredan los genotipos”¹⁵⁹, “para entender los fenotipos de la descendencia”¹⁶⁰, “pues así se pueden evitar confusiones acerca de la herencia”¹⁶¹, “para saber si las especies son de raza pura y no pueden salir con algún defecto o mutación”¹⁶². Estas respuestas llevan a pensar que es necesario proponer actividades que permitan proporcionar ayuda para la construcción de conocimiento, una vez que el profesor se percate que el estudiante tiene nociones del contenido disciplinar, es decir, que el estudiante ha comenzado a construir conocimientos de forma adecuada. Algunas consideraciones realizadas por el profesor que aplicó el instrumento de intervención son: “entiendo que los casos están redactados para situar a los alumnos en contextos conocidos, pero hablar siempre del CCH pierde interés”; por otro lado se piensa que es adecuado el caso de Héctor y el de los perros labrador; sin embargo, sería conveniente dar más tiempo al estudiante para comentarlo y analizarlo con los compañeros de clase para que se comprenda cuál es la problemática y se genere un mayor interés.

Para esto último se propone realizar el ejercicio de que establezcan los fenotipos y genotipos de los individuos, para que puedan comprender de esa manera la problemática, al existir una necesidad de comprender con la finalidad de explicar el fenómeno, pues es lo que se les solicita como actividad. Durante el proceso se espera que el estudiante comprenda la

¹⁵⁶ 14JAV0212

¹⁵⁷ 16MPT0212

¹⁵⁸ 17RRV0212

¹⁵⁹ 03ATG0212

¹⁶⁰ 04NTT0212

¹⁶¹ 06LGB0212

¹⁶² 09BGM0212

situación para poder responder y la intención es que el docente pueda llevarlo a analizar lo que ha de aprender.

5.1.9. Actividad 1.3.2. Epistasis y el caso de “¿infidelidad o negligencia?”

Como se puede observar en la Gráfica 15, esta actividad no representó mucha dificultad para la mayoría de los estudiantes, pues casi la mitad de ésta se respondió de forma excelente (47%), además 24% más se resolvió de manera sobresaliente y, un 7% de forma aceptable, sumando, de manera conjunta, un total de 78% de la actividad que se respondió de manera adecuada, ello incluye las cuatro preguntas que conforman la actividad; sin embargo, hubo un 16% de ésta que se respondió de una forma deficiente, y un 6% no se respondió.



Gráfica 15. Resultados obtenidos en la actividad 1.3.2 del cuaderno de trabajo en la que se le solicita al estudiante de Biología III, relacionar la epistasis con el caso utilizado en un inicio para generar conflicto cognitivo (¿infidelidad o negligencia?).

La actividad está integrada por 4 preguntas abiertas, en donde el alumno debía de exponer lo que había comprendido del caso expuesto al inicio del cuaderno, y cuyo objetivo era que lo reflexionara, permitiéndole al profesor conocer cómo el estudiante estaba interpretando la información, así como cuáles eran sus concepciones previas y lo que había que precisar o explicar durante el desarrollo de las sesiones.

La pregunta de esta actividad que tuvo mayor dificultad para los estudiantes fue la número tres. Es decir, tres de los 17 alumnos no respondieron esta pregunta y uno más no respondió la pregunta número cuatro. Una de las explicaciones podría ser el hecho de que tal vez no tenían claro a qué se refería con “hipótesis” y, en la última situación, no tenían idea de cuál sería una posible explicación para el caso de Héctor.

Las respuestas adecuadas que proporcionaron algunos de los estudiantes, en relación con la pregunta tres, fueron: “ninguna, porque viendo y analizando bien, nos podemos dar cuenta de una variación de genes para dar un fenotipo nuevo, epistasis”¹⁶³, “ninguna porque este caso podría ser de epistasis y no se lo cambiaron en el hospital,... [este alumno abunda lo siguiente para la pregunta cuatro:]... que así como con el pelaje de los perros la epistasis se pudo haber presentado con el tipo sanguíneo de la hija de la comadre”¹⁶⁴; “hay una causa genética que produce este tipo de situación, porque es muy seguro que no ocurrió engaño,... [completando en la pregunta cuatro:]...lo que ha ocurrido ha sido una epistasis, que es un patrón de expresión genética que da lugar a la expresión de nuevos fenotipos diferentes al de los padres, como lo es con el tipo sanguíneo de la hija”¹⁶⁵; mostrando que si bien tienen aún dudas, han podido encontrar similitudes entre ambas situaciones.

Otros estudiantes respondieron: “ninguna de las mencionadas, porque puede tratarse de un caso de epistasis”¹⁶⁶, ”¹⁶⁷, —aunque este alumno no respondió la pregunta cuatro—; “ninguna, porque pudo ocurrir la epistasis...[y sólo responde en la pregunta cuatro de manera muy escueta]...que fue por epistasis”¹⁶⁸, sin abundar más sobre la pregunta; “ninguna de las hipótesis anteriores, ya que pudo haber epistasis,...[mencionando que la explicación que requería Héctor era]...más información sobre la epistasis”¹⁶⁹, lo que lleva a pensar que aún tenía dudas sobre este patrón de expresión de la información genética.

También hubo estudiantes que tuvieron problemas para proporcionar una respuesta adecuada. Mencionaron por ejemplo: “que le cambiaron a la hija”¹⁷⁰,... [pero no menciona por qué, lo que es frecuente que ocurra, principalmente cuando es parte de la misma pregunta y no se estructura como una pregunta separada; en ese sentido se puede interpretar que no dio una respuesta completa, quizá porque no leyó bien, porque solamente respondió por responder; o porque no supo cómo justificar integrando los elementos de la lectura para dar respuesta, lo cual indicaría que no comprendió la lectura, lo que tal vez sea lo más acertado, pues en la pregunta de lo que requería Héctor, respondió:]...más información de la epistasis,...[es decir, también le quedaron dudas sobre la epistasis o, el problema puede ser que no pudo trasladar lo explicado de la situación del tipo sanguíneo a la situación del pelaje de los perros labrador.

Lo anterior se sugiere por lo indicado por algunos estudiantes en cuanto a que lo que requería Héctor era una explicación del patrón de expresión genética]...en qué consiste la epistasis,

¹⁶³ 14JAV0212

¹⁶⁴ 08KTP0212

¹⁶⁵ 12EMO0212

¹⁶⁶ 05MMT0212

¹⁶⁷ 05MMT0212

¹⁶⁸ 03ATG0212

¹⁶⁹ 02DHA0212

¹⁷⁰ 06LGB0212

para comprender qué es lo que pasó con el tipo de sangre...[O bien, construyeron la hipótesis de una manera inadecuada, ya que dicen que la]...epistasis, porque se modifica el gen”¹⁷¹, y que la explicación que requería Héctor, era que “el gen O enmascara al gen AB”, sugiriendo que el problema no es únicamente en relación con fenómeno de la epistasis, sino también tienen problemas conceptuales o del uso del lenguaje, ya que no existe un gen “O” o un gen “AB”, sino un gen que codifica para un fenotipo que es tipo sanguíneo O, o bien, para el tipo sanguíneo AB.

Lo anterior es comprensible teniendo en cuenta que para algunos estudiantes del nivel medio superior, e incluso para mayores niveles académicos, es difícil poder establecer relaciones entre hechos y conceptos, así como aplicar el conocimiento construido en un contexto diferente, y eso es lo que se le pide realizar al alumno (sin que ello quiera decir que lo haga solo, sino teniendo en cuenta que habrá un profesor que le proporcione la ayuda que requiere).

Dada la respuesta de los estudiantes, se piensa que el conocimiento está en un proceso de construcción, pero que aún tienen dudas; por ejemplo, para la pregunta que trata sobre la hipótesis, refieren: “que la habían cambiado en el hospital, ahora que tal vez también suprima alguna proteína,...[y respectivamente para la pregunta cuatro (¿qué explicación requería Héctor?) sugieren que:]...quizás para el tipo de sangre, interactuaban más de dos genes y algunos alelos supriman ciertos alelos”¹⁷². En esta última parte pareciera que existen problemas al diferenciar al gen del alelo, al referir que interactuaban más de dos genes, cuando en realidad sería que interactúan alelos de dos o más genes, cuando lo debería decir que interactuaban los alelos de dos o más genes. Existe la posibilidad de que existan problemas en el uso del lenguaje, pues aunque gramaticalmente sean similares ambas expresiones, el significado es diferente.

A pesar de que las preguntas de la sección son las mismas que se plantearon en la actividad 1.1, llama la atención que algunos de los alumnos aún hayan tenido problemas para dar una respuesta que corresponda a la pregunta, a pesar de que hubo un momento para socializarlas y otro momento para revisarlas de manera conjunta.

Analizando el desarrollo desde el inicio hasta la presente actividad, puede observarse que el problema radica en que los estudiantes no leyeron o no comprendieron la lectura, porque dan respuestas que no corresponden a las preguntas; por ejemplo, en la actividad 1.1, en donde indica que las preguntas que Héctor se estaría haciendo son: “¿mi tía de veras fue infiel?, ¿por qué mi prima es A?;...[pero en la lectura no se hace referencia a la tía de Héctor, sino la comadre de la tía de Héctor.

¹⁷¹ 11AMB0212

¹⁷² 07ASR0212

Un ejemplo muy concreto se tiene en la actividad número 1.1.1, cuando se les pregunta a los estudiantes qué es un alelo, un alumno responde:]...formas alelas de un gen,...[y en esa misma actividad señala]...que en el alelo se encuentra el fenotipo;...[en la actividad número 1.1.2 cuando se les pregunta a qué se le denomina relaciones génicas responde:]...la relación e información que tiene distintos genes,...[en esa misma actividad cuando se le pregunta sobre cuál considera que es la importancia de las relaciones no alélicas en cuanto a la biodiversidad indica:]...que con el tiempo se transforma....[en la actividad 1.1.3 cuando se les solicita que indiquen cuáles son las diferencias y semejanzas entre los patrones de expresión determinadas por relaciones alélicas con respecto a las determinadas por relaciones no alélicas, no concretó la actividad, sólo puso el recuadro de semejanzas:]... genes, alelo, información, [en líneas separadas; en el recuadro de las diferencias escribió:] no interactúan entre sí.... [En la actividad 1.2.1 puso en uno de los tres recuadros:]...Chales Darwin...[y dibujó lo que representa un ser humano parado, en el segundo recuadro escribe]...el sexo...[y dibuja a un hombre y a una mujer parados, uno al lado del otro, en el tercer recuadro:]... patrón hereditario...[y dibuja lo que representaría a tres pollos formados, semejante a la imagen que en las redes se utiliza para representar la evolución del hombre y se alcanza a leer algo que borró y que decía:] ...nuestra actualidad”¹⁷³.

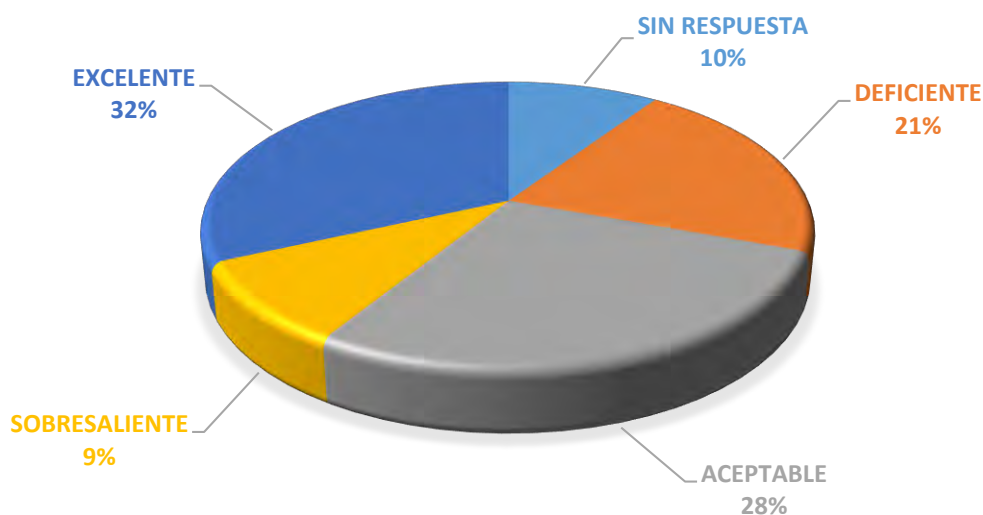
En un primer momento se pensó que la interpretación que estaba haciendo el estudiante estaría generada por lo confuso que pudo resultar la lectura, pero al observar que es común su problema de interpretación, lo que se infiere es que no hace un esfuerzo por lograr los aprendizajes pretendidos; porque de otra forma la explicación sería que es un alumno que presenta muchos problemas para aprender, lo que incluye desde comprender lo que comentan sus compañeros, hasta lo que comenta el profesor.

Por lo percibido en las respuestas proporcionadas por los alumnos y por lo visto en el aula, se piensa que una alternativa para trabajar la actividad, además de las ya mencionadas, es distribuir las actividades, de tal forma que permita al alumno un automonitoreo, para que sepa si está entendiendo y comprendiendo lo que se dice en las lecturas y se pregunta, y al mismo tiempo, para que la revisión de la actividad sea más dinámica, al no estar una actividad (conjunto de preguntas) a continuación de la otra (otro conjunto de preguntas).

¹⁷³ 10MHR0212

5.1.10. Actividad 1.3.3. Herencia influida por el sexo

Los resultados en esta sección del cuaderno de trabajo resultan interesantes por lo diverso de sus implicaciones. Como se muestra en la Gráfica 16, el 32% de la actividad se resolvió sin ningún problema, es decir, las respuestas proporcionadas fueron muy adecuadas, pertenecen a la categoría de excelente. El 9% de la actividad se resolvió de manera sobresaliente, el 28% de la misma se respondió de manera aceptable. El 21% de la actividad se respondió de manera deficiente y, finalmente, para el 10% de la actividad los alumnos no emitieron respuesta (SR).



Gráfica. 16. Resultados obtenidos en relación con la actividad 1.3.3 del cuaderno de trabajo, utilizada para favorecer la comprensión de conceptos clave que ayuden a comprender el patrón de expresión conocido como herencia influida por el sexo.

La actividad estuvo integrada por 5 preguntas sobre la herencia influida por el sexo, en donde se esperaba que el estudiante respondiera lo comprendido con respecto a algunos conceptos básicos sobre dicho patrón de expresión, lo comprendido del mismo, como se da la interacción entre alelos de distintos loci, así como conocer si lo podía relacionar con la biodiversidad.

Las preguntas que menor problema representaron en esta actividad al momento de responderse fueron la número 1 y 2, ya que se observan respuestas bastante acertadas. Con relación a la pregunta 1 (región heteróloga del cromosoma), los estudiantes proporcionaron respuestas como las siguientes: “que es una región en la que se encuentran genes específicos del cromosoma X o del cromosoma Y”¹⁷⁴, “es heteróloga porque el cromosoma X es diferente al cromosoma Y, y son lugares específicos para estos cromosomas”¹⁷⁵, “es la región en donde se encuentran genes específicos para el cromosoma Y y genes específicos para el cromosoma X”¹⁷⁶, “es la región que diferencia a los cromosomas X e Y, y tiene genes específicos que

¹⁷⁴ 05MMT0212

¹⁷⁵ 04NTT0212

¹⁷⁶ 02DHA0212

codifican para características de cada uno de ellos”¹⁷⁷., “donde guarda o tiene características (genes específicos) que obviamente no tiene el cromosoma opuesto”¹⁷⁸.

Al mismo tiempo, existen respuestas que sugieren que algunos alumnos tuvieron problema al comprender lo que es la región heteróloga de un cromosoma, pues respondieron que “es la región de un cromosoma específico del propio cromosoma”¹⁷⁹, aunque se escucha y escribe similar a una respuesta correcta, no se le encuentra un sentido biológico; “es una parte de un gen, región homóloga en donde se encuentra la información genética”¹⁸⁰, el hecho de que diga que es “homóloga” lleva a pensar que la está confundiendo y pensando que está directamente relacionado con los cromosomas homólogos; “que es la herencia ligada al sexo”¹⁸¹, con la que simplemente no hay una relación directa; “el autosoma del mismo”¹⁸², respuesta incorrecta, porque además la región heteróloga, se usa generalmente en genética al hablar de los cromosomas sexuales, los cuales son heterocromosomas y no autosomas; “que dependiendo del cromosoma va a tener una codificación diferente”¹⁸³, lo que hasta cierto punto es cierto, si cuando se refiere a “dependiendo del cromosoma” lo está pensando como cromosomas X e Y, los cuales tienen información genética diferente en esta región, la cual está codificada de manera diferente, es decir, la secuencia de nucleótidos en esta región es específica para cada uno de los dos cromosomas en cuestión; no obstante, al ser su respuesta ambigua, no permite conocer si en realidad el estudiante sabe qué es la región heteróloga.

En relación con la pregunta 2 (¿qué significa que sea un individuo portador?), algunas de las respuestas fueron: “a un individuo que hereda el gen, es decir que lo posee pero no lo expresa”¹⁸⁴, “a que en su genotipo posee un gen determinado pero no fenotípicamente, no lo expresa, únicamente lo puede heredar”¹⁸⁵, “cuando es capaz de transferir la información pero no la expresa”¹⁸⁶, “que porta el alelo que codifica la característica de la alopecia pero no la presenta físicamente”¹⁸⁷.

Con algunos otros alumnos, aunque tuvieron ciertos problemas para comunicar la idea, sus respuestas sugieren que tuvieron una idea cercana a lo que en genética se reconoce como un individuo portador: “cuando ésta contiene el genotipo pero no el fenotipo y lo puede heredar,...cuando el individuo tiene el gen pero no lo presenta”¹⁸⁸, que al parecer se trata de

¹⁷⁷ 08KTP0212

¹⁷⁸ 13SNM0212

¹⁷⁹ 14JAV0212

¹⁸⁰ 11AMB0212

¹⁸¹ 10MHR0212

¹⁸² 09BGM0212

¹⁸³ 03ATG0212

¹⁸⁴ 02DHA0212

¹⁸⁵ 01JAR0212

¹⁸⁶ 07ASR0212

¹⁸⁷ 09BGM0212

¹⁸⁸ 10MHR0212

una dificultad con el lenguaje, ya que en lugar de decir que no lo expresa, escribió que no lo presenta; “contiene el genotipo pero no se expresa, sólo se hereda...[pero fue la única pregunta del total de cinco, que respondió]...es cuando se hereda un alelo que no se expresa en el individuo, pero sí lo puede heredar”¹⁸⁹.

También hubo un estudiante que sólo lo relacionó con un gen implicado en el desarrollo de una enfermedad: “que tiene un gen de alguna enfermedad pero no la expresa físicamente”¹⁹⁰; ello, muy probablemente porque del alelo que se trata en el cuaderno de trabajo, para explicar el patrón de herencia influido por el sexo, efectivamente está implicado en lo que muchos reconocen como una enfermedad (alopecia androgénica) y no como una expresión de la variabilidad genética y fenotípica.

Por otro lado, puede observarse que las preguntas 3, 4 y 5 no resultaron tan sencillas para los estudiantes, pues el responderlas implicaba cierta reflexión, comprensión y apropiación del conocimiento, es decir, implicaron relacionar conceptos y no solamente comprender el significado de uno de ellos.

Algunas de las respuestas a la pregunta 3 (¿cómo le explicarías a un compañero lo que es la herencia influida por el sexo?) fueron: “la característica de la alopecia se encuentra en los cromosomas sexuales dando paso a la sobreproducción de testosterona y para que la alopecia se exprese debe haber interacción con otro gen”¹⁹¹, ésta es una de las respuestas más cercanas a la comprensión de lo que es la herencia influida por el sexo, es decir, a la respuesta esperada.

Otros estudiantes señalaron que la herencia influida por el sexo “puede ser cuando unos genes son dados por los genes sexuales”¹⁹², “que los alelos son diferentes y que para dar fenotípicamente una característica tiene que tener en el cromosoma X o Y para poder heredar la característica”¹⁹³, “depende si está en el cromosoma X o Y influiría a la mujer o al hombre”¹⁹⁴, “depende de si es hombre o mujer, si es hombre para expresar fenotípicamente algún rasgo solamente necesita de un cromosoma, y la mujer necesita tener ambos cromosomas para poder expresarlo”¹⁹⁵. Las anteriores son respuestas que tienen algunos elementos valiosos, pero les faltan algunos otros para catalogarse como totalmente correctas.

Algunos de los elementos valiosos que se pueden rescatar, es que es cierto que en el caso de una mujer, para expresar el alelo que codifica para el rasgo que se sabe que tiene un patrón de expresión influido por el sexo, será más probable que exprese el rasgo, si en sus dos

¹⁸⁹ 12EMO0212

¹⁹⁰ 06LGB0212

¹⁹¹ 16MPT0212

¹⁹² 15SLA0212

¹⁹³ 14JAV0212

¹⁹⁴ 10MHR0212

¹⁹⁵ 04NTT0212

cromosomas X o en su par de cromosomas X, está presente el alelo que codifica para dicho carácter, ya que de esa manera, si el alelo que se inactiva (por la compensación de dosis-relacionado con la teoría de Lyon) es el que no codifica para el rasgo en cuestión (piénsese en el de la alopecia androgénica), el que se va a expresar es el que codifica para éste. En cambio, si el alelo que codifica para dicho rasgo sólo se encuentra en uno de los dos cromosomas X de la mujer, existe menor probabilidad de que se exprese, dado que sólo se encuentra en uno de ellos; sin embargo, puede llegar a expresarse si nuevamente el alelo que se inactiva es el que no codifica para el rasgo (alopecia androgénica).

Las siguientes respuestas son ejemplos de aquellas respuestas en donde no se construyó una idea correcta de lo que es la herencia influida por el sexo: “es cuando un alelo sólo se hereda por ejemplo en el cromosoma X o cromosoma Y”¹⁹⁶ (lo que nos lleva a pensar que no habían revisado con anterioridad la herencia ligada al sexo, dado los problemas de comprensión observados, o bien, a pensar que lo están confundiendo, es decir, la explicación puede ser alguna de las dos. En otras respuestas señalan que este patrón hereditario consiste en que “algunos genes están ligados al cromosoma sexual”¹⁹⁷, o bien, “que muchas mutaciones se dan en el cromosoma 23 (o par número 23, que son el par de cromosomas sexuales) y afecta al cromosoma, le afecta más al hombre ya que la mujer tiene un cromosoma de reserva”¹⁹⁸. Esta es una respuesta que se aleja aún más de lo que se podría considerarse una respuesta adecuada. No obstante, se está consciente de que la información contenida en el cuadro de Punnett que se maneja en el texto favorece que se construya la concepción de genes ligados al sexo (no influidos), ya que no incluye los genes autosómicos.

El panorama de la pregunta 4 (*¿cuál es la relación entre alelos y fenotipo en este patrón de expresión?*) no es muy diferente del observado para la pregunta anterior. También hubo problemas para que los alumnos pudieran comprender, pero a pesar de ello, algunos dieron respuestas muy adecuadas, en el sentido de que rescatan elementos del patrón de expresión, los cuales son importantes para su comprensión: “que el fenotipo depende de la información existente en el par de alelos autosómicos”¹⁹⁹, es decir, que efectivamente pudieran identificar que para que un rasgo se exprese (el de calvicie androgénica) no basta con que exista o esté presente el alelo en el cromosoma sexual, sino también se requiere que esté presente un gen (en los cromosomas autosómicos) que codifica para la enzima (5- alfa reductasa) que transforma la testosterona en dihidrotestosterona, la cual es una sustancia que provoca la reducción de los folículos del cuero cabelludo, por lo que no es posible que pueda emerger el pelo u otras características del patrón de expresión.

¹⁹⁶ 17RRV0212

¹⁹⁷ 13SNM0212

¹⁹⁸ 03ATG0212

¹⁹⁹ 05MMT0212

Otras características rescatadas por los estudiantes y que aportan elementos para la construcción del conocimiento fueron “que hay más probabilidad de que se exprese en hombres”²⁰⁰, “para que la manifieste esta expresión, el individuo debe presentar ambos alelos X^cX^c si es mujer y X^cY si es varón”²⁰¹, o “que los alelos se definen con 2 alelos de expresión y la expresión X más dos alelos”²⁰², aunque esta última aportación deja entrever la idea, el lenguaje utilizado la torna confusa.

De manera más sencilla, algunos alumnos dieron una explicación muy acertada: “que en este patrón un par de alelos no determina el fenotipo, sino son dos pares de alelos los que lo determinan, los del cromosoma sexual y el autosoma”²⁰³, “puede que los 2 pares de alelos determinen para el carácter de la calvicie pero sólo si participa el gen autosómico, la calvicie se va a manifestar en el fenotipo”²⁰⁴; estas respuestas sugieren que los estudiantes tienen una idea bastante clara y sintética de la herencia influida por el sexo.

Otros estudiantes proponen que “el gen que codifica para la calvicie común es recesivo. sólo se observa en el fenotipo si los dos pares de alelos lo determinan”²⁰⁵ aunque menos precisa su respuesta, también proporciona una idea de que no sólo participa un par de alelos (un gen), más de un par de alelos de un gen, lo que es importante para comprender por qué se trata de un patrón de expresión de la información genética determinado por relaciones no alélicas, pero no da elementos o información que permitan diferenciar este patrón de otros no alélicos.

Algunas respuestas de aquellos estudiantes que construyeron un conocimiento erróneo son: “que en los alelos se encuentran los genes que dan esta expresión, dará origen al fenotipo”²⁰⁶, aquí se manifiesta un problema de concepción en cuanto a que piensen que los genes forman parte de los alelos.

Por su parte, en la pregunta 5 (Explica de qué manera este patrón de expresión contribuye a la biodiversidad) los resultados no fueron muy diferentes a los hasta aquí comentados, pues la mayoría de los estudiantes no pudo formular una respuesta clara al respecto, probablemente porque no comprendieron éste patrón de expresión. Algunas de sus respuestas fueron: “entender que puede haber diversidad genética influida o determinada específicamente por el cromosoma “x” y “y”²⁰⁷, “que puede haber diversidad genética por las reacciones que existen”²⁰⁸, “pues si hay distintos fenotipos ay mayor diversidad, sólo

²⁰⁰ 09BGM0212

²⁰¹ 17RRV0212

²⁰² 14JAV0212

²⁰³ 08KTP0212

²⁰⁴ 16MPT0212

²⁰⁵ 13SNM0212

²⁰⁶ 06LGB0212

²⁰⁷ 03ATG0212

²⁰⁸ 05MMT0212

por existir hombres y mujeres de diferentes razas ya hay una gran diversidad”²⁰⁹, “hay mayor biodiversidad entre mayor tipos de genotipos diferentes”²¹⁰, “por la diversidad de reacciones que existen entre alelos de diferentes cromosomas”²¹¹, en este caso si en lugar de decir reacciones, dijera interacciones, daría lugar a una idea correcta.

Las respuestas a las preguntas, además de lo comentado al inicio del párrafo anterior, llevan a pensar en lo que también muy acertadamente precisó el profesor entrevistado, con relación a que esta parte del cuaderno de trabajo fue una de las que representó un mayor reto para los alumnos:

Considero que donde hubo mayores problemas fue en la herencia influida por el sexo y la poligenia. En poligenia ellos consideraban muchos alelos recesivos y alelos dominantes, cuando en realidad en ese tipo de herencia se trata de alelos aditivos. Pero donde sí sentí que se perdieron mucho fue en la herencia influenciada por el sexo, porque como es un patrón distinto a los autosomas, la herencia no es semejante a los autosomas. Si bien, ya lo habíamos trabajado, ahí sí les costó un poco más de trabajo, quizá porque fue una de las actividades que se les quedó de tarea individual. Les costó bastante trabajo y a la hora de recapitular tuvieron muchos problemas; se vio qué no les quedó claro. En poligenia casi no hubo problemas, sólo fueron unas pequeñas ideas que hay que trabajar. En concreto, cada vez que los alumnos trabajaron de forma individual, y que era en actividades extraclase, pudieron observarse ciertas dificultades.

Por su parte, los estudiantes señalaron en el cuestionario de evaluación del cuaderno de trabajo que el problema en la comprensión de esta lectura fue que “las lecturas sean más simplificadas, por ejemplo en el caso de la maestra que les explicaba a los alumnos”²¹² “que las historias no sean tan largas”²¹³.

Existe por tanto la necesidad de que en esta sección se integren preguntas o actividades que les ayuden a establecer las relaciones, redes conceptuales, para poder construir una explicación como la que se les está solicitando y que también sean “ más dinámicos los ejercicios” tal y como lo sugieren algunos alumnos “que pusieran más ejercicios, ejercicios

²⁰⁹ 04NTT0212

²¹⁰ 16MPT0212

²¹¹ 07ASR0212

²¹² 12210312

²¹³ 09210312

más entendibles y dinámicos”²¹⁴; es decir, que permitan hacer una construcción del conocimiento partiendo desde un nivel molecular hasta un nivel macro, el de conjunto diverso de expresiones de vida, incluyendo los individuos, conjuntos de individuos.

También, es importante tomar en cuenta la forma de trabajarlo, ya que en ocasiones no ayuda el hecho de que ésta se haga de manera individual, principalmente en la fase de construcción de conocimiento. Al respecto, también se piensa que hizo falta inducir a los alumnos a relacionar estos conocimientos con la biodiversidad.

Teniendo en cuenta en que esta sección del cuaderno de trabajo se realizó como actividad extraclase, sería muy acertado revisarlo en grupo, con más profundidad y detalle, con la finalidad de que al socializar las respuestas y aclarar las dudas se llegue a una mejor comprensión y construcción del conocimiento de este patrón de expresión genética y que pudiera hacer, posteriormente, inferencias con respecto a su relación con la biodiversidad.

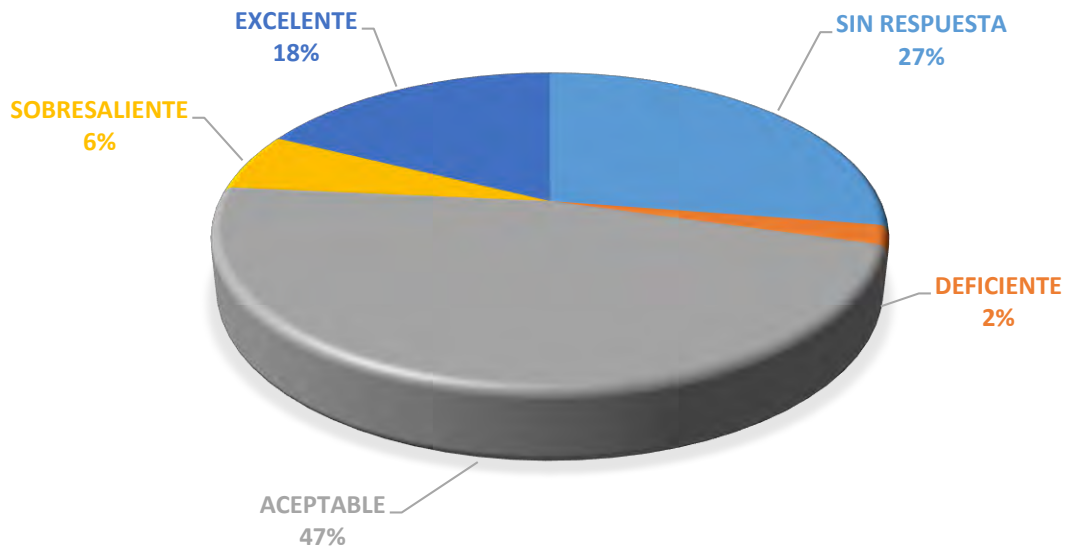
Una alternativa sería integrar, por lo menos, las dos primeras preguntas en la lectura y no hasta el final de la misma. Con respecto a la pregunta 3, valdría la pena que antes de contestarla identifiquen en la lectura algunas ideas importantes o características de lo que es la herencia influida por el sexo y que interpreten o expliquen cada una de ellas (por ejemplo, por qué si es mujer con un genotipo X^cX^c es muy probable que manifieste la calvicie, por qué es más frecuente el rasgo en hombres). Posteriormente, con lo rescatado e interpretado de la lectura, solicitarles que construyan una idea tratando de explicar qué es o en qué consiste este patrón de expresión.

Finalmente, en la pregunta 5 sería recomendable implementar una estrategia similar, es decir, ir construyendo por partes el conocimiento, primero a nivel molecular, cómo este patrón se relaciona con la variabilidad fenotípica, y posteriormente la relación entre esta variabilidad fenotípica y la biodiversidad y no pedir que den un brinco conceptual al trabajarlo como está propuesto en el material.

5.1.11. Actividad 1.3.4. Herencia influida por el sexo y calvicie androgénica

Como se muestra en la Gráfica 17, para la mayor parte de la actividad (47%) los estudiantes aportaron respuestas aceptables, el 27% se respondió de forma deficiente, sólo el 18% de la actividad se respondió de forma excelente, en el 6% de la actividad los alumnos aportaron respuestas sobresalientes y el 2% de la actividad no se respondió. Por lo que el panorama de análisis, al igual que en la actividad anterior, parece muy heterogéneo y complejo.

²¹⁴ 02210312



Gráfica 17. Resultados obtenidos en la actividad 1.3.4 del cuaderno de trabajo, en la que el estudiante explica el patrón de expresión de la herencia influida por el sexo a partir de una situación que se le propone.

La actividad consiste en una situación donde el padre (Pedro) de un bebé que está por nacer, presenta problemas de calvicie androgénica y la madre (Alejandra) del bebé es la portadora, ¿esto representa un problema para el bebé?, ¿cuál sería la proporción de los hijos que podría presentar ese problema? y ¿Por qué?

Si bien la actividad está conformada por un caso, redactado en alrededor de cinco renglones, se plantean tres preguntas, fue el último donde hubo menos respuestas (siete de los 17 estudiantes no la respondieron, a pesar de asistir a la clase en que se revisó, ya que fue también una actividad extraclase).

Uno de los estudiantes explicó: “sí, un 50% siendo Pedro calvo, aunque no representa un problema ya que él hereda el cromosoma. Y para los hijos el cual no tiene el alelo para la calvicie. Alejandra siendo portadora hereda un cromosoma X, este puede o no presentar el alelo para la calvicie, como se muestra en el cuadro de Punnett. La proporción es $\frac{1}{2}$, 50%” Sí, un 25% de una hija calva, 25% de un hijo calvo, 25% de una hija portadora, 25% de un hombre sano. sólo si se presenta el gen autosómico”²¹⁵. Esta es una respuesta correcta, porque además esquematizó y utilizó el cuadro de Punnett. No obstante, hace evidente lo que hizo falta agregar en la lectura, un cuadro de Punnett en donde se integraran los dos genes que participan y, por tanto, tener un panorama más completo de las posibilidades, las cuales se ampliarían por el número de combinaciones que se podrían formar, haciendo también más evidente la generación de variabilidad fenotípica. Es importante que los

²¹⁵ 08KTP0212

estudiantes puedan identificarlo para que les ayude a dar una explicación de la relación entre los patrones de expresión y la biodiversidad.

Otro de los estudiantes respondió: “Pues un 50% podría ser calvo sea hombre o mujer (25% y 25%). 25% de que sea mujer portadora y 25% de que sea un hombre sano. Siempre y cuando se tengan los autosomas”²¹⁶. Aunque elaboró el cuadro de Punnett, también hizo evidente que, en el cuadro de Punnett que forma parte de la lectura, faltó integrar el gen del autosoma, ya que sería lo correcto y además ayudaría a hacer evidente el aumento de la variabilidad, genotípica pero principalmente fenotípica. En esta aportación faltó que el alumno indicara si ello representa un problema o no, es decir, que reflexionara y argumentara con los resultados obtenidos. De forma que se perciba que no se trata de una mera mecanización, como afirman algunos investigadores.

Un estudiante indicó que “sí es un problema para el bebé, pues es muy probable que el bebé presente esta enfermedad, ya que ambos son portadores y presentan problemas con la calvicie. Si es mujer es muy seguro que sea calva, si el bebé fuera hombre pues también hay una gran probabilidad que sea calvo. Existe un 25% de que sea una mujer con alopecia, otro 25% de que sea calvo pero se necesita también de los autosomas”²¹⁷. Aunque a diferencia de la aportación del estudiante anterior, este último sí respondió la primera pregunta, aunque con algunos problemas, pues refiere que tanto la mujer como el hombre son portadores. Conceptualmente es un error, dado que los varones no son portadores para la calvicie androgénica, sólo las mujeres. Si el varón, además de presentar el alelo en el autosoma que codifica para la enzima 5-alfa reductasa portara en su cromosoma X el alelo que codifica para el rasgo, sería calvo, pero no portador porque lo estaría expresando. En esta respuesta faltó que se indicará que existe la probabilidad de que si es una hija, ésta sea portadora, que si es un hijo (varón), existe la probabilidad de que no sea calvo. Es decir, le faltó indicar la probabilidad de otras variantes fenotípicas.

Cabe señalar que la manera de abordar la situación, como una “enfermedad” y no como parte de las variaciones individuales que se expresan en una gama de fenotipos, se considera que podría ser una de las razones por la que los alumnos no la relacionen con la biodiversidad.

Otro estudiante explicó lo siguiente: “sí representa un problema para el bebé, ya que hay un 50% de probabilidad de que salga con el gen que causa el problema de calvicie. Un 25% de que sea portadora y un 25% de que sea sano y no posea el gen”²¹⁸. Se le olvidó o no supo que el hecho de ser calvo (calvicie androgénica o común) no solamente depende de un gen presente en el cromosoma X, sino también de por lo menos un gen más que se encuentra en un autosoma.

²¹⁶ 05MMT0212

²¹⁷ 07ASR0212

²¹⁸ 02DHA0212

Como comentamos al principio de este apartado de análisis de resultados, y apoyándonos en el gráfico que también se ubica al inicio, la mayoría de los estudiantes no dio una respuesta adecuada, algunos alumnos dijeron: “75%. Sí porque lo pueden heredar el gen que codifica la calvicie, aunque también sólo pueden ser portadores”²¹⁹. Lo que lleva a pensar en problemas de apropiación del conocimiento con respecto a este contenido. Además, pareciera que cuando se refiere al 75%, quiere referirse a la proporción, lo que en el lenguaje de la genética, a lo que se refiere representado de esa manera, es a la probabilidad de que tengan un hijo que presente el alelo para la calvicie. Pareciera no saber que un individuo que presenta un genotipo X^cX probablemente será una mujer portadora, pero no precisamente calva: “el 50% puede que sus hijos tengan problemas de calvicie”. Pero no se ocupa de responder a la primera ni la última pregunta. De nuevo señalan porcentaje y no proporción de hijos que podría presentar la problemática.

Otro alumno señala: “sí, el bebe saldría afectado porque ambos tienen el cromosoma “afectado”, entonces si se hace un cuadro de Punnett así como en el ejemplo de la lectura, el resultado sería de tener una hija calva o un hijo calvo. Además, si tuvieran un hijo varón, él sólo necesitaría un cromosoma para expresar el fenotipo”²²⁰. Está confundiendo cromosoma con alelo. Asimismo, su respuesta sugiere que no sabe o por lo menos no reconoce que el fenotipo, en este caso particular, no está determinado por un alelo, sino por más de dos, es decir, por lo menos por los alelos de dos genes.

Algunos otros alumnos refieren que existe “un 25% de tener un bebé sin este problema a un 25% de tener una hija portadora y un 50% de tener hijos con alopecia”²²¹. De igual manera señalan porcentajes, pero no proporción (que también se les solicitó). Otro alumno menciona “que en las mujeres 25% es calva, el otro 25% es portador. En hombres uno es calvo y en el otro sale normal”²²²; “no, pero mientras vaya creciendo se hará calvo, ambos tienen el patrón y al ser los mismos alelos darán esta característica. 25% calvo si tiene el gen”²²³. Se hace evidente los problemas conceptuales, así como en el uso de lenguaje biológico y conceptual. Menciona que 25% será calvo si tiene el gen, no sabe que se trata de un gen que se encuentra en un autosoma, es decir en un cromosoma no sexual.

Otro alumno comenta algo que es interesante: “No sabríamos, porque necesitamos más información de los autosomas”²²⁴, tiene razón en cierta parte; sin embargo, sin saber si es un gen dominante o recesivo, se podría hipotetizar, como hicieron sus compañeros, y justificar

²¹⁹ 01JAR0212

²²⁰ 04NTT0212

²²¹ 06LGB0212

²²² 09BGM0212

²²³ 11AMB0212

²²⁴ 14JAV0212

que no haya tratado de dar respuesta a la actividad, o bien, explicaron que “25% de tener un hijo sin calvicie, 25% de ser mujer portadora, 50% de tener un hijo (a) que presente problema, siempre que tenga el otro gen (autosoma). Además, muestra que comprendió que el fenotipo que presente un individuo no solamente depende de su sexo, sino también de la información genética que porte en otros genes.

Como se observa, varios de los estudiantes dieron respuestas que dejan ver que tienen algunos conocimientos como para intentar resolver o explicar la situación de Alejandra y Pedro, pero también hubo alumnos que les costó trabajo la actividad y solamente un alumno que no respondió ninguna de las preguntas.

En términos generales, se piensa que los estudiantes tienen una idea básica sobre la situación, pero quizá tenga que ver el hecho de que las preguntas no estén organizadas en incisos, lo que haya llevado a que no respondieran las tres preguntas, sino sólo una, de manera generalizada (Gráfica 17), pero se piensa que el que no se hayan respondido no fue porque no supieran, no es una explicación que satisfaga, porque en realidad la parte más difícil de esta actividad es la pregunta número tres. Una alternativa para mejorar esta actividad, además de reestructurar la lectura, es numerar por separado las preguntas para que sea evidente que son tres preguntas. Además, se podría ampliar su diseño de manera que sea más atractivo. Asimismo, por lo comentado, observado y escrito por los estudiantes, se considera que sería adecuado también integrar las preguntas durante la lectura para que la actividad 1.3.3 y la 1.3.4 no queden juntas, debido a que puede ser una posible causa de que se genere una sensación negativa, al pensar que se espera que también sean resueltas.

5.1.12. Actividad 1.3.5. Poligenia y tonos de piel en el humano

De acuerdo con la Gráfica 18, la mayoría de las respuestas (67%) suministradas por los estudiantes fueron muy buenas, es decir, excelente, 21% más de las respuestas fueron sobresalientes, 6% más de las respuestas fueron respondidas de manera aceptable y 6% de la actividad no se respondió.



Gráfica 18. Resultados obtenidos de la actividad 1.3.5, en la que el estudiante de Biología III reflexiona sobre algunos aspectos clave de la poligenia, como un patrón de expresión responsable de la diversidad en los tonos de piel en el humano.

Esta actividad estuvo integrada por 5 preguntas del patrón de la expresión poligénica, en donde a partir de una imagen que muestra la gradación del tono de piel en 5 mujeres y dada la lectura, el estudiante tenía que describir lo observado en la imagen, lo que observaba en sus compañeros de clase o amigos, reflexionara sobre sus propios cambios en el tono de piel durante su vida y explicara a qué se debían.

Pareciera que, de acuerdo a los resultados mostrados, esta actividad no representó mucho problema para los estudiantes, quizá porque eran preguntas apegadas con la realidad de su vida cotidiana, no son del ámbito meramente científico, es decir, de una esfera acotada de su realidad. Esto se sugiere porque las preguntas que conforman esta actividad y que implican un mayor grado de reflexión, son en las que se observó que las respuestas no son tan acertadas o congruentes con la pregunta, o simplemente no le dieron respuesta (preguntas 4 y 5).

Las tres primeras preguntas abordan temas relacionados con los estudiantes: por ejemplo, la primera pregunta implica la observación de una imagen y su descripción; estudiantes coincidieron en mencionar que se trataba de “diferentes tonos de piel en diferentes personas”²²⁵, “hay una gran variedad en los tonos de piel”²²⁶, “diferentes tonos de piel que varían desde claro a oscuro”²²⁷. Aunque lo que se buscaba con la actividad era que identificaran la variabilidad en los tonos de piel, algunos de los estudiantes también se percataron de la variabilidad en otros rasgos: “diferente tono de piel, de pelo y nariz”²²⁸, “5 mujeres con distintos tonos de piel y rasgos diferentes”, “diferentes tonalidades de piel”²²⁹,

²²⁵ 11AMB0212

²²⁶ 12EMO0212

²²⁷ 13SNM0212

²²⁸ 14JAV0212

²²⁹ 16MPT0212

“diferentes tonalidades de piel”²³⁰, “diferente fenotipo y que cada individuo pertenece a diferente población”²³¹, pero que más específicamente a una raza diferente, “las distintas variaciones del tono de piel en las personas, así como variaciones en su cabello y ojos”²³², “mujeres con diferentes tonos de piel, claros, oscuros y medios, así también la variante en el color de ojos y de cabello”²³³. Se especula que este ejemplo resulta adecuado y una coyuntura para que los estudiantes puedan relacionar cómo la interacción de alelos de más de un gen puede dar lugar a la variabilidad fenotípica que se presenta en las poblaciones humanas y por ende a la biodiversidad.

La segunda pregunta implicó observar a sus compañeros e identificaran cuántos tonos de piel había. La respuesta fue variada, algunos identificaron más tonos de piel, otros menos, lo que también al parecer estuvo influido por la interpretación que hicieron de la pregunta, ya que algunos de los estudiantes solamente observaron a sus amigos, es decir, los de la misma mesa, mientras que otros observaban a todos los compañeros del grupo. Para evitar esta confusión o interpretación, la pregunta deberá ser más específica. Una opción sería solicitar que su referente sean todos los integrantes del grupo presentes en el momento en que se realiza la actividad. Pero el hecho de plantearla de esa forma, era porque se contempló que la actividad se pudiera realizar fuera del aula.

Algunos de los estudiantes identificaron “tres”²³⁴ tonos de piel distintos, algunos más identificaron un mayor número: “7 tonos aproximadamente, ya que varían, algunos son un poco más claros u oscuros”, o un número mayor: “19 tonos de piel”²³⁵, “19 tonos distintos de piel”²³⁶, “19 variaciones”²³⁷, indicado por dos de los estudiantes (probablemente porque estaban trabajando juntos), lo cual es una respuesta correcta porque al haber en total 19 personas en el aula, incluido el profesor, y teniendo en cuenta que cada uno de nosotros tiene un color diferente al de los demás, es poco probable que haya dos individuos sobre la faz de la tierra que tengan el mismo tono de piel, lo que está dado también por las condiciones diferentes a las que hemos estado expuestos y también a la información genética que se posee.

Otras respuestas fueron: “son 17 porque cada uno tiene cierta diferencia de acuerdo con su tono de piel”²³⁸. Otros más no pudieron precisar el número pero comentaron: “hay variedad, no se puede decir con exactitud ya que son blancos, morenos, amarillos, cada uno en

²³⁰ 17RRV0212

²³¹ 07ASR0212

²³² 02DHA0212

²³³ 08KTP0212

²³⁴ 01JAR0212 y 09DGM0212

²³⁵ 03ATG0212 y 06LGB0212

²³⁶ 10MHR0212

²³⁷ 08KTP0212

²³⁸ 12EMO0212

diferentes tonalidades”²³⁹, lo que concuerda con lo observado por el estudiante del que se comentó anteriormente.

En la pregunta 3, se les preguntaba sobre los cambios en el tono de su piel, haciendo una comparación con respecto al momento de su nacimiento o eran pequeños. Comentaron que “cuando era pequeña era de un tono un poco más claro al que tengo ahora”²⁴⁰, “un tono de piel más morena”²⁴¹, “que estoy más morenita de lo que estaba de cuando era pequeña”²⁴², “un grado más oscuro”²⁴³, “cambió, oscureció”²⁴⁴.

Hubo quienes proporcionaron respuestas que no se esperaban, o no se había prefigurado que podrían surgir, ya que no sólo se refirieron al tono de la cara, sino también a otras partes del cuerpo como brazos, piernas, e incluso pies: “ahora soy de un tono más claro, cuando estaba pequeña era un poco morenita con el cabello oscuro, ahora mi cabello es más claro y con otros destellos”²⁴⁵, “pocos, sólo mis pies son un poco más claros pero muy poco”²⁴⁶, “me puse más morado”. Algunos señalan que no han cambiado, sólo cuando han estado en condiciones distintas a las que comúnmente suelen estar, pero no incluyendo esas ocasiones, siempre han sido del mismo tono de piel: “siempre he sido de este tono de piel, sólo una vez me expuse mucho al sol y mi piel cambió de color a rojizo, después moreno y ahora volví a mi color natural”²⁴⁷. Algunos hablaron no sólo del tono de piel, sino de otros cambios en relación con su peso: “oscurecimiento de la piel, sobrepeso”²⁴⁸.

En términos generales los estudiantes proporcionaron respuestas que se esperaban, es decir, señalaron que hubo cambios en su tono de piel, haciéndose este más oscuro del que solía ser cuando se era pequeño; no obstante las respuestas aportadas podrían enriquecer la actividad, ya que demanda una explicación más completa y compleja. Se dice que podría enriquecer la actividad si se trabaja a fondo en lo señalado anteriormente; sin embargo, en la socialización de sus respuestas no se trabajó y en ese momento no únicamente quien proporcionó estas respuestas se quedó intrigado, mirando al profesor y a su compañeros, moviendo para un lado y otro la cabeza, sino que alguno de ellos hojeó el cuaderno en la búsqueda de una respuesta. Pero tampoco al final se retomaron estas situaciones para dar una explicación al respecto, por lo que lleva a pensar que una de las posibles razones para ello fue el tiempo, dado que ya era un curso de Biología IV y se estaban aún revisando contenidos del curso de Biología III. Una alternativa, si bien no se haría en ese momento,

²³⁹ 05MMT0212

²⁴⁰ 02DHA0212

²⁴¹ 01JAR0212

²⁴² 03ATG0212

²⁴³ 11AMB0212

²⁴⁴ 13SNM0212

²⁴⁵ 05MMT0212

²⁴⁶ 06LGB0212

²⁴⁷ 16MPT0212

²⁴⁸ 17RRV0212

sería motivar a los alumnos para que ellos mismos investiguen y realicen una reflexión final, integrando lo comprendido de la lectura y lo investigado por su parte.

Cuando se preguntó a los alumnos cuál sería la causa de esos cambios, respondieron: “a la influencia del ambiente y genes que codifican mayor producción de melanina”²⁴⁹, lo que lleva a pensar que en ese momento el alumno ya tenía una idea clara de que la variabilidad en este rasgo era consecuencia de la interacción de diversos genes y de la influencia de las condiciones externas a las que estaba expuesto el organismo o individuo, “a la exposición al sol, entonces hay mayor producción de melanina”²⁵⁰, “a la producción de melanina y el ambiente”²⁵¹, pero pareciera que el alumno no tiene claro cuál es en realidad la relación entre ambiente y melanina, de forma que pudiera dar una explicación más completa al respecto, señalando el proceso.

Algunos más mencionan que se debe “a la reacción de la melanina con el sol”²⁵², aquí pareciera que no se tiene claro la manera en cómo interviene la melanina en el proceso; “al ambiente al que me expuse en una ocasión o tal vez a que empecé a producir más melanina”²⁵³; esta respuesta al considerar dos posibles explicaciones lleva a pensar que todavía no está seguro si el sol provocó el cambio, al quemarle, o al hecho de que sus células podrían haber producido más melanina como respuesta a la exposición al sol.

Algunos alumnos proporcionaron respuestas muy ambiguas “al ambiente”²⁵⁴, “al ambiente, exposición al sol”²⁵⁵, “ambiente”²⁵⁶, “al clima, acné, ambiente”²⁵⁷, “al sol”²⁵⁸, “al sol, productos químicos”²⁵⁹, “debido a la influencia del ambiente”²⁶⁰, “exposición al sol y mala alimentación”²⁶¹. Esto lleva a pensar que no saben cuál es el mecanismo o la manera de cómo es que el ambiente influye en la expresión en el tono de piel. Pareciera que su respuesta se debe a lo básico retomado de la lectura, pero no trataron de hacer construcciones más completas retomando mayor información de la aportada en la lectura, o bien, que a pesar de haber hecho la lectura, no la comprendieron.

²⁴⁹ 01JAR0212

²⁵⁰ 04NTT0212

²⁵¹ 13SNM0212

²⁵² 11AMB0212

²⁵³ 07ASR0212

²⁵⁴ 03ATG0212 y 12EMO0212

²⁵⁵ 08KTP0212

²⁵⁶ 09BGM0212

²⁵⁷ 10MHR0212

²⁵⁸ 14JAV0212

²⁵⁹ 15SLA0212

²⁶⁰ 16MPT0212

²⁶¹ 17RRV0212

Otras respuestas fueron más parecidas a las esperadas y que comúnmente proporcionan los estudiantes, es decir, al hecho de pensar que el sol es el que los quema y por eso son morenos: “al ambiente, creo que los rayos del sol provocan que nuestro tono vaya cambiando”²⁶².

En cuanto a las causas de la variación en los tonos de piel, hubo algunos alumnos que tuvieron una idea clara, aunque otros no tanto. Esto hace suponer que leyeron y comprendieron la información proporcionada; sin embargo y coincidiendo con el profesor, hubiera sido más adecuada como “actividad de apertura”, ya que les generó expectativas y dudas que podrían haber sido aprovechadas para iniciar la temática, como diagnóstico para tener acceso a los conocimientos previos de los estudiantes y con base en ello, dirigir la revisión y las precisiones, lo cual podría representar una oportunidad más para que ellos construyan el conocimiento, sin necesidad de proporcionarles toda la información, como lo comentó el profesor: “con la lectura ya les diste información para todas las respuestas”. Esto podría ser positivo para que se vaya construyendo por partes el conocimiento y reacomodación tanto de ideas como concepciones, para que, posteriormente, puedan reflexionar en sus respuestas.

Con relación a la última pregunta de la actividad, se piensa que es necesario darle la oportunidad al estudiante para que realice una búsqueda y trate de dar una explicación, por lo que se propone que lo adecuado sería que fuese un ejemplo diferente al de la apertura, para que existiera la necesidad de buscar información que le ayude a explicar el fenómeno.

En la última parte de esta actividad, algunos alumnos respondieron tratando de integrar elementos de la lectura: “a la interacción de los alelos, aunque en esta característica participan más de dos alelos, además de que se encuentran en diferente loci y se podría decir que el tono de piel depende de cuántos alelos dominantes y recesivos contribuyen, ya que entre más dominantes, más pigmentos habría, porque los alelos recesivos no aportan pigmento”²⁶³, lo cual se considera que es muy acertado porque lo importante, y dado el aprendizaje y propósito plasmado en el programa de estudios del curso (Biología III), es que compare las relaciones alélica y no alélica, para ello es importante que identifiquen que existen patrones de expresión que están determinados, no sólo por la interacción de alelos de distintos loci, sino también por factores ambientales, que generan que el fenotipo para el carácter o rasgo en cuestión sea muy variable y que para el caso particular del tono de piel, este factor ambiental estimula la producción de melanina, la cual se va a producir también en la medida en que el individuo porte o presente alelos que codifiquen para ésta.

Otro de los alumnos no integró mucho de la lectura: “puede contribuir los genes que les hereden sus papás, el ambiente. Por ejemplo. Por ejemplo los papás de Britany, su mamá es

²⁶² 02DHA0212

²⁶³ 02DHA0212

tono blanco y su papá moreno al igual que los de Monse”²⁶⁴; lo que si bien, para la determinación del color de la piel de una persona contribuyen los genes que se heredan de los padres y el ambiente no retoma la lectura para precisar o profundizar de qué manera ocurriría esto. La respuesta sugiere que posiblemente le resultó difícil entender la lectura, o le resulta complicado integrar el lenguaje o simplemente no leyó, porque en otras lecturas hizo anotaciones y esta aparece en blanco. Sin embargo, con base en la respuesta se requería haber ubicado qué estaba haciendo la alumna en ese preciso momento, para dar una explicación más confiable del porqué de su respuesta.

Lo mismo ocurre con la respuesta proporcionada por otro estudiante, en la cual se sugiere que existe un problema de conceptualización con relación a que pareciera que el alumno pensara que los genes se heredan por partes, es decir, como si se pudiera heredar una tercera parte de un gen. En ese sentido, lo que se puede decir es que falta claridad en su respuesta, porque también puede referirse a que ella heredó alelos, tanto de su padre como de su madre, pero que no todos codifican para melanina: “En mi equipo hay 3 tipos de tonos de piel, esto se debe a que sus padres les heredaron un poco de esos genes, ya que en 2 casos sus papas son de tonos de piel diferentes”²⁶⁵.

También en la respuesta siguiente, se sugiere que el estudiante tiene una idea, pero que tal vez no alcanzó a comprender, por falta de tiempo para realizar la lectura y el lenguaje le resultara nuevo (porque esta última parte del cuaderno, incluyendo esta actividad, la actividad 1.3.6 y la actividad 1.3.7 se realizaron en las dos horas de la clase). Al respecto, el alumno comentó: “se debe a que conforme vamos creciendo nuestras proteínas u organismo va teniendo cambios como tal vez la producción de más o menos melanina (pigmentos), dependiendo de la forma de interactuar de nuestros genes”²⁶⁶. En parte tiene razón, ya que en este caso particular del tono de piel, no es que se produzca más o menos melanina por el hecho de ir creciendo, sino porque las condiciones ambientales a las que estamos expuestos son diferentes, por ejemplo, cuando se es pequeño (bebé), generalmente no se está expuesto al sol, como se está en la etapa de la adolescencia, de forma que ello lleva a que el sol estimule la producción de melanina en las células de la piel como un mecanismo de protección ante el mismo.

La respuesta de otro de los estudiantes sugiere, hasta cierto punto, que está pensando que la recombinación de información genética en la reproducción sexual es la que genera este tipo de variabilidad, ya que reconoce que existen 19 tonos diferentes: “pues a que algunos padres son morenos y se combinaron con madres claras, aparte los factores ambientales, en la ropa, porque algunos protegen su piel, maquillaje en caso de mujeres y la alimentación”²⁶⁷. Por lo

²⁶⁴ 03ATG0212

²⁶⁵ 06LGB0212

²⁶⁶ 07ASR0212

²⁶⁷ 10MHR0212

que comenta, hace suponer que la consideración de varios factores es lo que le lleva a estructurar la idea de que al hacer una combinación de los mismos, se torna más complejo el proceso y por ende, es posible la diversidad fenotípica observada. Sin embargo, tampoco queda claro en su respuesta de qué manera concibe que factores como la alimentación o el maquillaje pueden influir en el tono de piel. Es cierto que cuando se consumen algunos alimentos, éstos pueden cambiar el tono de nuestra piel, como en el caso cuando se consume durante mucho tiempo papaya, en las manos y hasta en las uñas se percibe un tono anaranjado. Pero no se tiene la seguridad de que esto es lo que pueda estar pensando para decir que la alimentación influye. Tampoco se está seguro si cuando menciona el maquillaje se refiera a que éste cambia el tono de piel, porque su tono es diferente a la piel de la chica y le da una apariencia diferente o en el sentido de que la protege de estar expuesta al sol, por lo que no produce tanta melanina y eso es lo que evita que sea más morena de lo que podría ser.

Hubo estudiantes que a pesar de haber hecho la lectura no utilizaron, ni integraron elementos de ésta para explicar lo que se les solicita, su respuesta sigue siendo del conocimiento común, ya que no explican de qué manera la herencia influye o cómo interviene el factor ambiental para explicar el tono de piel en el grupo de amigos o compañeros de mesa: “a los padres y abuelos (herencia), al ambiente y la melanina con el sol en relación al ambiente”²⁶⁸, “a la gran variabilidad que hay en la herencia y cómo influye el ambiente en nosotros”²⁶⁹, “debido a los genes transmitidos por nuestros padres. Al factor ambiental ya que algunos estamos expuestos al sol durante largo tiempo”²⁷⁰, “Erick, su madre es blanca y él es de tez moreno claro, él de pequeño era un tono de piel más claro, sin embargo lo que le hizo oscurecer su tono de piel ha sido los cambios climáticos, es decir, la excesiva exposición al sol, y mi tono de piel al parecer siempre ha sido igual, mi madre es blanca y mi padre es moreno, lo cual significa que lo herede de mi madre”²⁷¹.

La última parte de la aportación, en donde explica el motivo de su tono de piel, sugiere que el alumno se refiere a que el alelo que no codifica para melanina, solamente es posible heredarlo de su madre, dado que ésta es de tono de piel claro como el suyo, es decir, no concibe la posibilidad de haberlo heredado de su padre, lo cual es posible si su padre no es moreno oscuro y ello es consecuencia de la información genética que posee y no de que las condiciones a que está expuesto no favorezcan la expresión de los alelos que posee y que sí codifican para melanina.

²⁶⁸ 11AMB0212

²⁶⁹ 12EMO0212

²⁷⁰ 13SNM0212

²⁷¹ 16MPT0212

La respuesta aportada por otros alumnos: “por el ambiente, padres y por la producción de melanina”²⁷², hace suponer la existencia de un problema de comprensión de la lectura, la cual requiere de una reestructuración, ya que presenta una redacción poco confusa. Sin embargo, también lleva a pensar en la posibilidad de que el alumno no haya leído, al tratarse de un estudiante que durante la sesión estaba haciendo tarea de otra asignatura.

El hecho de pensar que lo confuso de la lectura y la dificultad de ésta fuera una de las posibles causas que influyeron en que los alumnos no pudieran responder de manera adecuada a algunas preguntas de esta sección del cuaderno de trabajo, se generó a partir de lo comentado por los estudiantes: “que los temas sean explicados lo más claro posibles para que las actividades se realicen con mayor facilidad”²⁷³, “a veces luego no se entendía por el lenguaje que ocupaba”²⁷⁴, “pues que a veces las lecturas no le entendía”²⁷⁵, que era un lenguaje que en ocasiones me costaba”²⁷⁶.

No obstante, cuando se les preguntó específicamente por el lenguaje utilizado en las lecturas, hubo comentarios encontrados: “si había veces que no le entendía”²⁷⁷, “no entendía algunas veces”²⁷⁸, “algunas palabras no entendía”²⁷⁹ y que tal vez esa confusión podría ser por el uso de nuevos conceptos: “había conceptos nuevos”²⁸⁰; sin embargo, algunos proporcionaron comentarios opuestos: “se utilizaron palabras que frecuentemente usamos”²⁸¹, “no hubo dudas”²⁸², “siempre fue claro porque puede comprender las cosas”²⁸³, “porque el lenguaje es claro y de una manera fácil de entender”²⁸⁴.

Al respecto, también el profesor comentó haber detectado, en esta sección, problemas principalmente de tipo conceptual. Cuando se le preguntó con relación a la sección del cuaderno de trabajo que consideraba había representado mayor problema para los estudiantes, señaló a la Poligenia entre uno de los contenidos con ciertos problemas para su aprendizaje: ...“porque de repente en poligenia ellos consideraban muchos alelos recesivos y alelos dominantes, cuando en realidad en este tipo de herencias se trata de alelos aditivos, pero no tanto así”.

²⁷² 14JAV0212

²⁷³ 05MMT0212

²⁷⁴ 02DHA0212

²⁷⁵ 04NTT0212

²⁷⁶ 13SNM0212

²⁷⁷ 04NTT0212

²⁷⁸ 13SNM0212

²⁷⁹ 08KTP0212

²⁸⁰ 10MHR0212

²⁸¹ 05MMT0212

²⁸² 06LGB0212

²⁸³ 12EMO0212

²⁸⁴ 01JAR0212

Las dificultades en el aprendizaje del contenido principalmente se debieron a que fueron actividades realizadas fuera del aula y, al momento que se retomaban en el salón, habían olvidado algunas consideraciones de lo que habían revisado:

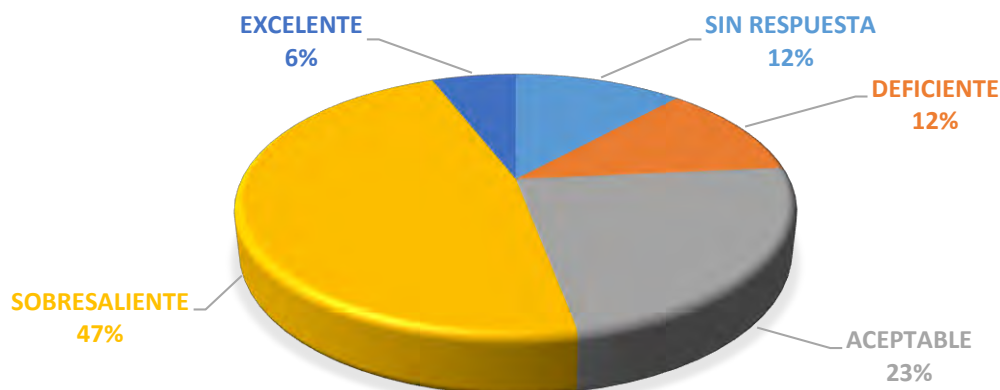
...en el caso de la poligenia hay ideas que hay que estarlas trabajando con los alumnos, pero en principio, esto se presentaba cada vez que trabajaron de manera individual, o que era una actividad para trabajar en casa, se observaron ciertas dificultades...

...pues estamos hablando de que tienen que recobrar esa actividad para llegar a la reflexión, en donde podemos pensar que se pierde un poco esa coherencia, porque ya no es lo mismo que sea inmediatamente, cuando los alumnos tienen las ideas frescas; si bien hicieron un escrito o escribieron sus respuestas, pierden argumentos que tal vez no escribieron y que se les quedaron en la cabeza, y querer recobrarlos hasta dos días después, ya cuesta mayor trabajo.

Una alternativa para abordar toda la parte de poligenia podría ser: dejar la actividad como de apertura, es decir, abordar las primeras cuatro preguntas y la última utilizarla no como actividad de investigación sino de integración, en la cual los alumnos, utilizando elementos de la lectura expliquen la situación de los tonos de piel de sus amigos o compañeros después de haber hecho la lectura. También se agregaría una actividad durante la lectura que ayude para que estudiantes y profesor puedan monitorear si se está comprendiendo. La actividad de investigación se realizaría para la actividad 1.3.6.

5.1.13. Actividad 1.3.6. Poligenia y complejidad humana

En la Gráfica 19 se observa que la mayor parte de la actividad se respondió de manera sobresaliente (47%), aunque sólo el 6% de la misma se resolvió excelentemente; el 23% de la actividad se resolvió de manera aceptable, el 12% se obtuvo por parte de los estudiantes una respuesta deficiente y el 12% no se respondió.



Gráfica 19. Resultados de la actividad 1.3.6 del cuaderno de trabajo, en la que se le pide al estudiante que explique el porqué de la complejidad humana, después de haber revisado el patrón de expresión y herencia, conocido como poligenia.

La actividad consistió en observar una imagen que se puede interpretar de dos formas, y que las respuestas proporcionadas por los estudiantes durante la revisión de éstas y también las escritas en su cuaderno de trabajo, las identificaron. Una es interpretar 5 individuos formados de espalda y que dejan ver una gradación que existe en relación con el peso, y la otra es concebir a un individuo que, a lo largo del tiempo, ha cambiado de peso de forma gradual. Después de observar la imagen se les pedía que dieran una explicación del fenómeno que observaban, de manera que su respuesta fuera coherente con cualquiera de las dos interpretaciones que identificaran.

Partiendo de lo anterior, se puede sugerir que la actividad representó un importante reto para los estudiantes, dado que tuvieron problemas para resolver de forma excelente toda la actividad. De los 17 estudiantes que estuvieron trabajando con el cuaderno de trabajo, en la quinta y última sesión solamente 16 asistieron, uno de ellos no respondió la actividad²⁸⁵, se piensa que fue el alumno que estaba haciendo nuevamente tarea de otra asignatura.

Las respuestas proporcionadas por los estudiantes fueron variadas, algunas muestran una mayor apropiación de contenido, pero también otras que dejan entrever que no hubo tal. De las respuestas que muestran una mayor apropiación: “existe una variación física en cada uno de los niños, ésta puede ser debida tanto a un factor genético como uno ambiental en el cual se presenta. El ambiente influye en este caso, pero en combinación con los genes, es decir, el gen de la obesidad puede estar presente en el organismo, pero el factor ambiental influye mucho, las interacciones entre genes y la dieta son expresadas en el fenotipo resultante. Considerar el medio ambiente y los factores del estilo de vida que serán determinantes al interactuar con las variantes genéticas”²⁸⁶. El alumno reconoce que es un caso de herencia

²⁸⁵ 04NTT0212

²⁸⁶ 08KTP0212

cuantitativa, puesto que su expresión se debe a dos factores, el genético y el ambiental; sin embargo, no abunda como piensa que ello ocurre, es decir, de qué manera participan en el proceso ambos factores para dar lugar a la variación observada en cuanto al peso de los individuos.

Algunas respuestas menos precisas, pero que rescatan una idea de la situación señalan: “se cuentan los fenotipos y en una población existe una mayor variabilidad del peso; existe influencia del ambiente”²⁸⁷, “esto se debe a factores ambientales, principalmente a la nutrición en el caso de su complexión, aunque también del metabolismo que posee cada persona y que es heredado a través de los genes de sus antecesores”²⁸⁸; “Esta imagen hace referencia a la herencia poligénica, en donde 2 o más pares de genes determinan pequeñas proporciones del fenotipo de estos niños y debido a la influencia del ambiente, por ejemplo la alimentación hace que sean más variables las características”²⁸⁹.

Otro alumno comentó que “hace referencia a la poligenia ya que pudo nacer flaco pero también el ambiente influye, si sus padres lo alimentaron hasta explotarlo tuvo que cambiar su estructura o pudo haber sido hereditario, papás gordos e hijos gordos o robustos”²⁹⁰; “en la imagen se muestra a un niño gordito y después va adelgazando y va disminuyendo hasta quedar delgado, esto es por la poligenia también puede influir el ambiente”²⁹¹; “muestra las diversas complexiones que las personas podemos tener, esto es como el tono de piel, ya que así como existen diversos tonos de piel, la complexión de las personas varía, esto puede pasar por el estilo de vida que llevan y por causa de los genes y el ambiente en que se encuentra la persona”²⁹². “parece que es la misma persona pero va de muy delgado aumentando su peso hasta un gordito. Pero tiene que ver el ambiente en el que se desarrolla, así como la alimentación”²⁹³. Influye la alimentación que lleva a cabo la persona o el metabolismo que tiene la persona y el metabolismo es influenciado por los genes”²⁹⁴.

En las últimas respuestas aportadas se deja ver la existencia de una idea principal sobre los factores que intervienen, es decir, el factor genético y el ambiental, y algunos de ellos incluso reconocen que está relacionado con el metabolismo de los individuos, y con la complexión; algunos de los factores ambientales que influyen en este rasgo son la alimentación y el estilo de vida; sin embargo, no logran construir una relación congruente entre éstas para dar una

²⁸⁷ 01JAR0212

²⁸⁸ 02DHA0212

²⁸⁹ 16MPT0212

²⁹⁰ 11AMB0212

²⁹¹ 03ATG0212

²⁹² 05MMT0212

²⁹³ 06LGB0212

²⁹⁴ 07ASR0212

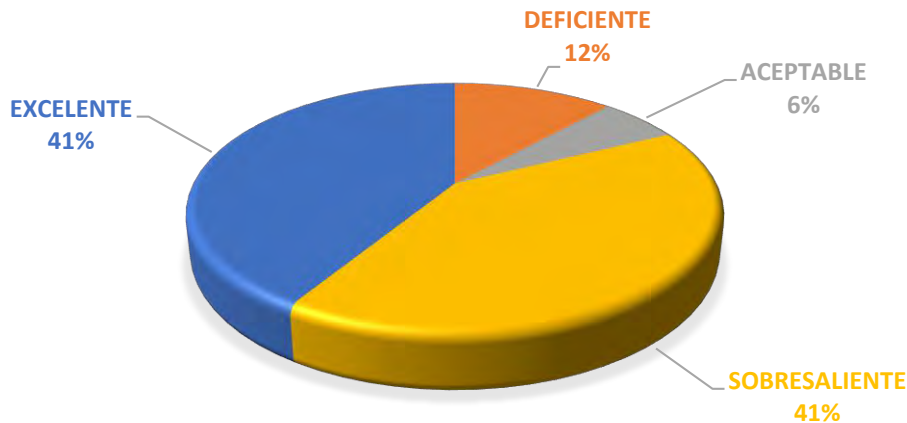
explicación más completa como lo hicieron los estudiantes cuyas respuestas se señalaron en los párrafos anteriores, donde establecen mayores relaciones y la manera en que el factor ambiental y hereditario explican el fenómeno observado.

Para mejorar la actividad se propone como alternativa trabajarla en dos partes; la primera que implique la descripción de lo que se observa, es decir, una propuesta de cómo lo explicaría; y la segunda, hacer una investigación sobre la variabilidad de la expresión en relacionado con este rasgo y patrón de herencia y discutirla en clase, ya sea en plenaria u otra forma de trabajo que se considere más pertinente. Lo anterior con la intención de guiar al estudiante en la construcción de la explicación del fenómeno de la gran variabilidad de expresión fenotípica que se registra en las poblaciones en cuanto al carácter peso o la complejidad de una población. De esta manera también se responde a las sugerencias de los alumnos para mejorar el cuaderno de trabajo en relación con las actividades y lecturas: “poner más temas”, “que pusieran más ejercicios, ejercicios más entendibles y dinámicos”. También una opción para esta actividad es seleccionar una imagen de una población en donde se muestren distintos individuos con distintas complejidades, de manera que posibilite llevar al estudiante a la formulación de la idea de variación fenotípica poblacional. Para que posteriormente se precise explicar de qué manera el ambiente de forma conjunta con la información genética de las personas explican dicha variabilidad.

5.1.14. Actividad 1.3.7, de cierre

Como se observa en la Gráfica 20, el 41% de la actividad se resolvió de manera excelente, 41% más se resolvió de forma sobresaliente, el 6% se respondió de forma aceptable y 12% de forma deficiente.

La actividad consistió en completar un crucigrama de 15 preguntas sobre los conceptos básicos revisados a lo largo del material: biodiversidad, relaciones intergénicas, diploide, relaciones no alélicas, herencia influida por el sexo, alelo, cromosoma, gradación, Poligenia, epistasis, DNA, relaciones génicas, relaciones intragénicas, genoma y patrón de expresión génica. La actividad la realizaron 16 de los 17 estudiantes que estuvieron trabajando con el material, ya que uno de ellos no asistió a la última sesión.



Gráfica 20. Resultados de la actividad de cierre, la cual consistió en resolver un crucigrama que contenía varios de los conceptos clave tratados en el cuaderno de trabajo.

En términos generales podría decirse que, de acuerdo a los resultados, esta actividad no implicó muchos problemas para los estudiantes, a excepción de la pregunta 5 que nadie respondió, la cual trata de la herencia influida por el sexo, y la número 15, que sólo algunos pudieron responder. A pesar de haberse desarrollado como una actividad en equipo, para la cual se dieron alrededor de 15 minutos y pese a las expectativas del profesor, quien creía que no terminarían y tendrían problemas para responder, la mayoría logró terminarla y responderla de forma adecuada; además se tuvo tiempo para una revisión grupal de manera rápida.

De los 16 alumnos que realizaron la actividad, solamente seis resolvieron 14 conceptos de manera correcta. Los conceptos que mayor problema representaron para los estudiantes a este punto de revisión del tema fueron, además de los ya mencionados: gradación (14 estudiantes), genoma (11 estudiantes), relaciones génicas (6 estudiantes), DNA (4 estudiantes), cromosoma (3 estudiantes), relaciones no alélicas (2 estudiantes), epistasis (2 estudiantes), relaciones intergénicas (1 estudiante).

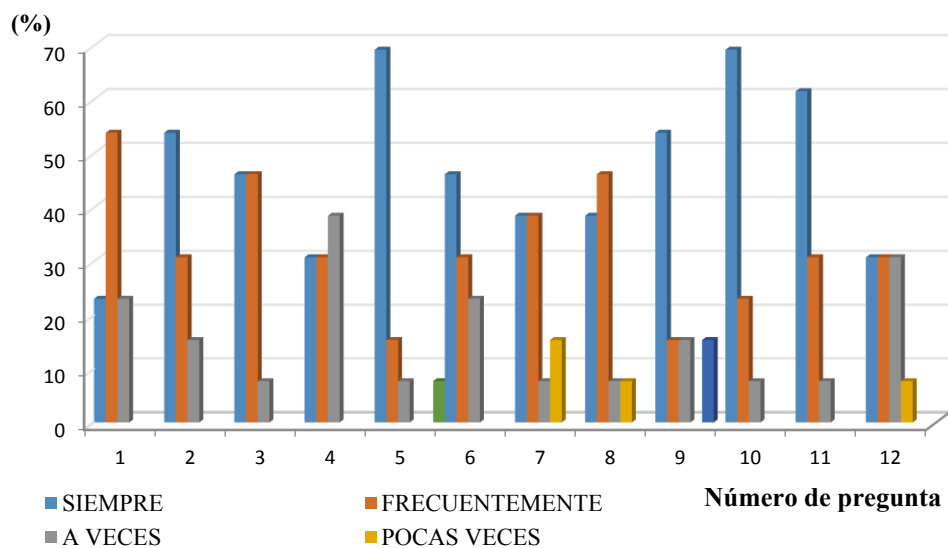
En el caso del concepto de gradación, es comprensible su dificultad ya que solamente se mencionó en lo que es la poligenia y debido a ello no se lo apropiaron los estudiantes; lo mismo se puede pensar en relación con el concepto de genoma, el cual fue pocas veces referenciado a lo largo del material, por lo que hubo pocas oportunidades para que los alumnos pudieran apropiarse de él. En lo que corresponde al concepto de relaciones no alélicas, una de las posibles razones por las que varios estudiantes tuvieron problemas para identificarlo, estriba en el hecho de ser un concepto al que se le refieren dos significados: como sinónimo de relaciones no alélicas o con un significado más general para referirse a las relaciones entre genes, sean estos alelos o no, es decir, engloba a las relaciones alélicas o no alélicas.

De acuerdo a lo comentado por el profesor y a lo visto en clase durante el desarrollo de esta actividad, puede considerarse que fue adecuada, ya que favoreció que los estudiantes volvieran a revisar su material y recapitularan los conceptos básicos y tema que se tratan en él, por lo que sería una actividad que no se considera eliminar. Habría que reconsiderar la pregunta 15, la cual implica construir una idea y no un concepto o palabra, de ahí su grado de dificultad. No se cambiaría la pregunta 5 a pesar de que ninguno de los estudiantes la pudo responder, porque se espera que con la reestructuración del cuaderno de trabajo, los alumnos logren responderla. La decisión de cambiarla, quitarla o cualquier otra, se tomará hasta que se tenga más información sobre qué sería lo más conveniente. En cuanto a otros conceptos, se cambiarían algunos, como el de gradación, para incluir los que se consideren conceptos clave y que ayuden a conformar una idea de lo que son las relaciones no alélicas (interacciones génicas), ya que es un concepto básico que se busca construir a lo largo del cuaderno de trabajo.

En esta última parte del cuaderno de trabajo se piensa necesario además integrar una actividad de cierre, que no consista en identificar conceptos, sino que sea una experiencia de aprendizaje que implique reflexión e integración de elementos importantes relativos a las relaciones no alélicas.

5.2. Resultados de los cuestionarios

Luego de la aplicación del instrumento de intervención, es decir, el cuaderno de trabajo para el curso de Biología III sobre la temática de relaciones no alélicas (interacciones génicas), durante cinco sesiones, en el grupo 804, del turno vespertino, se realizó una encuesta a 13 de los 17 alumnos que resolvieron el cuaderno de trabajo. En la Gráfica 21 están representadas, en unidades de porcentaje, las respuestas seleccionadas por los estudiantes para cada una de las 15 preguntas que conformaron el cuestionario de evaluación (anexo A).



Gráfica 21. Resultados del cuestionario de evaluación del cuaderno de trabajo.

El cuestionario consistió en dar respuesta a 15 reactivos que les fueron aplicados a los estudiantes que habían resuelto el cuaderno de trabajo. Las opciones de respuesta para 12 de ellos se presentaron en una escala de frecuencia con seis categorías: siempre, frecuentemente, a veces, pocas veces, nunca, sin respuesta. Los tres reactivos restantes, fueron preguntas abiertas. El cuestionario fue resuelto por 13 estudiantes.

5.2.1. Actividades del cuaderno de trabajo

Se puede observar en la Gráfica 21, que de los 12 reactivos del cuestionario que les fueron aplicados a los estudiantes que hicieron uso del cuaderno de trabajo ninguna de las preguntas fue seleccionada por lo menos el 70% de las veces.

En la pregunta 1, más del 20% de ellos refirieron que siempre las actividades propuestas, en el cuaderno de trabajo, les ayudaron a comprender la temática: “porque había ocasiones en que el texto no me dejaba claro al 100% y con las actividades iba despejando dudas”²⁹⁵, “las actividades no se desviaban del tema o no se confundían temas”²⁹⁶, “me ayudó mucho”²⁹⁷. Más de la mitad coincidió en que frecuentemente: “la mayoría de los temas los entendí bien”²⁹⁸, “la problemática del tema se resolvía”²⁹⁹, “porque eran actividades que tenían que ver con el tema”³⁰⁰, “hubo algunos conceptos y explicaciones que se complicaba porque no me eran muy claros”³⁰¹, “porque en ocasiones eran un tanto complicados porque pedían que explicáramos antes de haber visto el tema”, “si pero no siempre por la manera que lo explicaba”, “eran muy claras aunque hubo muchas que no entendía”³⁰², “si porque junto con el maestro quedaba más claro el tema”³⁰³. Alrededor del 20% de ellos comentaron que sólo a veces: “porque no entendía algunas cosas”³⁰⁴, “en ocasiones los conceptos no quedaron claros”³⁰⁵.

Con relación a si las actividades fomentan que el estudiante construya su conocimiento, el profesor consideró:

...“que las actividades recapitulan la información proporcionada en el cuaderno; sin embargo, creo que algunas se quedan ahí, en recuperar la información que está presente y hacer repetitivo lo que está escrito, no hay una aplicación en un

²⁹⁵ 01210312

²⁹⁶ 11210312

²⁹⁷ 12210312

²⁹⁸ 10210312

²⁹⁹ 09210312

³⁰⁰ 08210312

³⁰¹ 06210312

³⁰² 03210312

³⁰³ 04210312

³⁰⁴ 13210312

³⁰⁵ 07210312

contexto diferente. Considero que ese tipo de actividades contribuyen a la construcción del conocimiento, pues al recapitular la información los alumnos aprenden o hacen suya cierta información, les queda claro, resaltan algunos conceptos, pero probablemente ahí se quede. Es importante también saber cómo lo aplica en contextos diferentes; tal vez sería responsabilidad del profesor ver cómo las va intercalando con otro tipo de actividades”...

En ese tenor, se considera que, si bien el cuaderno de trabajo ayudó a comprender cierta parte del tema, no bastó para comprenderla por completo, ello debido a que la explicación en algunas de ellas, no fue lo suficientemente clara y se requiere de la ayuda del profesor, para que puedan quedar mucho más clara.

También se propone hacer algunos cambios, —atendiendo a lo comentado por el profesor en el sentido de falta de aplicabilidad de lo aprendido—, entre los cuales estaría retomar las preguntas planteadas para cada uno de los tres patrones de expresión tratadas al inicio de los mismos y aprovechar la explicación que se da para cada caso, para que, con base en ella, puedan responder también las preguntas y algunas otras que les pudieran surgir.

5.2.2. Instrucciones de las actividades

Con relación a la pregunta 2 del cuestionario de evaluación, se tiene que más del 50% de los alumnos opinó que las instrucciones para realizar las actividades siempre fueron claras: “yo no tuve problema en descifrarlas”, “se explicaba lo que tenía que hacer”³⁰⁶, “nunca hubo dudas”³⁰⁷, “las palabras eran correctas y comprensibles”³⁰⁸, “eran fáciles de entender”³⁰⁹, “sí, ya que nos explicaba bien cómo hacerlo”³¹⁰, “siempre comprendí”³¹¹. Un poco menos del 30% de ellos consideró que frecuentemente habían sido claras las instrucciones: “por lo regular sí eran claras y decían lo que debías hacer”³¹², “porque había veces que no entendía la pregunta”³¹³, “la mayoría, aunque en algunas ocasiones no entendía lo que me pedían”³¹⁴ “había algunos ejercicios que eran como complicado saber que se pedía”³¹⁵; y, alrededor del

³⁰⁶ 05210312

³⁰⁷ 06210312

³⁰⁸ 07210312

³⁰⁹ 09210312

³¹⁰ 10210312

³¹¹ 13210312

³¹² 01210312

³¹³ 04210312

³¹⁴ 08210312

³¹⁵ 11210312

15% de ellos opinó que sólo a veces habían sido claras: “luego no se entendían y eran confusas”³¹⁶, “hubo un ejercicio de la poligenia que no entendí”³¹⁷.

Al respecto el profesor subrayó:

...“la falta de claridad. Faltaría una presentación del cuaderno, no únicamente de las actividades, los ejercicios y las lecturas. Es decir, una explicación de qué es lo que trata el cuaderno, el objetivo, lo que se va a presentar en él —dirigido tanto para alumnos como para profesores—, de manera que conozcan a qué se van a enfrentar y tal vez, los propósitos de cada una de las actividades, no como una receta de cómo se debe trabajar cada actividad, sino el propósito de la misma, ya que tal vez eso ayudaría al estudiante a tener más claro las instrucciones, es decir, lo que tiene que hacer, y lo que se espera de él al finalizar cada una de las actividades”...

En general, y de acuerdo a los diferentes comentarios vertidos por los estudiantes y el profesor en relación con las instrucciones proporcionadas para la realización de las actividades, se considera necesario revisar su redacción, para que sean claras al especificar a qué situación se pide que refieran su respuesta y evitar confusiones, como lo ocurrido en el caso de Héctor.

También, se retoma la sugerencia del profesor en cuanto a agregar una presentación al material, pues ello podría abonar a tener claridad en lo que se espera que el estudiante aprenda a través de las experiencias de aprendizaje.

5.2.3. Interés y forma de abordar el tema

El tercer punto tiene que ver con la forma de abordar el tema; alrededor del 45% de los estudiantes comentó que ésta había sido interesante: “porque utilizaban ejemplos claros”³¹⁸, “ejemplos muy interesantes”³¹⁹, “había casos poco comunes”³²⁰, “interesante por los casos que se ponían o ejemplos”³²¹, “es más fácil que tener que copiar en el pizarrón con límite de tiempo”³²², “si había algunos problemas”³²³.

³¹⁶ 02210312

³¹⁷ 12210312

³¹⁸ 05210312

³¹⁹ 06210312

³²⁰ 10210312

³²¹ 12210312

³²² 11210312

³²³ 13210312

Alrededor del 45% comentó que frecuentemente había sido interesante la forma en que se abordó el tema: “había algunos temas que eran un poco confusos”³²⁴, “siempre ponían temas de interés para explicarlo”³²⁵, “sí, ya que había situaciones graciosas”³²⁶, “sí, porque lo hacía más interesante”³²⁷, “los ejemplos llamaban la atención”³²⁸, “tenían ejemplos claros y algunos de interés”³²⁹; y alrededor del 5% de los alumnos opinó que sólo a veces había sido interesante: “se iba contando como una historia”³³⁰.

Al respecto el profesor consideró que:

...“la presentación, la organización, las temáticas, los colores y en algún momento las imágenes y la forma de presentarlas, algunos ejercicios, el tipo de tablas que se utilizan en algunos casos, la forma como se ha seccionado —diferentes temas, subtemas y esos subtemas en diferentes actividades— es adecuado para el trabajo que se busca realicen los alumnos. En el momento de entregárselos y que los alumnos abrieron las primeras páginas mostraron bastante agrado por el trabajo que se les estaba proponiendo. Las imágenes en su mayoría son bastante buenas; sin embargo, hay alguna que otra que requiere modificaciones o checar algunos detalles”...

En términos generales, con base en todos los comentarios vertidos, se piensa que si bien no fue el material más interesante, el hecho de utilizar ejemplos y casos con los que se logran identificar los alumnos hace que les parezca interesante. La alternativa que se figura para mejorar el material es perfeccionar la redacción, ya que algunos de los estudiantes así lo señalaron, y es quizás una de las razones por la que no todos consideran que haya sido interesante la forma de abordar el tema.

En ese sentido, y atendiendo a lo señalado por el profesor, se piensa necesario cambiar algunas imágenes, para que sean más acordes al texto y de mejorar la calidad, de forma que el cuaderno sea más atractivo visualmente.

5.2.4. Forma en que se aborda el tema y su relación con la vida cotidiana

Con respecto a la forma de abordar el tema, alrededor del 30% de los estudiantes consideró que el cuaderno de trabajo sí le aporta información que pueda aplicar en su vida diaria; al respecto comentan: “sí porque te explicaba y te ponía ejemplos con cosas cotidianas”³³¹,

³²⁴ 01210312

³²⁵ 02210312

³²⁶ 03210312

³²⁷ 04210312

³²⁸ 07210312

³²⁹ 08210312

³³⁰ 09210312

³³¹ 01210312

“porque los ejemplos utilizados eran cuestionamientos de jóvenes de mi edad”³³², “los conceptos se aplicaban en ejemplos que en nuestra vida podríamos utilizar”³³³, “si como la expresión del fenotipo”³³⁴.

Alrededor del 30% señaló que frecuentemente la forma en que se aborda el tema le aporta información que puede aplicar en su vida diaria: “sí, como en el caso de la comadre puede que esté en una situación así”³³⁵, “de alguna forma siempre es bueno saber más”³³⁶, “algunos ejercicios y temas no salían de mi cuadernillo, es decir no los usaba en otra materia o en mi vida”³³⁷, “pues sí, se le queda a una ciertas cosas”³³⁸. Asimismo, alrededor del 35% respondió que sólo a veces la forma en que se aborda el tema le aporta información que puede aplicar en su vida diaria: “no, porque lo explica muy científicamente y no siempre lo aplicamos”³³⁹, “pues a menos que estudie para médico pero en mi caso no”³⁴⁰, “en ratos de ocio practicaba algún tema como el de los gallos”³⁴¹, “si porque en ocasiones proponían historias”³⁴².

La mayoría de los estudiantes no están seguros de que la información del cuaderno de trabajo pueda aplicarla en su vida diaria, únicamente alrededor de la tercera parte está cierto de que lo puede aplicar. Pareciera que no se percatan que los ejemplos tratados son reales, que pertenecen a la esfera de la realidad y de la vida cotidiana y que por tanto, explicar estos fenómenos es explicar parte de esa realidad. Quizá ello se debe a que no hubo una suficiente discusión y socialización de los mismos, de manera que no los sintieron como cercanos; por lo tanto, una de las alternativas, antes de cambiar de ejemplos y buscar otros, sería cambiar la forma de trabajar la actividad, de forma que haya más interacción entre alumnos, y entre profesor y alumnos, así como un mayor análisis de la información tratada, para que se pueda ver la utilidad de dicho conocimiento.

5.2.5. Actividades y programa de estudios

El reactivo número cinco, se refiere a la relación entre las actividades propuestas en el cuaderno de trabajo y el programa de estudios de la asignatura; al respecto más del 60% de los estudiantes coincidió en que las actividades del cuaderno de trabajo siempre contemplan los aprendizajes propuestos en el programa de estudios: “abordaba los temas a tratar según

³³² 05210312

³³³ 06210312

³³⁴ 10210312

³³⁵ 04210312

³³⁶ 07210312

³³⁷ 11210312

³³⁸ 12210312

³³⁹ 02210312

³⁴⁰ 03210312

³⁴¹ 08210312

³⁴² 13210312

el programa escolar”³⁴³, “sí, porque va de acuerdo a los temas previstos”³⁴⁴, “sí ya que vimos las relaciones no alélicas y en qué consistían”³⁴⁵, “abordaba las relaciones no alélicas”³⁴⁶, “vi el programa de estudios”³⁴⁷.

Con todo, las respuestas de algunos estudiantes sugieren que muchos de ellos no conocían el programa de la asignatura, o bien, no se comprendió la pregunta, ya que algunos estudiantes respondieron que: “sí ya que se ve a fondo el tema”³⁴⁸, “las actividades iban de acuerdo con los textos del cuadernillo”³⁴⁹, “eran como una base y ya tenía un poco de conocimiento del tema y se me hicieron más difíciles las siguientes clases”³⁵⁰, todos los temas nos fueron útiles”³⁵¹, “porque dejaba más claro el tema”³⁵², “sí, porque siempre iban de acuerdo a lo que veíamos en clase”³⁵³. Sin embargo, dada la experiencia como docente, más bien pensaría que los estudiantes no saben qué es lo que propone su programa; a pesar de que se les pida que peguen en su cuaderno el programa indicativo o el operativo, no lo revisan, o lo hacen solamente la primera vez, cuando se revisa de manera conjunta, o bien si el profesor suele revisarlo al iniciar un tema o contenido. Por lo que una alternativa sería integrarlo al cuaderno de trabajo, sólo para que lo recuerden y se revise antes de comenzar a abordar el tema o contenido disciplinario.

Por su parte, el profesor comentó que:

...“algunas de las actividades necesitan trabajarse un poco más en la redacción para que quede más claro lo que se está proponiendo. También hay momentos en los que al finalizar unas actividades hay preguntas que son forzadas, en el sentido de que se le pide que respondan una pregunta que puede ser muy similar a otras, por lo que responden lo mismo, sin quedar claro la relación que tiene específicamente con lo revisado en ese momento. Un ejemplo es cuando se le pregunta sobre la biodiversidad, y en otro momento, se les pregunta de cómo un determinado patrón de expresión genética contribuye a la biodiversidad, que si bien es un concepto que tiene concordancia con las diversas formas de expresión de la información genética, el concepto más cercano sería el de variabilidad genética, en relación con la variabilidad fenotípica. Los estudiantes a veces repiten la misma respuesta que pusieron en la primera pregunta”.

³⁴³ 05210312

³⁴⁴ 02210312

³⁴⁵ 03210312

³⁴⁶ 07210312

³⁴⁷ 13210312

³⁴⁸ 12210312

³⁴⁹ 11210312

³⁵⁰ 08210312

³⁵¹ 06210312

³⁵² 04210312

³⁵³ 01210312

Por otro lado, las preguntas están dirigidas a la biodiversidad; sin embargo, el propósito de la unidad del programa de estudios de Biología III es la variabilidad, y eso representa un salto enorme, considerando que son las bases para entender la biodiversidad. Considero que primero les tiene que quedar claro que esto es variabilidad genética, lo que posteriormente da origen a los diferentes fenotipos y de ahí a la biodiversidad, como resultado además de procesos evolutivos. Creo que comienzan a hablar de biodiversidad cuando todavía los alumnos no tienen claridad en esto último...Ellos se quedan con la diversidad de fenotipos; muchas veces dicen, ah!, es que genera la diversidad de fenotipos, y sí es correcto en el sentido de que es parte de la biodiversidad, pero no se queda ahí, por lo que se tiene que recapitular indicando a qué parte de la biodiversidad contribuye y de qué manera”.

En este contexto puede agregarse que hacen falta actividades que ayuden al estudiante a establecer la conexión entre la diversidad genética con la variabilidad fenotípica, y de ésta última, con la biodiversidad, recuperando, al mismo tiempo, el conocimiento que tuvieran los estudiantes de su curso de Biología II en relación con el proceso evolutivo.

5.2.6. Comprensión del lenguaje utilizado en las lecturas

Con relación a la comprensión del lenguaje utilizado en las lecturas, el 45% de los estudiantes consideró que el lenguaje utilizado en las lecturas propuestas en el cuaderno de trabajo siempre fue comprensible; comentaron que, piensan que sí lo fue “porque el lenguaje es claro y de una manera fácil de entender”³⁵⁴, “sí, ya que entendí lo que eran estas relaciones”³⁵⁵, “se utilizaron palabras que utilizamos frecuentemente”³⁵⁶, “no hubo dudas”³⁵⁷, “los ejemplos fueron buenos”³⁵⁸, “siempre lo fue porque puede comprender con facilidad las cosas”³⁵⁹.

Alrededor del 30% de los estudiantes comentó que frecuentemente el lenguaje de las lecturas había sido comprensible, señalaron que lo consideraban así porque “había veces que no le entendía”³⁶⁰, “algunas palabras no entendía (suele suceder)”³⁶¹, “algunos conceptos que yo no conocía, no lo explicaba”³⁶², “había algunos ejercicios que tuve que leer detenidamente para poder realizarlo”³⁶³.

³⁵⁴ 01210312

³⁵⁵ 03210312

³⁵⁶ 05210312

³⁵⁷ 06210312

³⁵⁸ 07210312

³⁵⁹ 12210312

³⁶⁰ 04210312

³⁶¹ 08210312

³⁶² 09210312

³⁶³ 11210312

Más del 20% de los estudiantes consideró que sólo a veces el lenguaje de las lecturas fue comprensible porque “a veces luego no se comprendía por el lenguaje que ocupaba”³⁶⁴, “había conceptos nuevos”³⁶⁵, “no entendía algunas veces”³⁶⁶.

En su oportunidad, el docente señaló que:

“El nivel conceptual, como ya lo he comentado, es bastante pertinente... Considero que en la mayor parte del trabajo no hay problema con el lenguaje técnico, ni conceptual. Los conceptos que se utilizan son los que se manejan, o por lo menos, los deberían de manejar o incorporar siempre en el tema. El inconveniente es que se manejan varios sinónimos para un mismo concepto, lo que puede llegar a confundir a los alumnos, aunque esto ocurra sólo en algunos casos, la mayor parte del lenguaje que se maneja es adecuado para el nivel bachillerato y para los objetivos que se buscan, o en este caso, para los aprendizajes marcados en el programa indicativo de Biología III”.

Tomando en cuenta los comentarios de los estudiantes y del docente, se piensa que hace falta reestructurar el material y clarificar los conceptos, principalmente aquellos que suelen confundirse con otros, como por ejemplo, gen y alelo, y en los que comúnmente se tienen problemas para comprender, como por ejemplo, —como el de cromosoma—. También, hace falta tener mayor orden, y no ir y regresar en el desarrollo del material, principalmente al desarrollar las lecturas, lo cual ha sido uno de los problemas más evidentes. Además, debe tenerse precaución para establecer con claridad las relaciones entre conceptos y revisar cuidadosamente cada una de las lecturas para poder explicar con palabras sencillas los fenómenos biológicos, como el de la herencia influida por el sexo y el de poligenia.

Tener mayor orden, no ir y regresar en el desarrollo del material y que es uno de los problemas más evidentes, como lo relativo a las relaciones no alélicas y alélicas. Además, debe tenerse precaución para establecer con claridad las relaciones entre conceptos: como entre cromosoma, alelo, gen y locus. En la medida de lo posible, revisar con cuidado la lectura para buscar la forma de poder explicar con palabras sencillas los fenómenos biológicos, como el de herencia influida por el sexo y herencia cuantitativa.

Asimismo, se requiere evaluar la propuesta de no manejar diferentes “sinónimos”, ya que por experiencia se ha visto que sí es necesario, pues cuando se les solicita a los estudiantes que revisen diferentes fuentes bibliográficas que tratan determinado tema, muchas veces los términos pueden variar dependiendo de la fuente, y eso puede llevar a que no entiendan

³⁶⁴ 02210312

³⁶⁵ 10210312

³⁶⁶ 13210312

porque no lo reconocen como lo mismo. Un ejemplo de ello, citado en el material, es lo referente a la región heteróloga del cromosoma, que también se reconoce como región diferencial.

5.2.7. Número de actividades

Referente al número de actividades, el 35% de los estudiantes señaló que siempre éstas fueron suficientes para la comprensión del tema, dijeron que “sí ya que trabajamos lo suficiente para dejar claro el tema”³⁶⁷, “sí, se esmera en que entendamos la temática”³⁶⁸, “sí fueron los suficientes para entender”³⁶⁹, “sí fueron suficientes para comprender por completo”³⁷⁰.

El 35 % consideró que frecuentemente fueron suficientes y abundaron: “hubo casos que creo que debieron ser más profundizados”³⁷¹, “en lo personal me faltaron actividades para poder comprender algunos temas”³⁷², “aún había temas en los que tenía dudas”³⁷³, “sí faltaron ejercicios para la comprensión de los temas”³⁷⁴.

Alrededor del 5% de los estudiantes indicó que sólo a veces habían sido suficientes las actividades: “algunas eran muy largas”³⁷⁵. Además, el 15% coincidió en que sólo pocas veces habían sido suficientes, ya que consideraban que hacían falta: “creo que debería haber más actividades para toda esa lectura”³⁷⁶, “faltaban más”³⁷⁷. Por último, el 8% de los alumnos encuestados no emitió opinión.

Analizando las respuestas, se piensa que el número de actividades no fueron suficientes, pues para algunos de los alumnos les resultó complicado construir los conocimientos relacionados con algunas partes del tema. Al respecto, se propone reestructurar algunas de las actividades, de manera que parte de éstas se vayan trabajando a la par de la lectura; se piensa cambiar algunas de las actividades como la de diagnóstico, de forma que implique que el alumno, a través de un dibujo represente cada uno de los conceptos que forman parte de ésta; además se contempla incluir una actividad para ayudar al alumno a comprender los conceptos de difícil aprendizaje en los que se ha visto tienen problemas como; gen, alelo, fenotipo, genotipo, cromosoma, locus; así como las diferencias las diferencias y las relaciones entre ellos.

³⁶⁷ 01210312

³⁶⁸ 02210312

³⁶⁹ 04210312

³⁷⁰ 10210312

³⁷¹ 03210312

³⁷² 05210312

³⁷³ 11210312

³⁷⁴ 12210312

³⁷⁵ 08210312

³⁷⁶ 07210312

³⁷⁷ 13210312

Por su parte, el profesor comentó que:

...“hacen falta actividades para algunas partes del tema, de manera que puedan realizar algunos ejercicios prácticos, o resolver problemas. Existen otras partes del tema que no permiten la realización de ejercicios.... Existen actividades que pareciera que tienen la intención de que el estudiante realice algunos ejercicios, pero solamente se queda en eso, en la intención; probablemente en algunas actividades el alumno pueda hacer la actividad, pueda hacer los cruces...O bien, hacen falta otros ejemplos de un determinado patrón de expresión, de manera que pueda reflexionar y aplicar lo que aprendió, para que pueda quedar un poco más claro”.

En ese sentido, se ha considerado reorganizar las actividades para que al final de la explicación de un determinado patrón de expresión, puedan retomarse las preguntas del caso planteado al inicio. De esta forma, se aprovecha el caso y se da oportunidad de aplicar lo aprendido para explicar un fenómeno biológico real en un contexto diferente.

5.2.8. Realización de las actividades

Más del 35% de los estudiantes opinó que siempre pudo realizar las actividades solamente con la información de las lecturas propuestas: “sí, porque entre las lecturas y el profesor explicaban bien el tema”³⁷⁸, “no tuve que investigar en otro lado”³⁷⁹, “sí las actividades se relacionaron con el tema”³⁸⁰, “no tuve que investigar en otro lado”³⁸¹, “sí, las actividades se relacionaron con el tema”³⁸².

El 45% señaló que no fue suficiente la información de las lecturas para realizar las actividades, por lo que recurrió a otras fuentes o pudo realizarlas con la ayuda que les proporcionó el profesor, y principalmente ello fue “porque luego no me quedaba bien claro”³⁸³, “en ocasiones las lecturas no me quedaban del todo claras y tenía que preguntar a mi profesor”³⁸⁴, “hubo algunas actividades que me costaron trabajo”³⁸⁵, “leí varias veces por si tenía dudas o le preguntaba al profesor”³⁸⁶, “en algunos ejercicios necesité consultar otras fuentes de información”³⁸⁷, “en algunos conceptos sí se necesitaba ayuda del maestro”³⁸⁸.

³⁷⁸ 01210312

³⁷⁹ 07210312

³⁸⁰ 09210312

³⁸¹ 07210312

³⁸² 09210312

³⁸³ 04210312

³⁸⁴ 05210312

³⁸⁵ 06210312

³⁸⁶ 08210312

³⁸⁷ 11210312

³⁸⁸ 12210312

Aproximadamente el 8% de los alumnos consideró que únicamente a veces pudo realizar las actividades sólo con la información de las lecturas propuestas: “me apoyé en mis compañeros cuando no sabía qué hacer”³⁸⁹, “a veces tenía que recurrir a otras fuentes”³⁹⁰, “a veces necesitaba buscar más información”³⁹¹. Por último, el 8% opinó que sólo pocas veces fue suficiente la información para realizar las actividades: “no porque el maestro complementaba algunas cosas”³⁹².

Considerando estos comentarios, queda claro que la información no es suficiente, y que ello en parte se debe a lo confuso de la misma, por lo que se precisa su reestructuración. Sin embargo, se está cierto que el profesor es un elemento indispensable en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, principalmente porque el proceso en sí mismo es complejo y puede resultar complicado, de manera particular, cuando implica el aprendizaje de conocimiento científico, el cual, como ya se ha comentado en otros apartados de este escrito, está conformado por un sistema de códigos, propios de este campo del saber. El lenguaje científico resulta aún más complejo si se tiene en cuenta que muchos de los conceptos no son claros, se utilizan términos del lenguaje común, pero con un significado diferente, o bien se utilizan varios términos para referirse a lo mismo. Implica reconocer patrones temáticos, es decir, comprender el sentido de un conjunto de ideas cuando se aplican en contextos diferentes.

El sentido de esta pregunta estaba más enfocado a conocer qué tan útil resultaba la información de la lectura en relación con las actividades propuestas. Por lo que los resultados sugieren que aún falta trabajarlas; principalmente los cambios que se proponen están enfocados a darle mayor claridad a las actividades.

5.2.9. Gusto por trabajar con el cuaderno de trabajo

Más del 50% de los estudiantes manifestaron su gusto por trabajar con el cuaderno de trabajo: “creo que la clase fue más didáctica”³⁹³, “fue divertido”³⁹⁴, “fue una dinámica interesante”³⁹⁵, “gracias a eso no utilizamos cuaderno”³⁹⁶, “sí, está muy completo”³⁹⁷, “es más sencillo leer que copiar”³⁹⁸, “fue interesante”³⁹⁹.

³⁸⁹ 03210312

³⁹⁰ 10210312

³⁹¹ 13210312

³⁹² 02210312

³⁹³ 01210312

³⁹⁴ 03210312

³⁹⁵ 05210312

³⁹⁶ 06210312

³⁹⁷ 10210312

³⁹⁸ 11210312

³⁹⁹ 13210312

Alrededor del 15% indicó que frecuentemente les había gustado trabajar con el material que se les proporcionó: “me ayudo a entender más los temas”⁴⁰⁰, “a veces no tenía tiempo de hacer la tarea”⁴⁰¹.

Otro 15% opinó que sólo a veces les había gustado trabajar con el cuaderno impreso proporcionado, pues “las lecturas eran poco largas”⁴⁰², “se me hace tedioso”⁴⁰³. Aproximadamente, un 15% indicó que nunca le había gustado trabajar con el cuadernillo porque: “le faltó actividades”⁴⁰⁴, “no, me gusta más la clase”⁴⁰⁵.

Con base en las respuestas de los estudiantes se piensa que, si bien a la mayoría le gustó trabajar con el cuaderno de trabajo, hay aspectos que aún falta analizar, reflexionar y reestructurar para que pueda agrandar más a todos los estudiantes. Con lo anterior, también se coincide en que deben reestructurarse las actividades y lecturas, para que sean más dinámicas y accesibles a los estudiantes, de manera que no parezcan tan largas, sin que se empobrezca o reduzca el contenido científico. Teniendo claro que la intención no es trabajar todos los contenidos del curso de Biología III, sino solamente una alternativa, que se pueda ajustar al trabajo en el aula de diversas formas; es decir, combinándolo con otros materiales para contribuir al logro de los aprendizajes planteados en el programa de la asignatura.

5.2.10. Diseño del cuaderno de trabajo

Alrededor del 70% de los estudiantes encuestados opinó que siempre les gustó el diseño del cuaderno de trabajo: “sí, porque aparte de texto tiene imágenes y actividades que hacen más interesante el cuaderno”⁴⁰⁶, “es más cómodo trabajar así”⁴⁰⁷, “fue muy práctico, en lugar de traer cuaderno y muchas hojas sueltas de los temas, sólo trajimos eso y listo”⁴⁰⁸, “sí, porque no es nada estorboso”⁴⁰⁹, “es cómodo y no ocupa mucho espacio”⁴¹⁰, “sí, que venga a color el texto e imágenes ayuda más”⁴¹¹, “sí, es bonito y está bien hecho”⁴¹², “estaba ordenado, engargolado, ilustrado e incluso con definiciones al pie de las hojas”⁴¹³, “es simple”⁴¹⁴.

⁴⁰⁰ 04210312

⁴⁰¹ 08210312

⁴⁰² 09210312

⁴⁰³ 12210312

⁴⁰⁴ 07210312

⁴⁰⁵ 02210312

⁴⁰⁶ 01210312

⁴⁰⁷ 04210312

⁴⁰⁸ 05210312

⁴⁰⁹ 06210312

⁴¹⁰ 08210312

⁴¹¹ 09210312

⁴¹² 10210312

⁴¹³ 11210312

⁴¹⁴ 13210312

Alrededor del 20% de los alumnos consideró que frecuentemente el diseño del material era adecuado y se abundó al respecto: “sí, aunque le falta un poco de contenido didáctico”⁴¹⁵, “sí, ya que lleva un orden y te va adentrando a los temas conforme los vas leyendo”⁴¹⁶, “lo que faltó fue un índice para leer el tema deseado”⁴¹⁷, y, aproximadamente el 8% restante indicó que sólo a veces les había parecido que el diseño del cuaderno de trabajo era adecuado ya que “le falta más redacción”⁴¹⁸.

El profesor comentó que:

...“la presentación del cuaderno es adecuada, los colores, en algún momento las imágenes y la forma de presentarlas; la forma de presentar algunos ejercicios; en algunos casos las tablas; la forma en que se ha seccionado... Considero que tiene una organización bastante clara, una secuencia lógica en la forma en cómo se va a abordar los contenidos, los colores, el diseño... hay imágenes en las que si se requiere modificar algunos detalles... si nos vamos solamente por la parte del diseño, es bastante adecuado para que el estudiante se sienta atraído a abrir el material y tratar de leerlo y trabajar con él”.

En términos generales, pareciera ser que el diseño del material es adecuado, pero para mejorarlo como comentan los estudiantes, se podría cambiar la redacción de éste, para que no sea tan confuso, así como el lenguaje. También como lo comentan algunos estudiantes y el profesor, y de manera particular se considera que una forma de mejorar su diseño sería reacomodando su contenido, y modificando las imágenes y el formato, de modo que sea más agradable a la vista, que las lecturas se organicen en forma de revista, y los casos como si fueran un fragmento de periódico, de manera que parezca que se está leyendo una nota periodística, para que pueda contribuir a que resulte más ameno a la vista.

5.2.11. Utilidad de las imágenes

Aproximadamente el 60% de los estudiantes consideró que las imágenes siempre habían sido útiles para comprender las lecturas, porque “ayudan mucho a comprender el tema”⁴¹⁹, “comprendo más”⁴²⁰, “me ayudaron a entender por medio de ejemplos”⁴²¹, “sí porque están

⁴¹⁵ 02210312

⁴¹⁶ 03210312

⁴¹⁷ 12210312

⁴¹⁸ 07210312

⁴¹⁹ 01210312

⁴²⁰ 04210312

⁴²¹ 05210312

a color y eso facilita más el aprender”⁴²², “sí porque llaman la atención y no son sólo letras, además entiendo más la lectura”⁴²³, “sí gracias a estas se entienden mejor los temas”⁴²⁴, “las imágenes ayudaban a comprender mejor situaciones, relaciones y procesos”⁴²⁵, “son muy favorables para darnos una idea”⁴²⁶.

El 30% de ellos indicó que frecuentemente las imágenes resultaban útiles para comprender las lecturas: “sí, porque tienen que ver y son útiles”⁴²⁷, “creo que me ayudaron demasiado”⁴²⁸, “traen una explicación más”⁴²⁹. Aproximadamente, el 5% de ellos dijo que sólo pocas veces las imágenes habían ayudado a comprender las lecturas, sólo que “a veces no coincidían con la lectura”⁴³⁰.

El profesor consideró que el hecho de que el cuaderno de trabajo presente imágenes:

...“además de enriquecedor es esencial, sobre todo, en procesos, en contenidos abstractos, tan abstractos como hablar de moléculas, de cruces entre moléculas; son muy necesarias algunas representaciones que atraigan a los alumnos. Sin embargo, hace falta trabajar algunas imágenes, porque presentan detalles que pudieran generar confusión, pues aunque la intención es acertada, existen otras opciones que pueden tener mayor impacto en el estudiante... Existen también algunas imágenes que son adecuadas con la información teórica y que si representan lo que se quiere manejar, pero que perdieron calidad y que pudieran mejorarse, lo que probablemente coadyuvaría en el atractivo visual y a una homogeneización de las imágenes al ser todas de calidad... Así también, hace falta hacer más homogéneas las tablas”...

Las respuestas proporcionadas por los estudiantes encuestados dan a entender que una buena parte de las imágenes resultaron útiles para comprender la lectura, no obstante falta revisar o modificar algunas que perdieron calidad, algunas otras requieren elaborarse o editarse, con la finalidad de que resulten adecuadas para apoyar la explicación; algunas otras, como comentó el profesor, falta ordenarlas, ajustarlas para que queden junto a la lectura y más precisamente, cerca de la parte de la lectura que pretenden apoyar.

⁴²² 06210312

⁴²³ 08210312

⁴²⁴ 10210312

⁴²⁵ 11210312

⁴²⁶ 12210312

⁴²⁷ 02210312

⁴²⁸ 03210312

⁴²⁹ 09210312

⁴³⁰ 07210312

5.2.12. Número de imágenes

Aproximadamente para el 30% de los alumnos encuestados el número de imágenes fue suficiente: “no son demasiadas pero tampoco faltan”⁴³¹, “sí, entendía más el concepto”⁴³², “más imágenes hubiese sido exagerado”⁴³³, “las necesarias”⁴³⁴. Otro 30% consideró que frecuentemente el número de imágenes en el material fue suficiente y señaló: “son bastantes”⁴³⁵, “tal vez faltaron un poco más de imágenes en el tema de epistasis”⁴³⁶, “tal vez necesite algunas más”⁴³⁷, “sólo faltaron un poco”⁴³⁸. Asimismo, otro 30% dijo que sólo a veces el número de imágenes presentadas en el cuaderno de trabajo había sido suficiente, por lo que consideraron que hacía falta aumentarlo; al respecto dijeron que: “le faltaron más”⁴³⁹, “algunos procesos creo que necesitan más imágenes”⁴⁴⁰, “faltan más”⁴⁴¹, “se necesitan un poco más de imágenes para comprender algunos temas”⁴⁴². Un poco más del 5% de los alumnos indicó que sólo pocas veces las imágenes habían sido suficientes⁴⁴³, sin embargo, no dieron razones por las cuales lo consideraban de esta forma.

Recogiendo los comentarios de los estudiantes y lo reflejado en el gráfico anterior, se considera que aún faltan algunas imágenes, o en su defecto, adecuarlas de mejor manera a la redacción y coherencia de las lecturas, mejorar su calidad y hacerlas coincidir con las explicaciones correspondientes: “las historias largas, estarían mejor más didácticas, como esquemas y dibujos”⁴⁴⁴, así como lo analizado del material, es lo que se sugiere. Ello se piensa que también lo señalaron debido a lo comentado por algunos investigadores, sobre la forma en que aprenden estudiantes como los de nivel medio superior, los cuales son muy visuales.

5.2.13. Sugerencias, lo que gustó y no gustó del cuaderno de trabajo

Las sugerencias de los estudiantes que hicieron uso del cuaderno de trabajo, versan sobre las imágenes, la redacción y la extensión de la lectura; recomiendan más actividades, ejercicios o problemas y la facilidad para realizar los mismos. Además, consideran que es necesario

⁴³¹ 01210312

⁴³² 03210312

⁴³³ 05210312

⁴³⁴ 07210312

⁴³⁵ 02210312

⁴³⁶ 06210312

⁴³⁷ 08210312

⁴³⁸ 12210312

⁴³⁹ 04210312

⁴⁴⁰ 09210312

⁴⁴¹ 10210312

⁴⁴² 11210312

⁴⁴³ 13210312

⁴⁴⁴ 08210312

“ponerle imágenes”⁴⁴⁵, “más imágenes en el tema de epistasis”⁴⁴⁶, “más colores e imágenes, actividades no tan largas y más ejemplos”⁴⁴⁷, “más imágenes que correspondan al tema”⁴⁴⁸, “más imágenes en los temas y un glosario para entender mejor los textos”⁴⁴⁹.

En cuanto a la redacción y la extensión de la lectura, sugirieron “más colores e imágenes, actividades no tan largas y más ejemplos”⁴⁵⁰, “que los temas sean explicados lo más claro posible para que las actividades se realicen con mayor facilidad”⁴⁵¹, “pues que las lecturas sean más simplificadas, por ejemplo en el caso de la maestra que explicaba a los alumnos”⁴⁵², “que las historias no fueran tan largas”⁴⁵³. En relación con las actividades, ejercicios o problemas y la facilidad para realizarlos, consideraron “que con tanta lectura también haya más actividades”, “un poco más de problemas”⁴⁵⁴, “que pusieran más ejercicios, ejercicios más entendibles y dinámicos”⁴⁵⁵, “poner más temas”⁴⁵⁶, “yo creo que no le hace falta nada, quizá agregar alguna práctica sobre el tema que se aborda”⁴⁵⁷.

Lo que menos gustó del cuaderno de trabajo está relacionado con la extensión, cantidad y redacción de las lecturas: “creo que abarcaban demasiado algunos temas”⁴⁵⁸, “demasiadas lecturas”⁴⁵⁹, “pues que a veces las lecturas no las entendía”⁴⁶⁰, “las actividades largas, estarían mejor más didácticas como esquemas y dibujos”⁴⁶¹, “que le falta información más exacta al tema”⁴⁶², “que era un lenguaje que en ocasiones me costaba”⁴⁶³. En relación con las actividades: “las pocas actividades”⁴⁶⁴, “que pedían que realizáramos actividades antes de haber leído algo acerca del tema”⁴⁶⁵, “algunas actividades no se entendía muy bien cómo realizarlas”⁴⁶⁶.

⁴⁴⁵ 04210312

⁴⁴⁶ 06210312

⁴⁴⁷ 08210312

⁴⁴⁸ 10210312

⁴⁴⁹ 11210312

⁴⁵⁰ 08210312

⁴⁵¹ 05210312

⁴⁵² 12210312

⁴⁵³ 09210312

⁴⁵⁴ 03210312

⁴⁵⁵ 02210312

⁴⁵⁶ 13210312

⁴⁵⁷ 01210312

⁴⁵⁸ 01210312

⁴⁵⁹ 02210312

⁴⁶⁰ 04210312

⁴⁶¹ 08210312

⁴⁶² 09210312

⁴⁶³ 13210312

⁴⁶⁴ 07210312

⁴⁶⁵ 05210312

⁴⁶⁶ 11210312

En cuanto a lo que más gustó del cuaderno de trabajo, las opiniones son más diversas, algunas de ellas están relacionadas con lo práctico que resulta su uso: “qué es de fácil comprensión en los temas y es muy práctico para su traslado”⁴⁶⁷, “la practicidad de sólo trabajar con eso en la materia”⁴⁶⁸. También les gustaron las actividades: “creo que ayudan a entender mejor el tema, y si queda alguna duda la resuelve”⁴⁶⁹, “la forma en que nos planteaba los problemas”⁴⁷⁰, “la lectura con ejemplos”⁴⁷¹, “que es preciso con los temas y viene ilustrado”⁴⁷², “diseño e historia”⁴⁷³. De manera general les gustaron: “las fotos que te explican mejor”⁴⁷⁴, “los dibujos”⁴⁷⁵, “los colores y las imágenes, está explicado, aunque a veces un poco enredado”⁴⁷⁶, “su diseño”⁴⁷⁷, “las ilustraciones y definiciones para facilitar el trabajo”⁴⁷⁸.

⁴⁶⁷ 06210312

⁴⁶⁸ 05210312

⁴⁶⁹ 01210312

⁴⁷⁰ 04210312

⁴⁷¹ 07210312

⁴⁷² 10210312

⁴⁷³ 13210312

⁴⁷⁴ 02210312

⁴⁷⁵ 03210312

⁴⁷⁶ 08210312

⁴⁷⁷ 09210312

⁴⁷⁸ 11210312

NOTAS FINALES

Como se ha señalado, la docencia, así como la clase misma, son asuntos complejos que involucran al proceso de enseñanza y aprendizaje, lo que a su vez, implica todo un conjunto de elementos y referencialidades (currículum, modelo educativo, aspectos políticos, aspectos económicos, aspectos psicológicos, aspectos éticos, etcétera), que en ocasiones resultan imperceptibles pero que, no obstante, forman parte del proceso. Dichos elementos, resultan ininteligibles al tratar de integrarlos de forma organizada en el proceso mismo. El hecho de que estos elementos, o algunos de ellos, no se consideren en la construcción de lo que se pretende llevar a cabo, puede impedir tenerlos en cuenta y con ello obstaculizar el logro de los objetivos propuestos.

Para llevar a cabo el proceso de enseñar y aprender, propósito de cualquier institución educativa, no basta un actuar mecanizado, y pensar que el simple hecho de tener un conocimiento disciplinario o pedagógico, o ciertas técnicas de enseñanza o de aprendizaje, son suficientes para lograr los objetivos. Se requiere de un conocimiento más profundo y amplio de los referentes que conforman y tienen influencia en dicho proceso. Implica todo un ordenamiento y estructuración por parte del profesional de la educación y de todos esos elementos y factores que intervienen en el proceso de construcción de conocimiento; se necesita de una estructura conceptual y ordenamiento de pensamiento, tanto de los que enseñan, como de los que aprenden, de manera que se haga posible una programación en su actuar o proceder, dentro y fuera del aula.

Siendo el docente uno de los elementos clave que intervienen en el proceso educativo, —al ser quien tiene que generar acciones de aprendizaje, a partir de un planteamiento metodológico—, precisa de la posesión de un conocimiento y saber hacerlo llegar a sus estudiantes. En ese sentido, para poder llevar a cabo su papel, precisa entonces de un conocimiento disciplinario, es decir, la apropiación del saber en el campo de conocimiento en que se ha formado; requiere del conocimiento que le aporta la experiencia, es decir, la apropiación de teorías implícitas y explícitas; necesita de un conocimiento pedagógico, es decir, de un saber hacer, un conocimiento sobre el accionar, de manera que posibilite la apropiación de contenidos por parte de los estudiantes al guiarlos en la deconstrucción y construcción de conocimientos, —conceptuales, procedimentales y actitudinales—. Pero, también se necesita que el estudiante posea una estructura cognitiva y metodológica que le permita llevar a cabo tales deconstrucciones y reconstrucciones, las cuales han de ser tomadas en cuenta por el docente para lograr las intencionalidades de la institución educativa.

Teniendo en cuenta lo anterior y aunado a la experiencia vivida como docente en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, fueron las razones que motivaron la presente búsqueda y trabajo de intervención, teniendo la intención de conocer y comprender el proceso de construcción de un determinado conocimiento científico que haga posible poder explicarlo

y cuya experiencia, se espera pueda contribuir en la profesionalización del docente que la realiza.

Proceso de construcción del conocimiento

Por lo observado en el aula y con base en lo comentado por el docente y los estudiantes, a través de los diferentes instrumentos utilizados para la obtención de información, se puede decir que gran parte de los objetivos planteados se lograron alcanzar.

En cuanto a la realización de una propuesta de trabajo para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje del tema de expresión y variación genética y más específicamente, del contenido de “relaciones no alélicas”, —con la intención de que el alumno comprenda como la forma en que interacciona la información genética contribuye a la existencia de la biodiversidad—, puede decirse que una parte del objetivo se logró; no como lo marca el programa de estudios, ya que como lo puntualizó el profesor titular del grupo durante la entrevista, y por lo percibido al hacer la observación en el aula, el material principalmente contribuye a la construcción de conocimientos conceptuales, y en menor grado al logro de los procedimentales y menos aún, de los actitudinales; lo que de principio es frecuente que ocurra con materiales de esta naturaleza, es decir, materiales impresos, en donde se pueden proponer formas de trabajo que potencialicen el logro de los aprendizajes, sin embargo, alcanzar los objetivos y el proceso de enseñanza y aprendizaje, no únicamente depende del material, sino de factores como las condiciones de cada grupo de estudiantes, el que cada uno de ellos se apropie de manera diferente, entre muchos otros.

El cuaderno de trabajo es sólo un elemento en el proceso educativo, que si bien favorece la apropiación del contenido biológico de interés (lenguaje acorde al nivel cognitivo de los estudiantes a quienes va dirigido, relacionado con su cotidianidad, imágenes, etcétera), falta otra serie de elementos como el tipo y la forma de las interacciones entre los individuos que participan del acto, las normas, las estructuras conceptuales de cada uno de ellos, estilos de aprendizaje, el esfuerzo que realizan los estudiantes, la ayuda solicitada por los alumnos y aportada por el profesor, etcétera; los cuales resultan determinantes en el logro de las intencionalidades.

La intervención del profesor resulta determinante, como lo hicieron notar los estudiantes, ya que juega un papel clave en el proceso de construcción del conocimiento al apoyar e impulsar el aprendizaje de los estudiantes de manera directa, ofreciendo ayudas ajustadas en el momento preciso. Por tanto, resulta menos probable que se pueda construir un conocimiento, y sobre todo de tipo científico, sin la guía del profesor, dada la complejidad del lenguaje, el cual no puede dejar de estar presente en los materiales, al existir el objetivo de que el estudiante se apropie de los códigos y patrones semánticos propios de éstos campos del saber, por ende, no puede faltar en las propuestas de apropiación de conocimiento biológico.

En cuanto a los conocimientos procedimentales, se considera que parte de la falta de sus logros dependió de la forma en que se trabajaron los contenidos del cuaderno de trabajo, pues si el estudiante tuviera que explicar y determinar, por ejemplo, los genotipos y fenotipos de los progenitores y descendientes en el caso de los perros labrador o el caso de la “¿infidelidad o negligencia?” —y considerando que ya deben de poseer ciertos conocimientos para realizarlos—, podría favorecer el desarrollo de habilidades procedimentales, al mismo tiempo que se auxilia en la realización de un análisis más profundo, potenciando con ello la apropiación del mismo contenido. Al favorecer que el estudiante aprenda el lenguaje gráfico propio del campo de la genética, contribuyendo en ese sentido no sólo en la construcción de conocimiento procedimental, sino también para fortalecer el conocimiento conceptual.

Es complicado que, a través de un material impreso, se puedan trabajar directamente los conocimientos actitudinales; sin embargo, en este caso particular, podrían revisarse a través de preguntas, como en el caso de la epistasis y la herencia influida por el sexo, donde se trata de casos que implican conductas nada convenientes para un individuo en una sociedad como la nuestra y que es en la que se desenvuelven los estudiantes; es decir, no corresponden con lo socialmente correcto. No obstante, son aspectos que pueden generar polémica, dadas sus diferentes historias de vida y maneras de percibir el mundo que les rodea, por lo que lo más adecuado es tratarlo directamente con los estudiantes en el aula y en presencia del profesor, para tener la oportunidad de registrar los puntos de vista socializados.

Además, hay que tener en cuenta que este tipo de aprendizajes es transversal, es decir, forma parte de todo un curso, y no es posible construirlos en una sola clase, más bien se va trabajando en cada sesión e incluso fuera del salón de clases, al establecer las formas de trabajo y evaluación. Por lo que se piensa que es un conocimiento que principalmente se ha de trabajar con el profesor que está frente a grupo, lo que pone en evidencia el carácter moral de la docencia.

Las actitudes, sean positivas o negativas, no se pueden descontextualizar del proceso de enseñanza-aprendizaje porque son inherentes a él, no únicamente porque estén relacionadas con el contenido, sino porque son propias del proceso; es decir, el proceso no puede darse sin que los que participan en él desplieguen una serie de actitudes frente a las vivencias que experimentan. Influyen las interacciones y formas de trabajo con el docente, las cuales se comienzan a formar y a transformar en lazos y formas de comunicación no verbales, —que muchas veces resultan imperceptibles para el extraño que observa el proceso de construcción del conocimiento—, que norman el contexto y lo determinan.

Hubo conceptos en los que los estudiantes presentaron una mayor dificultad en su apropiación, —gen, alelo, genotipo, fenotipo, locus, genoma, cromosoma, relaciones génicas y herencia influida por el sexo—. Estos conceptos, de acuerdo con la bibliografía consultada,

en términos generales son difíciles de asimilar, no sólo por los estudiantes de nivel medio superior, sino también en el nivel superior. Esto en parte se debe a su grado de abstracción, aunado al hecho de que son conceptos que, incluso en los libros especializados de genética, se utilizan de manera indistinta, generando confusión incluso para los docentes, lo que se ve trasladado a través de éstos a los estudiantes, disminuyendo la posibilidad de que lo puedan asimilar. Con la finalidad de evitar confusiones y ambigüedades, es recomendable mejorar la redacción así como aumentar la precisión.

Durante el presente trabajo, se percibió que los estudiantes experimentaron las actividades de forma diferente y, por ende, el proceso de aprendizaje, ya que algunas de éstas, algunos de los estudiantes las respondieron de forma excelente y otros con gran dificultad, obteniéndose porcentajes muy heterogéneos (Actividad 1.2.1. Antecedentes de la epistasis, la herencia influida por el sexo y la poligenia; Actividad 1.3.3. Herencia influida por el sexo). Los estudiantes significan el proceso de construcción de manera diferente, al vivirlo y experimentarlo desde marcos referenciales distintos; la forma en que perciben lo que se les presenta, es más atractiva para algunos, debido a sus intereses y motivaciones, y por lo tanto, la forma de trabajar la información (fuera del aula, porque algunas de las actividades se realizaron como trabajo extraclase) también arroja resultados diferentes.

Por otro lado, también está relacionado con los cambios conceptuales y estructurales que les implicaron la reorganización y transformación de los esquemas de conocimiento y sus articulaciones con relación a los conocimientos previos que poseían. Por lo que para algunos resultó en un menor esfuerzo que para otros; por ejemplo, en la actividad diagnóstica, en la cual debían enunciar y señalar los conceptos en las imágenes proporcionadas; pocos estudiantes mostraron una comprensión de los conceptos clave solicitados, la mayoría se limitó a enunciar algo que no comprendió totalmente, pues las respuestas que proporcionaron fueron muy similares, básicamente utilizando las mismas palabras, reflejando la existencia de una memorización.

Un elemento que obstaculizó la asimilación del contenido biológico, fue la falta de claridad en algunas de las preguntas, pues algunas se respondieron de forma sobresaliente y otras de forma deficiente o no se respondieron, lo que ocurrió principalmente en las actividades relacionadas con la herencia influida por el sexo y la poligenia.

El reto que tuvieron que enfrentar los alumnos, en grado diferente, para lograr la apropiación del conocimiento estuvo relacionado con los cambios conceptuales y estructurales que ello les implicó, al reorganizar y transformar, de manera importante, esquemas de conocimiento y sus articulaciones, con relación a sus conocimientos previos.

Dada la particularidad de cada grupo, cualquier material educativo requiere ser ajustado, tanto a la realidad de los alumnos, como al contexto, incluso al estilo del profesor, ello

implica una toma continua de decisiones, que eviten que se llegue a rutinizar el proceso de ordenamiento en el aprendizaje y por tanto, que éste tenga lugar, de ahí la importancia nuevamente del docente, que con base en el ordenamiento y estructuración que realiza previo a la clase, hace posible que los materiales, a pesar de haber sido pensados para particularidades distintas, puedan ajustarse debido a que el docente significa de manera correcta lo que debe ser, con la intención de favorecer el proceso de aprendizaje, en condiciones nuevas o diferentes.

Algunos de los aspectos evidencian situaciones muy particulares, que pueden diferir con respecto a otras aulas; resultan de interés para esta búsqueda porque permiten comprender, en su conjunto, los significados que encierra un proceso de construcción de conocimiento biológico de interés, el cual se explica a partir de las significaciones y apropiaciones que, sobre el proceso de aprendizaje, tienen los participantes y, con base en ello construir planteamientos que permiten conocer y comprender lo que ocurre en cada uno de los grupos con los que se trabaja y que es preciso tenerlo en cuenta, porque son esas particularidades las que nos ayudan a identificar y comprender las diferencias de otros.

Cuaderno de trabajo

En lo que respecta al instrumento de intervención (cuaderno de trabajo), y con base en la información obtenida a través de diferentes fuentes, como la observación directa en clase, los comentarios vertidos por los estudiantes, a través del cuestionario de evaluación, así como los vertidos por el profesor durante la entrevista, se considera que, además de haber apoyado parcialmente el logro de los aprendizajes conceptuales y en menor grado los procedimentales, planteados en el programa indicativo del curso de Biología III, del CCH, fue bien aceptado por los estudiantes, por lo que se considera que haciendo las debidas correcciones y reestructuraciones, resultará en una alternativa para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje del contenido biológico: relaciones alélicas y no alélicas (interacciones intraalélicas y génicas).

El aspecto más pertinente de reorganizar es la redacción (coherencia y cohesión), ya que si bien las lecturas y actividades apoyan el proceso de construcción del conocimiento científico en el campo de la genética, que a pesar de que los contenidos resultan nuevos para muchos o la mayoría de los estudiantes, en su mayoría lograron apropiarse de los elementos fundamentales del mismo. Por lo que hay aspectos que pueden mejorar el aprendizaje si se estructura mejor el material. Los mayores problemas relacionados con aspectos de la redacción se identificaron en la lectura que trata sobre “las relaciones alélicas y no alélicas”⁴⁷⁹ (interacciones intraalélicas e interacciones génicas⁴⁸⁰ respectivamente), cuya explicación

⁴⁷⁹ CCH. Plan de Estudios Actualizado, p. 34.

⁴⁸⁰ Gardner, et al. Principios de Genética, p. 453.

transita de un tipo de interacciones a otras, por lo que sería conveniente explicar en qué consisten unas y, posteriormente explicar las otras, para reducir o evitar la confusión que se pueda generar.

También, se identificaron problemas de redacción en la lectura que trata sobre los antecedentes de los tres patrones de expresión que aborda el cuaderno de trabajo; el problema se presentó con mayor grado en la lectura que trata sobre la herencia influida por el sexo, así como en la que trata sobre la poligenia. Lo anterior se percibió, tanto a través de la observación, como a través de los comentarios proporcionados por estudiantes y el profesor. Se considera un problema que es indispensable atender, debido a que se percibió que obstaculizó el proceso de enseñanza-aprendizaje, al hacer más difícil la comprensión de la información tratada en las lecturas.

Por otro lado, a pesar de lo comentado por los estudiantes después de haber realizado la lectura de las “relaciones alélicas y no alélicas” sobre problemas para comprender lo leído, al revisar sus respuestas en el cuaderno de trabajo relacionadas con la misma lectura, se muestra que no hubo tanto problema con la actividad, ya que ésta se respondió de forma sobresaliente. Los problemas a los que se hace referencia podrían explicarse por la redacción que obstaculizó la comprensión del contenido, sin embargo, no impidió que pudieran responder la actividad, ya que ésta ayudó a que los estudiantes al revisar la lectura, pudieran ubicar sus aspectos clave y por tanto del contenido biológico, ayudándolos a contrastar ambos tipos de interacciones.

Dos de las lecturas en las que se observó mayor problema en la comprensión del contenido biológico, fueron en la de la herencia influida por el sexo y la de la poligenia, pero se piensa que ello estribó además en la redacción de éstas, su extensión y en la forma en que se trabajaron; ya que si bien fueron de las lecturas más largas (cinco y cuatro cuartillas y media respectivamente), como lo señalaron varios de los estudiantes, el problema en la comprensión también se debe a los hábitos de lectura que los estudiantes tienen, ya que generalmente no leen mucho sobre ciencia; o al estilo de aprendizaje, ya que generalmente pueden llegar a apropiarse mejor de la información contenida en imágenes o esquemas (y que fue la que en algunos casos sugirieron) en comparación con el escrito. Por tanto, además de la redacción que se utiliza, fue la falta de una estructura conceptual sobre genética y la existencia de un estilo de aprendizaje más visual, lo que llevó a la obstaculización en la apropiación del contenido biológico presentado a través de estas dos lecturas.

Lo anterior, se considera que se vio favorecido por un análisis o un tratamiento de la información relativamente superficial, ya que las actividades propuestas, si bien estuvieron conformadas por preguntas que invitan al análisis y la reflexión, se presentan al final, y los estudiantes, a diferencia de lo que realizaron con otras lecturas (regresar a revisar por segunda ocasión) no lo hicieron con éstas. Por lo que, dado lo sucedido, se piensa que una opción,

además de mejorar la redacción de las lecturas, es colocar las preguntas a lo largo de todo el texto, de forma que favorezca la apropiación de cada sección de la lectura, que incluya conceptos fundamentales del contenido, que puedan ir siendo integrados paulatinamente o por partes, hasta conformar una estructura más compleja del mismo.

En el mismo sentido, lo anterior podría ayudar a que los estudiantes realizaran las lecturas, ya que varios de ellos no las realizaron, principalmente debido a que fueron actividades que les solicitó su profesor que realizaran fuera del aula (tarea). Lo que ante tal hecho, lo que resultaría tal vez más exitoso, es que la lectura fuera hecha dentro del espacio áulico para asegurar que efectivamente la realizan, con una posterior socialización entre los compañeros, de manera que se puedan ir ampliando los esquemas de significación del campo científico y les resulte en un menor esfuerzo y con menores imprecisiones empíricas, provenientes de la interacción social fuera del campo académico y escolar, al tener la posibilidad de recibir ayuda ajustada por parte, tanto de los compañeros de grupo, como del el profesor.

Por otro lado, se considera además necesario sustituir el cuadro de Punnett que forma parte de la lectura de la herencia influida por el sexo, por uno que incluya y señale con claridad la interacción, no sólo de un gen, sino por lo menos de dos genes con sus respectivos alelos⁴⁸¹ (el de los cromosomas sexuales y por lo menos un gen de uno de los 22 pares de autosomas), ya que como se hizo evidente en las respuestas de los estudiantes, no quedaba claro, por lo que al explicar la situación de la calvicie androgénica, sólo agregaban al final que era importante que estuviera el gen en los autosomas, pero sin que importara su condición (dominante o recesivo), sino sólo el hecho de estar presente el alelo en los autosomas.

Con ello, se espera que los estudiantes puedan responder con mayor éxito las preguntas que conforman la “actividad 1.3.3. Herencia influida por el sexo” y la “actividad 1.3.4. Herencia influida por el sexo y un caso de calvicie androgénica” y por consecuente, lograr una mayor apropiación del contenido biológico, al resultar más accesible para los estudiantes la explicación proporcionada, advirtiendo de qué manera se da la interacción entre genes y entre alelos; comprender cómo la diferenciada interacción entre alelos determina la expresión de ciertos rasgos en el fenotipo y cómo ello contribuye a la diversidad fenotípica que forma parte de la biodiversidad presente en nuestro planeta.

En relación con la lectura que explica el patrón de expresión hereditario conocido como “poligenia”, se percibió que es menester reestructurarla para que además de corregir la redacción, al igual que en la lectura de la herencia influida por el sexo, también se reestructuraría en cuanto a tratar de aclarar una idea (que en la poligenia no se presenta una

⁴⁸¹ Se sugiere trabajar el cuadro de Punnett por lo menos con dos genes, porque es lo que hasta el momento se tiene seguridad, sin embargo, los especialistas han propuesto en fechas recientes que está determinado por tres genes, un gen de los cromosomas sexuales y dos genes más de dos de los 22 pares de autosomas .

dominancia y recesividad, sino que se trata de un efecto aditivo en la expresión de los alelos, en caso de que se encuentren presentes y cuya expresión se vea favorecida por el ambiente), la cual no quedó adecuadamente explicada, ya que se mencionó que serían como dominantes y recesivos, lo que resulta además de confuso para los estudiantes, en un manejo incorrecto, ya que el fenómeno es diferente.

Asimismo, se considera que es necesario analizar la posibilidad de reducir la extensión de las últimas dos lecturas señaladas, ya que los estudiantes, al igual que el profesor, comentaron que son muy largas (“que las historias no fueran tan largas”⁴⁸²). Inclusive estudiar la posibilidad de poder explicarlas haciendo uso de un lenguaje más accesible, utilizando palabras que le sean más asequibles a los estudiantes, pero sin eliminar o sustituir los conceptos científicos y sin que ello represente una de las principales prioridades, ya que se piensa que con algunas de las modificaciones que se les realizarán puede compensarse, si además se cambia la forma de trabajarlas, ya sea a través de grupos cooperativos u otra dinámica diferente a la individual; o integrando las dos formas de trabajo, de manera que el estudiante pueda tener una mayor oportunidad de interactuar con el contenido.

De las seis lecturas que forman parte de este material de intervención, en cuatro de ellas se precisa una reconstrucción relacionada con la redacción, principalmente en la lectura que trata sobre “las relaciones alélicas y no alélicas”. En las otras tres de las lecturas, es decir, en la que trata sobre los “antecedentes de la epistasis, la herencia influida por el sexo y la poligenia”; en la que explica la “herencia influida por el sexo” y en la que explica la “poligenia”, los cambios estarían orientados en cuanto a integrar un lenguaje que resulte más accesible para los estudiantes; enunciando los conceptos científicos y explicándolos, implementando más palabras del lenguaje cotidiano.

En relación con las actividades, entendidas como aquellas en las que el estudiante tenía que aportar una respuesta, se propone cambiar o reestructurar la actividad diagnóstica, principalmente la parte en la que se les solicita a los estudiantes señalar en las imágenes proporcionadas el concepto al que se hace referencia, ya que de acuerdo con la literatura, ello puede limitar al estudiante, por lo que recomiendan que sea el estudiante quien realice un esquema del concepto, de manera que permita conocer las significaciones o concepciones que éste posee sobre dicho concepto. Lo que incluso aportaría una mayor cantidad de información útil para establecer la metodología a implementar, para lograr que aprendan, al tener una noción más cercana a la realidad de los conocimientos previos de los estudiantes.

En este orden de ideas, se piensa que es necesario agregar una actividad posterior a la actividad diagnóstica, para continuar trabajando los conceptos básicos en los que los estudiantes muestran problemas de comprensión, como por ejemplo, una actividad que ayude

⁴⁸² 09210312

al estudiante a comprender lo que es un alelo y lo que es un gen, ya que de esta manera se puede formar un continuo, auxiliando al estudiante a transitar de un contenido a otro.

Se ha considerado también la necesidad de reestructurar la pregunta número dos de la “actividad 1.1.2. Relaciones no alélicas y biodiversidad”, ya que se evidenció, a través de la observación en el aula, que no resultaba claro lo que se les solicitaba y no comprendían su importancia en relación con el tema que se estaba tratando, por lo que el cambio en la actividad está orientado a aclarar la pregunta.

En cuanto a la “actividad 1.3.1. Epistasis” y la “actividad 1.3.2. Epistasis” y el caso de “¿infidelidad o negligencia?”, también se piensa que requieren cambios orientados a que las preguntas que forman parte de estas actividades, queden distribuidas a lo largo de la lectura respectivamente, de manera que pueda reducirse la sensación de que la lectura es extensa al ir leyendo y respondiendo, favoreciendo con ello la autorregulación, al percatarse en ese mismo instante si ha aprehendido o no, y no esperarse hasta el final de la lectura para percatarse de que no ha comprendido ésta o algunos aspectos relevantes de la misma.

De igual forma se considera necesario replantear la pregunta cuatro de la actividad 1.3.2 de forma que quede más clara y el estudiante pueda responder lo que se busca, es decir, identificar la información que ellos no conocían cuando se les planteo el caso “¿infidelidad o negligencia”, pero que en ese momento ya se la han apropiado y que les ayuda a explicar el caso señalado. Para la “actividad 1.3.3. Herencia influida por el sexo” se considera necesario replantear la pregunta 4; incluir preguntas que ayuden a establecer relaciones entre la variabilidad fenotípica generada por cada patrón de expresión y la biodiversidad, así como distribuir las preguntas a lo largo de la lectura, para que de igual forma pueda lograrse lo señalado en el párrafo anterior para la actividad 1.3.1 y la 1.3.2.

En la “actividad 1.3.5. Poligenia y tonos de piel en el humano”, hace falta cambiar la pregunta cinco, de manera que con la información proporcionada, sin que tenga que hacer una investigación (dado que la información proporcionada es suficiente para responder la pregunta), el estudiante explique lo más detallado posible ¿por qué existen distintos tonos de piel entre su grupo de amigos o compañeros de clase?, de modo que la investigación la realice, pero para el caso de explicar la diversidad fenotípica en cuanto a la estatura y complexión en el humano (“actividad 1.3. 6. Poligenia y complexión humana”); además de reorganizar la actividad para que tanto la imagen, como las primeras cuatro preguntas, se ubiquen antes de la lectura y sirva como actividad de apertura y diagnóstico para la sección de poligenia, al llevar a los estudiantes a externar las concepciones previas que poseen con respecto a dicho contenido.

Para la “actividad 1.3.6. Poligenia y complexión humana”, se considera necesario agregar preguntas guía o por lo menos una generadora para que oriente la observación de la imagen,

así como la realización de la investigación y una posterior explicación de lo representado en la imagen; ya que de otra forma, la revisión del contenido se realiza de una manera superficial, al no favorecer que los estudiantes tengan una mayor interacción con la información que se les está proporcionando.

Para la “actividad 1.3.7. De cierre” de acuerdo a lo observado y percibido a través de la información vertida en los cuadernos de trabajo, se precisa cambiar algunos conceptos, de forma que los que se integren al crucigrama sean los conceptos clave de la temática de relaciones no alélicas. De igual forma se precisa agregar una actividad posterior a ésta, como el desarrollo de un texto en el que integren los conceptos clave del crucigrama y que sirva como evaluación sumativa para tener mayores certezas de los logros y retos, tanto del material (cuaderno de trabajo), como del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Uno de los aspectos en los que se realizarían mayores modificaciones, es en cuanto a la reorganización de las actividades, en el sentido de intercalarlas en la lectura, con la finalidad de darle una mejor presentación, al no verse a simple vista saturado el material o dar la impresión al estudiante de que son muchas actividades, ello porque las partes que constituyen las experiencias de aprendizaje se encuentren contiguas, es decir, varias páginas por leer y posteriormente varias preguntas que responder con relación a lo leído. Además, se considera que ello puede potencializar que el alumno lleve a cabo un automonitoreo más continuo.

Se considera que los ejemplos y casos utilizados (el de la infidelidad o negligencia, el de los perros labrador, el de la calvicie androgénica, así como los tonos de piel y la complejión humana) gustaron a los estudiantes, por lo que es recomendable no sustituirlos, por lo menos en tanto no se hayan probado otros ejemplos o casos que resulten más cercanos a la realidad de la vida cotidiana de los estudiantes y con los que se pruebe que los estudiantes logran un mayor aprendizaje. Lo que se modificaría de éstos es sólo el contexto, de manera que no todos ellos estén relacionados con el CCH, ya que este aspecto rutinizó de forma negativa la forma en que se les propusieron las experiencias de aprendizaje a los estudiantes y por ende, contribuyó a generar un desinterés en éstos, sobre los ejemplos y casos.

Las principales modificaciones que se considera necesario realizar, son respecto a las imágenes del cuaderno de trabajo, y están relacionadas con la edición de las ya existentes o su sustitución, ya que el problema que presentan algunas de ellas, se debe a que en el momento de la construcción del instrumento de intervención, no se encontraron otras imágenes que fueran más adecuadas para cada una de las secciones que lo conforman. Por lo que los cambios estarían orientados a lograr tener imágenes más acordes con la explicación que se da, como parte de las lecturas. Por ejemplo, en la figura 1, la intención es editarla, para incluir una flecha en la imagen, para que esta pueda guiar la explicación, al apoyarse en la secuencia que estaría indicando la flecha. En ese sentido, también se editará una mejor imagen para la figura 3, de forma que la que se incluya como parte del cuaderno de trabajo,

sea más estética, con mayor claridad; es decir, que se entienda lo que se busca mostrar: las similitudes y diferencias entre la información genética de un individuo homocigótico y uno heterocigótico con cromosomas no replicados, sino simplemente los homólogos, en la que además se pueda integrar información que permita comprender cómo el genotipo se expresaría en el caso de las relaciones alélicas y cómo lo haría en el caso de las no alélicas.

Se editará la imagen correspondiente a la figura 7 para hacerla coincidir con la tabla 1, reduciendo confusiones entre los estudiantes o quienes hagan uso del material; que si bien no se percibió que se presentaran durante la presente búsqueda, se considera que pudieran llegar a suscitarse. De igual forma se buscará y editará una mejor imagen para la figura 11, de manera que la información que se pretende sea observada por el estudiante, sea más clara y que además de ello, permita hacer coincidir los términos que se utilizan, tanto en la figura, como en el texto de la lectura, como por ejemplo, el término de región diferencial (utilizado en la imagen) y el de región heteróloga (utilizado en la lectura), lo que puede llevar al estudiante a no comprender la imagen o lo explicado en el texto, o a pensar que se refieren a cosas distintas.

En ese mismo sentido, se contempla editar la imagen que corresponde al cuadro de Punnett, para que la imagen resulte además de más agradable a la vista de los estudiantes, más completa, al mostrar cómo cada uno de los diferentes genotipos (que también serían más) estarían determinando un mayor número de fenotipos, incluyendo además un pie de figura. Se considera que editar la imagen de la figura 13, colocando el cuadro de Punnett separado de la campana de Gauss (en ese orden,) puede apoyar para que se pueda proporcionar al estudiante una mejor explicación, tanto de las imágenes, como del patrón de expresión, al aportar información dosificada y generando que se tenga mayor número de imágenes, como lo solicitaron algunos de los estudiantes. Es así que, dada la reestructuración a realizar en lo que corresponde a la actividad diagnóstica, el número de las imágenes se reduciría.

En suma, algunos de los estudiantes mostraron un sobresaliente desempeño, a pesar de los elementos adversos que presentó el material (cuaderno de trabajo) y de que la forma como se trabajó el mismo pudiera no haber sido la más adecuada⁴⁸³. Si bien los estudiantes no tuvieron un desempeño excelente, en la mayoría de las actividades aportaron respuestas que resultaron muy adecuadas, además en el resto de las actividades mostraron tener una idea bastante clara sobre lo que se les estaba cuestionando. De igual manera, hubo alumnos que tuvieron un desempeño sobresaliente y aceptable, no obstante que en algunos casos, su desempeño fue deficiente en la mayoría de las actividades, principalmente debido a que no realizaban sus deberes escolares, es decir, lo que el profesor les solicitaba que hicieran (como leer)⁴⁸⁴.

⁴⁸³ 03ATG0212, 05MMT0212, 07ASR0212 y 08KTP0212

⁴⁸⁴ 09BMG0212, 12EMO0212, 01JAR0212 y 13SNM0212

Este trabajo de búsqueda, además de evidenciar que existen dificultades para concebir el proceso de enseñanza-aprendizaje como un todo complejo (para todos los actores que formamos parte de él), al poner de manifiesto que hace falta un mayor conocimiento de los elementos del mismo, así como de su integración, también ha contribuido a llevar a cabo una reapropiación del proceso de enseñanza-aprendizaje y por ende, una resignificación de lo que implica ser docente, de concebir y comprender lo que implica el trabajo de formación escolar y sobre el accionar a través de continuos procesos de deconstrucción y reconstrucción durante la misma, por lo que se considera que también el segundo de los objetivos planteados al inicio de ésta búsqueda se ha logrado. Queda claro, no obstante, que resta por seguir trabajando y reconstruyendo a partir de las futuras experiencias vividas como profesor dichas significaciones, de manera que pueda autorregular el acto educativo para generar los efectos deseados en el ordenamiento de pensamiento y hacer de los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo, A y López, A. F. (1988) El Proceso de la entrevista, conceptos y modelos. México: LIMUSA Noriega Editores.
2. Alfieri, F., et al. (1999). Volver a pensar la educación (Vol. II). Prácticas y discursos educativos (Congreso Internacional de Didáctica). Madrid: Ediciones Morata.
3. Álvarez-Gayou, J. L. (2005). Cómo hacer investigación cualitativa, fundamentos y metodología. México: Paidós.
4. Anguera, M. T. (1988). Observación en la escuela. Barcelona: Graó.
5. Apple, M. (1986). Ideología y currículo. Madrid: Akal.
6. Ayuso G., Banet, E., Abellán, T. (1996). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2): 127-142.
7. Ayuso, G. y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1): 133-157.
8. Banet, E. y Ayuso, G. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenido de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2): 137-157.
9. Bateson, P. (2002). William Bateson: a biologist ahead of his time. *Journal of Genetics*, 81(2): 49-58.
10. Berger, P. y T. Luckmann. (1986). La construcción de la realidad. Cap. II: La sociedad como realidad objetiva. H.F. Martínez de Murguía.
11. Berger, P. y T. Luckmann. (2001). La construcción de la realidad. Cap. I: Los fundamentos del conocimiento en la vida cotidiana. Buenos Aires: Amorrortu editores.
12. Bobbit, J. F. (1918). The curriculum. Houghton Mifflin Company.
13. Bourdieu, P. y Passeron, J. C. (1977). La reproducción, elementos para una teoría del sistema de enseñanza. Barcelona: Laia.
14. Bugallo, A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3): 379-385.
15. Cadavid, A.M. y Calderón, I. C. (2004). Análisis del concepto enseñanza en las teorías curriculares de Lawrence Stenhouse y José Gimeno Sacristán. *Revista Educación y Pedagogía*. Medellín. Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, Vol. XVI, (40).
16. Camarena, E. (2007). Didáctica y estructuras en el aula. México: Gernika.

17. Camarena, E. (2009). La enseñanza, imaginarios docentes. México: Gernika.
18. Campanario, J. M. y Moya, A. (1999) ¿Cómo enseñar ciencias?, principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias*, 17(2): 179-192.
19. Cárdenas, M. L. y Rivera, J. F. (2006). El análisis del discurso en el aula: una herramienta para la reflexión. *Educere*, 10(32): 43-48. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-49102006000100006&script=sci_arttext
20. CCH. (2004). Plan de estudios actualizado. México: CCH-UNAM.
21. CCH. (2006). Orientación y sentido de las áreas del plan de estudios actualizado. México: CCH-UNAM.
22. Carr, W. y Kemmis, S. (1983). La teoría crítica de la enseñanza, la investigación-acción en la formación del profesorado. Barcelona, Martínez Roca.
23. Cho, H., Kahle, J.B. y Norland, F.H. (1985). An investigation of high school Biology textbooks as source of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69(5): 707-719.
24. Comenio, J. A. (1994). Didáctica magna. México: Porrúa.
25. Contreras, J. (1991). Enseñanza, curriculum y profesorado. Barcelona: Editorial Akal Universitaria.
26. Corbacho V. y De, P. (2009). Enseñanza de la genética en la educación de nivel superior: dificultades para comprender conceptos y resolver problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 1021-1024.
27. Dewey, J. (1899). The school and society. Chicago: University of Chicago Press.
28. De Ron, A. M. y Martínez, A. (2003). Geología y biología, volumen práctico: oposiciones de profesores de educación secundaria. Mad.
29. De Simancas, K. (1998). El docente investigador: una alternativa para vincular la enseñanza y la investigación. *Geoenseñanza*. Vol. 3(1): 129-140.
30. Díaz Barriga A. (1993). Tarea docente: una perspectiva didáctica grupal y psicosocial. México: UNAM-Nueva Imagen.
31. Díaz Barriga A. (2005). El docente y programas escolares: lo institucional y lo didáctico. Barcelona: Ediciones Pomares.

32. Díaz, J. (1996). Los recursos y materiales didácticos en educación física. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 43: 42-52.
33. Durkheim, E. Las formas elementales de la vida religiosa. México: Colofón.
34. Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 3: 383-396.
35. Duglio, I. (2007). Las prácticas de laboratorio: una mirada interpretativa en prácticas de enseñanza de química en el bachillerato diversificado. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 2(14): 71- 87.
36. Elichiry, N. (2000). Aprendizaje de niños y maestros, hacia la construcción del sujeto educativo. Buenos Aires: Manantial.
37. Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. Informe sobre la gestión directiva 2010-2011.
38. Exámenes extraordinarios de Biología III. Periodo EZ- 2010, EA-2010 y EB-2011, de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo.
39. Feldman, D. (2000). Didáctica y curriculum, aportes para el debate curricular. Consultado el 10 de agosto de 2012, de <http://www.buenosaires.edu.ar/areas/educacion/docentes/superior/normativa/mdycweb.pdf>
40. Ferreyra, H., et al. (2008). De aprendizajes, competencias y capacidades en la educación primaria. Desandando caminos para construir nuevos senderos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 47(3).
41. Freinet, C. 1998. Técnicas de Freinet de la escuela moderna. México: Editores Siglo XXI.
42. Furió, C. (1986). Metodologías utilizadas en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 4:73-77.
43. Furlán, A., Ortega, F. y Remedi, V. (1978). Aportaciones a la didáctica de la educación superior. Cap. III: Construcción de la estructura metodológica. México: UNAM-ENEPI.
44. Furlán, A., (1978). Curriculum y condiciones institucionales. México: INEPI-UNAM. México.
45. Furlán, A. (1981). La Metodología de la enseñanza. México: UNAM.
46. Gaceta CCH. (2001). El Colegio de Ciencias y Humanidades: Modelo y prácticas. Número extraordinario No. 4. México: CCH-UNAM.

47. Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales, el concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2): 231-242.
48. García-Magruga, J. A. y Fernández, T. (2008). Memoria operativa, comprensión lectora y razonamiento en la educación secundaria. *Anuario de Psicología*, 39(1): 133-157.
49. Gardner, E. J., Simmons, M. J. y Snustad, D. P. (1991). Principios de genética. México: Limusa.
50. Garret, R. M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicación para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3): 224-230.
51. Granata, M. L., Chada, M. C. y Barale, C. (2000). La enseñanza y la didáctica. Aproximaciones a la construcción de una nueva relación. *Fundamentos en Humanidades*, Año 1, No. 1: 40-49.
52. Gómez, G. (2010). La enseñanza de los contenidos “Mecanismos Hereditarios” y “Expresión genética y Variación”, para el mejoramiento de la práctica docente en el colegio de Ciencias y Humanidades, Azcapotzalco. Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM. 163 pp.
53. González, B.M. La mejora del proceso enseñanza-aprendizaje en el aula de ciencias a través de la gestión del aula. *Departamento de Física y Química. Instituto de Estudios Superiores El Palmar*. Murcia
54. Gil, M. A. (2005). Rol del docente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Boletín las Matemáticas en Secundaria*, No. 29.
55. Giroux, H. (1988). Teachers as intellectuals: toward a critical pedagogy of learning. United States of America. Bergin y Garvey Publishers.
56. Hernández, V., Gómez, E., Maltes, L., Quintana, M., Muñoz, F., Toledo, H, Riquelme, V. Henríquez, B., Zelada, S, y Pérez, E. (2011). La actitud hacia la enseñanza y aprendizaje de la ciencia en los alumnos de enseñanza básica y media de la provincia de Llanquihue, región de los lagos de Chile. *Estudios Pedagógicos* 1:71-83.
57. Herrero, M. L. (1997). La importancia de la observación en el proceso educativo. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 1(0). <http://www.uva.es/aufop/publica/actas/viii/orienta.htm>
58. Hierrezuelo, J., et al. (1991). Investigaciones y experiencias, una nueva generación de materiales curriculares para la enseñanza de las ciencias: Los “programas-guía” de actividades. *Revista de Educación*, 295: 463- 486.

59. Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3): 299-313.
60. Huertas, J. A. (1996). *Querer aprender*. Buenos Aires: Aique.
61. Imbernón et al., (2007). La investigación educativa como herramienta de formación del profesorado. Reflexión y experiencias de investigación educativa. Barcelona: Graó.
62. Kemis, S. (1998). *El curriculum: más allá de la teoría de la reproducción*. 3ra edición. Madrid: Morata.
63. Knippels, M. C., Waarlo, A.J. y Boersma, K.T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39(3): 108-112.
64. Lederman, N. G., Wade, P. D. y Bell, R. L. (1998). Assessing understanding of the nature of the science teachers' understanding and teaching of the nature of science: an intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1(2): 135:160.
65. Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia, lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
66. López, W. O. y Vivas, F. (2009). Estudio de las preconcepciones sobre los cambios físicos y químicos de la materia en alumnos de noveno grado. *Educere*, Vol. 13, No. 45: 491-499.
67. MADEMS (2012). Perfil de egreso. Consulta del 15 de octubre de 2012, de <http://www.posgrado.unam.mx/madems/perfil.html>
68. Mallart, J. (2000). *Didáctica: concepto, objeto y finalidad*. Bogotá: McGraw-Hill.
69. Martínez Bonafé, J. (2002). *Políticas del libro de texto escolar*. Madrid: Morata.
70. Mayan, M. (2001). *Una introducción a los métodos cualitativos: un módulo de entrenamiento para estudiantes y profesionales*. Qual institute press. UAM-Iztapalapa. México. <http://www.ualberta.ca/~iiqm/pdfs/introduccion.pdf>
71. Mellado, V., y D. Carracedo (1993): Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3): 331-339.
72. Miklos, T. (2006). Mejorar la calidad de la educación en México; compromiso urgente. Hacia un nuevo paradigma 2006-2012. El México que queremos, y la educación que necesitamos. Un Proyecto de Nación construido desde la escuela entendida como un bien público estratégico. IV Congreso Nacional de Educación. *Documento de Discusión Tomo 1. Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación*: 17- 40.

73. Miramontes, A. I. (2003). *Conociendo al bachillerato: un estudio cualitativo sobre práctica docente y fracaso escolar*. (Tesis de maestría). Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo. Universidad Autónoma de Baja California.
74. Molina, E. e Hierrezuelo, J. (1988). La influencia de las ideas previas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Un ejemplo: la formación del concepto de fuerza en segundo de BUP. *Investigación en la Escuela*: 49-57.
75. Moya, A. M. (2010). Recursos didácticos en la enseñanza. *Revista Digital Innovación y Experiencias Tecnológicas*, 45.
76. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2009). Aportes para la enseñanza de las Ciencias Naturales. Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE). Santiago: Salesianos Impresores.
77. Pashley, M. (1994). A level students: Their problems with gene and allele. *Journal Biological Education*, 28(2): 120-126.
78. Patiño, L., Vera, A. V. y Meisel, J. D. (2010). Análisis de la práctica docente desde una experiencia de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación (ECBI). *Educere, investigación arbitrada*, Año 14 (49): 333-344.
79. Pérez Gómez, A. I. (1995). La escuela, encrucijada de culturas. La dinámica del currículum oculto. *Investigación en la escuela*, 26: 7-24.
80. Perrenoud, P. (1990). *La construcción del éxito y del fracaso escolar*. Madrid: Morata.
81. Perrenoud, P. (2007). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona: Graó.
82. Pierce, B. (2010). *Genética, un enfoque conceptual*. Madrid: Editorial Medica Panamericana.
83. Postic, M. y De Ketele, J. M. (2000). *Observar las situaciones educativas*. Madrid: Narcea.
84. Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (2001). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
85. Prendes, M. P. y Solano, I. M. (2006). *Herramientas de evaluación de material didáctico impreso*. Grupo de Investigación de Tecnología Educativa. Universidad de Murcia.
86. Pulido, R, Ballén, M. y Stella, F. (2007). *Abordaje hermenéutico de la investigación cualitativa, teoría, procesos, técnicas*. Bogotá: Universidad cooperativa de Colombia.
87. Ravazzani, C. (2009). *Didáctica, la relación del docente con el currículo, aportes para la discusión*. *Quehacer Educativo*.
88. Rojas, R. (1995). *Guía para realizar investigaciones sociales*. México: Plaza y Valdés.

89. Sacristán, G. J. (1991). Enseñanza, curriculum y profesorado. Madrid: Editorial Akal Universitaria.
90. Sacristán, G. J. (1992). Teoría de la enseñanza y desarrollo del currículo. 4ta edición. Buenos Aires: Editorial Rei Argentina.
91. Sacristán, G. y Pérez Gómez, A. I. (1996). Comprender y transformar la enseñanza. Madrid: Morata.
92. Sacristán, G. J. (1997). Docencia y cultura escolar: reformas y modelo educativo. Buenos Aires: Lugar Editorial.
93. Sacristán, G. J. (2007). El Currículum: una reflexión sobre la Práctica. Las tareas como base de la profesionalidad docente. Madrid: Morata.
94. Sagástegui, D. (2004). Una apuesta por la cultura: el aprendizaje situado. *Revista Electrónica Sinéctica*, 24: 30-39.
95. Sancho, J. M., et al. (1994). Para una tecnología educativa. Horsori
96. Sanmartí, N. (2002). Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria. Madrid: Síntesis.
97. Santos Guerra, M. (2000). Evaluación educativa, un proceso de diálogo comprensión y mejora. Buenos Aires: Magisterio del Río de La Plata.
98. Sigüenza, A. F. y Sáez, M. J. (1990). Análisis de la resolución de problemas como estrategia de la enseñanza de la Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3): 223-230.
99. Smith, J. Z. (1987). To take place: toward theory in ritual. Chicago: The University of Chicago Press.
100. Spengler, M. C. (2002). El conocimiento de los estilos de aprendizaje como orientadores en la selección, análisis y producción del material didáctico- la estandarización de los instrumentos para su evaluación. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 9(9).
101. Stenhouse, L. (2003). Investigación y desarrollo del curriculum. 5ta edición. Madrid: Morata.
102. Strauss, A. L. (1987). Qualitative analysis for social scientists. New York: Cambridge University press.
103. Tomachewski, K. (1966). Didáctica general. México: Grijalbo.
104. Torralba, F. (2001). Más allá del principialismo, la ética de las virtudes como fundamento. *Congreso del Educador Social*. Barcelona.

105. Tishman, S., Perkins, D.N. y Jay, E. (1997). Un aula para pensar: aprender y enseñar en una cultura de pensamiento. Buenos Aires: Aique.
106. Tyler, R. (1973). Principios básicos del currículo. Buenos Aires: Troquel.
107. Vásquez, F. (2000). El oficio de maestro. Bogotá: Javegraf.
108. Vergel, E. (2010). Modelo didáctico para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la herencia biológica a través de una herramienta interactiva multimedia. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/vrac/documentos/Curricular_Documentos/Evento/Ponencias_6/verguel_elizabeth.pdf
109. Villa, L. Y. y Torres, D. M. (2009). Una propuesta para la enseñanza de herencia biológica desde un análisis histórico del concepto. Asociación Colombiana para la Investigación en Ciencias y Tecnología EDUCyT. Memorias, I Congreso Nacional de Investigación en Ciencias y Tecnología: 22-26.
110. Villalobos, J. (2003). El docente y actividades de enseñanza-aprendizaje: algunas consideraciones teóricas y sugerencias prácticas. *EDUCERE, artículos arbitrados*. Año 7, No. 22: 170 - 176.
111. Yus, R., Rebollo Bueno, M. Alcázar, C. y Soria, L. (1989). Desarrollo curricular de las Ciencias Naturales del nivel medio a partir de un modelo de enfoque constructivista. III. Congreso Internacional de Didáctica, Santiago de Compostela.
112. Wittrock, M. C. (1997). La investigación de la enseñanza, profesores y alumnos. Barcelona: Paidós.
113. Zabalza, M. A. (1997). Diseño y desarrollo curricular. Madrid: Narcea.
114. Zubiría, H. (2004). El constructivismo en los procesos de enseñanza-aprendizaje en el siglo XXI. México: Plaza y Valdés.

ANEXOS

Anexo A. Cuestionario de la encuesta aplicada al grupo de estudiantes en el que tuvo lugar la intervención.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Evaluación del cuaderno de trabajo (Formato para alumnos)



Materia/asignatura: _____ Grupo: _____ Fecha: _____

Instrucciones: Responde de manera clara de acuerdo a tu opinión las siguientes preguntas, marcando con una “X” la opción que consideres y explicando la razón de tu opción seleccionada.

Pregunta	Siempre	Frecuentemente	A veces	Pocas veces	Nunca	¿Por qué?
EN CUANTO AL CONTENIDO DEL CUADERNILLO						
1. Las actividades propuestas en el cuadernillo de trabajo te ayudaron a comprender la temática						
2. Las instrucciones para realizar las actividades fueron claras						
3. La forma de abordar la temática fue interesante						
4. La forma en que se aborda la temática te aporta información que puedas aplicar en tu vida diaria						
5. Las actividades del cuadernillo de trabajo contemplan los aprendizajes propuestos en el programa de estudios de tu asignatura						
6. El lenguaje utilizado en las lecturas propuestas en el cuadernillo de trabajo fue comprensible						

7.	Han sido suficientes el número de actividades propuestas para la comprensión de la temática					
8.	Pudiste realizar las actividades solo con la información de las lecturas propuestas					
9.	Te gustó trabajar con el cuadernillo					
EN CUANTO AL DISEÑO DEL CUADERNILLO:						
10.	Consideras que el diseño del cuadernillo es adecuado					
11.	Las imágenes son útiles para comprender las lecturas					
12.	Las imágenes son suficientes					

13. ¿Qué sugerirías para mejorar el cuadernillo de trabajo?

14. ¿Qué es lo que menos te ha gustado del cuadernillo de trabajo?

15. ¿Qué es lo que más te ha gustado del cuadernillo?

Anexo B. Guía de entrevista estructurada aplicada al docente que hizo la intervención con el cuaderno de trabajo elaborado



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTAPALAPA
Evaluación de cuaderno de trabajo
Entrevista al docente



Nombre del profesor: _____

Asignatura que imparte: _____

Sobre aspectos generales del cuaderno de trabajo

1. ¿Cuál es tu opinión sobre el cuaderno de trabajo?
2. ¿Consideras que el cuaderno de trabajo cumple con las características necesarias para promover el aprendizaje?
3. ¿El lenguaje utilizado es adecuado al nivel de comprensión (conocimientos) de alumnos de quinto semestre?

Sobre el diseño del cuaderno de trabajo

4. ¿Consideras que la presentación de este material es adecuada?
5. ¿La presentación del material genera interés en el alumnado?

Sobre la estructura del cuaderno de trabajo

6. ¿Las ilustraciones e imágenes apoyan el contenido?
7. ¿Existe relación entre las distintas secciones que estructuran el material?

Sobre el contenido del cuaderno de trabajo

8. ¿Son adecuados al nivel de conocimientos previos de los alumnos?
9. ¿Están actualizados?
10. ¿Consideras que existe coherencia entre las experiencias de aprendizaje?
11. ¿Consideras que las indicaciones son claras y adecuadas para alumnos de quinto semestre?

Sobre las actividades que constituyen el cuaderno de trabajo

12. ¿Están acordes a los objetivos de aprendizaje?
13. ¿Facilitan el logro de los objetivos planteados en el programa de estudios de la asignatura?
14. ¿Fomentan que el estudiante construya su aprendizaje?
15. ¿Las instrucciones para la realización de las actividades son claras?
16. ¿Son suficientes para el logro de los aprendizajes relacionados con la temática indicados en el programa de estudios de Biología III?
17. ¿Qué dificultades detectaste en el uso del cuaderno de trabajo?

Anexo C. Programa de Estudios de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades de Biología I (2004).

TERCERA UNIDAD. ¿CÓMO SE TRANSMITE Y MODIFICA LA INFORMACIÓN GENÉTICA EN LOS SISTEMAS VIVOS?

PROPÓSITO:

- Al finalizar la Unidad, el alumno identificará los mecanismos de transmisión y modificación de la información genética en los sistemas vivos, a través del análisis de distintos patrones hereditarios y del conocimiento del papel de las mutaciones, para que valore los avances del conocimiento biológico con relación a la manipulación genética y sus repercusiones en la sociedad.

TIEMPO: 25 horas

APRENDIZAJES	ESTRATEGIAS	TEMÁTICA
<p>El alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> Explica diferentes mecanismos hereditarios. Resuelve problemas que involucren la transmisión de caracteres según distintos mecanismos hereditarios. Reconoce que la transmisión de las características hereditarias permite la continuidad de los sistemas vivos. Relaciona las mutaciones con la variabilidad biológica. Describe la tecnología del ADN recombinante y sus aplicaciones. Valora las implicaciones de la manipulación genética. Valora las implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos. Aplica habilidades, actitudes y valores al llevar a cabo actividades documentales y experimentales que contribuyan a la comprensión de la transmisión y modificación de las características hereditarias. Aplica habilidades, actitudes y valores para comunicar de forma oral y escrita la información derivada de las actividades realizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> El profesor detectará los conocimientos previos de los alumnos con respecto a la transmisión y modificación de la información genética en los sistemas vivos. Los alumnos buscarán, analizarán e interpretarán información procedente de distintas fuentes sobre las formas en que se transmite y modifica la información genética en los sistemas vivos. El profesor formulará problemas cuya resolución permita a los alumnos comprender la transmisión de las características hereditarias conforme a los patrones estudiados. Los alumnos en equipo llevarán a cabo experiencias de laboratorio o de campo, que pueden ser propuestas por el profesor y/o por ellos mismos, sobre algunos aspectos de los temas estudiados. Los alumnos en equipo elaborarán informes de sus actividades y los presentarán en forma oral y escrita. Los alumnos construirán modelos y otras representaciones que faciliten la comprensión de los mecanismos hereditarios estudiados. El profesor utilizará en clase materiales audiovisuales, ejercicios y juegos didácticos que permitan a los alumnos adquirir, ampliar y aplicar la información sobre los aspectos estudiados. El profesor propondrá al grupo la asistencia a conferencias y la visita a instituciones y centros de investigación para reafirmar y ampliar los aprendizajes. El profesor organizará en el grupo debates y mesas redondas para el análisis y discusión de las implicaciones de la manipulación genética, el proyecto genoma humano y la clonación de organismos. El profesor y los alumnos evaluarán el logro de los aprendizajes a lo largo de la Unidad. 	<p>Tema I. Mecanismos de la herencia</p> <ul style="list-style-type: none"> Herencia mendeliana. Herencia no mendeliana: Dominancia incompleta, alelos múltiples y herencia ligada al sexo. Conceptos de gen y genoma. Concepto de mutación. Importancia de las mutaciones como mecanismos de variabilidad biológica. <p>Tema II. La Ingeniería genética y sus aplicaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> Aspectos generales de la Tecnología del ADN recombinante. Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: Organismos transgénicos, terapia génica. Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos.

Anexo D. Programa de Estudios de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades de Biología III (2004).

SEGUNDA UNIDAD. ¿POR QUÉ SE CONSIDERA A LA VARIACIÓN GENÉTICA COMO LA BASE MOLECULAR DE LA BIODIVERSIDAD?

PROPÓSITO:

- Al finalizar la Unidad, el alumno comprenderá las fuentes de variación genética y las formas de transmitirlas, a partir del estudio de los mecanismos de mutación, recombinación y su expresión, para que valore su importancia en la biodiversidad.

TIEMPO: 32 horas

APRENDIZAJES	ESTRATEGIAS	TEMÁTICA
<p>El alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> Analiza el papel del material genético en la diversidad. Contrasta la estructura del cromosoma procarionte y eucarionte, como punto de partida para explicar la diversidad genética. Compara las relaciones entre alelos en la transmisión y expresión de la información genética, para comprender la variación. Distingue los principales tipos de mutación y su papel como materia prima de la variación en los sistemas vivos. Explica las bases de la recombinación genética para comprender su importancia en el proceso de variación. Reconoce el papel del flujo génico como factor de cambio en el nivel de población. Aplica habilidades, actitudes y valores al llevar a cabo actividades documentales, experimentales y/o de campo, que contribuyan a la comprensión y valoración del papel de la variación genética como base molecular de la biodiversidad. Aplica habilidades, actitudes y valores para llevar a cabo la investigación previamente diseñada sobre alguno de los temas o alguna situación de la vida cotidiana relacionada con las temáticas del curso (registro, análisis e interpretación de datos y elaboración de conclusiones). Aplica habilidades, actitudes y valores para comunicar de forma oral y escrita la información derivada de las actividades realizadas en forma individual y en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> El profesor detectará los conocimientos previos de los alumnos con respecto a la base molecular de la biodiversidad. El profesor diseñará instrumentos que permitan al alumno relacionar lo que sabe con lo que va a aprender sobre la variación genética como base molecular de la biodiversidad. Los alumnos recopilarán, analizarán e interpretarán información procedente de distintas fuentes sobre los aspectos señalados en la temática. Los alumnos en equipo llevarán a cabo experiencias de laboratorio o de campo, que pueden ser propuestas por el profesor y/o por ellos mismos, sobre problemas relativos a los temas estudiados. Los alumnos construirán modelos y otras representaciones que faciliten la comprensión de la temática abordada. Los alumnos elaborarán informes de sus actividades y los presentarán en forma oral y escrita. El profesor utilizará en clase materiales didácticos que permitan a los alumnos adquirir, ampliar y aplicar información sobre la temática. El profesor promoverá en el grupo la resolución de problemas que contribuyan al logro de los aprendizajes de la unidad. El profesor propondrá al grupo la asistencia a conferencias y la visita a instituciones y centros de investigación para ampliar los aprendizajes. El profesor guiará a los alumnos para que lleven a cabo la investigación previamente diseñada sobre alguno de los temas o alguna situación cotidiana relacionada con las temáticas del curso. El profesor y los alumnos evaluarán el logro de los aprendizajes a lo largo de la Unidad. 	<p>Tema I. Naturaleza de la diversidad genética</p> <ul style="list-style-type: none"> ADN y ARN desde la perspectiva de la diversidad genética. Cromosoma de procariontes y eucariontes. <p>Tema II. Expresión genética y variación</p> <ul style="list-style-type: none"> Relaciones alélicas. Relaciones no alélicas. <p>Tema III. Fuentes de variación genética</p> <ul style="list-style-type: none"> Mutaciones. Recombinación genética. Flujo génico.



Labrador negro



Labrador café o chocolate



Labrador amarillo

Tomada de: Life. The science of biology. (2007)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES AZCAPOTZALCO

PATRONES DE EXPRESIÓN GÉNÉTICA: RELACIONES NO ALÉLICAS

Nombre del alumno: _____

Semestre: _____

Asignatura: _____

Grupo: _____

Turno: _____





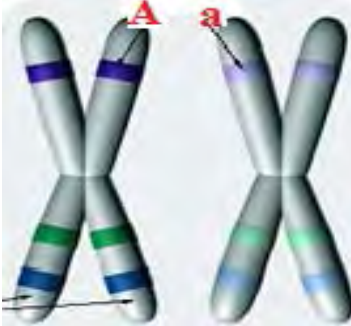
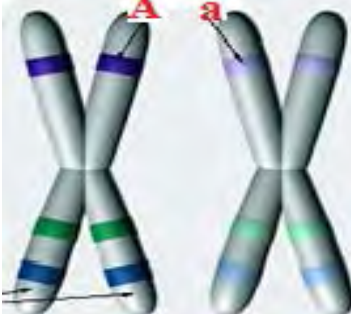
ÍNDICE

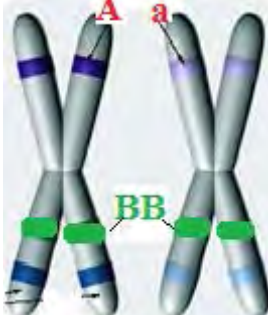
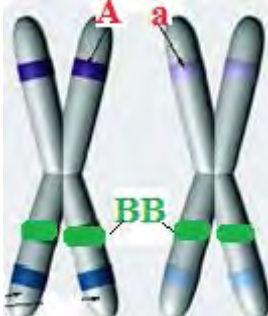
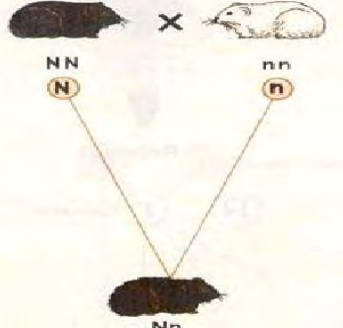
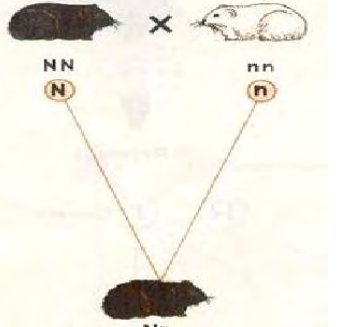
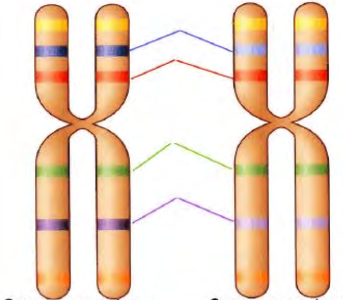
ACTIVIDAD DIAGNÓSTICA.....	3
I. ¿Y QUÉ SON LAS RELACIONES NO ALÉLICAS?.....	5
¿Infidelidad o negligencia?.....	5
Actividad 1.1.....	5
DNA y alelos.....	6
Actividad 1.1.1.....	10
¿Relaciones no alélicas?.....	11
Actividad 1.1.2.....	15
Actividad 1.1.3.....	16
II. ¿PERO CÓMO ES QUE SE SABE ÉSTO?.....	17
Un nuevo patrón hereditario.....	17
Cuestiones de sexo.....	20
Relación de los genes con el ambiente.....	22
Actividad 1.2.1.....	24
III. PATRONES DE EXPRESIÓN GENÉTICA DETERMINADOS POR RELACIONES NO ALÉLICAS.	25
¿Engaño o epistasis?	25
Actividad 1.3.1.....	32
Actividad 1.3.2.....	33
¿Quién es el padre de Claudia?.....	34
Actividad 1.3.3.....	40
Actividad 1.3.4.....	41
¿Por qué se es tan alto, por qué se es bajo de estatura?.....	42
¿El tono de nuestra piel es igual a la de nuestros conocidos?.....	46
Actividad 1.3.5.....	47
Actividad 1.3.6.....	48
Actividad 1.3.7.....	49
IV. ANEXO I. GLOSARIO.....	51
V. BIBLIOGRAFÍA.....	53



ACTIVIDAD DIAGNÓSTICA

Completa el siguiente cuadro señalando en la imagen la estructura a la que hace referencia y explicando con tus palabras el concepto correspondiente

CONCEPTO	SEÑALA	EXPLICA
Gen		
Alelo		
Alelo dominante		
Alelo recesivo		

<p>Homocigoto</p>		
<p>Heterocigoto</p>		
<p>Genotipo</p>		
<p>Fenotipo</p>		
<p>Locus</p>	<p>CROMOSOMAS HOMÓLOGOS</p>  <p>Cromosoma paterno Cromosoma materno</p>	

I. ¿Y QUÉ SON LAS RELACIONES NO ALÉLICAS?



Instrucciones: Lee cuidadosamente el caso que a continuación se te presenta

¿INFIDELIDAD O NEGLIGENCIA?

En las pasadas vacaciones de invierno, Héctor un alumno de 5to semestre del CCH Naucalpan, fue a visitar a su tía que vive en el estado de Zacatecas. Después de un día lleno de actividades recreativas, durante la cena sus familiares estaban comentando la situación de la hermana de la comadre de sus tíos, la cual tenía un serio problema familiar. Su marido la había golpeado y quería el divorcio porque afirmaba que ella le había sido infiel; la mujer muy afligida le había jurado que eso no era verdad, pero él afirmaba que la prueba que tenía de esto era que su hija era de tipo sanguíneo A y él era tipo sanguíneo O, al igual que su esposa. Su hija que era ya adulta, tenía un hijo con tipo sanguíneo AB, cuyo padre era tipo sanguíneo B. Cuando llegaron ante los jueces, tras la discusión del caso, algunos propusieron que ella no era hija de la pareja, lo que implicaba que la esposa no le había sido infiel; sin embargo, ante dicha hipótesis la pareja se molestó mucho y dijo que demandaría al hospital por haberle cambiado a su hija. Después de la cena Héctor se fue a dormir pensando en la situación de la que se había hablado durante la cena.



ACTIVIDAD 1.1. Para reflexionar... con base en el caso anterior, responde las preguntas que se te realizan a continuación. Haz uso de tus conocimientos e ideas previas.

1.- ¿Qué tipo de preguntas consideras que se estaría haciendo Héctor?

2.- ¿Cuál era el problema?

3.- ¿Qué hipótesis apoyaría? ¿Por qué?

4.- ¿Qué explicación requería Héctor?

DNA y Alelos

Tal vez, te habrás dado cuenta que nos faltan algunos elementos para poder responder a los cuestionamientos que se hace Héctor. Para ello, trataremos sobre los patrones de expresión que son resultado de las **relaciones no alélicas**. Para aumentar la posibilidad de que podamos comprender de mejor manera en qué consisten o a qué se refieren éstas y, que al final podamos responder o explicar la situación del caso con el que Héctor tuvo contacto, haremos un recordatorio, en principio de lo que es un alelo y las relaciones alélicas.

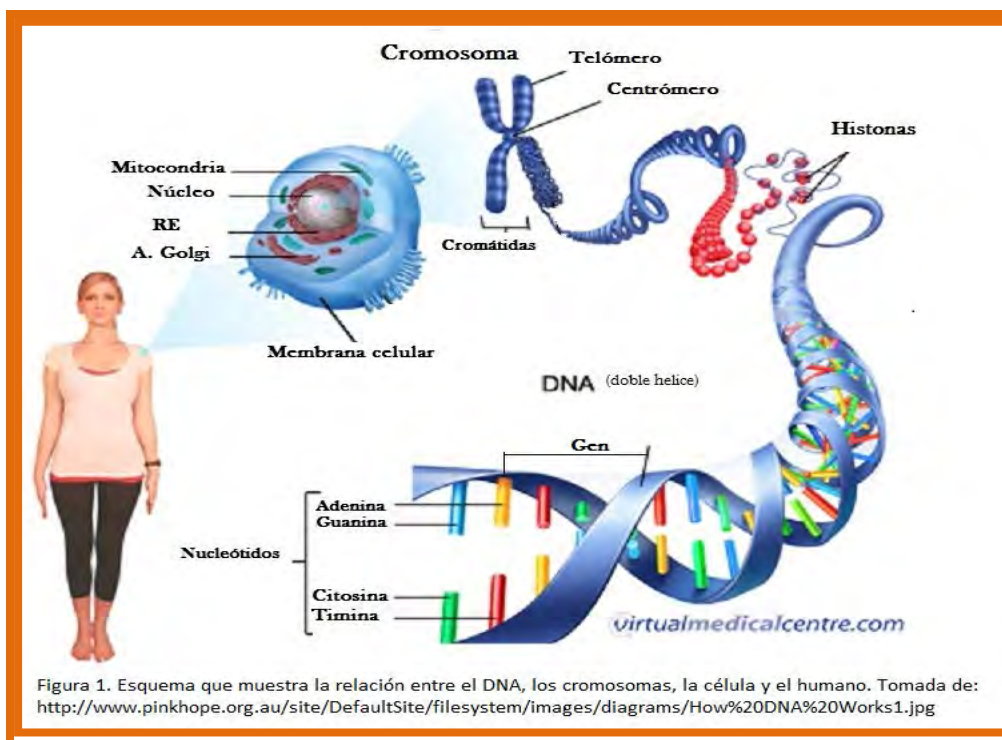


Figura 1. Esquema que muestra la relación entre el DNA, los cromosomas, la célula y el humano. Tomada de: <http://www.pinkhope.org.au/site/DefaultSite/filesystem/images/diagrams/How%20DNA%20Works1.jpg>

Para comenzar, recordaremos que los organismos poseemos información genética que define cómo somos, la cual se encuentra codificada de manera “ordenada” en una molécula constituida por una doble cadena de nucleótidos denominada Ácido Desoxirribonucleico (ADN), también llamada DNA por sus siglas en inglés. En el

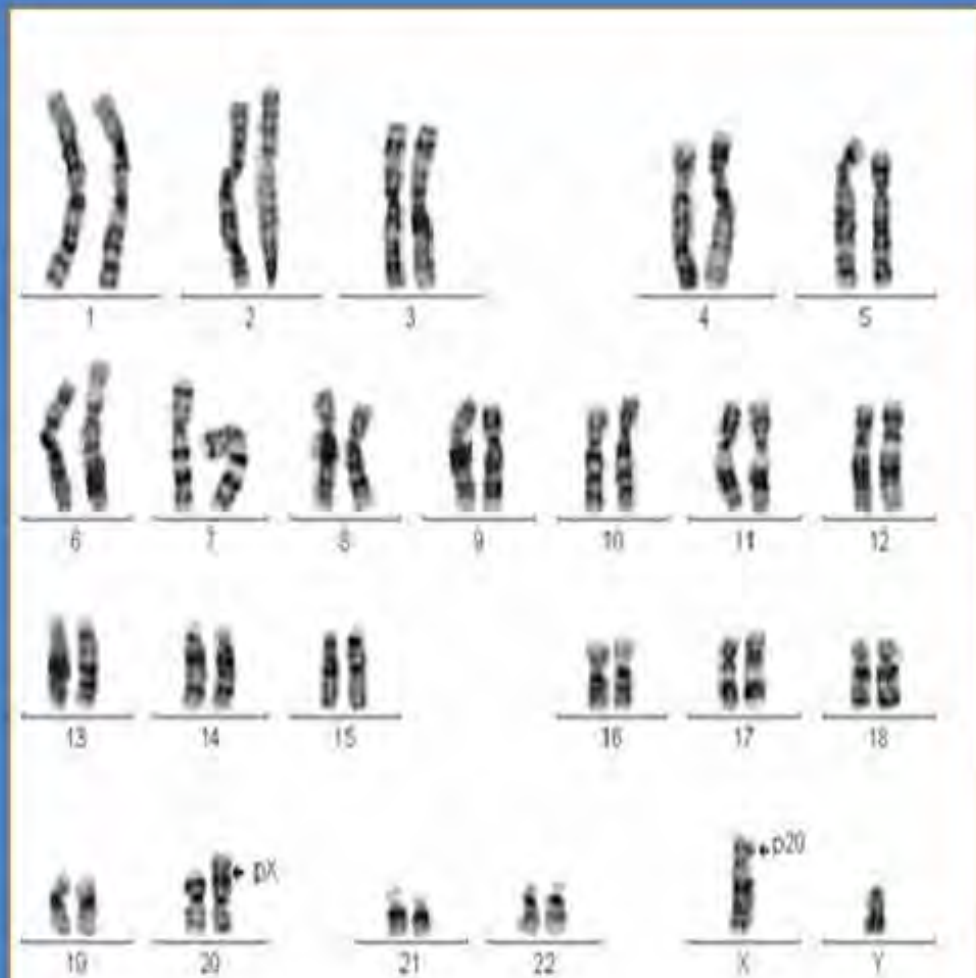


Figura 2. Cariotipo humano. Muestra los 23 pares de cromosomas homólogos, es decir, los 22 pares de autosomas y el par sexual, que para este caso particular es XY, por lo que podemos decir que este cariotipo pertenece a un varón. Tomado de: <http://www.ginemed.es/images/genet2.jpg>

caso particular de los organismos eucariontes, en cada una de nuestras células se encuentra presente dicha información genética, la cual se llega a empaquetar de una manera especial dando lugar a los cromosomas, de los cuales nosotros como individuos de la especie *Homo sapiens* poseemos 46 (**Figura 2**); sin embargo, cada uno de nosotros de manera normal poseemos dos copias de cada uno de ellos; es decir, tenemos 23 pares de cromosomas homólogos o similares en cuanto a la información genética que poseen, de ahí que nos reconozcamos como organismos diploides. Cada una de las copias ha sido heredada por cada uno de nuestros progenitores durante la reproducción sexual; es decir, una de las copias ha sido heredada por parte del padre y la otra por parte de la madre (Armienta, 2004). De los 23 pares de cromosomas, 22 son autosomas¹ y un par sexual; es decir, poseemos 22 pares de cromosomas que codifican para las características que nos definen como individuos de la especie *Homo sapiens* y, además contamos con un par de cromosomas sexuales, cromosomas cuya presencia o ausencia está correlacionada con el sexo del individuo que lo porta, ya que desempeña una función en la determinación del sexo de éste (**Figura 2**), codificando para caracteres secundarios, por ejemplo, el bigote en los varones.

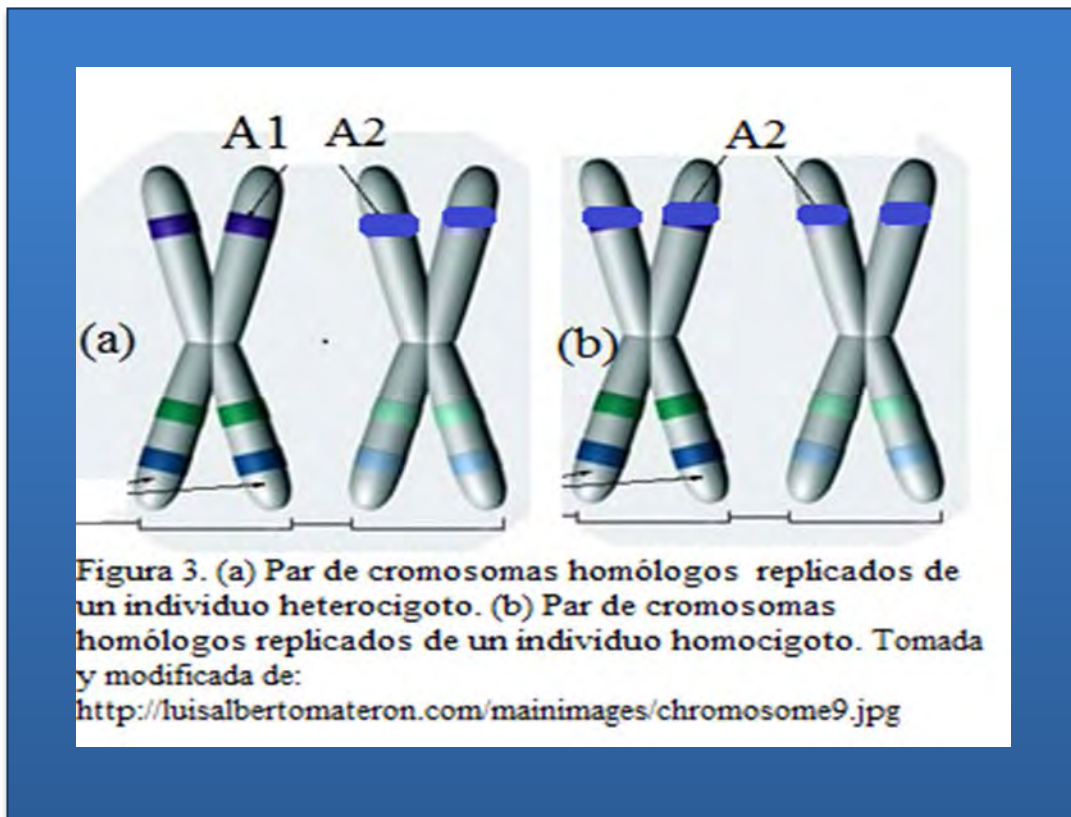
A su vez, recordaremos que los cromosomas al estar constituidos por DNA, están constituidos por genes² (**Figura 1**), por lo que estos últimos ocupan un lugar particular en el cromosoma al que le denominamos *locus*, pero dado que cada gen ocupa un lugar específico en el cromosoma, cuando hablamos de los sitios que ocupan varios genes en el cromosoma nos referimos a *loci*. También recordaremos que si bien, cada gen participa en la determinación de las características biológicas de los seres³, al existir en términos generales dos copias de cada uno de los cromosomas, implica que en realidad cada uno de nuestros caracteres está determinado por lo menos por un par de ellos, lo que da lugar a la formación de dos

¹ *Autosomas*: Cualesquier cromosoma que no sean cromosomas sexuales (X y Y, en el humano). Griffiths et al. 2002.

² Teoría cromosómica de la herencia (Sutton y Boveri, 1902)

³ Contribución de August Weisman.

cromosomas que poseen un conjunto similar de genes, a los cuales se les denomina homólogos⁴; esto implica que cada copia de un determinado gen se encuentra en cada uno de los cromosomas homólogos y que cada uno de estos es heredado por parte de cada progenitor. Dichos genes pueden ser iguales o diferentes; lo cual significa que puede haber formas alternas de expresión de un gen al que le denominamos *alelo*; es decir, genes que poseen información genética diferente, pero que codifican para el mismo carácter. *Ejemplo*: en cuanto al carácter tono de piel, podemos encontrar un alelo “A1” que codifica para un tono oscuro de piel y un alelo “A2”, que codifica para un tono de piel claro.



Si los alelos presentes en los cromosomas homólogos que codifican para un mismo carácter (tono de piel) son iguales o similares (A1, A1), entonces se dice que el organismo que posee esa información genética es homocigótico (Figura 3, inciso a), pero si son diferentes se dice que es heterocigótico (Figura 3, inciso b)⁵.

⁴ Griffiths, et al. 2002.

⁵ Ayala, 1984. Pág. 58 y 59.



ACTIVIDAD 1.1.1. Para reflexionar... responde lo que a continuación se te solicita

1.

• ¿Qué es un alelo?

• _____

• ¿Cuál es la relación entre un alelo y un gen?

• _____

2.

• ¿Cuál es la relación entre un alelo y un cromosoma?

• _____

• ¿De qué manera está relacionado un alelo y el fenotipo de un individuo?

• _____

3.

• ¿Por qué a un organismo se le denomina homocigótico?

• _____

• ¿Por qué a un individuo se le denomina heterocigótico?

• _____



Instrucciones. Lee detenidamente la siguiente información que se te presenta

¿Relaciones no alélicas?

Ahora resta explicar a qué se le denomina o qué entendemos por relaciones no alélicas, para que podamos comprender cómo este tipo de relaciones influyen en la variabilidad que se observa en algunos integrantes del maravilloso mundo vivo.

Hasta este momento, se ha comentado qué son los alelos; y como sabemos por las aportaciones de algunos científicos (Weissman, Sutton, Boveri) así como la realizada por Thomas Hunt Morgan y su equipo de colaboradores alrededor de 1910, cada una de las características de los organismos diploides que se reproducen a través de un mecanismo sexual, está determinada o depende de manera normal de las relaciones funcionales que se establecen entre los genes, a las cuales se les denomina **relaciones génicas**, que se pueden llevar a cabo de formas diversas, trayendo como resultado la modificación de las relaciones de dominancia y por lo tanto, de diferentes tipos de acción génica. Ya que como recordaremos la dominancia y la recesividad no son propiedades de los alelos *per se* (por sí mismos), sino el resultado de la interacción de los alelos en cada genotipo concreto. Por ejemplo, un alelo “**A1**” puede comportarse como dominante frente a otro alelo “**A2**” en un heterocigoto “**A1A2**”, por tanto se expresa el gen “**A1**”, pero puede encontrarse en una combinación con un Alelo “**A3**” en cuya combinación se comportara como recesivo en un heterocigoto “**A1A3**”⁶. Un ejemplo de esto lo podemos observar en la expresión del tipo sanguíneo. Un individuo heterocigoto que porta el gen que codifica para el tipo sanguíneo “**O**” y otro gen para el tipo sanguíneo “**A**”, fenotípicamente será tipo sanguíneo “**A**”, porque en la interacción resultante entre los genes, el gen que codifica para el tipo sanguíneo “**A**”, es

⁶ Puertas, 1999.

dominante sobre el gen que codifica para el tipo sanguíneo “O”, pero si se trata de un individuo heterocigoto que porta un gen que codifica para el tipo sanguíneo “A y otro gen que codifica para el tipo sanguíneo “B”, resulta que fenotípicamente presentará un tipo sanguíneo “AB”, en este caso particular “A” no es dominante sobre “B”, sino que son codominantes.

Por tanto, estas condiciones tienen como consecuencia una variación en los patrones de expresión de la información genética en el fenotipo. Algunos de estos patrones seguramente ya los has revisado (codominancia, herencia intermedia), algunos otros los revisaremos más adelante, ya que son tema de interés para realizar este escrito. Lo que me interesaría resaltar es que este tipo de interacción entre alelos de un mismo gen, puede generar patrones fenotípicos muy interesantes, lo que hace evidente que la influencia ejercida por las interacciones varían según las distintas formas posibles como se encuentren combinados los alelos, así como por la influencia ejercida por el ambiente⁷. Por lo que entonces estos patrones de expresión fenotípica son consecuencia de la forma como interaccionan los genes que conforman la información genética de un individuo, forma que ha sido establecida por procesos evolutivos, que en algunos casos genera que esta interacción se lleve a cabo de forma diferente, dependiendo del carácter y del individuo que se trate, así como del hecho de la forma en la que esté codificado dicho carácter; es decir, de qué dependa su expresión.

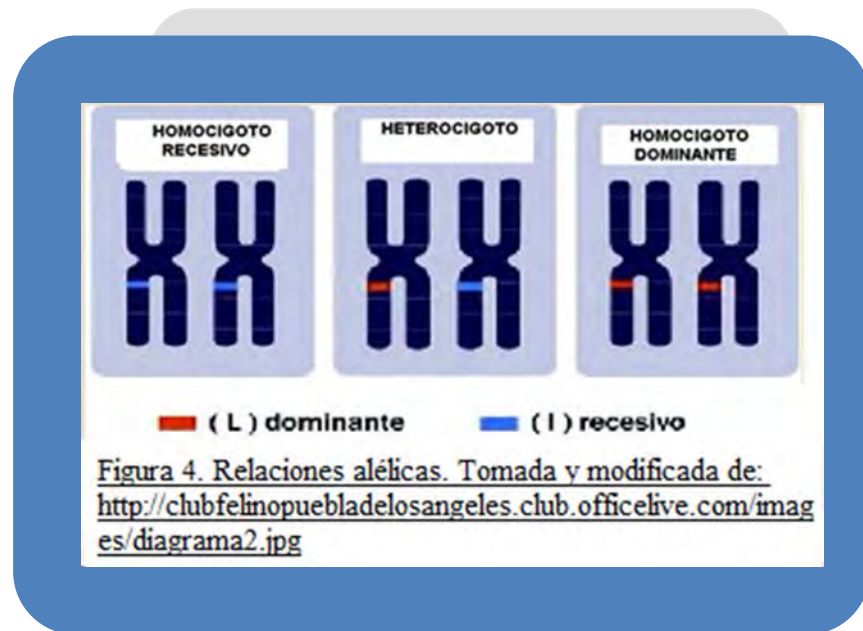
Las relaciones no alélicas se refiere a los patrones de expresión de la información genética que están codificados o que no dependen de la interacción de un par de alelos, sino por más de dos, o por un par de alelos que influye en la expresión de otros caracteres, entre otras formas de relaciones no alélicas.

⁷ De López, 2010.

De hecho, existen ciertos rasgos cuya expresión está determinada por la interacción que se da entre alelos de un mismo gen, en donde si existe un alelo dominante, será el que se exprese, si no existe alelo dominante, será el alelo recesivo el que determinará el fenotipo del individuo para ese carácter en particular; a este tipo de relaciones se les reconoce como **intragénicas o interalélicas (Figura 4)**, que son por ejemplo, responsables de los patrones de expresión de dominancia completa, codominancia, herencia intermedia. Sin embargo, existen otros rasgos cuya expresión está codificada por relaciones más complejas. Ejemplo de ello son los patrones hereditarios que son resultado de la interacción entre alelos de dos o más loci. **A este tipo de interacciones se les ha reconocido como relaciones no alélicas, intergénicas o interloci (Figura 5)**, las cuales se pueden establecer o llevar a cabo incluso entre alelos que pertenecen a cromosomas diferentes⁸. Un ejemplo se puede observar en la **figura 6**, en donde se muestra que para obtener un producto

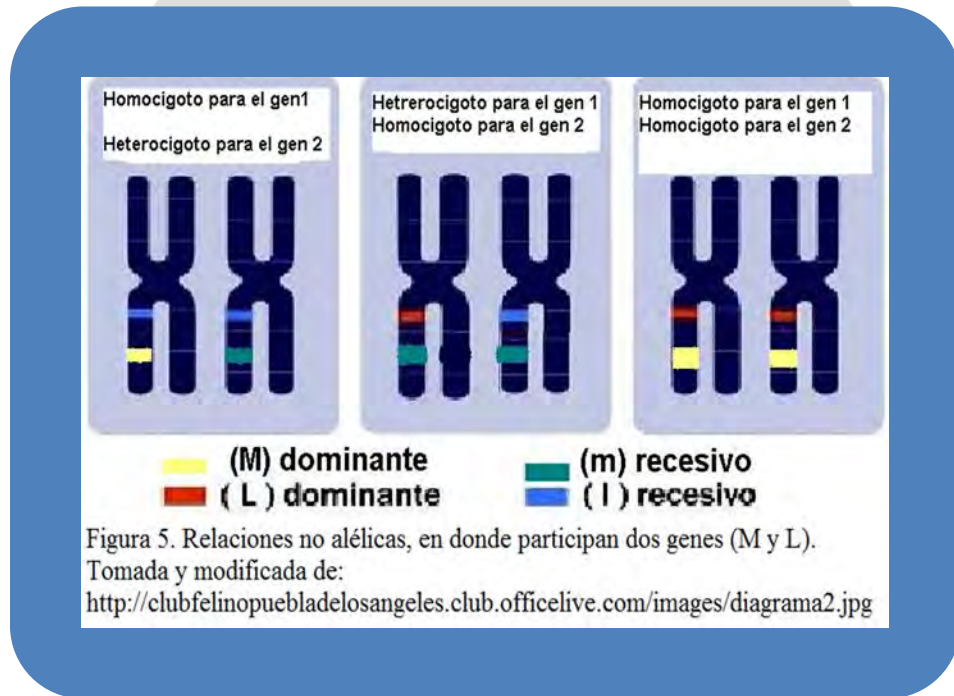
final se requiere de la intervención en la síntesis de dicho producto dos genes, el gen “C” y el gen “P”, ya que si solo está presente el “C” y no el “P”, se producirá un producto intermedio, pero no el producto final. Si solo está presente el gen “P”, no habrá producto intermedio

por no estar presente el gen “C”, de manera que el gen “P” no puede participar en la síntesis del producto final. Por tanto, en este ejemplo se observa que para obtener el producto final, se requiere de la presencia y expresión de ambos genes (“C” y “P”).



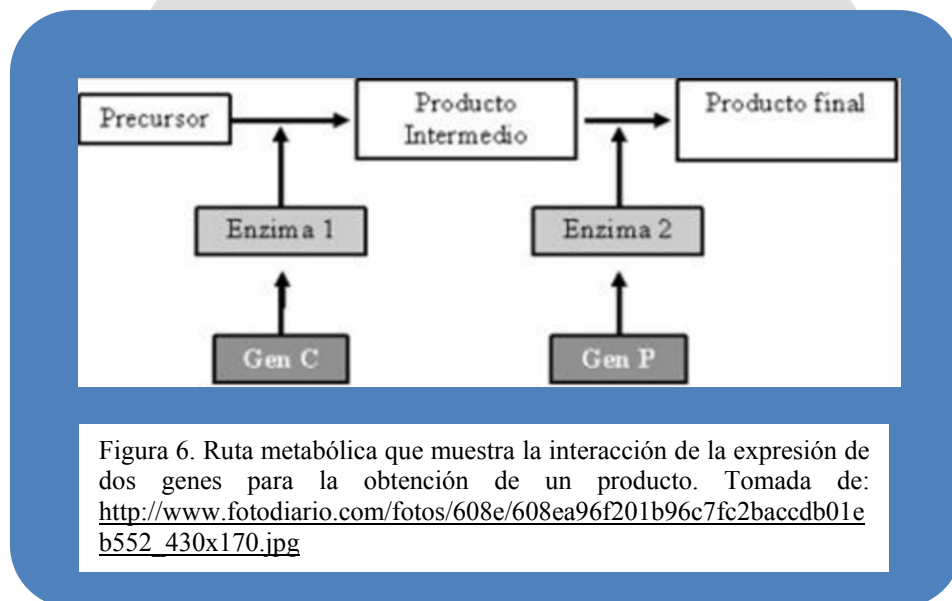
⁸ Klug & Cummings, 2003.

En algunos casos estas relaciones no alélicas se presentan debido a que los alelos de un mismo gen se segregan, o se heredan de manera independiente, y estos a su vez se heredan de manera independiente



de otros genes, pero en este tipo de relaciones entre alelos se ha observado que alelos de distintos genes se heredan o transmiten conjuntamente porque se encuentran en el mismo cromosoma homólogo, por lo que se le denomina genes ligados y no ocurre la transmisión independiente a la descendencia, ya que sólo se hereda una

copia del gen; es decir, un solo alelo, por lo que el carácter correspondiente estará determinado por ese alelo y no por la interacción de dos de ellos; este



comportamiento

entre los genes determina un patrón particular hereditario que explica parte de la variación fenotípica observada en los individuos.

Por tanto, podemos entonces decir que las relaciones no alélicas se refieren al hecho de que para la expresión del carácter no existe solamente la interacción entre un par de alelos de un solo gen, sino que puede estar determinado por la interacción que se suscita entre dos genes (cuatro alelos) o más, o bien, por más de dos genes (seis alelos), pero los cuales son controlados por el ambiente, o bien, por un gen (dos alelos) que influye en la expresión de otros genes, que son los patrones que se han detectado hasta el momento con mayor regularidad, pero que existen otros que no trataremos en este escrito, que se comentan por si el lector pudiera interesarse e investigar por su propia cuenta. Algunos de estos patrones de expresión están determinados por más de un gen pero estos genes se encuentran en el citoplasma; es decir, el fenotipo resultante es producto de la expresión del individuo, pero regulados por productos de genes (herencia citoplásmica o mitocondrial o materna).



ACTIVIDAD 1.1.2. Para reflexionar... Con base en la lectura anterior, responde a las siguientes preguntas de acuerdo a lo que hayas comprendido

1.- ¿A qué se le denomina relaciones génicas?

2.- ¿Por qué consideras que ha sido el aporte de Sutton, Boveri y Morgan en relación al reconocimiento de que existen formas distintas en que interaccionan los genes?

¿Cuál consideras que es la importancia de las relaciones no alélicas en cuanto a la biodiversidad?



ACTIVIDAD 1.1.3 Para reflexionar... Con base en la lectura anterior, describe cuáles serían las diferencias y semejanzas, de acuerdo a lo que hayas comprendido

Semejanzas entre las relaciones alélicas y las no alélicas

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

Diferencias entre las relaciones alélicas y las no alélicas

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

II. ¿PERO CÓMO ES QUE SE SABE ESTO?



Indicaciones: Lee cuidadosamente la información que a continuación se te presenta

Un Nuevo Patrón Hereditario

Tal vez te puedas preguntar: **¿Cómo es que se sabe o se conoce sobre estos patrones de expresión? ¿Desde cuándo se conoce que existen?** Como bien sabemos, en ocasiones es complicado poder saber exactamente cómo surgen o se reconocen los hechos, pero recordemos que nuestros referentes para poder reconstruir la historia son varios: documentos escritos, comentarios de personas de la época, entre otros, por lo que, dependiendo de los datos que posea un historiador o una persona en particular, será lo confiable y completo de esos referentes. En cuanto al conocimiento de que las relaciones entre alelos⁹ se presentaba de una manera diferente a como Mendel lo había observado, se dio a conocer después del redescubrimiento de sus trabajos; es decir, después de 1900. Cuando ello ocurrió, varios investigadores de la época, algunos de los cuales ya para entonces estaban trabajando aspectos de hibridación de plantas y animales, comenzaron a querer probar si los principios propuestos por Mendel eran aplicables para “todos” los organismos.

Sólo algunos de ellos pudieron comprender los resultados de los trabajos de Mendel, entre estos investigadores se encuentran William Bateson y Reginald Punnett, quienes al realizar algunos experimentos con distintas razas de pollos (**Figura 7**) encontraron que al cruzar un individuo de raza pura¹⁰ con cresta en roseta (raza

⁹ *Alelo*: Se refiere a las diferentes formas alternativas de un gen (Puertas, 1999).

¹⁰ *Raza o línea pura*: Organismos que se reproducen sexualmente, pero que no muestran variación en los caracteres biológicos hereditarios (Puertas, 1999).

Wyandotte) cuyo genotipo¹¹ era RRpp, con un individuo de raza pura con cresta en guisante (raza Brahmas) cuyo genotipo era rrPP, se obtenía una descendencia filial 1 (F1)¹², cuyos individuos tenían un fenotipo de cresta en forma de nuez (genotipo RrPp), que no se había observado hasta ese momento. Posteriormente, cuando cruzaron a dos individuos obtenidos en la primera descendencia (F1), obtuvo en la Filial 2 (F2)¹³ una proporción de: 9 en nuez: 3 en roseta: 3 en guisante: 1 simple (Tabla 1). Es decir, que por cada nueve individuos que presentaba una cresta en forma de nuez (Tabla 1, inciso a), obtuvo tres individuos con cresta en forma de roseta (Tabla 1, inciso b), 3 individuos con cresta en forma de guisante (Tabla 1, inciso c) y uno con cresta sencilla (Tabla 1, inciso d).

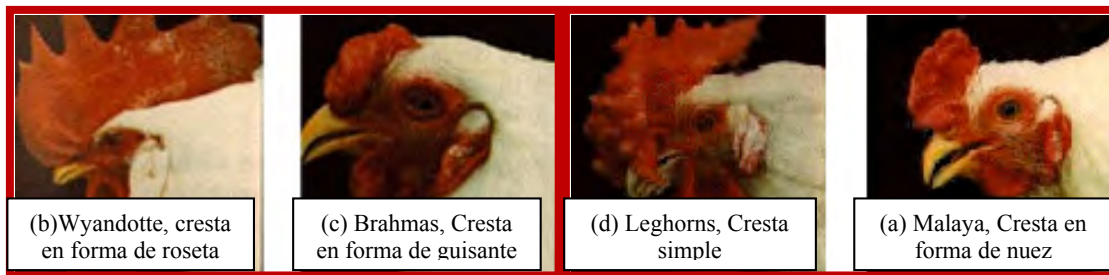


Figura 7. Razas de pollos y sus respectivos fenotipos, en cuanto a la forma de la cresta. Tomada de: <http://uvigen.fcien.edu.uy/utem/genmen/Gen%E9ticaMendeliana.pdf>

Como podemos darnos cuenta, los resultados obtenidos son diferentes a los registrados por Mendel; en el sentido de que todos los individuos de la primera descendencia o generación son fenotípicamente (físicamente) diferentes a ambos padres; es decir, no

Tabla 1. Resultado obtenido por Bateson y Punnett de la cruce de dos individuos de raza pura, donde se muestran las proporciones de individuos que presentan cada uno de fenotipos y genotipos de la generación número dos (F2), en cuanto al carácter forma de la cresta de pollos. Tomada de: <http://uvigen.fcien.edu.uy/utem/genmen/Gen%E9ticaMendeliana.pdf>

FENOTIPOS	GENOTIPOS	FRE CUENCIA	
Nuez	R_P_	9/16	(a)
Roseta	R_pp	3/16	(b)
Guisante	rrP_	3/16	(c)
Simple	rrpp	1/16	(d)

¹¹ *Genotipo*: Conjunto de todos los genes que posee un individuo (Puertas, 1999).

¹² *Filial 1*: Se refiere a la primera generación hija o a la descendencia de la primera generación.

¹³ *Filial 2*: Se refiere a la descendencia de la segunda generación (nietos).

presentan ni cresta en forma de roseta como uno de los progenitores, ni en forma de guisante como el otro progenitor, sino que presentan un fenotipo nuevo no observado hasta ese momento (cresta en forma de nuez). Estos resultados sugirieron seguramente preguntas como las siguientes: **¿Por qué se obtuvieron esos resultados? ¿Cómo se pueden explicar?**, ya que los resultados son distintos a los que hubiéramos esperado, de acuerdo a los que hemos revisado hasta este momento, con respecto a nuestro programa de la asignatura.

Fue hasta que Bateson y Punnett analizaron los resultados, cuando se dieron cuenta que la respuesta podía estar relacionada con la proporción observada en la F2, lo que les hizo pensar que tal vez serían dos genes los que estaban involucrados o que estaban participando en la determinación de la forma de la cresta. Realizaron cruza de prueba, teniendo esto en mente se pudo corroborar que en realidad eran dos genes los que estaban interactuando y generaban esas proporciones fenotípicas, por lo que a ese patrón de expresión le denominaron **Epistasis**¹⁴; patrón que revisaremos de manera detallada posteriormente. Pero lo que nos interesa en esta sección, es que tengamos en mente que la cresta de este tipo de pollos es un ejemplo de interacción entre genes, que da como resultado un fenotipo nuevo (cresta en forma de nuez).

La epistasis es un patrón de expresión de la información genética de un individuo, descubierto por William Bateson y Reginald Punnett en los primeros años de los 90`s; cuya relación interloci da como resultado la presencia de nuevos fenotipos.

¹⁴ *Epistasis*: Deriva del griego *ep(i)* ἐπί gr. 'sobre' + *stási(s)* στάσις gr. 'detención', 'equilibrio' + *-a* esp. Por lo que significa supresión del efecto de un gen por otro que no es su alelo

Cuestiones de Sexo

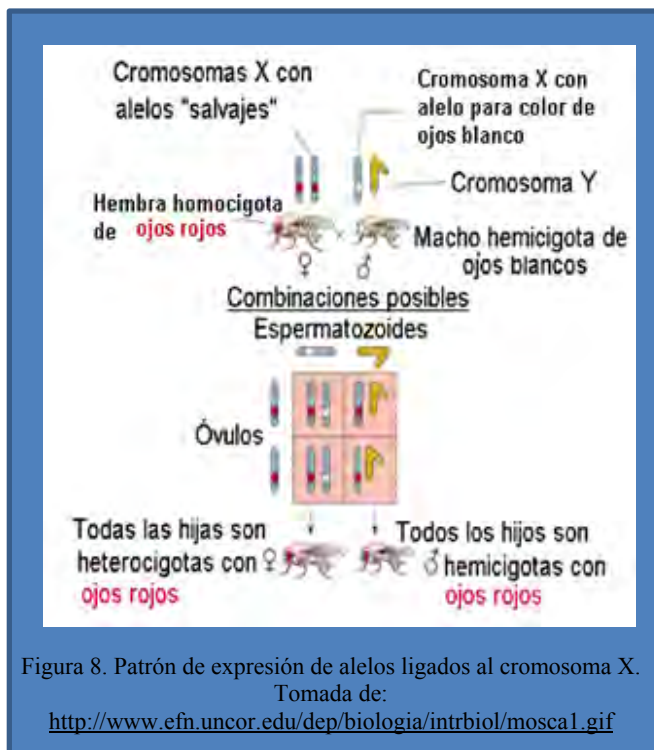
¿Sería que después de este descubrimiento y otros tantos de la época los científicos no estuvieran interesados en saber si en otros organismos se presentaban tan enigmáticos patrones de expresión? Efectivamente que esto no ocurrió, ya que los investigadores de la época que estaban en ese momento más comunicados que nunca, continuaron con mucha mayor fuerza a trabajar con diversos organismos y con una gran diversidad de temas, muchos de ellos relacionados con los descubrimientos que se estaban realizando en relación con la producción de organismos híbridos, los cuales mostraban aspectos complejos de expresión de su información genética. Al respecto, hacia 1908, cuando el genetista¹⁵ Estadounidense Thomas Hunt Morgan y su equipo de estudiantes comenzaron a trabajar con la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) como objeto de estudio, tratando de repetir los resultados obtenidos por Mendel, Morgan quiso poner a prueba los principios de la herencia propuestos por Mendel pero en el reino animal y, al mismo tiempo, tratando de demostrar que los cambios drásticos en cuanto a las características de los organismos podían llevar a que las especies cambiaran e incluso, que tales cambios fueran tan grandes, que pudieran dar lugar a la formación de especies diferentes como lo proponía Charles Darwin.

Cuando Morgan estuvo trabajando con la mosca de la fruta (*D. melanogaster*) sabía que los individuos de esta especie de mosca tenían comúnmente los ojos rojos, pero un día el equipo encontró un individuo macho de ojos blancos, este descubrimiento dio lugar a que los miembros del equipo se hicieran una serie de cuestionamientos, los cuales se comenzaron a preguntar:

- 1.- **“¿De dónde había surgido ese individuo?”**
- 2.- **¿Al cruzarlo con hembras de ojos rojos que tipo de moscas se producirían?**
- 3.- **¿Se obtendrían resultados como los obtenidos por Mendel?**

¹⁵ *Genetista*: Persona que se dedica al estudio de la genética.

Para tratar de dar respuesta a tales preguntas, comenzaron a hacer experimentos de cruza, de individuos de ojos rojos y blancos, de los cuales se obtuvieron resultados diferentes a los obtenidos por Mendel. Al cruzar al macho de ojos blancos con una de sus hermanas, las cuales eran de ojos rojos, observaron que toda la progenie de la primera generación (F1) presentó ojos rojos (**Figura 8**), por lo tanto, esto



los llevo a suponer que el alelo que codificaba para el caracter ojos blancos era recesivo”¹⁶, dado que no se presentaba en la descendencia de la primera generación; sin embargo, al cruzar dos individuos de la primera generación, se observó que en la siguiente generación (F2) se obtuvo una descendencia de machos de ojos blancos, pero ninguna hembra que presentará este caracter. Estos resultados generaron que Morgan y su equipo pensaran que el gen que determinaba el color de ojos estaba relacionado con el sexo del individuo, y que por lo tanto, dicho gen que codificaba para el color de los ojos, se localizaba en el mismo cromosoma que determinaba el sexo. Observaron además que los machos de ojos blancos heredaban estos alelos solo a las hijas, mientras que las hembras de ojos blancos (homocigotas recesivas) heredaban estos alelos tanto a sus hijas como a sus hijos. Así, de una cruza de hembras de ojos blancos y machos de ojos rojos se producían machos de ojos blancos y hembras de ojos rojos. Como nos podremos dar cuenta, los resultados obtenidos por Morgan y su equipo al hacer experimentos con la mosca de la fruta (*D. melanogaster*) no eran iguales a los obtenidos por Mendel. Estos resultados a su

¹⁶ Barahona & Piñero, 1994. Pag. 37.

vez llevaron a Morgan a suponer que se debía a que los machos solo presentaban un alelo para este gen y no dos como generalmente se pensaba; Además de que era heredado por su madre, pero de su padre no heredaban alelos para esta característica. Por tanto, las hembras heredan un alelo del padre y otro de la madre, lo que explicaba porque la descendencia se constituía de machos de ojos blancos y hembras de ojos rojos; **por lo cual, algunos caracteres del individuo estaban ligados al cromosoma sexual.** Sin embargo, lo que nos interesa resaltar del descubrimiento de Morgan y su equipo, es el hecho de saber que los genes se encuentran ligados y, algunos de ellos al cromosoma sexual. Posteriormente revisaremos la relación que tiene con un tema de nuestro interés.

Relación de los Genes con el Ambiente

Durante la misma época (primeros años del siglo XX) los genetistas se preguntaban si los caracteres en los que se observaba una gran diversidad de formas y que además existía una pequeña variación entre ellas (**variación continua**¹⁷) eran también hereditarios o bien, si la variación mostrada por éstos era debida al ambiente. La solución a esas interrogantes llegó con los experimentos de Wilhelm Johannsen (1903), George Udny Yule (1906), Herman Nilsson-Ehle y Edgard M. East (1909)¹⁸, quienes trabajaron con especies autógamias¹⁹, lo que facilitaba que se pudieran obtener en unas cuantas generaciones individuos homocigóticos o de línea pura. Por su parte Johannsen, al estar trabajando con una especie de frijol (*Phaseolus vulgaris*) se percató de que la apariencia física del individuo (fenotipo) estaba determinado por la información genética que poseía (genotipo), así como por la influencia del ambiente (que no se hereda)²⁰.

¹⁷ *Variación continua*: Variación que muestra una serie continua de valores fenotípicos. Griffiths et al. 2002.

¹⁸ <http://www.monografias.com/trabajos/geneticacym/geneticacym.shtml>.

¹⁹ *Autógama*: Implica que son individuos cuya descendencia se produce como consecuencia de autofecundación, las ovocélulas son fecundadas por el polen de la propia planta. Ramírez & Egaña, 2003.

²⁰ Barahona & Piñero, 1994. Pag. 59.

Lo anterior lo observó al realizar selección artificial entre líneas de la especie, cuyas semillas tenían un peso más similar; es decir, de una especie de frijol se observa una gama de variación, pero Johanssen seleccionó semillas que fueran más similares entre sí en cuanto a peso de la semilla; lo que significa que formó tres grupos distintos entre ellos, pero de tal manera que las semillas presentaran un peso similar, quedando el grupo de las semillas pesadas, el grupo de las semillas no tan pesadas y el grupo de las semillas ligeras. Sin embargo, ello no quiere decir que dentro del grupo no hubiese variedad en cuanto al peso de la semilla; es decir, seguía habiendo variación en cuanto al rasgo observable (fenotipo) peso de la semilla. Posteriormente permitió que los individuos de cada grupo se autofecundaran por varias generaciones (alrededor de 10) hasta obtener individuos homocigóticos (líneas puras), pero siguió observando aun así variación en el peso de las semillas en cada uno de los grupos, lo que sólo se podía explicar por la influencia del ambiente; demostrando que la variación continua observada en el peso de las semillas de frijol se encontraba bajo la influencia de factores genéticos y ambientales²¹. En 1906, el matemático George Udny Yule, amigo de Johanssen, al analizar los datos propuso que muchos genes que actuaran juntos podrían producir características continuas, hipótesis que posteriormente sería confirmada por el Sueco Herman Nilsson-Ehle, quien trabajaba con trigo y tabaco y por el Inglés Edgard East, quien trabajaba con maíz, quienes llevaron a cabo experimentos y observaciones similares a las de Johanssen, pero trabajando con organismos diferentes, se dieron cuenta de que en el caso del maíz, el color rojizo del pericarpo²² (envoltura) de la semilla se debía a la colaboración de más de un factor o gen. Fue así como se estableció la posibilidad de que más de un gen interviniera en la formación de un carácter determinado. No obstante, no revisaremos a profundidad en esta sección este patrón hereditario, ya que tendremos oportunidad de tratarlo en una sección completa.

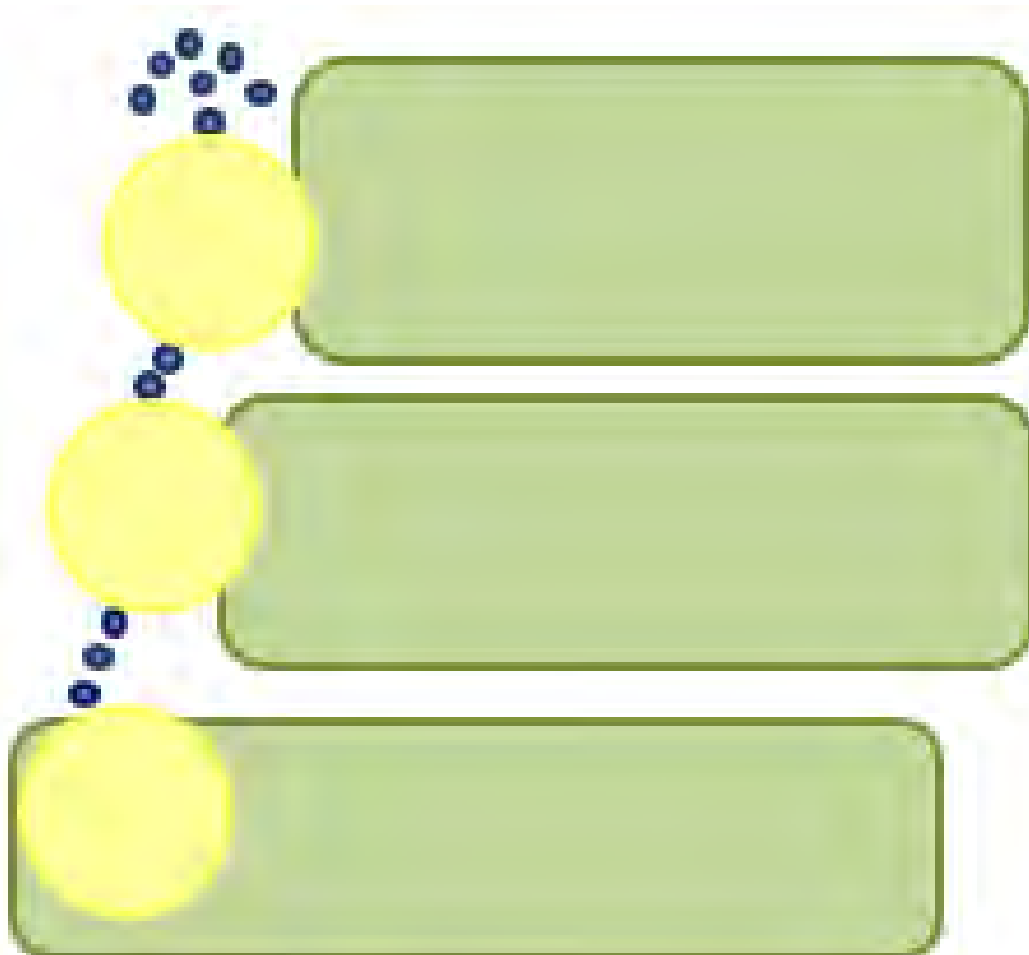
²¹ Tamarin, 1996. Pag. 532 y 533.

²² *Pericarpo*:

Como nos podemos dar cuenta, muchos de estos conocimientos se obtuvieron durante principios del siglo XX. Los principales avances fueron en cuanto al reconocimiento de una **variada expresión fenotípica de la información genética que posee un organismo como consecuencia de una diversidad en cuanto a la forma en que interaccionan los genes en el mismo organismo o bien por la no interacción de éstos, incluyendo a los genes que son alelos**. Por lo que estas diferencias no invalidan las leyes, sino que demuestran que existen otras situaciones o formas de vida que son el resultado de la complejidad de la expresión génica.



ACTIVIDAD 1.2.1. Para analizar... En el siguiente diagrama elabora una línea de tiempo, retomando los tres patrones de expresión tratados. Para cada patrón coloca una imagen que te sea representativa de cada uno de ellos.



III. PATRONES DE EXPRESIÓN GENÉTICA DETERMINADOS POR RELACIONES NO ALÉLICAS



Para ayudarte a resolver las diversas interrogantes que te han podido surgir a partir de la situación que vivió Héctor, es recomendable que realices la siguiente lectura.

Habiendo dado un repaso a los conceptos básicos para comprender o poder explicar el caso que Héctor conoció en su viaje a Zacatecas, te presentamos una lectura sobre un caso relacionado. Esperando que a partir de la comprensión de éste puedas llegar a explicar la situación de los compadres de los tíos de Héctor.

¿Engaño o Epistasis?

Alejandro es un chico que cursa el quinto semestre en el CCH. Cuando estaba en la secundaria, su tío le regaló un perro labrador negro. Posteriormente cruzó a su perro con la perrita (labrador) de su primo Carlos, la cual también era de color negro. Los cachorros de la perrita fueron negros y algunos color amarillo (oro). Alejandro y su novia se quedaron con un par de cachorros negros, una hembra y un macho respectivamente. Tiempo después, Alejandro cruzó a su perrita con el perrito que se había quedado su novia Fátima, la nueva descendencia de cachorros de la perrita de Alejandro fueron de color negro, marrón y amarillo. Tanto Alejandro como su novia Fátima estaban muy asombrados, ya que cuando habían realizado sus proyecciones sobre la descendencia de los cachorros, tratando de aplicar los conocimientos de genética que tenían hasta ese momento, no esperaban que los cachorros de la perrita de Alejandro fueran perros de esos tonos de pelaje y se preguntaron:

¿Por qué si eran perros de color negro se obtuvieron en la descendencia perros con un color de pelaje amarillo y marrón?

¿A qué se debe que los perros tengan esos tonos de pelaje?

¿Sería que aunque a su tío le habían vendido el perro como de raza pura en realidad no lo era?

¿Sería que la perrita de su primo Carlos no era de raza pura?

Finalmente ambos estaban muy intrigados por los resultados obtenidos en la descendencia de sus perros, cuando Alejandro llegó a su clase de biología, le planteó a su profesor de la asignatura las preguntas que seguía sin poder responder. El profesor tras escuchar la historia que Alejandro le contó sobre sus perros, le dijo que no se preocupara, que juntos resolverían el caso.

El profesor comenzó explicándole a Alejandro y a sus compañeros de clase, que tal vez con este caso podrían pensar que los patrones hereditarios que habían estado revisando no eran los únicos que se conocían. El profesor les explicó que el patrón de expresión que explicaba la situación era denominado **epistasis**²³ (que significa “predominar sobre”)²⁴. Les dijo, que este patrón hereditario se presenta cuando la expresión de una característica es producto de la interacción entre los productos de la expresión de dos o más genes, que ocupan dos o más loci del mismo o de distinto cromosoma; en donde además, el efecto de uno de los genes resulta enmascarado

²³ *Epistasis*: Deriva del griego *ep(i)* *ἐπί* gr. 'sobre' + *stasi(s)* *στάσις* gr. 'detención', 'equilibrio'. Por tanto se refiere a la supresión del efecto de un gen por otro que no es su alelo.

²⁴ Griffiths & et., 2008.

por el otro. Por lo que es común que este patrón de expresión se presente cuando los genes participan en la misma ruta metabólica²⁵.

El profesor prosiguió diciendo: “En el caso del carácter tono de pelaje de los perros labrador, hasta donde se sabe, está determinado por lo menos por dos genes, lo que implica que participan cuatro o más alelos” -por lo que se le denomina no alélica-.

Les aclaró además que : “en el caso particular del pelaje de los perros de la raza labrador, un alelo recesivo de uno de los dos genes (por ejemplo “a”) suprime o disminuye la expresión de los alelos en el locus B, se dice entonces que el primer locus muestra epistasis recesiva sobre el segundo locus y, de esta manera es como un gen enmascara el efecto del otro gen”. ***Por lo tanto, comentó el profesor:*** “sólo si está presente el alelo dominante en el primer locus (alelo A), los alelos del segundo locus (alelos B y b) pueden expresarse”. En el caso de esta raza de perros, ***el profesor les dijo que:*** “el color del pelaje puede ser negro, marrón o amarillo (oro)”.

El profesor comenzó explicando: “Se sabe que los distintos tonos observados en esta raza de perros, se debe a variaciones en la cantidad y distribución de un pigmento llamado melanina²⁶”. Estas variaciones, ***comentó el profesor,*** “son el resultado de la interacción entre diversas enzimas y otros productos de varios pares de genes, que intervienen en distintas reacciones enzimáticas de la producción y depósito de este pigmento en ciertas regiones del cuerpo”.

Por tanto, mencionó el profesor entusiasmado: “los alelos de un gen codifican para una enzima indispensable en la producción de melanina, lo que implica que el color negro está codificado por un alelo dominante (supongamos “B”), el color marrón es determinado por el alelo recesivo de ese locus (“b”). El alelo dominante del otro locus (supongamos “A”) codifica para permitir la formación completa de depósitos y, el alelo recesivo del mismo locus (“a”) reduce la formación de depósitos de melanina en el pelaje.

²⁵ Griffiths & et., 2008.

²⁶ *Melanina:* Es una proteína que funciona como pigmento, que es de color oscuro y que proporciona el color.

Por ello, expuso el profesor: “un genotipo homocigótico recesivo impedirá el depósito del pigmento, por lo que el pelaje del perro será amarillo; lo que implica que los alelos de este segundo gen controlan el grado en el que se depositan moléculas de melanina en el pelaje del perro labrador. Por lo tanto, los genotipos **aaBb** y **aabb** presentan un mismo fenotipo; es decir, el pelaje será amarillo, ya que si bien en el primer genotipo existe producción de melanina, no existe depósito de ésta y, en el segundo genotipo, no existe ni producción ni depósito de dicho pigmento”.

Al ver el profesor que los chicos seguían entusiasmados por comprender y poder explicar lo que había pasado con los perritos de Alejandro, el profesor continuó diciendo: “El genotipo **A-B-** y **A-bb** producen dos fenotipos adicionales; el genotipo **A-bb** se expresa como un fenotipo marrón, debido a que existe producción de melanina en menor cantidad, la cual además es depositada en el pelaje del individuo. El genotipo restante **A-B-** se expresa en el fenotipo como un pelaje negro, ya que está presente el alelo que codifica para la síntesis de mayor cantidad de melanina y existe depósito de la misma”. *Por lo tanto dijo el profesor extenuado:* “existe un cambio en el número de clases de fenotipos en la descendencia, es decir de 4 a 3 y, la proporción de la F2 en lugar de ser de 9:3:3:1 es de 9:3:4”.

El profesor utilizó el siguiente ejemplo para explicar lo que les había explicado: “Como se muestra en la siguiente figura (**figura 9**), si se cruza un individuo homocigótico dominante para ambos genes (P1: **AABB**), con un individuo homocigótico recesivo para ambos genes (P2: **aabb**), todos los individuos de la primera generación filial, serán heterocigóticos para ambos genes (**AaBb**)”, *es decir, refirió el profesor retomando el aliento:* “fenotípicamente los individuos serán de pelaje color negro, ya que está presente el alelo dominante que codifica para la producción de pigmento (**A**) y, también está presente el alelo dominante que permite el depósito del pigmento (melanina) en el pelo del perro (**B**)”.

Sin embargo, refirió el profesor: “Si se cruzan con individuos genotípicamente iguales (**AaBb**), su descendencia (Filial 2), se expresará en una proporción fenotípica diferente a la propuesta por Mendel, a decir de 9: 3:4 (**Figura 9**).

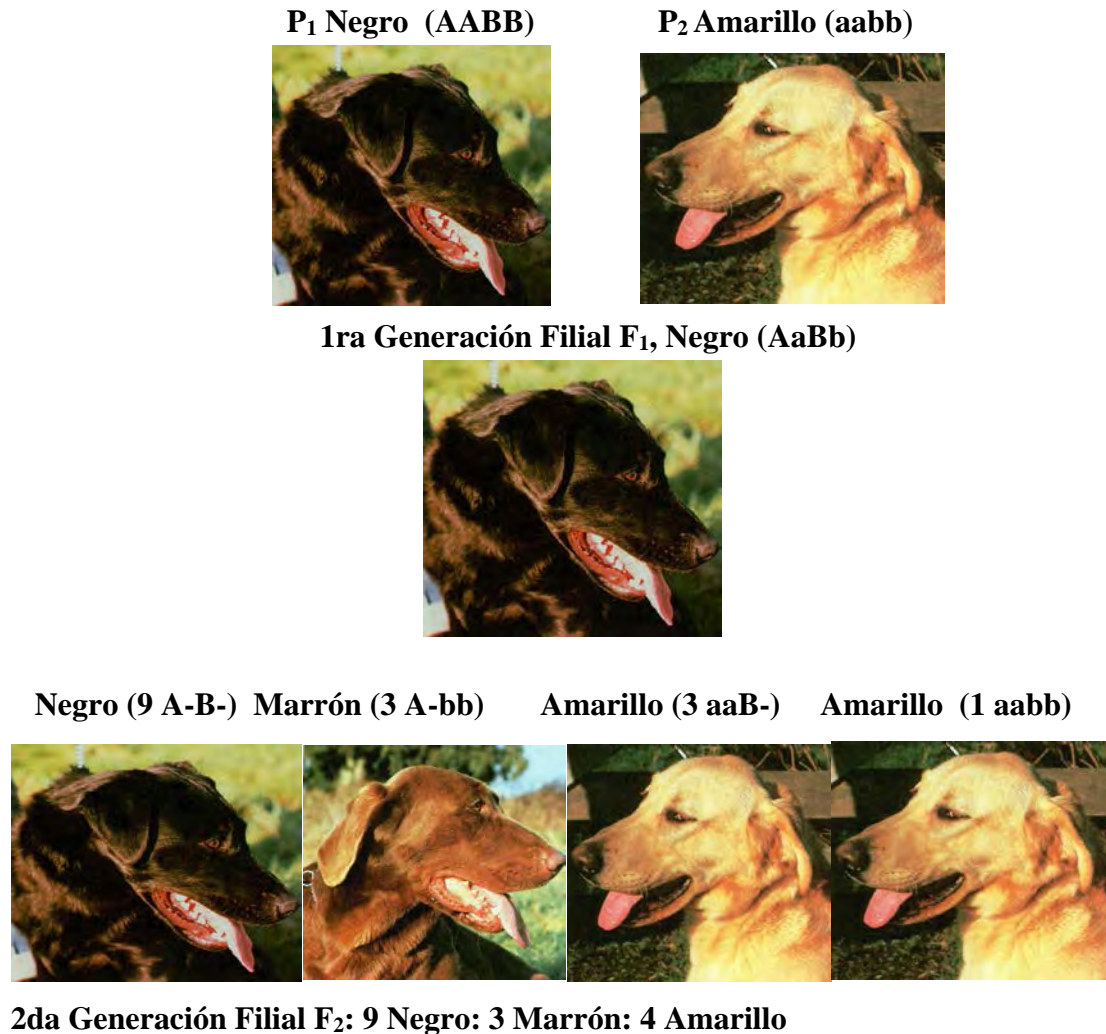


Figura 9. Proporciones genotípicas y fenotípicas en la generación 2, resultado de la cruce de individuos heterocigotos para ambos pares de alelos. Tomada de:
<http://www.ucm.es/info/genetica/AVG/practicas/practicas.htm>

Por tanto, comentó el profesor: “Si Alejandro y Fátima obtuvieron en su segunda generación de cruce de perros descendencia con un color de pelaje: negro, marrón y amarillo; implica que, dado que los progenitores eran de color negro, eran heterocigóticos (**AaBb**) para que en la descendencia se expresaran los alelos recesivos, ya que es la forma en que se podría tener descendencia con los tres tonos

de pelaje”. “Si los perros hubieran sido homocigóticos dominantes (**AABB**)”, *retomó el profesor*: “todos los perros de la descendencia hubieran sido de color negro; cosa que no ocurrió”. “Si sólo uno de los padres hubiera sido heterocigótico para ambos genes”, *dijo el profesor*: “en la descendencia no se habría presentado el fenotipo: perro con pelaje de color marrón. Por tanto, casi finalizando refirió el profesor: “la única opción es que ambos hubieran sido heterocigóticos para ambos genes”.

Sin embargo, agregó el profesor: “Se sabe que un perro con un fenotipo dorado puede tener un genotipo **aaB** _ o **aabb**; sin embargo, es posible diferenciarlos, porque al parecer el individuo cuyo genotipo es **aaB**- tiene la capacidad de formar o sintetizar el pigmento negro (melanina), color que se llega a observar en la nariz y los labios, aunque no lo deposita en los pelos”.

Por tanto, puntualizó el profesor: “Un dato importante que nos puede ser útil para reconocer la epistasis, es el hecho de que un alelo de un gen enmascare la expresión de los alelos de otro gen y expresa en su lugar su propio genotipo”²⁷.

“Como nos habremos dado cuenta”, *dijo el profesor a sus alumnos*: “el patrón de expresión epistático, está determinado por más de un gen. Pero éste, es un tipo de expresión epistática menos compleja, ya que el carácter es controlado por solo dos genes, cada locus con un par de alelos, a decir: A,a y B,b. Lo que implica que se producen además de las influencias entre alelos del mismo locus (influencia de A sobre a, e influencia de B sobre b), influencias entre alelos de distintos loci (influencia de los alelos A y a sobre los alelos B y b y viceversa).

“Sin embargo”, *agregó el profesor*: “existen otros patrones de expresión determinados por más de dos alelos. De hecho, en la naturaleza se puede observar una importante cantidad de rasgos morfológicos que están controlados por más de

²⁷ Griffiths, A. J., & et., a. (2002).

un locus; un ejemplo de ello es la coloración de la flor en varias especies de plantas, la cual está determinada por dos genes en loci distintos. El carácter coloración del pelaje en algunas especies animales está determinado por tres genes de tres loci diferentes, incluso, en algunos casos influyen hasta cuatro loci distintos. Todo ello muestra que las interacciones entre los productos de la expresión de alelos de distintos loci que influyen sobre el mismo carácter ocurren en la naturaleza y pueden generar patrones de expresión fenotípica bastante variada.

De hecho, en la naturaleza se puede observar una importante cantidad de rasgos morfológicos que están controlados por más de un locus; un ejemplo de ello es la coloración de la flor de varias especies de plantas, la cual está determinada por dos loci. El carácter coloración del pelaje en algunas especies animales está determinado por tres loci diferentes, incluso en algunos casos influyen hasta cuatro loci distintos, lo que muestra que las interacciones entre alelos de distintos loci que influyen sobre el mismo carácter pueden ser complejas.

La epistasis es un patrón de expresión genética determinada por relaciones no alélicas; es decir, que el fenotipo está determinado por la interacción de más de un par de alelos, que da lugar a la expresión de nuevos fenotipos (diferentes a los de los progenitores), resultante de la supresión o enmascaramiento de la expresión de algunos alelos.



ACTIVIDAD 1.3.1. A partir de las lecturas y de lo aprendido hasta este momento sobre la temática, responde las siguientes preguntas que se te exponen a continuación

1.- ¿Qué entiendes por epistasis?

2.- ¿De qué manera consideras que está relacionado este término con la situación anterior?

3.- ¿Por qué piensas que es importante conocer de este fenómeno biológico?



ACTIVIDAD 1.3.2. Para reflexionar... De acuerdo a lo revisado hasta este momento, cómo responderías las preguntas formuladas en un inicio sobre el caso de Héctor

1.- ¿Qué tipo de preguntas consideras que se estaría haciendo Héctor?

2.- ¿Cuál era el problema?

3.- ¿Qué hipótesis apoyaría? ¿Por qué?

4.- ¿Qué explicación requería Héctor?



Indicaciones. Analiza detenidamente la siguiente información

¿Quién es el padre de Claudia?

Abraham es un alumno que quiere ser médico, por lo que actualmente está cursando Biología III en el CCH vallejo. Su hermano mayor (Eduardo) actualmente se encuentra cursando el último grado de la carrera de Ingeniería. Eduardo tiene una novia (Claudia), quien últimamente ha tenido varios problemas en



Figura 10. Muestra el patrón de pérdida de pelo, como consecuencia de alopecia androgénica en hombres y mujeres. Tomada de: <http://www.recuperarelpelo.com/wp-content/themes/recuperar/images/notas/alopecia-hombre-mujer.jpg>

casa. Todo se originó porque Claudia comenzó a presentar pérdida severa de cabello, por lo que preocupada acudió al dermatólogo, después de varios estudios el doctor le determinó “alopecia androgénica”; se trata de un tipo de alopecia genéticamente determinada dependiente de andrógenos. Es causada por una reducción o miniaturización de los folículos. Esta información llevó a Claudia a preguntarse **¿cómo era que se heredaba?** y **¿de quién la había heredado?** entre otras preguntas: **¿cómo podría recuperar su cabello?** Fue por ello que Abraham aprovechó la oportunidad de preguntar a su profesora de biología. La profesora les explicó en clase a Abraham y sus compañeros que esta es una enfermedad cuya

información genética se encuentra codificada o determinada por un gen que se encuentra ligado al cromosoma X, y que su expresión se encuentra influida por el sexo del individuo que la porta (Armienta, 2004). Fue entonces que los chicos se encontraron aún más sorprendidos y pidieron a la profesora que les explicara **¿por qué ocurría eso?**

La profesora comentó: “Al ser Claudia una mujer, porta un par de cromosomas sexuales (XX), si se tratara de un varón, el par de cromosomas sexuales que portaría

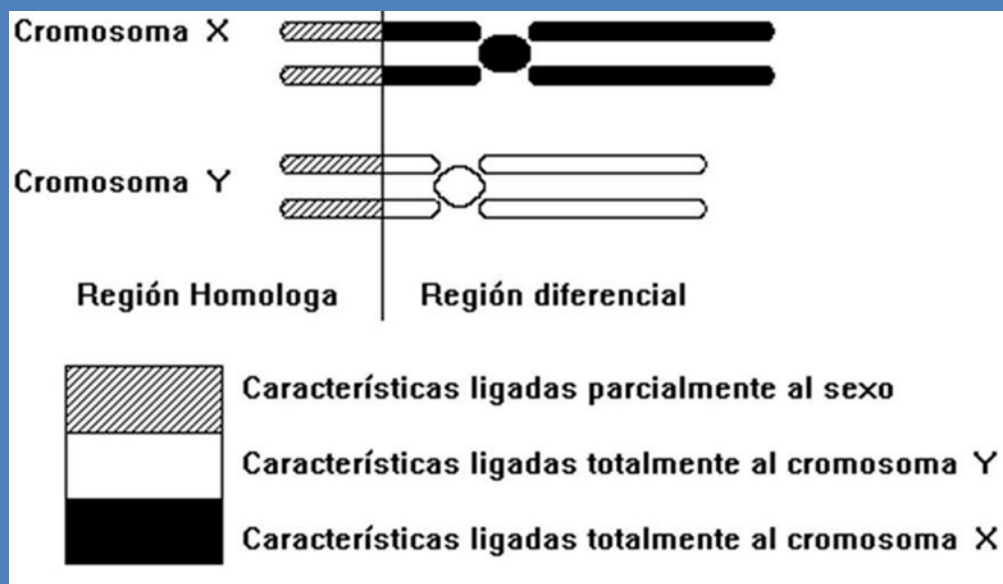


Figura 11. Región homóloga y heteróloga del cromosoma X e Y en el humano. Tomado de: <http://genmolecular.files.wordpress.com/2008/06/regiones-de-los-x-e-y.jpg>

sería XY. “También”, **agregó la profesora:** “en los mamíferos el cromosoma Y es diferente del cromosoma X tanto en tamaño, forma y contenido genético. En los cromosomas X e Y se encuentran genes que codifican para las mismas características, por lo que tienen una región homóloga; sin embargo, presentan una región heteróloga, en la cual se encuentran genes específicos, ya sea del cromosoma X o bien del cromosoma Y” (Avner, P., y Head, E. 1997).

En el caso de la calvicie hereditaria (alopecia androgénica) se presenta como resultado de la expresión de la información genética que se encuentra en un gen autosómico con dos alelos; es decir, en un gen que se encuentra en un autosoma y no en un cromosoma sexual, los cuales, además se encuentran controlados por genes localizados en el segmento homólogo de los cromosomas sexuales (**Figura 11**), relacionados con la secreción de hormonas (testosterona).

Además la maestra les comentó que el gen que codifica para la calvicie común es recesivo, por lo que para que se exprese en una mujer “deberá estar en ambos cromosomas X” (Armienta, 2004). Por tanto, si una mujer es calva, implica que en sus dos cromosomas X está presente el gen que codifica para la testosterona, por lo que los niveles de este andrógeno serán mayores a los normales y si además se expresa el gen autosómico que codifica para la enzima que transforma al andrógeno en dehidroepiandrosterona expresará el fenotipo de calvicie, por lo que su genotipo con respecto a los cromosomas sexuales será: X^cX^c . No obstante, en mujeres y hombres varía la expresión fenotípica, por lo que es mayor en el varón, ya que necesitan la expresión de menos genes predisponentes al ser sus niveles andrógenos fisiológicamente más altos, si el gen está presente en su cromosoma X y, se encuentran presentes los genes autosómicos que codifican para la enzima que transforma la testosterona en dihidrotestosterona, entonces el varón será fenotípicamente calvo (genotipo X^cY), ya que existe una sobreproducción de andrógenos que intervienen en la reducción de los folículos del cuero cabelludo.

Por tanto, al padecer Claudia calvicie común, implica que posee un genotipo X^cX^c , por lo que cada uno de los cromosomas sexuales que posee lo heredó de cada uno de sus progenitores. Una de las preguntas que surgió por parte de uno de los chicos de la clase: **Entonces ¿los papás de Claudia son calvos?**

Abraham que conocía a los padres de Claudia contestó que no. Entonces otro chico pregunto: **¿Algún familiar del papá o de la mamá de Claudia es calva?** A lo que Abraham contestó que por lo menos quienes vendrían siendo los abuelos de Claudia no eran calvos, ninguno presentaba calvicie. Todos estos cuestionamientos y respuestas generaron que varios chicos de la clase reflexionarán: **Si el papá y la mamá de Claudia no son calvos, ni tampoco un pariente cercano, ¿Por qué Claudia si lo es?** La profesora les recordó que para que una mujer sea calva implicaría que en sus dos cromosomas X estuviera presente el gen que codifica para producción de andrógenos, (Armienta, 2004) (testosterona). Esto implicaba que la madre de Claudia (Minerva) le había heredado un cromosoma X que portaba el gen que codificaba para sobreproducción de andrógeno, los chicos de inmediato intervinieron: pero “la señora **Minerva no presenta calvicie, ¿eso puede ser posible?**” *Si por supuesto, contestó la profesora*, dado que puede portar en su otro cromosoma X un gen que no codifique para sobreproducción de andrógenos. Por tanto, sólo sería portadora. Los alumnos preguntaron entonces: **¿qué significaba ser portadora?** *La maestra les explicó* que un portador es una persona que puede heredar la información pero que no la expresa, por lo que Minerva no era calva pero había heredado a Claudia la información para dicha enfermedad y que eso se debía a que Minerva presentaba un genotipo **X^cX**, por lo que la producción de andrógenos no era tan elevada, de tal forma que no se observaba que presentara calvicie.

En cuanto al papá (Mauricio) dado que su genotipo es **XY**, y al ser el padre de Claudia, le tendría que haber heredado a esta un cromosoma **X^c**, por lo que tendría que ser calvo o alopécico; sin embargo, para sorpresa de todos, no lo era. Esto, por supuesto generó entonces en Abraham y sus compañeros la siguiente pregunta. **¿Entonces el padre de Claudia es calvo?** *La maestra les dijo que lo más probable era que sí.* Por supuesto, al saber que el padre de Claudia no era calvo generó que los chicos comenzaran a dudar que Claudia fuera hija de Don Mauricio. *La profesora agregó* que para tener una completa certeza de los hechos, tendrían que

hacerle los análisis correspondientes y que lo adecuado sería no hacer aseveraciones sin pruebas confiables.

Posterior a esto, algunos chicos del salón preguntaron: “¿entonces todas las personas calvas, son así porque lo han heredado? La profesora entonces trató de explicar la serie de cuestionamientos que sus alumnos le estaban planteando, comenzó aclarando que: “efectivamente la calvicie humana puede ser hereditaria; sin embargo, también puntualizó que existen personas que son calvas como consecuencia de una enfermedad generada por hongos o por otros factores ambientales como resequedad del cuero cabelludo”. Sin embargo, este tipo de calvicie suele expresarse o presentarse a una a una edad avanzada²⁸.

Hasta aquí sabemos que la madre de Claudia es portadora del gen que codifica para calvicie y que al igual que su padre, Claudia presenta calvicie. Tal vez la pregunta que nos surge es: **¿Pero podría la pareja haber tenido una hija que no lo fuera?, ¿qué pasaría si hubieren tenido un hijo o si decidieran tener un hijo y este fuera varón?** Si esta información la representamos utilizando un cuadro de Punnett tendríamos: **Papá de Claudia es calvo: X^cY , Mamá de Claudia es portadora: X^cX , Claudia es calva: X^cX^c**

	X^c	Y
X^c	X^cX^c	X^cY
X^c	X^cX^c	X^cY

²⁸ Griffiths, 2002. Pag, 92.

A partir de los datos derivados de este cuadro de Punnett, tenemos que dicha pareja sólo podría tener descendencia o hijos con dos tipos de fenotipos, a saber: **X^cX^c: Mujer calva;**
X^cY: Hijo calvo

Podemos decir que, la respuesta sería un no, si sólo fuera un par de alelos el que determinara el carácter; pero sabemos que por lo menos son dos pares de alelos los que lo determinan; eso implica que el fenotipo dependerá también de la información existente en el par de alelos autosómicos. Si el individuo es mujer y en sus cromosomas X está presente el alelo que codifica para sobreproducción de andrógenos y, además en el autosoma se encuentra un par de alelos recesivos (homocigótico recesivo), la mujer será calva. Si sólo se cumple lo primero, pero no existe el gen que codifique para la transformación del andrógeno en los autosomas, la mujer no será calva. Si es varón que presenta en su cromosoma X el alelo que codifica para sobreproducción de andrógeno y presenta en sus autosomas el gen que codifica para la transformación de este andrógeno en la sustancia que daña al cuero cabelludo, por lo que sería calvo.



ACTIVIDAD 1.3.3. A partir de lo aprendido, y con base en la lectura de esta sección, contesta las siguientes preguntas

1.- ¿Cómo describirías la región heteróloga de un cromosoma?

2.- ¿A qué nos referimos cuando decimos que un individuo es portador?

3.- ¿Cómo le explicarías a un compañero lo que es la herencia influida por el sexo?

4.- ¿Cuál es la relación entre alelos y fenotipo en este patrón de expresión?

5.- ¿Explica de qué manera este patrón de expresión contribuye a la biodiversidad?

*¿Por qué se es tan Alto,
Por qué se es Bajo de
Estatura?*

A los pocos días de que se había revisado el caso del amigo de Abraham, uno de sus compañeros de clase llegó con una gran duda al salón; le comentó a la maestra de Biología III, que recién había visto en el metro a un hombre tan alto que tenía

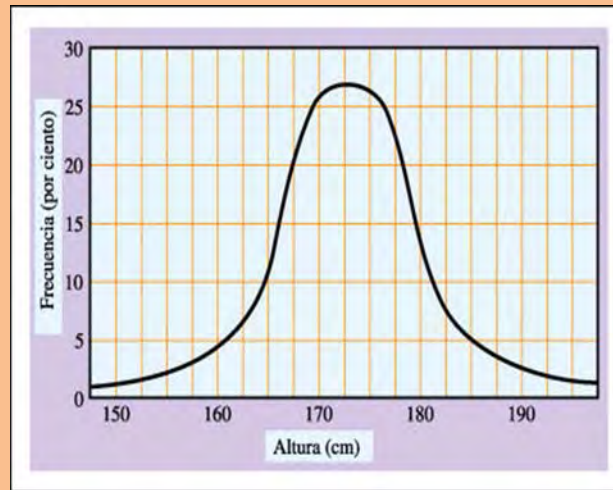


Figura 12. Gráfico que representa la forma en que se expresa el carácter altura en el humano. Tomada de: <http://iescarin.educa.aragon.es/estatica/depart/biogeno/varios/BiologiaCurtis/Seccion%203/13-21.jpg>

que agacharse para poder cruzar la puerta del vagón del metro; cosa que lo había impresionado. La maestra le preguntó a los alumnos entonces **por qué pensaban ellos que esto ocurría**, es decir: **¿Por qué algunas personas son muy altas?** Los chicos dijeron que se debía a cuestiones genéticas, algunos comentaron acerca de su caso, la situación con respecto a este carácter en su familia; sin embargo, se fueron percatando de que al comentarlo con sus compañeros, algunos tenían padres altos, no obstante, ellos eran bajos de estatura. En algunos otros casos sus padres eran bajos de estatura y ellos eran altos, en algunos casos eran tan altos como alguno de sus padres o en ocasiones tan altos como sus abuelos; también se percataron de que, aún entre hermanos, en ocasiones había diferencias importantes en cuanto a la altura de cada uno de ellos. La maestra entonces les pidió que por favor cada uno de ellos se midiera y que graficaran los valores obtenidos: altura (cm) contra frecuencia (no. de individuos de esa altura). Los alumnos preguntaron si podía salir a medir a los chicos que se encontraban en los pasillos contiguos al salón de clases. La maestra les dijo que sí, por lo que los datos obtenidos fueron alrededor de 100. Al graficar

sus datos, quedaron impresionados porque la gráfica resultante parecía dijeron ellos “un caparazón de una tortuga” (**Figura 12**).

La profesora comentó que: “esta gráfica lo que muestra es que existe una gradación²⁹ en los fenotipos; es decir, que si los comparamos entre ellos, observaremos que la diferencia de uno de los fenotipos es menor con respecto a alguno otro del grupo, pero con algunos otros guardará una diferencia importante. En ésta también se puede observar como existen alturas que son menos frecuentes (las de los extremos) y otras que tienden a ser más frecuentes (las del centro), por lo que la regularidad de los datos nos muestra el componente genético y la variación en ellos el componente ambiental; es decir, que la altura de cada uno de nosotros tiene un componente genético y otro ambiental. Por lo que corresponde al componente genético, éste estará determinado por la interacción entre genes. Ya que se sabe el día de hoy que este patrón hereditario se presenta cuando la expresión del carácter está determinada por la acción de más de un gen, localizados en diferente locus (en el que cada uno de ellos puede tener más de dos alelos o formas alternativas), así como consecuencia de la influencia del ambiente”.

“Por tanto, nuestra altura” **comentó la maestra:** “estará determinada por la interacción aditiva de los productos de la expresión de alelos; es decir, que cada alelo contribuye con un pequeño efecto individual y variable. Es decir que en este caso particular de la altura cada alelo codifica para el aumento de talla. Aunque todavía no está claro cómo ocurre, en el 2008 algunos científicos observaron que al parecer alrededor de 20 loci³⁰, están participando en la expresión de esta característica, de ahí que sea tan variable y complejo poder conocer de qué manera se regulan o interactúan estos genes”. Pero lo de lo que sí da idea **dijo la profesora:** “es de la variabilidad que con ello se genera al existir un gran número de combinaciones genéticas, lo que se observa en el fenotipo (la altura de los

²⁹ *Gradación:* Se refiere al cambio gradual (poco a poco) en alguna característica. Griffiths & et., 2002.

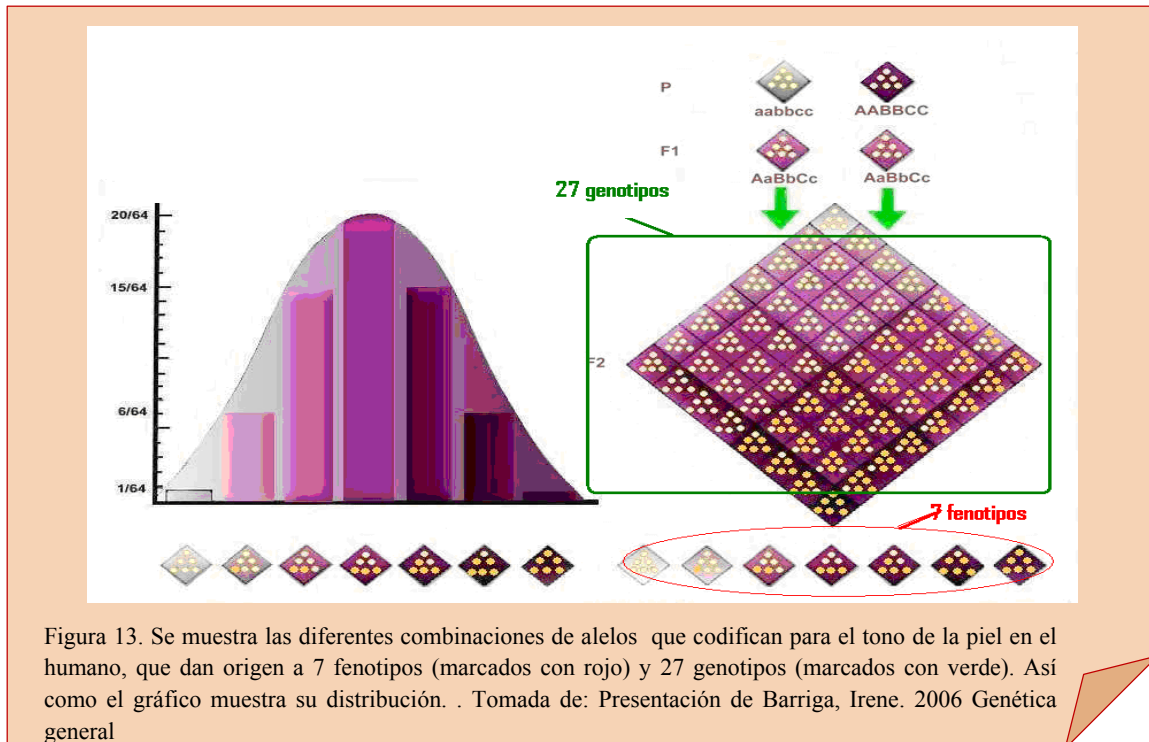
³⁰ Weedon, et al. 2008.

individuos) como una amplia gradación. Lo que se ha observado en otros casos de poligenia, es que cada uno de los alelos contribuye con una pequeña proporción al carácter. En este caso lo que estaría ocurriendo es que “cada alelo contribuye con un centímetro, por así decirlo”, si fueran dominantes. Pero, si fueran recesivos, simplemente no contribuirían a la altura del individuo.

La profesora, para continuar con la explicación en busca de que sus alumnos comprendieran sobre este tipo de patrón hereditario, les preguntó: **¿Sabén ustedes por qué algunas personas son morenas y otras de tez muy clara, y otras más de tez no tan clara?** Enseguida varios alumnos contestaron: “es cuestión genética” ¿Es cuestión de herencia?; Entonces la profesora preguntó: **¿sabe alguno de ustedes si es tan moreno o de tez tan clara como cuando nació o era pequeño?** Muchos de ellos respondieron sobre las anécdotas de sus familiares. La mayoría concluyó después de una socialización de sus aventuras que eran en promedio más morenos que en esa etapa de su vida. La profesora les preguntó: **¿A qué piensan ustedes que se debe?** Varios chicos dijeron que era porque se habían quemado con el sol. Pero esto generó algo de debate, ya que algunos comentaron que era porque producían más melanina, una proteína que es un pigmento y que sirve como protección contra el sol.

“Efectivamente”, dijo la profesora, “este carácter en nuestra especie, presenta un patrón de expresión poligénico, por lo que muestra una gran variación en el color, que va desde blanco al negro, con ligeras gradaciones en una población (**Figura 13**), y en donde cada persona expresamos un tono de piel que se encuentra entre los dos tonos extremos (negro-blanco), esto ocurre porque dicho carácter está determinado por al menos tres genes ubicados en tres loci distintos, cada uno con sus dos alelos, los cuales muestran interacción aditiva (cada alelo contribuye con un pequeño efecto individual y variable); es decir, cada uno de los alelos codifica para la producción de una cierta cantidad de pigmento; uno de ellos para el máximo de pigmentación (que se comporta como dominante) y el otro alelo que codifica para la no pigmentación

(que se comporta como recesivo); por tanto, el tono de piel de cada individuo depende de la combinación genética de los seis alelos que presentemos (**Aa**, **Bb** y **Cc**), los cuales muestran dominancia incompleta en forma heterocigótica, lo que explica por qué al expresar el conjunto de los tres no puede separarse en dos clases alternativas ni se hereda mediante el efecto de un sólo par de genes”.



Considerando el modelo de tres genes, y en el caso hipotético de que dos personas, una de tez muy morena (homocigótica dominante para los tres genes), cuyo genotipo fuera **AABBCC** y otra de tez muy clara (homocigótica recesiva para los tres genes), cuyo genotipo sería **aabbcc**, tuvieran descendencia, se obtendría una F1 de 100% de individuos heterocigóticos (**AaBbCc**), cuyo fenotipo sería de tez color moreno claro o “café con leche” (**Figura 13**).

Si en dado caso, se reprodujeran dos individuos de esta F1 o bien, que los dos individuos que se reprodujeran tuvieran este genotipo y fenotipo, de acuerdo a las leyes de la probabilidad se obtendrían los resultados observados en la **figura 13**; es decir, se obtendrían 27 genotipos (**Figura 13, recuadro verde**) y 7 fenotipos

(Figura 13, elipse en rojo) en la F2. En donde el tono de piel está determinado por el número total de alelos para pigmentación en el genotipo de cada individuo. A mayor cantidad de alelos para pigmentación, más oscura será la piel.

La herencia poligénica se distingue de otros patrones de expresión genética porque:

- 1. Se cuentan los fenotipos para obtener la frecuencia al medir o comparar más que enumerando.*
- 2. Son más de dos pares de genes los que contribuyen con pequeñas proporciones al fenotipo del individuo.*
- 3. En la población el carácter se expresa abarcando un rango de variabilidad amplio que muestra gradación*

Sin embargo, en una población puede llegar a presentarse un mayor número de fenotipos, debido a la influencia del ambiente. Por lo tanto, entre mayor sea el número de genes que participen en la determinación de una característica, mayor será el número de gradaciones que se observarán, con una menor diferencia entre ellas.³¹, y si a esto le sumamos la influencia del ambiente (temperatura, nutrición, entre otros) de manera diferenciada entre los individuos, el número de fenotipos será mayor. Ya que individuos con un mismo genotipo pero expuestos a condiciones ambientales diferentes mostrarán diferente fenotipo³².

¿El tono de nuestra piel es igual a la de nuestros conocidos?

La profesora para seguir trabajando con la temática presentó a sus alumnos la siguiente imagen:



A continuación les solicitó que realizaran la siguiente actividad:

³¹ http://academia.cch.unam.mx/wiki/biologia3y4/index.php/Expresión_genética_y_variación

³² Griffiths & et.al, 2008. Pag. 247



ACTIVIDAD 1.3.5. Responde las siguientes preguntas con relación a la situación.

1.- Describe qué es lo que observas en la imagen

2.- Observa a tus compañeros de clase o a tu grupo de amigos y responde ¿Cuántos tonos distintos de piel observas o alcanzas a distinguir?

3.- ¿Qué cambios has presentado en cuanto al tono de piel con respecto a cuando naciste o eras pequeño?

4.- ¿A qué consideras que se deban esos cambios?

6.- Realiza una investigación sobre la situación y explica a qué se debe que existan distintos tonos de piel entre tu grupo de amigos o tus compañeros de clase.



ACTIVIDAD 1.3.7. Para finalizar, con la intención de hacer una recapitulación de algunos conceptos e ideas básicas sobre la temática revisada, se te pide que resuelvas el siguiente crucigrama.

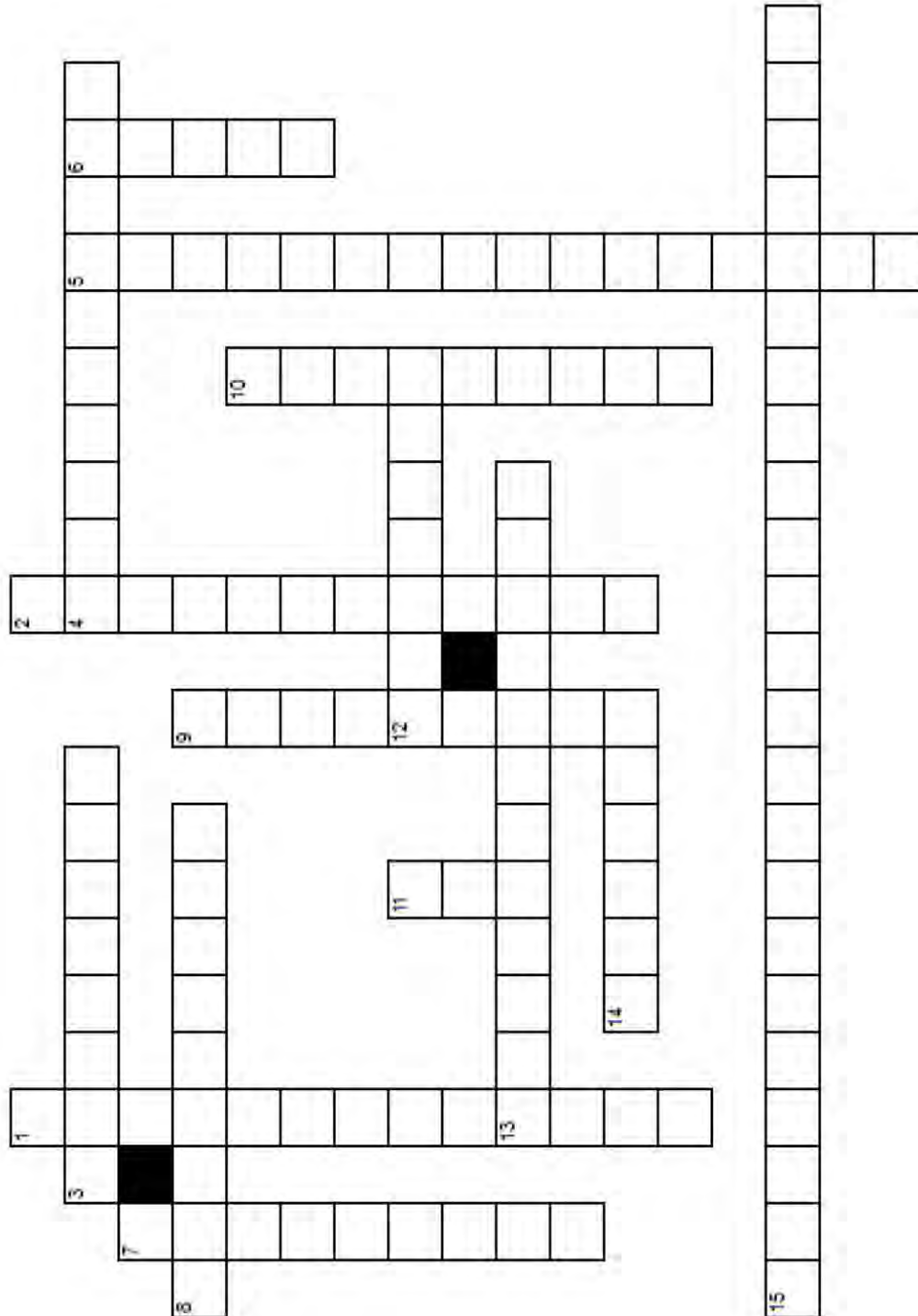
Horizontales

3. Se refiere al individuo o célula que posee $2n$ cromosomas; es decir, dos copias de cada uno de sus cromosomas.
4. Es la relación que se da de diferentes formas, excepto entre únicamente dos alelos.
8. Se refiere a que los rasgos fenotípicos de los individuos forman un espectro o gama de fenotipos, los cuales se combinan imperceptiblemente entre sí, uno con otro.
12. Relaciones funcionales que se establecen entre los alelos de un mismo gen en individuos diploides, y que determinan en ocasiones la expresión de un carácter en el individuo.
13. Son las relaciones que se presentan entre alelos de dos o más loci.
14. Conjunto de información genética que posee un organismo en particular.
15. Forma en que se expresa la información genética de un individuo.

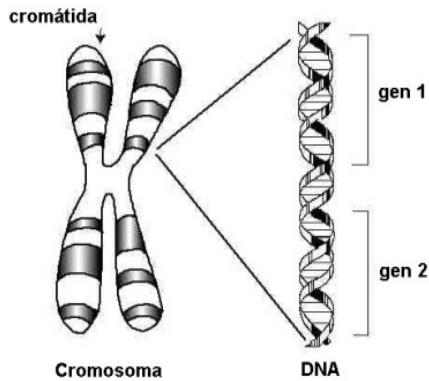
Verticales

1. Se refiere a la amplia variedad de los sistemas vivos sobre la Tierra.
2. Son las interacciones que se presentan entre alelos de dos o más loci.
5. Patrón de expresión genética determinada por un gen ubicado en el cromosoma sexual, que influye en la expresión de un gen autosómico.
6. Forma alterna de un gen, que codifica para un mismo carácter.
7. Es la estructura que se forma cuando el material genético se encuentra empaquetado.
9. Patrón de expresión genética, en el que el fenotipo es el resultado de la expresión de la información que porta el individuo, influenciada por el ambiente.
10. Patrón de expresión genética, resultado de la supresión o enmascaramiento del efecto de un gen por otro que no es su alelo.
11. Molécula muy grande de cadena doble de nucleótidos que se arreglan como una doble hélice.

PATRONES DE EXPRESIÓN Y VARIACIÓN GENÉTICA DETERMINADAS POR RELACIONES NO ALÉLICAS

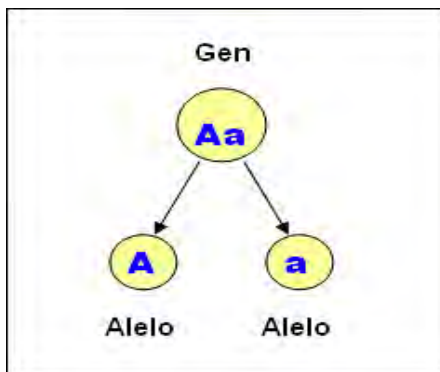


IV. ANEXO I.

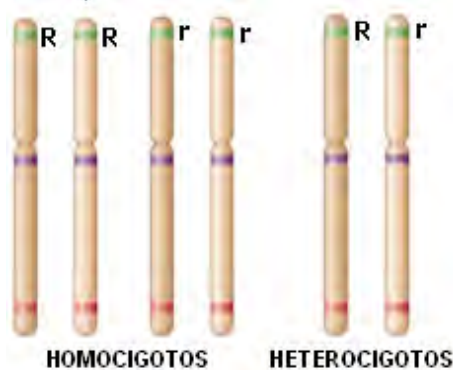
GLOSARIO DE CONCEPTOS BÁSICOS DE GENÉTICA ÚTILES PARA LA
COMPRESIÓN DE LOS PATRONES DE EXPRESIÓN Y VARIACIÓN
GENÉTICA

Estructura y posición de un gen en el cromosoma.
Tomada de:
<http://biomodel.uah.es/citogene/horwitz/genvchro.jpg>

Gen: Unidad elemental del cromosoma, constituida por ADN, que transporta el mensaje hereditario. Segmento de ADN que lleva codificada la información para un determinado carácter, por ejemplo, el color de los ojos².



Alelo: Dos o más formas diferentes de un gen. Ocupan la misma posición (locus) en los cromosomas homólogos y se separan uno del otro en la meiosis. Es la “versión” de un gen que está presente en un locus dado.



Homocigoto: Individuo que porta dos genes iguales (ambos dominantes o ambos recesivos) que determinan un mismo carácter.

Heterocigoto: Individuo cuyos genes que determinan un cierto carácter son distintos (uno dominante y otro recesivo).

Figura 2 y 3. Alelos de un gen. Tomadas de: 2) http://kaloula.drpez.com/kaloula13/kaloula_graf13/kal_art4may9_02.jpg. 3) http://www.librosvivos.net/smtc/img/1185_alelos.jpg

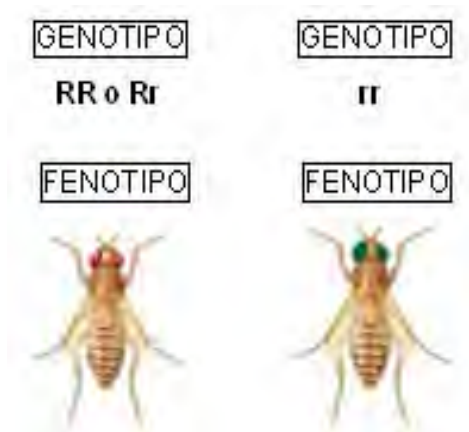
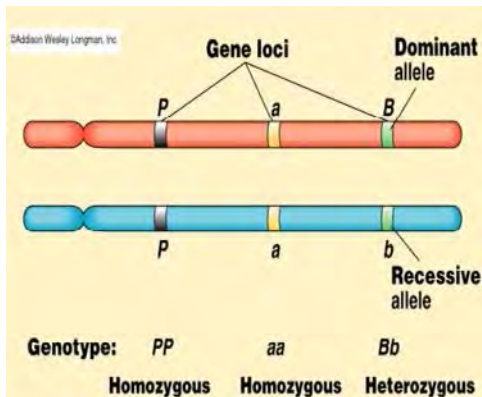


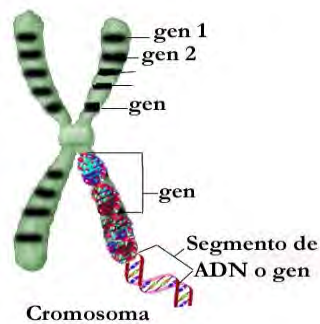
Figura 4. Genotipo y fenotipo de dos individuos o moscas de la especie *Drosophila sp.* Tomada de: <http://tiempodeexito.com/biologia1/images/genotipo.jpg>

Genotipo: Constitución genética de una sola célula o de un organismo con referencia a una o a un conjunto de características.

Fenotipo: Características físicas (observables) de un organismo que resultan de las interacciones entre el genotipo y el ambiente.

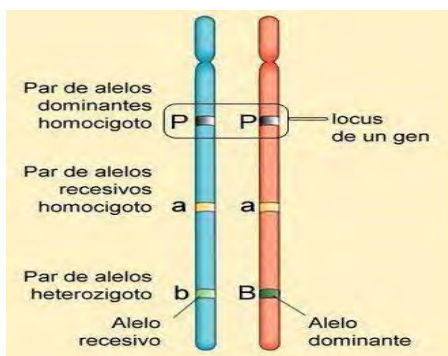


Locus (del latín: lugar; plural: loci): Se refiere a la posición o sitio que ocupa un gen en un cromosoma



fuente: diseño Carmen Eugenia Piña L.

Cromosoma (del griego χρώμα, -τος chroma, color y σῶμα, -τος soma, cuerpo o elemento): cada uno de los pequeños cuerpos en forma de bastoncillos en que se organiza la cromatina del núcleo celular durante las divisiones celulares (mitosis y meiosis).



Alelo Dominante: Gen que se manifiesta o expresa en estado heterocigoto.

Alelo Recesivo: Gen que no se expresa o manifiesta en la primera generación, pero sí en generaciones posteriores.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Armienta, E. (2004). Enfermedades ligadas al cromosoma sexual X. *Boletín Médico UAS*, 1 (5), 20-24.
- Avner, P., y Head, E. (1997). X-chromosome inactivation in mammals. *Annu Rev Genet*, (31): 571-610.
- Barahona, A., y Piñero, D. (1994). *Genética: La continuidad de la vida*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Baker y Allen. *Biología e investigación científica*. Fondo Educativo Interamericano.
- Campbell, N. et al. (1996). *Invitación a la biología*, 5ª edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Cordell, H. (2002). "Epistasis: what it means, what it doesn't mean, and statistical methods to detect it in humans". *Human Molecular Genetics*, 11 (20): 2463–8.
- Curtis, H., et al. (2001). *Biología*. 6ta edición. Barcelona: Panamericana.
- Dallaire L, Huret JL. Patrones Mendelianos y Atípicos de Herencia. *Atlas Genet Cytogenet Oncol Haematol*. December 2002. URL: <http://atlasgeneticsoncology.org/Educ/GenetFormelSpaID30025SS.html>
- De López, M. (2010). *Biología general. Herencia y variabilidad en organismos diploides*. Conferencia. 95 pp.
- Griffiths, A. et al. (2002). *Genética*. 7ª edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Hartl, D y E. Jones. (2006). *Essentials genetics. A genomics perspective*. 4a edición. Boston: Jones and Bartlett Publishers.
- Klug, W y M. Cummings. (2003). *Concepts of genetics*. 7a edición. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Puertas, M. (1999). *Genética. Fundamentos y perspectivas* (2a ed.). Madrid: McGraw-Hill-Interamericana de España.
- Starr, C., et al. (2004). *Biología 2: La unidad y diversidad de la vida*. 10ª edición. México: Editorial Thomson.
- Solomon et al. (1998). *Biología*. 4º edición. México: McGraw-Hill. Interamericana
- Stansfield, W. (1992). *Genética*. 3º edición. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Tamarin, R. (1996). *Principios de genética*. 4ta edición. Barcelona: Editorial Reverté.

Fuentes electrónicas:

- <http://www.ndsu.edu/pubweb/~mcclean/plsc431/mendel/mendel2.htm>
- <http://geneticabioterio.wordpress.com/genetica-mendeliana/>
- <http://uvigen.fcien.edu.uy/utem/genmen/Gen%E9ticaMendeliana.pdf>

Fuentes de fotografías:

http://www.mercadolibre.com.ar/jm/img?s=MLA&f=87872744_6700.jpg&v=P
<http://geneticabioterio.files.wordpress.com/2008/08/epistasis-ratones.jpg>
http://kaloula.drpez.com/kaloula13/kaloula_graf13/kal_art4may9_02.jpg
http://www.librosvivos.net/smtc/img/1185_alelos.jpg
<http://biomodel.uah.es/citogene/horwitz/genvchro.jpg>
<http://www.cambridge2000.com/gallery/html/P5276851.html>
<http://uvigen.fcien.edu.uy/utem/genmen/Gen%E9ticaMendeliana.pdf>
<http://uvigen.fcien.edu.uy/utem/genmen/08interaccion.htm>
<http://uvigen.fcien.edu.uy/utem/genmen/Gen%E9ticaMendeliana.pdf>
<http://biologiageneral.blogcindario.com/2008/09/00007-genetica-mendeliana.html>
http://2.bp.blogspot.com/_HDSzRbdXaGQ/TSzDRJ9DInI/AAAAAAAAAEs/rjpRgnKn57o/s1600/mendel-himself.jpg
http://www.quadernsdigitals.net/datos_web/hemeroteca/r_1/nr_609/a_8304/8304.html