

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA PARA LA INCLUSIÓN DE
CONOCIMIENTO CIENTÍFICO DE ACTUALIDAD**

YULY VANESSA CABEZAS ARBOLEDA

UNIVERSIDAD DEL VALLE

INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA

**LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS
NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

CALI

2016

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA PARA LA INCLUSIÓN DE
CONOCIMIENTO CIENTÍFICO DE ACTUALIDAD**

YULY VANESSA CABEZAS ARBOLEDA

Mg. Robinson Viafara Ortiz

Director de Tesis

UNIVERSIDAD DEL VALLE

INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA

**LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS
NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

CALI

2016

*A MI MAMÁ, BLANCA IRIS ARBOLEDA RODRÍGUEZ,
porque en mi vida es una persona trascendental
y por su incondicional apoyo.*

A mi ahijada y sobrina preferida Maria Paula Díaz Cabezas.

*Y a mi novio y cotutor, Gustavo Acosta,
por el apoyo emocional, físico y académico
en la realización de mi trabajo de grado.*

AGRADECIMIENTOS.

A mi tutor, Robinson Viafara, por su dedicación, tiempo y paciencia.

Al profesor con quién tuve contacto una vez durante mi formación y marcó la diferencia, el profesor Boris Fernando Candela.

A Gustavo Acosta, porque simbólicamente se apersonó de mi trabajo de grado para enseñarme que las parejas inteligentes crecen juntas.



INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y
PEDAGOGÍA
Subdirección Académica

ACTA DE EVALUACIÓN DE TRABAJO
DE GRADO

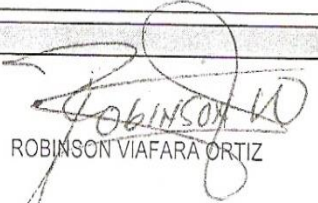
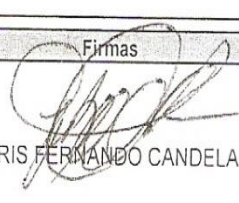
Programa Académico Lic. En Educ. Básica énf. Ciencias Nat y Ed. Amb.

Fecha

Código del programa: 3467

Resolución del programa: 118

Día	Mes	Año
7	4	2016

Título del Trabajo o Proyecto de Grado						
Diseño de una propuesta de enseñanza para la inclusión de conocimiento científico de actualidad. Asunto Sociocientífico						
Proyecto ☐ Informe Final ☒						
Director						
ROBINSON VIAFARA ORTIZ						
Nombre del Primer Evaluador						
BORIS FERNANDO CANDELA						
Nombre del Segundo Evaluador						
Estudiantes						
Nombres y Apellidos	Código	Plan	E-mail	Téléfonos de contacto		
YULY VANESSA CABEZAS	201025691	3467-Diu	yuly.cabezas@correounivalle.edu.co	316-8203892		
Evaluación						
Aprobado	☒	Meritorio	☐	Laureado	☐	
Aprobado con recomendaciones	☐	No Aprobado	☐	Incompleto	☐	
En el caso de ser Aprobado con recomendaciones (diligenciar la página siguiente), éstas deben presentarse en un plazo máximo de _____ (máximo un mes) ante:						
Director del Trabajo o Proyecto de Grado		☐	Primer Evaluador	☐	Segundo Evaluador	☐
En el caso de que el Informe Final se considere Incompleto (diligenciar la página siguiente), se da un plazo máximo de _____ semestre (s) para realizar una nueva reunión de Evaluación el: _____						
En el caso que no se pueda emitir una evaluación por falta de conciliación de argumentos entre Director, Evaluadores y Estudiantes; expresar la razón del desacuerdo y las alternativas de solución que proponen (diligenciar la página siguiente).						
Firmas						
 ROBINSON VIAFARA ORTIZ		 BORIS FERNANDO CANDELA				
Director del Trabajo o Proyecto de Grado		Primer Evaluador		Segundo Evaluador		

Recomendaciones	Observaciones	Razón de desacuerdo - Alternativas
<i>Si se considera necesario, usar hojas adicionales.</i> Diseño de una propuesta de enseñanza para la inclusión del conocimiento científico de actualidad", se encuentra debidamente entrelazadas. Además, el cuerpo de conocimiento de cada una de estas secciones textualidad, como lo son: la superestructura, macroestructura y micro estructura, elementos que le confieren coherencia al texto. que le confieren coherencia al texto. En definitiva, el contenido de este informe quizás va a ser de una gran utilidad para los estudiantes del programa de educación en ciencias, teniendo en cuenta que, en éste se encuentra unos marcos teóricos y metodológicos de grano fino que poseen una naturaleza novedosa. Por todo, lo anterior recomiendo la calificación de APROBADO con mención MERITORIA, la cual queda supeditada al cumplimiento de la reglamentación respectiva de los trabajos de grado.		
Firmas ROBINSON VIAFARA ORTIZ BORIS FERNANDO CANDELA		
Director del Trabajo o Proyecto de Grado	Primer Evaluador	Segundo Evaluador

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA	2
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2. ANTECEDENTES.....	5
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 EL CURRÍCULO Y LA ORGANIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN PROPUESTAS.....	14
2.2 FUENTES Y CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE CONTENIDOS PARA LA ENSEÑANZA.....	16
2.3 LA SOCIALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO.....	18
2.3.1 Las revistas y los artículos de divulgación científica.....	18
2.3.2 La Alfabetización Científica.....	19
2.4 LA ENSEÑANZA DE LA GENÉTICA.....	20
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	23
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	23
3.2 PROPÓSITOS.....	24
3.3 INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS.....	24
3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	26
3.4.1 Análisis de contenido temático.....	26
3.4.1.1 Análisis de libros de texto de básica secundaria.....	26
3.4.1.2 Revisión de artículos publicados en revistas de divulgación científica para la selección del conocimiento de actualidad a enseñar.....	29
3.4.2 El uso de la CoRe como instrumento metodológico para el diseño de la propuesta de enseñanza.....	30
CAPÍTULO 4. RESULTADO.....	32
LA CoRe COMO PROPUESTA DE ENSEÑANZA.....	32
CONCLUSIONES.....	41
Referencias bibliográficas.....	44
ANEXOS	48
Anexo 1.....	48
Anexo 2A	53
Anexo 3A	57
Anexo 4A	59
Anexo 2B.....	61

Anexo 3B.....	67
Anexo 4B.....	71
Anexo 5B.....	75

RESUMEN

En el presente trabajo se aborda la inclusión de conocimiento de actualidad en la enseñanza de las ciencias naturales a través del diseño de una propuesta de enseñanza. Para el diseño se utilizó el instrumento metodológico denominado CoRe y para tener referencia del conocimiento de actualidad se revisaron y seleccionaron artículos de divulgación científica publicados en la revista *Investigación y Ciencia*. A modo de ejemplo se diseñó una propuesta para la enseñanza de un contenido específico de genética: *Información hereditaria*. El resultado obtenido permite inferir que la inclusión de conocimiento de actualidad se puede llevar a cabo en las diferentes disciplinas escolares que se enmarcan en las ciencias naturales y que el uso de la CoRe representa como ventaja que el conocimiento de actualidad se desarrolle como una idea y no como un apéndice o anexo del contenido específico.

Palabras claves: Artículos de divulgación científica, Ciencias naturales, Conocimiento de actualidad, Enseñanza, Genética, Grandes ideas – ideas, Instrumento metodológico (CoRe), Propuesta de enseñanza.

SUMMARY

In this paper the inclusion of current knowledge is addressed in the teaching of natural sciences through the design of a proposed teaching. To design the methodological instrument called CoRe was used and have current knowledge reference were reviewed and selected scientific articles published in the journal Scientific American. hereditary information, which materialized through the CoRe: As an example, a proposal for teaching specific content of genetics was designed. The result can be inferred that the inclusion of knowledge of current can be carried out in different school subjects that are part of the natural sciences and the use of CoRe has the advantage that knowledge of today to develop as an idea and not as an appendix or annex the specific content.

Keywords: big ideas, ideas, science articles, science, current knowledge, education, Genetics, methodological Instrument (Core), Proposed teaching.

INTRODUCCIÓN.

Este documento consiste en la presentación de un trabajo enfocado en el diseño de una propuesta de enseñanza dirigida a estudiantes de básica secundaria sobre el contenido específico de genética: *Información hereditaria*, la cual se materializó a través del instrumento metodológico denominado CoRe. En esta propuesta se aborda la inclusión de conocimiento científico de actualidad con el interés de renovar la enseñanza de las ciencias naturales y para su selección se revisaron, seleccionaron y utilizaron artículos de divulgación científica publicados en la revista *Investigación y Ciencia*.

Para tal fin la metodología utilizada fue cualitativa de tipo descriptivo-exploratorio. Como instrumentos metodológicos se utilizaron la CoRe y los Artículos de Divulgación Científica. El procedimiento metodológico se desarrolló en dos etapas: el análisis de contenido temático a partir del análisis de tres textos escolares y la revisión de artículos publicados en revistas de divulgación científica para la selección del conocimiento de actualidad a enseñar. De este procedimiento se seleccionó el contenido específico a enseñar, el cual se enmarca en la genética. Como resultado se obtuvo el diseño de la propuesta de enseñanza a partir del uso de la CoRe, la cual permitió desarrollar el conocimiento de actualidad como una idea y no como un apéndice o anexo del contenido específico.

En relación con lo anterior, el trabajo está conformado por cinco capítulos, los cuales se detallan brevemente a continuación. EL capítulo 1 describe la justificación, los antecedentes y el planteamiento del problema. En el capítulo 2 se exponen cuatro ideas: el currículo y la organización del conocimiento en propuestas, fuentes y criterios para la selección y organización de contenidos para la enseñanza, la socialización del conocimiento científico y la enseñanza de la genética, que corresponden al marco teórico. En el capítulo 3 se presentan los aspectos metodológicos, la descripción de la metodología, los propósitos del trabajo, los instrumentos metodológicos y se describe el desarrollo del procedimiento metodológico. El capítulo 4 presenta el resultado del presente trabajo: la propuesta de enseñanza en la que se incluyó conocimiento de actualidad publicado en artículos de divulgación científica a través del uso del instrumento metodológico CoRe, por último aparece el quinto capítulo en donde se presentan las conclusiones.

CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA

En este capítulo se exponen tres elementos fundamentales que dan estructura al objeto de estudio en el presente trabajo: a) La justificación, donde se manifiesta por qué es importante hacer uso del conocimiento de actualidad en la enseñanza de las ciencias; b) Antecedentes, revisión de trabajos (y documentos) que se han realizado previamente en la enseñanza de las ciencias y que presentan elementos comunes al expuesto en el presente trabajo, y c) Planteamiento del problema, en el que se define el objeto de estudio que se desarrollará en este trabajo.

1.1. JUSTIFICACIÓN.

Frecuentemente los docentes manifiestan que sus estudiantes son indiferentes por las materias que ellos enseñan y en el caso de las ciencias naturales en muchas ocasiones existe una apatía por aprender. Solbes, Montserrat y Furió (2007) plantean que en España el número de estudiantes en carreras científicas ha disminuido, lo cual está motivado por diferentes causas entre las que se encuentra la forma en que se les enseña las ciencias naturales.

A pesar de esta situación, los estudiantes en su cotidianidad tienen intereses por situaciones que se relacionan con contenidos de ciencia y tecnología, pero estos difieren de lo que comúnmente se les imparte en las clases de ciencias. Una investigación desarrollada por Vásquez y Manassero (2007), dio como resultado que los estudiantes sin importar el género tienen mayor interés por temas de biología, sin embargo, cuando se tiene en cuenta el género se puede apreciar que los hombres manifiestan mayor interés por temas de física y química que las señoritas. En ese estudio también se determinó que los temas de mayor interés son: biología humana, salud, plantas, animales y algunas inclusiones singulares referidas a temas como el universo y el espacio exterior.

Por consiguiente, es importante que dentro de una propuesta se tenga como criterio responder a los intereses de los estudiantes y necesidades de éstos como ciudadanos. El conocimiento científico se ha convertido en una necesidad para el ciudadano del siglo XXI por la presencia en su entorno próximo y por los riesgos y dilemas que cada vez más se plantean a los ciudadanos (Caamaño, 2006).

En este sentido, los estudiantes como ciudadanos deben adquirir conocimientos sobre temas de actualidad que están presentes en medios informales como los medios de comunicación (prensa, radio, TV e internet), los museos y exposiciones de ciencia, que incluyen o requieren de conocimientos que van más allá de la ciencia tradicional o clásica que se enseñan en las aulas de ciencias naturales. Esta necesidad está de la mano con el interés que presentan los estudiantes por el conocimiento de temas novedosos y por aspectos relacionados con adelantos científicos, lo que indica su curiosidad por los avances de la ciencia. En esta

medida, los profesionales de la enseñanza de las ciencias naturales deben en lo posible ir más allá de la enseñanza de conocimientos clásicos y estereotipados.

De acuerdo a que la sociedad es un escenario cambiante y la escuela desarrolla sus funciones en éste, no puede permanecer inmóvil. La institución escolar ha de adaptarse a los nuevos cambios en el escenario en que desarrolla sus funciones si no quiere caer en el contrasentido de representar un papel inamovible en un escenario cambiante (Caamaño, 2006). Ésta debe instruir y propiciar una formación al estudiante que le permita desempeñarse en la sociedad en la cual éste está inmerso. Razón por la cual es necesario disminuir la brecha entre el conocimiento erudito y el conocimiento escolar, ya que la sociedad es recíproca a la explosión de conocimientos científicos y tecnológicos.

Esta situación justifica el diseño de propuestas en el campo curricular que pretendan innovar la enseñanza desde la selección, organización, secuenciación y adaptación de los contenidos de actualidad a los intereses y necesidades que presentan los estudiantes de manera que estos sean atractivos y pertinentes para el aprendizaje de ciencia, además mostraría una imagen de ciencia dinámica, en permanente construcción y de naturaleza controvertida.

De acuerdo a que el currículo de ciencias naturales influye en la concepción del mundo que construye el individuo, esta le permite abordar de forma consciente la solución de los problemas y asumir una responsabilidad como ciudadano en la sociedad que le ha tocado vivir. Los estudiantes deben de estar preparados para la comprensión de la naturaleza de la ciencia, de sus procedimientos, de sus puntos fuertes y de sus limitaciones. Sumado a esto, deben estar en la capacidad de argumentar y comunicar eficazmente sus conocimientos, emitir opiniones y participar en los temas que se discuten en la sociedad. Por consiguiente es importante incluir conocimiento de actualidad en el currículo de ciencias.

Debido a que, los conocimientos relacionados con la genética están cada vez más presentes en la vida cotidiana y llegan a la ciudadanía por diferentes cauces (publicidad, cine, juegos, etc.) se hace necesaria una alfabetización científica. Para contribuir a una buena alfabetización, la selección de los contenidos a enseñar en genética requiere tener en cuenta su importancia en la estructura lógica de la disciplina, su potencial explicativo, su nivel de complejidad y su relevancia funcional y social.

La genética es una rama de la biología que más ha avanzado y se ha popularizado. El conocimiento del genoma humano, las posibilidades de obtener clones humanos, los alimentos transgénicos, el uso del ADN en criminología, entre otros, son ejemplos de los muchos aspectos de la genética que están apareciendo cada vez con más frecuencia en los medios de comunicación. Es incuestionable el interés de la genética en este momento histórico. Por tanto, los ciudadanos deberán manejar estas informaciones para poder tomar parte activa en las discusiones que se generan en estos campos. Sumado a esto, el interés en el momento actual es incuestionable en aras de una correcta alfabetización científica (Caballero, 2008, p.228).

Partiendo de la revisión bibliográfica realizada, se infiere que la inclusión de conocimiento de actualidad en la enseñanza de las ciencias naturales es un fenómeno poco abordado. A razón de esto, el presente trabajo se justifica desde la iniciativa de enseñar temas de actualidad científica, teniendo en cuenta que los avances logrados por la comunidad científica están presentes cada vez más en medios informales y que es preciso disminuir la separación entre la ciencia que se enseña en la escuela y los conocimientos que debe tener un ciudadano.

1.2. ANTECEDENTES.

Los antecedentes están organizados de acuerdo a la revisión de documentos que brindaron aportes al presente trabajo. La contribución de éstos orientó el logro del propósito que se pretende en este trabajo. En primer lugar se presenta: 1) El currículum actual en ciencias y la incorporación de nuevos temas, a continuación 2) Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica, posteriormente 3) El proyecto genoma humano, sus implicaciones sociales y la biología de bachillerato y 4) por último Retos del currículum de química en la educación secundaria. La selección y contextualización de los contenidos de química en los currículos de Inglaterra, Portugal, Francia y España.

1) En relación al análisis que se debe realizar sobre los contenidos que se seleccionan y se llevan al aula de clase para ser enseñados y aprendidos, Martín-Díaz (1996) plantea un artículo titulado “*El currículum actual en ciencias y la incorporación de nuevos temas*”. En este artículo se hace una revisión del currículo de ciencias desde el punto de vista de las novedades en torno a los contenidos que se deberían introducir a dicho currículo, ubicándolos básicamente en tres categorías: *La nueva concepción de contenidos*, *Las relaciones ciencia, tecnología y sociedad (CTS)* y *la naturaleza de la ciencia y Nuevos contenidos científicos*. Para efectos de interés del presente trabajo de grado la categoría que se tendrá en cuenta es *Nuevos contenidos científicos*. En esta categoría se precisa la necesidad de que los avances científicos sean incluidos en los contenidos escolares aun cuando sea dificultoso adaptarlos al medio escolar.

La incorporación de estos “nuevos contenidos científicos” en el currículo de ciencias se justifica debido a que, los estudiantes se desenvuelven y desarrollan en un medio en el que se encuentran diversas fuentes de información (radio, prensa, internet), al estar en contacto con ellas se produce una alfabetización informal con escasa comprensión y que en muchas ocasiones es errónea o inadecuada. Sumado a esto la explosión de conocimiento científico y tecnológico dificulta que los estudiantes alcancen una base científica fuerte. Por tanto en la selección de contenidos se deben incluir estos nuevos contenidos científicos que se antojan necesarios para entender e interactuar con la cultura contemporánea (Martín-Díaz, 1996).

Mediante lo propuesto en este artículo podemos reflexionar sobre la pertinencia de renovar el currículo de ciencias naturales, a partir de la inclusión de nuevos contenidos científicos, como es el caso de la inmunología, la física moderna, geología, entre otras. Que de acuerdo a su complejidad exigirán una mirada diferente a las estructuras y criterios de organización existentes, generando nuevas formas de establecer relaciones temáticas entre ellos.

En este sentido, se parte de concebir que el docente debe tener la habilidad de actualizar sus conocimientos de manera constante y para esto es importante que esté al tanto de los nuevos avances que produce la comunidad científica, para poder reflexionar sobre la posibilidad y pertinencia de llevar algunos de ellos al aula de clases, claro está con la previa integración de ellos al currículo de ciencia. Esto también se extiende a la formación de los estudiantes, ya

que se considera, que ellos están inmerso en una sociedad en la cual los conocimientos cambian de manera constante, de acuerdo a lo anterior, es pertinente que el docente pueda agenciar en ellos, habilidades, destrezas y conocimientos que los faculte no solo para interpretar los fenómenos científicos y tecnológicos que suceden a su alrededor, sino también para adaptarse a los cambios, en términos de conocimiento, que como ciudadano vivirán con el pasar del tiempo (Martín-Díaz, 1996).

2) Dentro de estos conocimientos de actualidad surgen a consideración de algunos autores las cuestiones o controversias socio científicas como una valiosa alternativa para construir una cultura científica acorde a las condiciones que nos reclama la sociedad actual, en ese contexto existen trabajos como los de Díaz y Jiménez (2012), quienes en su artículo titulado “*Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica*” plantean la importancia de estudiar la relación entre las temáticas de controversia que aparecen en prensa escrita y en la literatura didáctica. Además hacen un análisis sobre la posibilidad de hacer un uso didáctico de estas controversias en el contexto escolar para desarrollar distintas finalidades en los estudiantes.

En este trabajo los autores utilizan como unidad de análisis revistas relacionadas con la didáctica de las ciencias experimentales y los resultados los agrupan en las siguientes categorías: Salud, Biotecnología, Medio Ambiente, Astronomía, Biología y Nanotecnología, además hacen referencia a los resultados obtenidos por otros investigadores mediante el análisis de publicaciones presentes en prensa escrita.

Teniendo como referencia lo anterior, los autores realizan el análisis de la revisión bibliográfica de 220 artículos publicados en revistas relacionadas con la didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE), revistas del ámbito iberoamericano Alambique, Enseñanza de las Ciencias, Eureka y Enseñanza de las Ciencias (versión Electrónica) y del anglosajón, Public Understanding of Science Education, International Journal of Science Education, Research in Science Education, Science Education y Journal of Research in Science Teaching. Los resultados muestran que en estas publicaciones la categoría que aparecen con mayor frecuencia (96), correspondiente al 43,6% del total de los artículos, trata sobre controversias relacionadas con la biotecnología. En un segundo lugar se encuentran los artículos relacionados con las controversias medioambientales (32,3%) y, en tercera posición las controversias relacionadas con la salud (13,6%). También aparecen artículos relacionados con otras temáticas como la nanotecnología (9,1%) y la astronomía (1,8%) (Díaz y Jiménez, 2012).

Dentro de las controversias que se plantean en prensa escrita, según Millar y Hunt (2006), predominan los temas relacionados con la salud, tanto temas médicos como transmisión de enfermedades, seguidos de los temas relacionados con el medio ambiente y les siguen con una menor presencia los relacionados con la exploración espacial y la astronomía. Lapetina (2005) en su análisis de noticias almerienses en los diarios La Voz de Almería e Ideal entre los años 2000 al 2004 encontró que las noticias relacionadas con los aspectos bio-sanitarios constituyen un 42% del total de noticias de los dos periódicos seguidas de las noticias

relacionadas con las Ciencias Agrarias (22%) y, en tercer lugar las relacionadas con el Medio Ambiente (10%). Por otra parte, Dimopoulos y Koulaidis (2002) sitúan como temas más relevantes en prensa aquellos relacionados con tecnología de la información, seguidos de los relacionados con electrónica, degradación ambiental y sus riesgos, y por último los avances de biología molecular e ingeniería genética (Díaz y Jiménez, 2012).

Las categorías temáticas que tratan las controversias presentes en los artículos de prensa referenciados son muy variadas, sin embargo, existe una mínima coincidencia de éstos con las categorías encontradas en los artículos de la literatura didáctica analizados, ya que también aparecen temas similares a las categorías de biotecnología (genética y clonación), medioambiente, la salud y la transmisión de enfermedades.

Este artículo se considera muy relevante en la medida que el análisis realizado por los autores destaca la existencia de propuestas en las que se utilizan las controversias socio-científicas en el aula como recurso didáctico para lograr diversas finalidades de la educación científica. En este sentido, este trabajo aporta dos aspectos: el primero consiste en reconocer que los aspectos relacionados con la biotecnología son ampliamente aceptados como de interés por los estudiantes para abordar el estudio de controversias socio científicas y el segundo consiste en la existencia de algunas actividades que se han diseñado para abordar el estudio de controversias socio científicas en el campo de la biotecnología y del medio ambiente.

3) En consecuencia de que las controversias socio-científicas suscitan temas de interés para los estudiantes, los profesores y las profesoras de ciencias naturales pueden ayudar a que los ciudadanos que se forman en el aula tengan conocimientos científicos que les permitan participar informadamente en debates sociales que se derivan del conocimiento científico. En el artículo *El proyecto genoma humano, sus implicaciones sociales y la biología de bachillerato*, San Valero (1995) plantea que la actualidad científica tiene y tendrá en los próximos años una amplia repercusión en la sociedad. Los currículos abiertos al tratamiento de implicaciones tecnológicas y sociales de la ciencia brindan la oportunidad de dar una formación científica a los estudiantes. Temas de actualidad científica, como el Proyecto Genoma Humano (PGH) ofrecen la posibilidad de mejorar la significatividad de los aprendizajes e introducir nuevas estrategias de enseñanza.

En este trabajo se describe una unidad didáctica que hace referencia a cómo los bloques de contenido pueden dar origen a diferentes programaciones. Se menciona que se puede establecer una unidad didáctica que gire en torno al proyecto genoma humano, que abarcaría la trama de contenidos relacionados con: la estructura de los ácidos nucleicos, concepto gen, formulación de hipótesis, análisis de datos, transmisión de los caracteres hereditarios, mutaciones, biotecnología y recombinación del ADN, problemas en torno al PGH, valoración de estos conocimientos para la toma de decisiones personales o de política pública, integrando contenidos de diversos bloques del currículo.

Esta programación que gira en torno al proyecto genoma humano se concreta en una secuencia de actividades de aprendizaje que potencia la resolución de problemas. Percibir un

problema es una actividad intelectual natural, aunque no siempre los problemas de la ciencia son adecuados para los estudiantes, éstos desde el punto de vista educativo adquieren valor ya que implican actividades como la búsqueda y el análisis de información, las discusiones, los debates, las simulaciones, etc., que introducen tanto la práctica de destrezas como los conocimientos especializados. Se pretende que los estudiantes encuentren soluciones que tengan sentido y perciban los conocimientos como criterios para resolver problemas.

El estudio de aspectos relacionados con el PGH compromete aspectos didácticos del proceso educativo, cambian los objetivos, contenidos y metodología, así como los aprendizajes de los alumnos. Se ponen de manifiesto las fuertes implicaciones sociales de la ciencia, se muestra la construcción de la ciencia, los problemas que se intentan resolver y los que se derivan de los nuevos conocimientos. Se favorecen los contenidos significativos: el alumnado percibe el conocimiento científico del ADN y la herencia como algo que les es personalmente útil, estos contenidos les sirven para tomar decisiones, se desarrollan actitudes positivas y realistas hacia la ciencia pudiendo valorar sus aportaciones y también las controversias que suscitan los avances científicos.

El aporte de este artículo al presente trabajo está en el planteamiento didáctico del PGH que permite que se lleven a cabo distintos tipos de actividades de aprendizaje: discusión de noticias de prensa, simulación de técnicas de laboratorio y huella genética. El punto de partida de estas serían problemas reales y actuales, mostrando la utilidad de este conocimiento. La estrategia global de la secuencia es la resolución de problemas, ya que desde el punto de vista educativo ésta permite que los estudiantes adquieran práctica en delimitar, clarificar los problemas y explorar (indagar, averiguar) soluciones alternativas.

4) Caamaño (2006), en el artículo *Retos del currículum de química en la educación secundaria. La selección y contextualización de los contenidos de química en los currículos de Inglaterra, Portugal, Francia y España*, expone que en el currículum de ciencias naturales se deben presentar cambios importantes para adaptarse a nuevos objetivos en la educación secundaria, a los cambios sociales y a los resultados de la investigación en didáctica. En este artículo se destacan los cambios de orientación que se han venido produciendo en los últimos años en la enseñanza de las ciencias, en particular en la enseñanza de la química, los retos actuales que tiene planteados la química en la educación secundaria, especialmente, aquellos que hacen referencia a la selección y contextualización de los contenidos. Teniendo como referencia que el propósito de este trabajo no se enmarca en la enseñanza de la química, se determinó poner especial interés y acentuar las reflexiones que se realizan en forma general sobre los cambios producidos en la enseñanza de las ciencias.

En este artículo se exponen criterios de selección y contextualización de contenidos para incorporar nuevos contenidos relacionados con aplicaciones actuales de la ciencia. Una selección adecuada de los contenidos requiere tener en cuenta su importancia en la estructura lógica de la disciplina, su potencial explicativo, su nivel de complejidad y su relevancia funcional y social. Sin embargo, muchos currículos continúan presentando la ciencia como un cuerpo de conocimientos objetivo y libre de valores, como una sucesión de hechos

descontextualizados que es necesario aprender, sin que se explicita claramente el valor que estos conocimientos puedan tener en la vida futura de los estudiantes.

Caamaño cita diversos autores (Millar, Osborne, 2000; Osborne, 2002), que han destacado la falta de relevancia para mostrar la ciencia tal como se presenta en la vida cotidiana y en los medios de comunicación y las escasas oportunidades que ofrecen a los estudiantes para que puedan expresar sus opiniones respecto de temas científicos actuales. El currículum actual no parece preparar a los estudiantes para comprender los temas científicos y tomar parte, como ciudadanos con criterio, en los debates científicos con los se encontrarán en sus vidas. Hay un énfasis excesivo en enseñar “hechos”, que restringe la capacidad de los profesores y estudiantes para explorar de forma creativa enfoques actuales de aprender ciencias.

La selección de contenido debe hacerse de acuerdo a qué explicaciones o ideas acerca de la ciencia son necesarias para que los estudiantes le den sentido a su vida futura en un mundo dominado por la ciencia y excluir rigurosamente todo aquello que no cumpla con este criterio de selección. Las ciencias se deben abordar de forma contextualizada, de manera que los estudiantes puedan adquirir conciencia de la utilidad y aplicabilidad de los contenidos científicos, Bennett y Holman (citado por Caamaño, 2006).

En el proyecto PISA (citado por Caamaño, 2006) se considera que los estudiantes han de estar preparados para participar en sociedades cada vez más influidas por los avances científicos y tecnológicos. Es preciso, pues, plantearse un currículum que se proponga como objetivo prioritario la alfabetización científica de los estudiantes. Un currículum escolar de “ciencia para todos”, como el que corresponde al objetivo de una alfabetización científica de todos los ciudadanos, debe promover la comprensión de determinados conceptos científicos, pero esta comprensión debe ser amplia y centrada en las explicaciones esenciales que proporcionan la estructura conceptual necesaria para dar sentido a la ciencia que nos rodea. Muchos de los contenidos actuales en las asignaturas de ciencias de la enseñanza secundaria obligatoria no se ajustan a esta visión y son probablemente perfectamente prescindibles. Por otro lado, su enseñanza se realiza de una forma muy poco contextualizada.

El aporte de este artículo al presente trabajo está en la incorporación de nuevos contenidos y la contextualización de los mismos. La autora expone que a lo largo del siglo XX la química ha realizado avances importantes y éstos deben ser incorporados en el currículo de química aunque su transposición no sea fácil.

La introducción en el currículo de los nuevos avances científicos, sus aplicaciones prácticas y sus implicaciones sociales requiere realizar cambios importantes (promover en el profesorado un conocimiento básico de los avances de la química en el siglo XX y de las áreas de investigación de la química actual) y adoptar estrategias (disponer de materiales y de propuestas didácticas realistas y contrastadas sobre cómo abordar la enseñanza de estos nuevos contenidos en el aula) que permitan superar las dificultades detectadas en las experiencias llevadas a cabo hasta el momento. (Caamaño, 2006, p.201).

Respecto a la contextualización manifiesta que:

Contextualizar el currículum significa usar los contextos y las aplicaciones como medio de desarrollar los conceptos e ideas de la ciencia o de justificar su importancia. La manera de utilizar el “contexto” permite diferenciar dos enfoques de enseñanza de las ciencias: en uno se parte de los conceptos para interpretar y explicar el contexto, y en otro se parte del contexto para introducir y desarrollar los conceptos (Caamaño, 2006, p.201).

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los resultados obtenidos en la investigación denominada “La condición de la educación en matemáticas y ciencias naturales en América Latina y el Caribe”, arrojó que los jóvenes no están siendo preparados de manera apropiada para contar con las herramientas en matemáticas y ciencias naturales necesarias en una economía mundial cada vez más interconectada. Según este estudio, los currículos de matemáticas y ciencias naturales en América Latina presentan el término calidad, pero esta característica está ausente en la ejecución (Valverde y Näslund-Hadley 2010).

Este estudio aportó que este problema se debe a la existencia de currículos débiles, materiales de aprendizaje inadecuados y falta de destreza y conocimientos de los docentes en las matemáticas y ciencias naturales. En relación a los currículos débiles, éstos no favorecen una instrucción para que el estudiante participe en una sociedad cada vez más globalizada, se puede decir que están basados en conocimientos teóricos descontextualizados y con poca pertinencia social. Esta situación en parte tiene referencia con la selección de contenidos pertenecientes a la “ciencia normal” presente en los libros de texto, dejando de lado conocimientos de actualidad obtenidos, validados y publicados recientemente por la comunidad científica, y generalmente no enseñados en las aulas de clase.

La formación de ciudadanos en el siglo XXI exige la enseñanza de unos conocimientos científicos pertinentes y actuales, sin embargo, en los currículos y en el sistema educativo no se reflejan los conocimientos producidos en los últimos años. En el caso específico de los currículos de ciencias, estos incluyen los hechos y principios básicos de la ciencia desde el siglo XVI hasta la primera mitad del siglo XX, pero poco o nada de los desarrollos actuales en este campo, lo que genera una desactualización en el conocimiento que el ciudadano construye en la escuela y quizás una desventaja en él para poder tomar decisiones y explicar situaciones cotidianas que impliquen estos nuevos saberes (Gonzáles, 1996).

Para responder a las exigencias de la sociedad planteadas en el párrafo anterior, el docente debe seleccionar un conjunto de contenidos para ser enseñados, ante lo cual Pro y Saura, 2001 (Citado en Pro, 2003), se preguntan lo siguiente: “los conocimientos científicos a enseñar ¿deben centrarse en la ciencia actual (más compleja, pero más próxima a los problemas de la calle) o en “la de siempre” (menos comprometida pero en la que nos sentimos más seguros)?”. Esta pregunta centra un dilema en el momento de tomar decisiones curriculares, sin embargo, es claro reconocer que la respuesta o elección que haga el maestro está condicionada por su formación y los medios o recursos que disponga para desarrollar su propuesta en el aula.

En el caso de los profesores de ciencias del contexto colombiano, este tipo de decisiones curriculares se inclinan más por la selección de conocimientos propios de la ciencia tradicional, normal o clásica, lo cual, generalmente, se relaciona con que el docente no presenta una sólida y actualizada formación en el conocimiento disciplinar. Esta situación

también puede estar influenciada por la aparente ausencia de recursos o materiales que lo apoyen para abordar conocimientos actualizados en el aula debido a que los libros de texto escolar se centran en “la ciencia normal” y poco abordan los conocimientos de actualidad o que están en discusión por parte de la comunidad científica. Estas condiciones en el maestro y en el contexto educativo condicionan y dificultan la selección de conocimiento de actualidad.

A esto se suma, que las disciplinas escolares pertenecientes a las ciencias naturales son ricas en contenidos, lo cual lleva al maestro a concebir que él en su enseñanza debe abordar todos o al menos los conocimientos más relevantes en términos históricos, que comúnmente están presentes en los libros de texto. Esto genera estructuras curriculares que fueron viable en otros momentos, pero que están desfasadas respecto a los conocimientos que se producen en la actualidad (Malagón, 1994).

La sobrecarga en la selección de los contenidos no posibilita que el maestro establezca en sus clases la conexión con el mundo que sufre rápidas transformaciones, ni contemple que determinados e inesperados acontecimientos fortuitos se puedan tomar en consideración para el trabajo en las aulas. En este sentido, en la enseñanza de la ciencia está primando el desarrollo de los contenidos y casi la obsesión por terminar el programa sobre el interés por la obtención de aprendizajes significativos de conocimientos actuales, relevantes y pertinentes para el estudiante.

Asumir una visión de ciencia más actualizada, por parte del estudiante, implica que él sea involucrado en experiencias educativas en las cuales aprenda y desarrolle conocimientos y competencias más adecuadas y acordes con la ciencia que se está produciendo y con la sociedad en que está viviendo. Desde este punto de vista, esta visión de ciencia debe tener repercusiones en la forma como el maestro desarrolla la enseñanza y en la selección de los contenidos que se quiere que aprendan los estudiantes.

Por consiguiente, la labor de lograr que el conocimiento de actualidad sea asequible para los estudiantes es una labor que requiere la intervención del docente, de manera tal que éste debe tener: conocimiento de los desarrollos científicos recientes y sus perspectivas, la capacidad de adquirir conocimientos de frontera de otros campos, la disposición de comunicar una visión dinámica de la ciencia, entre otros (Gil Pérez, 1991).

En el caso de disciplinas como la Biología y más específicamente en la Genética, la producción de conocimiento es continua y diversa, sin embargo cuando se observan los currículos que se desarrollan en las aulas de nuestro país generalmente estos están compuestos por la genética mendeliana y temas tradicionales como: transmisión de la herencia, el ADN, mutaciones, genes, grupos sanguíneos (factor Rh), síntesis de proteínas y malformaciones cromosómicas, que no evidencian avances científicos de este campo del conocimiento, por tanto se determina la existencia de una explosión de conocimiento científico que no está siendo enseñado en el aula de clase. Como ejemplo de lo anterior, en el desarrollo de la genética y su enseñanza se evidencian temas de gran actualidad y pertinencia social como son: Modificación genética en embriones humanos, Industria del genoma

humano, El genoma oculto, Mecanismo molecular de las mutaciones espontáneas, ¿Qué nos hace humanos?, entre otros, que además de ser parte del conocimiento científico de actualidad, pero que generalmente no son enseñado en las aulas de clases, lo que genera una débil alfabetización científica en el ciudadano que no le permite ser competente para la toma de decisiones fundamentadas.

De acuerdo a lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo incluir conocimiento de actualidad en el diseño de la enseñanza de un contenido específico de genética a estudiantes de educación básica secundaria?

En el presente trabajo de grado la búsqueda de respuesta a esta pregunta se delimita en el planteamiento de una propuesta de enseñanza para un contenido específico de las ciencias naturales a manera de ejemplo. Por otro lado se busca que este conocimiento de actualidad reconozca los factores multimodales (motivacionales, comunicativos, cognitivos y sociales) en el aula de clase en la búsqueda de obtener en los estudiantes una alfabetización científica funcional a través del acceso y comprensión de nuevos conocimientos.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrolla el marco teórico que sustenta la pregunta problema y se exponen ideas que se abordan en este trabajo. En este se manifiestan: el currículo y la organización del conocimiento en propuestas, se presenta la definición de currículo y de propuesta de enseñanza que se manejará; fuentes y criterios para la selección y organización de contenidos para la enseñanza, se hace alusión a la estructura de la disciplina y a las grandes ideas para seleccionar y organizar contenidos a enseñar; la socialización del conocimiento científico, se expone la comunicación de la ciencia a través de la divulgación y la enseñanza de la genética, como se presentó esta enseñanza y cómo se lleva a cabo.

2.1 EL CURRÍCULO Y LA ORGANIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN PROPUESTAS.

Para hablar del planteamiento de propuestas curriculares es de gran importancia iniciar exponiendo la posición sobre un tema fundamental en la educación que es el currículo. En torno a este tópico educativo existen diversas conceptualizaciones y en este documento se retoman las presentadas por Lundgren, (1992) y Stenhouse, (1982). En este sentido es conveniente plantear que autores como Giraldo y González (2009, p.30) proponen que:

La amplia panorámica conceptual sobre currículo ha permitido dilucidar algunas tendencias de análisis en su abordaje. Así algunos autores han planteado el currículo como un plan para el aprendizaje (Taba, 1974), también como dispositivo para definir objetivos de aprendizaje (Tyler, 1973), otros como selección de contenidos (Lundgren, 1992).

Debido a la polisemia del término y al propósito del presente trabajo, se tendrán en cuenta las definiciones de currículo que exponen los autores Lundgren y Stenhouse. Para Lundgren (1992), el currículo es la organización de conocimientos, destrezas y métodos relativos a cómo han de organizarse los contenidos seleccionados, es decir como puede ser la secuencia y la transmisión de este conocimiento. Para Stenhouse (1982) el currículo es una tentativa para comunicar los principios y rasgos esenciales de un propósito educativo, de forma que permanezca abierto a discusión crítica y pueda ser trasladado efectivamente a la práctica, para este autor el intentar poner en práctica una propuesta educativa implica no solo el contenido sino el método.

Es importante mencionar que, así como el término tiene numerosas acepciones, se reconoce la existencia de diferentes currículos. En posición de Posner (2004) existen cinco currículos concurrentes:

- El currículo oficial: es el descrito en documentos formales u oficiales de la administración educativa.

- El currículo oculto: conjunto de influencias formativas: conocimientos, destrezas, actitudes y valores, que la escuela ejerce sistemáticamente pero que no están explicitadas ni formalmente reconocidas.
- El currículo nulo: comprende contenidos y experiencias que deberían ser ofrecidos al alumnado y que no son enseñados.
- El currículo adicional o extracurriculo: son las experiencias planeadas fuera del currículo formal.
- Y el currículo operativo.

Este último, de acuerdo a sus características es aquel que nos interesa y por tanto será el que se desarrollará con amplitud. El currículo operativo se fundamenta en lo que es realmente enseñado por el docente y la manera como destaca a los estudiantes el carácter relevante de los contenidos objeto de la enseñanza y el aprendizaje. Se convierte en el programa que representa como se espera que sea el proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación con sus correspondientes finalidades y condiciones académicas. Desde este currículo el profesor está inmerso en actividades de planificación y esto hace que tome decisiones sobre éste, implicando la deliberación curricular personal (Eisner 1979 citado en Gimeno, 2005), entendida como el papel activo del profesor en el desarrollo del currículo, dejando de lado los diseños realizados por agentes especializados, enfocándose en proyectos modestos realizados por él que se ajusten a su práctica. Autores como Lundgren y Stenhouse lo exponen como el protagonismo que tiene el docente, desde la propuesta autónoma que diseñan hasta la adaptación, a sus circunstancias, de modelos elaborados por otros.

En este caso, el currículo operativo es un intento por materializar la realidad que se pretende en el aula. En consecuencia de ello, este tipo de currículo puede ser tomado como equivalente en términos de Zambrano, Viafara y Marin. 2007 (Citado en Espinosa, 2011) a la propuesta curricular.

El Ministerio de Educación Nacional en el documento *"Serie lineamientos curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental"*, presenta la propuesta curricular como una estructura para organizar el currículo de ciencias naturales (MEN, 1998). Sin embargo, también es importante mencionar que otros aspectos que hacen parte de una propuesta curricular son la metodología a desarrollar y las finalidades o propósitos planteados. A partir de esto, una propuesta curricular en ciencias se comprende como la estructuración de orden pedagógico, didáctico y disciplinar del conocimiento científico a enseñar.

García y Parra (2010), exponen que la planificación curricular suele plantearse en diferentes niveles de decisión curricular: el de los centros educativos, el del equipo docente y el de cada profesor. En este último nivel suele hablarse de planificación de la enseñanza o de la intervención educativa del docente.

Gimeno y Pérez (2005), mencionan que una propuesta curricular depende de la amplitud del currículo, es decir, esta se puede presentar desde el conjunto de objetivos que se desea conseguir en los alumnos, desde el complejo entramado de experiencias que obtiene el

alumno o desde el compendio de contenidos a transmitir. Según la amplitud se pueden obtener propuestas curriculares como: el PEI, el plan de estudio, el plan de área, el plan de aula y el diseño de una lección o de una clase.

Retomando el currículo operativo, como planificación racional de la intervención docente, y teniendo en cuenta lo que exponen los autores mencionados, la propuesta de enseñanza, en el presente trabajo, se entenderá como el compendio de actividades de aprendizaje, propósitos y estrategias que el profesor planifica para la enseñanza de un contenido específico. Es decir, la estructuración de orden pedagógico, didáctico y disciplinar, que realiza el docente del conocimiento científico a enseñar. Todos estos procesos inician por determinar lo que se va a enseñar, esto es, realizar la selección del contenido que se abordará en la enseñanza.

2.2 FUENTES Y CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE CONTENIDOS PARA LA ENSEÑANZA.

En el campo de la educación en ciencias los contenidos o tópicos a enseñar han tenido diversas denominaciones de acuerdo a la posición epistemológica y los propósitos que se tengan en torno al conocimiento científico a enseñar y aprender. Harlen (2010, pág. 13), plantea diez principios de la educación en ciencias y el tercer de ellos consiste en: *“La educación en ciencias tiene múltiples metas y debería estar orientada a desarrollar: la Comprensión de un conjunto de “grandes ideas” en ciencias que incluyan ideas de la ciencia y acerca de la ciencia y su rol en la sociedad y Capacidades científicas relacionadas”*.

En este sentido Harlen expresa que la meta de la educación en ciencias debe entenderse en términos de una progresión hacia ideas claves que permitan entender eventos y fenómenos de relevancia para la vida del estudiante. En palabras de este autor estos conocimientos se describen como las grandes ideas de la ciencia. Una “gran” idea en ciencia es la que se aplica a un amplio rango de objetos o fenómenos.

Este autor define las grandes ideas como aquellas que pueden usarse para explicar y hacer predicciones sobre una serie de fenómenos relacionados con el mundo natural y plantea la existencia de diez grandes ideas de la ciencia. Estas son las que permiten la comprensión de objetos, fenómenos y relaciones en el mundo natural. Sin embargo, de estas ideas se pueden desprender ideas más pequeñas. Las que se puede llamar “pequeñas ideas” lo cual se aplica a las observaciones o experiencias particulares. Las ideas pequeñas son identificadas con facilidad, como aquellas que caen en las divisiones de los dominios de distintas disciplinas de las ciencias.

Expuesto lo anterior, las ideas o contenidos a ser enseñados se seleccionan teniendo en cuenta criterios o fuentes de selección. Por ejemplo, Vera et al (1999) exponen tres fuentes de selección para los contenidos: epistemológica, socio-política y psicológica. La epistemológica hace referencia a la herencia cultural sistematizada en campos de

conocimiento. La socio-política a las necesidades y demandas que se hacen a la escuela, estos aspectos se convierten en fuentes de selección en momentos históricos determinados, debido a la pluralidad social que genera demandas educativas diversas. Y la psicológica que se refiere al sujeto que aprende con sus características.

Por otro lado, Zambrano et al. (2007) expone que situar el conocimiento producido por la comunidad científica, en condiciones de ser objeto de enseñanza, debe ser transformado y reorganizado. Para lograr que un saber disciplinar sea transformado y enseñado los criterios para lograrlo son de carácter epistemológico y responden a la organización lógico-conceptual de la disciplina.

A su vez, Izquierdo (2008) exhibe que los nuevos temas emergentes, la información divulgada en los artículos, deben adaptarse a estrategias de gestión de la clase y se debe realizar según criterios didácticos: ha de ser aprendido, la aplicación del conocimiento al contexto o en la vida de las personas, que prioricen el aspecto semántico de las teorías científicas y modelos teóricos, que permita al estudiante pensar, actuar y comunicar y propicien el uso de estructuras mentales (dimensiones cognitivas).

Estos autores plantean una estrategia tradicional de seleccionar y organizar los contenidos a enseñar en las ciencias naturales, que quizás ha llevado a que los estudiantes se alejen o sientan apatía por aprenderla debido a que no le otorga la debida relevancia en sus vidas más allá de tener que aprenderlas para ganar un examen. Esta tendencia se deriva de la necesidad de construir un currículo orientado a la formación de futuros especialistas en las ciencias naturales y por tanto la organización del conocimiento se desarrolla teniendo en cuenta la estructura de la disciplina (Harlen, 2010).

Según Harlen (2010, pág. 16):

Parte de la solución de este problema es entender las metas de la educación en ciencias no en términos de un cuerpo de hechos y teorías, sino más bien como una progresión hacia ideas claves, las cuales en conjunto permiten explicar eventos y fenómenos de importancia para la vida de los estudiantes, durante y más allá de sus años de escuela. Aquí las describimos como “grandes ideas” de la ciencia.

Con esto no se quiere negar ni restar la importancia que tiene la disciplina para la formación de los estudiantes sino que se considera que tener exclusivamente este criterio da una visión reduccionista sobre el conocimiento y su enseñanza. Debido a que, estos conocimientos están cada vez más presentes en la vida cotidiana y llegan a la ciudadanía por diferentes cauces (publicidad, cine, juegos, etc.).

Por tanto, se hace necesario adoptar estrategias innovadoras para seleccionar y organizar los contenidos de forma tal que permitan una alfabetización científica de mayor pertinencia social y personal. Para contribuir a una esto, la selección de los contenidos a enseñar y aprender requiere tener en cuenta no solo la estructura lógica de la disciplina y su nivel de complejidad, sino su potencial explicativo y su relevancia funcional y social, teniendo en

cuenta sus variaciones incluyendo conocimientos de actualidad, claro está asumiendo la debida adecuación al desarrollo cognitivo del sujeto que aprende, de manera que suponga ser un reto cognitivo de pertinencia y aplicabilidad al contexto y en la vida del estudiante. Por lo anterior, en este caso se considera que el uso de una gran idea de la ciencia es una estrategia adecuada para seleccionar y organizar los contenidos en esta propuesta de enseñanza.

2.3 LA SOCIALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO.

La producción y la socialización del conocimiento científico se han visto permeada por los cambios de esta sociedad globalizada. Al respecto, la rapidez y la facilidad con la que se pueden comunicar los científicos han acelerado la circulación de ideas y la interconexión de los proyectos. Con base a esta comunicación dinámica han aflorado investigaciones a escala global en categorías como: el cambio climático, la seguridad alimentaria, la crisis del agua, las enfermedades tropicales, entre otros (Sexton, 2012).

De acuerdo a lo anterior, la comunicación científica de estas investigaciones debe ser de carácter público. Esta comunicación incluye muchas modalidades, sin embargo hay una específica: la comunicación social de la ciencia, se trata de las formas de comunicación de la ciencia cuyo receptor es la sociedad en general y no la comunidad científica. Al interior de esta modalidad está la divulgación científica o divulgación de la ciencia.

La divulgación no es un modo de comunicación cualquiera. Tiene lugar entre la comunidad científica y la sociedad, con adaptación del mensaje al receptor, que puede ser la sociedad en general o algún sector determinado de la misma. Se produce a través de los más variados medios. El cine y la literatura funcionan a veces como canales privilegiados de divulgación de la ciencia, pero también las artes plásticas e incluso las escénicas. Asimismo, los diferentes tipos de museos científicos sirven como cauce de la divulgación. Por supuesto, los libros de ensayo y las revistas constituyen los medios de divulgación científica por antonomasia (Marcos, 2015, p. 47).

En este sentido, se considera de gran importancia el abordar las revistas y los artículos de divulgación científica como uno de los mecanismos más potentes y sistemáticos que tiene la comunidad científica para hacer conocer sus avances científicos.

2.3.1 Las revistas y los artículos de divulgación científica.

Las revistas de divulgación científica presentan diversa periodicidad y grados de especialización (algunas se caracterizan como divulgación “sofisticada” o de alto nivel). Estas ofrecen información actual sobre los avances científicos y técnicos del mundo entero, incluyen artículos y secciones originales escritos por los investigadores. Los artículos de divulgación científica constituyen un método eficaz de promoción de la disciplina línea de

investigación, a su vez, que se comprenda el interés de la investigación en un área determinada. Es importante mencionar que estos artículos, excepto los “sofisticados” o de alto nivel, escritos por los investigadores son sometidos a un proceso de edición relativamente intenso, con el fin de adaptarlos a un público de no especialistas para el que los autores no están acostumbrados a escribir (Fernández, 1999).

Sin embargo, los artículos de divulgación realizados por los propios investigadores presentan un vocabulario técnico o de especialidad, enfatizando en la narrativa de la ciencia, en la investigación científica y la naturaleza argumentativa del discurso científico. De acuerdo a estas características, si se pretende utilizar un artículo de esta naturaleza en la enseñanza de las ciencias, se deben tener en cuenta mecanismos didácticos y emplear las estrategias comunicativas necesarias para aclarar los significados al lector no experto, teniendo en cuenta que en cualquier caso se debe conservar parte del vocabulario original, bien porque es imposible su sustitución o porque se complace enriquecer los conocimientos del estudiante. Se debe enfatizar en el fenómeno investigado, es decir, se simplifica un poco la tarea del receptor.

La pregunta sería ¿por qué y para qué seleccionar contenidos de actualidad en la enseñanza de las ciencias? Aunque esta pregunta puede tener un sin número de respuestas la más evidente consiste en que en una sociedad en la cual hay un acceso, casi que, permanente a la información y que ésta surge de forma exponencial en muy corto tiempo, no se considera adecuado seguir enseñando y aprendiendo conocimientos que no se adaptan a las exigencias y necesidades en la actualidad. Es decir, lo que se pretende es que el estudiante acerque su base de conocimiento a tener una alfabetización científica que lo haga competente para la toma de decisiones informadas, fundamentada sobre situaciones de su entorno cercano en las cuales están implicados conocimientos propios de las ciencias naturales.

2.3.2 La Alfabetización Científica.

Como se mencionó anteriormente, la comunicación social de la ciencia, incluye muchas modalidades que podría aplicarse incluso a la enseñanza de la ciencia en el sistema educativo (Marcos, 2015). Sin embargo, la selección de los contenidos a enseñar genética se ciñe a lo que las editoriales proponen, las cuales generalmente no consideran los conocimientos que provienen de los ámbitos de investigación y cuando lo hacen los presentan como anexos (Íñiguez y Puigcerver, 2013). Las editoriales presentan contenidos en los libros de texto, pero el docente es responsable de la selección de contenidos a enseñar. Cabe recordar que a través de la acertada selección y enseñanza de los contenidos de las ciencias se puede contribuir a obtener en los estudiantes la anhelada alfabetización científica. En consecuencia, son muchos los autores que en el marco de la enseñanza de las ciencias en pro de la alfabetización científica reclaman la revisión de los contenidos a partir del análisis de su relevancia para los alumnos, señalando que muchos contenidos del currículo actuales son rémoras de currículos históricos orientados a la formación de científicos y no a la formación de ciudadanos alfabetizados científicamente (Couso, 2013).

La alfabetización científica ha dejado de ser un movimiento disperso para llegar a ser una propuesta coherente que se convierte en uno de los objetivos de la formación científica en todos los niveles. De las múltiples definiciones e interpretaciones que los autores plantean del concepto, en el presente trabajo de grado, se tendrá en cuenta la definición que presenta Norris, (2003) quien propone la alfabetización científica como la capacidad de usar el conocimiento científico en la resolución de problemas que demandan la participación social, entender la naturaleza de la ciencia, incluyendo su relación con la cultura, conocer sus riesgos y beneficios y desarrollar un pensamiento crítico hacia la ciencia y sus expertos. Este autor sugiere que la alfabetización científica en la lectura implica dos dimensiones: léxica, dominar el vocabulario necesario para leer críticamente un artículo en la prensa y de indagación, examinar cuidadosamente a partir de preguntas o de la reflexión. Norris y Phillips (2003) exponen que para promover la alfabetización científica del alumnado es necesario que adquieran competencias lectoras y argumentativas, tales como resumir las ideas principales de un texto, justificar una conclusión o criticar argumentos de otros, aparte de dominar conceptos y contenidos. Estas competencias constituyen destrezas cognitivas vinculadas a la construcción y justificación del conocimiento científico.

2.4 LA ENSEÑANZA DE LA GENÉTICA.

El conocimiento científico referente a la variabilidad humana y la aplicación de la genómica para catalogar las formas de vida del planeta representan la creación de una enciclopedia de la vida y una auténtica colaboración multinacional (Guterl, 2012). Estos referentes promueven la participación científico-social, por tanto interaccionar con el conjunto de estos repercuten en la alfabetización científica y despierta el interés al momento de ser aprendido y/o enseñado.

El conocimiento científico es un elemento fundamental en la sociedad, ya que siempre interviene en su transformación, sin embargo, la enseñanza de este conocimiento no abarca la eficacia formativa para el contexto cultural contemporáneo. La enseñanza de las ciencias naturales debe garantizar al individuo una instrucción consciente, útil y aplicable a su contexto.

Cabe mencionar que los temas de genética no siempre estuvieron incluidos en los programas curriculares de las ciencias naturales. En los años 70 en Gran Bretaña algunos proyectos curriculares, pasaron a incluir y a concebir la herencia como concepto central para la comprensión de la biología. Sin embargo la introducción de temas de genética en el currículo generó opiniones encontradas, entre la importancia del tema y su dificultad. Autores partidarios de la inclusión de la genética en el currículo basan sus investigaciones en los trabajos de Ausubel y manifiestan dos razones: la importancia social y científica del tema y la consideración factible de descubrir métodos apropiados para presentarlo a nivel educativo.

Posteriormente, la inclusión de la genética en el currículo se convirtió en un consenso creciente entre los especialistas en la educación de las ciencias, debido a la necesidad de que

los estudiantes y el público en general comprendan cada vez mejor los conceptos genéticos básicos. La importancia de comprender este tema parece cada vez mayor a medida que las sociedades encuentran cuestiones éticas, sociológicas, ecológicas, etc., que tienen sus raíces en la investigación genética. Es más probable que las personas tomen decisiones racionales sobre temas que involucren el conocimiento de la genética si comprenden la genética básica que si no la comprenden (Bugallo, 1995). Sin embargo, investigadores como Banet y Ayuso (2002), señalan que entre los contenidos biológicos que ocupan mayor atención a docentes e investigadores están los relacionados con la genética quizás por la dificultad de enseñarla y de aprenderla en las aulas de ciencias naturales.

En la actualidad, en la enseñanza de la Genética se instruye al estudiante sobre el conocimiento de algunos aspectos básicos sobre dónde reside y cómo se transmite la información hereditaria, sumado a esto los profesores coinciden en la necesidad de incluir contenidos básicos sobre conceptos elementales de genética en la enseñanza secundaria. Esta enseñanza está caracterizada por la selección y secuenciación de contenidos que aparecen en los libros de texto. Generalmente estos contenidos pueden agruparse en los siguientes bloques: i) Mecanismos de transmisión de la información hereditaria (leyes de Mendel) ii) Naturaleza del ADN iii) Estructura de los genes y cromosomas y su relación con el ADN y la célula iv) Diferentes tipos de herencia (ligada al sexo, etc.) v) Aplicaciones actuales de la genética como apéndice del tema de manera anecdótica e informativa (Íñiguez y Puigcerver, 2013), (ingeniería genética, cómo se hace un cariotipo, terapia génica y genética humana).

La forma como se organizan y desarrollan estos bloques de contenidos que aparecen sugerida en los libros de texto y que generalmente es seguida casi al pie de la letra por los docentes sumada a la débil formación disciplinar y didáctica del maestro, más que favorecer llegan a dificultar la enseñanza de esta sub disciplina escolar, generando dificultades de enseñanza tales como: a) se transmiten las leyes de Mendel de manera algorítmica y descontextualizada sin hacer aplicación o ampliación de estas a la genética humana, b) la perspectiva histórica de estas leyes presente en los libros, en ocasiones, es equivocada generando distorsiones del trabajo del científico, c) la falta de recursos didácticos para representar el material genético y los métodos tradicionales que se aplican en la enseñanza de la herencia mendeliana producen una visión incorrecta del genotipo, d) la enseñanza de las leyes de Mendel se inicia con el ejemplo de los guisantes, sin embargo no se considera el conocimiento de los alumnos respecto a que los vegetales son seres vivos, que están formados por células, que contienen cromosomas y genes, lo que conduce a aprendizajes inapropiados (Banet y Ayuso, 1995).

Cabe destacar también que estos bloques de contenidos son desarrollados por el docente de manera casi aislada o fragmentada sin conexión entre ellos, lo cual va en contravía con la idea que debe haber una progresión de los conocimientos apoyando unos en otros hasta llegar a las grandes ideas de las ciencias. Desde el campo de la educación en las ciencias es pertinente tener en cuenta los conceptos estructurantes o claves de las disciplinas científicas sobre los cuales se construye un conocimiento más complejo.

En el caso de la biología y más específicamente la genética, el concepto gen es uno de estos conceptos. Desde el punto de vista de esta ciencia, el gen es considerado un concepto clave,

sobre el cual se fundamentan conocimientos actuales de disciplinas nuevas como la genómica y la proteómica, y de otras no tan nuevas como la genética, evolución y biotecnología, etc. De acuerdo a esto, este concepto interviene en la transferencia de conocimientos en la enseñanza de la genética y permite comprender conocimientos más avanzados propios de ésta y de otras disciplinas, por lo que es importante un adecuado y pertinente conocimiento de este concepto estructurante por parte de los alumnos (de Tancredi, 2006). Por tal razón, la enseñanza de este concepto conduce un reto, tanto para dar respuesta a la revolución biológica del siglo XXI como a la anticipación de cambios que deben venir en las propuestas para enseñar contenidos de genética.

Finalmente, se destaca que a partir de 1953, (año en el que se planteó la estructura de doble hélice de la molécula del ADN) se ha ampliado la comprensión del gen y se afianza la idea de éste como la unidad estructural, funcional y de la información genética o hereditaria y ya en los años sesenta se había descubierto información oculta en otras dos zonas de los cromosomas. Las investigaciones científicas dan cuenta de que hay mucho más en la herencia que solo la secuencia de ADN. Como consecuencia de estas investigaciones se sabe que, los genes no son los únicos depósitos de la herencia, existen al menos dos capas de información: *El ADN intergénico y las marcas epigenética*, que se transmiten a las generaciones, que actúa y es capaz de controlar directamente el funcionamiento de nuestros genes y que son ignoradas en la enseñanza de la genética.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

En este capítulo se presentan los aspectos metodológicos que orientan la resolución de la pregunta problema planteada. Se consideran aspectos generales como la descripción de la metodología y los propósitos del trabajo, posteriormente se explican los instrumentos metodológicos y se describe el desarrollo del procedimiento metodológico, el cual se llevó a cabo en dos etapas: Análisis de contenido temático y Diseño de la propuesta de enseñanza a partir de una CoRe¹ como instrumento metodológico.

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.

La metodología de investigación adoptada para dar respuesta a la pregunta problema se enmarca en un enfoque cualitativo, debido a que se quiere comprender un fenómeno en un contexto particular, es decir, renovar el conocimiento que se enseña en las ciencias naturales mediante la selección de conocimiento científico de actualidad por medio de la revisión de artículos de divulgación científica sobre la genética y más específicamente sobre el concepto de información hereditaria y la planeación de la enseñanza a través del diseño de una CoRe.

Según Hernández, Fernández, y Baptista, *“la investigación cualitativa se enfoca a comprender y profundizar los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con el contexto”* (2010, p. 364).

La investigación es de tipo exploratorio-descriptivo dado que se busca examinar cómo incluir conocimiento científico de actualidad en una propuesta de enseñanza para las ciencias naturales, tomando como ejemplo un contenido específico de genética, y con esto lograr una mayor familiarización con dicha problemática (Hernández et al, 2010), sumado a esto, se pretende describir cómo puede ser la inclusión de dicho conocimiento, lo anterior mediante la elaboración de una propuesta de enseñanza para la cual se pretende utilizar el instrumento metodológico denominado CoRe.

Teniendo en cuenta que el presente trabajo tiene como pregunta central de investigación: ¿cómo incluir conocimiento de actualidad en el diseño de la enseñanza de un contenido específico de genética a estudiantes de básica secundaria? Se concibe como una posible respuesta a este problema lo siguiente: la inclusión de conocimiento científico de actualidad al aula es un proceso complejo que requiere de diversos factores que van de la mano con el trabajo curricular del maestro. Entre los recursos que permiten acceder a este conocimiento en un lenguaje más cercano se encuentran los artículos de divulgación científica por lo cual se considera que con el uso de este material educativo se podrá acceder y seleccionar el conocimiento científico de actualidad sobre el concepto de información hereditaria. Además, se considera que el diseño o planeación de la enseñanza se podrá llevar a cabo a través de un instrumento metodológico denominado CoRe que aunque no fue diseñada con esta

¹ Representación del contenido (CoRe)

intencionalidad educativa propicia la reflexión y toma de decisiones curriculares e instruccionales de gran importancia para esta labor curricular.

3.2 PROPÓSITOS.

Para contribuir a la solución de la pregunta formulada este trabajo tiene como propósito general:

- Diseñar una propuesta de enseñanza que incluya conocimiento de actualidad en un contenido específico de genética dirigida a estudiantes de educación básica secundaria.

Para dar cuenta de este propósito general se considera necesario desarrollar los siguientes propósitos específicos:

- El análisis de contenido temático a enseñar (Genética) presente en libros de texto de básica secundaria
- Usar artículos de divulgación científica como recurso para la selección de conocimientos de actualidad pertinentes para la enseñanza de la Genética.
- Implementar la CoRe como instrumento metodológico para el diseño de la propuesta de enseñanza.

3.3 INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS.

Este proceso metodológico se desarrolla con base a dos instrumentos que a saber son: Artículos de Divulgación Científica y la CoRe. A continuación se explica cada uno de ellos.

En el caso particular del uso de artículos de divulgación científica como un recurso para la selección de conocimientos de actualidad y pertinencia para la enseñanza de un contenido específico de la genética, como es el caso de información hereditaria, se determina que estos artículos presentan y facilitan el acceso a los conocimientos producidos recientemente por la comunidad científica, que, generalmente, no aparecen en los libros de texto y que pueden mostrar situaciones sociales relevantes de actualidad y debates en el marco de la consolidación del conocimiento científico.

De acuerdo a esto, en esta propuesta de enseñanza se usaron varios artículos de divulgación científica, los cuales aportaron el conocimiento de actualidad que se incluyó en la enseñanza del contenido específico. Se estructuraron el contenido a enseñar, el conocimiento de actualidad y la metodología de enseñanza. Es importante mencionar que esta propuesta no es inherente a un PEI particular, es una propuesta abierta que se ajusta a los estamentos de ciencias naturales: estándares básicos de competencia y lineamientos curriculares.

Con la intención de materializar el diseño de la propuesta de enseñanza que incluya conocimiento de actualidad de un contenido específico de la genética, se utilizó el instrumento denominado CoRe. La CoRe es un instrumento metodológico diseñado por Loughran, Gunstone, Berry, Milroy y Mulhall. 2000 (Citado por Candela y Viafara, 2014), a partir del marco teórico de los estudios de caso. El equipo de Loughran enmarcados en una metodología de pensamientos, juicios, toma de decisiones y acciones llevadas a cabo por los profesores, diseñaron, implementaron y validaron dos herramientas metodológicas, una de ellas, CoRe. Este instrumento hace referencia a la representación del contenido, es decir, consiste en un resumen de cómo un profesor enseña un tópico específico y de las razones por las que lo enseña. Entre los elementos claves de la CoRe están: a) ¿Qué contenidos enseñar?, b) ¿Por qué enseñarlos? Y c) ¿Cómo enseñarlos? Este instrumento permite planificar la enseñanza sobre un tópico específico, presenta una estructura formada por el tópico y un conjunto de preguntas. Es desarrollado a partir de las grandes ideas² en las que el docente divide el contenido específico a enseñar y las respuestas a las preguntas para cada una de las ideas que recogen las razones relacionadas con el qué, el por qué, el cómo y quién está aprendiendo el contenido.

Este instrumento metodológico se escogió, porque responde a preguntas de orden curricular (qué, por qué, cómo enseñar, etc.) e instruccional y contribuye a desarrollar el conocimiento pedagógico del contenido (CPC) del profesor novato. Los interrogantes que constituyen la CoRe se categorizan en dos conjuntos: las decisiones curriculares y las decisiones instruccionales. Las primeras atienden a la planificación reflexiva, por parte del docente, del acto educativo. Selecciona la estructura conceptual del tópico específico, lo que pretende que aprendan los alumnos, las metas a alcanzar a través de la enseñanza de este contenido, los aspectos del tópico que son difíciles tanto para enseñar como para aprender, entre otros. El segundo conjunto se refiere a las estrategias instruccionales generales para la enseñanza de la disciplina y las estrategias específicas del tópico en cuestión. Respecto al desarrollo del CPC del profesor novato, Shulman 1987 (Citado por Candela, 2012), expone que para que los profesores logren desarrollar el CPC de un tópico específico deben fundamentar la acción educativa en un ciclo, constituido por los siguientes procesos: comprensión y razonamiento, transformación y reflexión, lo anterior implica tomar decisiones de carácter curricular e instruccional (Candela, 2012). Estas decisiones derivan acciones autónomas por parte del docente, como adquirir conocimientos sobre la disciplina misma y la evolución de concepciones del docente hacia unas más elaboradas.

Estas acciones se reflejan en los instrumentos de aprendizaje que pueda utilizar o diseñar el profesor, de acuerdo a la decisión o decisiones curriculares tomadas por él, los cuales pueden provenir de la literatura o de la experiencia del docente.

De acuerdo a que las decisiones curriculares son un elemento clave de la CoRe, en el presente trabajo estas decisiones están precedidas por lo que expone Harlen (2010). Este

² En la CoRe “las grandes ideas” representan las ideas que el profesor percibe como eje fundamental para la comprensión de un determinado tópico.

autor expresa que la meta de la educación en ciencias debe entenderse en términos de una progresión hacia ideas claves que permitan entender eventos y fenómenos de relevancia para la vida del estudiante. Estas ideas se describen como grandes ideas de la ciencia. Una “gran” idea en ciencia es la que se aplica a un amplio rango de objetos o fenómenos. Por ejemplo el contenido específico a enseñar en esta propuesta de enseñanza se enmarca en la gran idea *La información genética es transmitida de una generación de organismos a la siguiente generación*. De acuerdo a este autor, las decisiones curriculares que tome el docente deben avanzar hacia la comprensión de las grandes ideas de la ciencia. Este define las grandes ideas como ideas que pueden usarse para explicar y hacer predicciones sobre una serie de fenómenos relacionados con el mundo natural. Estas son las que permiten la comprensión de objetos, fenómenos y relaciones en el mundo natural. Sin embargo, de estas ideas se pueden desprender ideas más pequeñas. Lo que se puede llamar pequeñas ideas se aplica a las observaciones o experiencias particulares. Las ideas pequeñas son identificadas con facilidad, como aquellas que caen en las divisiones de los dominios de distintas disciplinas de las ciencias.

La potencialidad de la CoRe en la materialización de la propuesta de enseñanza se expresa en la captura (aprehender) e inclusión del conocimiento de actualidad. Las ideas en las que se divide el contenido específico responden a las ideas científicas que el profesor percibe como eje fundamental para la enseñanza del mismo. De acuerdo al propósito que se persigue, incluir conocimiento de actualidad en la enseñanza de un contenido específico de genética, las ideas dan cuenta del conocimiento de actualidad presente en los artículos de divulgación científica seleccionados y del conocimiento que subvenciona esta inclusión.

3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.

El procedimiento que se realizó para seleccionar el conocimiento de actualidad a enseñar se dio en dos etapas. Estas etapas son: Análisis de contenido temático, que comprende el análisis de libros de texto de básica secundaria y revisión de artículos publicados en revistas de divulgación científica para la selección del conocimiento de actualidad a enseñar y el uso de la CoRe como instrumento metodológico para el diseño de la propuesta de enseñanza.

3.4.1 Análisis de contenido temático.

En esta etapa del procedimiento metodológico se analizó el contenido de la genética con el propósito de seleccionar el tópico específico a enseñar y el conocimiento de actualidad a incluir en la enseñanza de este. Esta selección se llevó a cabo a partir del análisis de contenido temático de libros de básica secundaria y de la revisión y selección de artículos de divulgación científica.

3.4.1.1 Análisis de libros de texto de básica secundaria.

En primera instancia se inició por seleccionar libros de texto del área de ciencias naturales y educación ambiental del nivel de básica secundaria (grado 8° y grado 9°) que se distinguieran

por presentar alta circulación y abordar el tema de genética. Con base a estos criterios se seleccionaron tres libros de textos: dos de grado 8° y uno de grado 9°. Los libros escogidos fueron: Hipertexto 8 Edición 2010, Entorno vivo 8 Edición 2013 y Proyecto Sé 9 Edición 2011, los dos primeros son de la editorial Santillana y el último de Ediciones SM.

Posterior a esto se realizó un análisis de los contenidos que se abordan en el capítulo de genética en cada uno de estos libros y con base a este análisis se realizó la tabla 1. La unidad de registro fue la tabla de contenido. De acuerdo a Abela (2002), el análisis responde a análisis de contenido temático. En este se considera la presencia de términos o conceptos y se utilizan listas de frecuencias, de identificación y clasificación.

La presentación de esta tabla expone la unidad de registro utilizada en el análisis temático. La realización de esta tabla permite ver los temas en la enseñanza de la genética por cada uno de los libros y comparar cuales se desarrollan en los tres textos, permitiendo determinar los temas más comunes. El análisis arrojó como resultado que los temas más comunes son: Alteraciones cromosómicas, Herencia ligada al sexo, Leyes de Mendel y Mutaciones. Los títulos resaltados corresponden a los temas que estructuran el capítulo y bajo los cuales se desarrollan estos temas.

Determinar los temas comunes aportó al proceso metodológico, que el análisis se extendiera a estos temas para revisar cómo se lleva a cabo el desarrollo de estos en cada uno de los libros. Esto permitió identificar y conocer la frecuencia de algunos términos o conceptos claves en este campo de estudio. El concepto más frecuente es el concepto gen, el cual se considera como un concepto clave o estructurante en la biología y en la enseñanza de la genética.

Tabla 1. Tabla de contenido para la unidad o capítulo de genética de los libros de texto.

Entorno vivo 8 (2013)	Hipertexto 8 (2010)	Proyecto Sé 9 (2011)
Importancia de los trabajos de Mendel	Transmisión de la información de padres a hijos. Teoría genética de la mezcla	Las leyes de la herencia
Mutaciones	Los estudios de Mendel	Las investigaciones de Mendel
Árboles genealógicos	Las leyes de Mendel	Genética y vocabulario genético
Los cromosomas	De los “factores hereditarios”	Leyes de la herencia

	a los genes y los cromosomas	mendeliana
Tipos de herencia en genética humana	Excepciones a las leyes de Mendel	La herencia del sexo y ligada al sexo
	Genes y ambiente	La herencia en el ser humano
Genética	Genética humana. Los cromosomas humanos	Genes y manipulación genética
La genética en la Antigüedad	Determinación del sexo en la especie humana	Estructura y propiedades del ADN
Conceptos básicos	Herencia de caracteres ligados a los cromosomas sexuales	Heredabilidad y producción de proteínas a partir del ADN
Genética mendeliana	Herencia limitada por el sexo	Las mutaciones
Mecanismos de herencia de las enfermedades genéticas humanas	Herencia influenciada por el sexo	La ingeniería genética
Enfermedades autosómicas	Herencia de los grupos sanguíneos	Aplicaciones y riesgos de la biotecnología
Enfermedades ligadas al sexo	Alteraciones y enfermedades genéticas. Enfermedades ligadas al sexo	
Enfermedades de herencia mitocondrial	Enfermedades autosómicas	
Enfermedades por alteraciones cromosómicas	Enfermedades producidas por alteraciones numéricas en los cromosomas	
Biotechnología	Enfermedades poligénicas	
Ingeniería genética	Localización de algunas enfermedades en los cromosomas humanos	
Terapia génica	Utilidad de la genética como ciencia	

Clonación	Aplicación de la genética en la salud humana	
-----------	--	--

3.4.1.2 Revisión de artículos publicados en revistas de divulgación científica para la selección del conocimiento de actualidad a enseñar.

Teniendo en cuenta el concepto más frecuente, gen, se determinó la búsqueda y selección de revistas de divulgación científica que presentaran información de actualidad respecto a este término. De acuerdo a esto, se revisaron tres revistas de amplia circulación y de reconocido prestigio en el campo de las ciencias biológicas, las revistas fueron las siguientes: Nature, National geographic e Investigación y Ciencia.

De este grupo de publicaciones se determinó que la revista a utilizar en el presente trabajo sería Investigación y Ciencia. Esta se escogió porque es la edición en español de *Scientific American*, es una revista de divulgación científica con una sólida y larga trayectoria. Desde 1976, ofrece cada mes la información más actual sobre los avances científicos y técnicos del mundo entero. Además incluye artículos y secciones originales escritos por investigadores de España y Latinoamérica. Asimismo, cuenta con la colaboración de otras publicaciones del sector *American Scientist* y *Nature*.

Posterior a esto, se decidió revisar la información de actualidad sobre el concepto gen en las ediciones de la revista publicadas entre el año 2000 y 2015, lo que implicó ver con atención cada uno de los artículos publicados durante este tiempo. Esto de acuerdo a que la revista presenta ediciones mensuales y los avances científicos corresponden a una extensa variedad de disciplinas científicas.

A partir de esta revisión se detectaron un buen número de artículos que abordaban el concepto de referencia, sin embargo se seleccionó un conjunto de artículos de divulgación científica que presentaban información de actualidad. Los artículos escogidos fueron: *La industria del genoma humano*, *El nacimiento de la epigenética*, *El genoma oculto*, *Un nuevo tipo de herencia* y *La función reguladora del genoma*.

Una vez seleccionados estos artículos se realizó lo siguiente:

- A. Se desglosó la información contenida en cada uno de los artículos y se identificó el conocimiento relevante susceptible de ser aprendido por los estudiantes. Al expresar la palabra desglosó, se hace referencia al tratamiento que se le hizo a los artículos. Estos presentan información muy especializada que es difícil de comprender, para lo cual fue necesario revisar bibliografía complementaria. De acuerdo a esto se ordenó la información y se estableció el conocimiento que se presentó en la propuesta de enseñanza.

- B. Se determinó la idea bajo la cual se presenta el conocimiento de actualidad. Se construyó una idea a partir de los cinco artículos escogidos: *Existen al menos tres capas de información genética, que a saber son: los genes codificadores de proteínas, el ADN intergénico y las marcas epigenéticas*. Los artículos presentan información específica, sin embargo se hizo mención al conocimiento que cada artículo desde su particularidad resalta. Sumado a esto algunos artículos presentan información que permite ampliar o tener mejor comprensión de la información presentada en otros.
- C. Se propusieron actividades para la enseñanza de esta idea. A partir de los trabajos realizados por los científicos que se describen en los artículos se propusieron actividades de enseñanza para la idea que se determinó anteriormente, puesto que favorecen la comprensión y aplicación del conocimiento. Previo a esto fue necesario realizar transformaciones adaptativas (Chevallard, 1991) a los artículos de divulgación científica. Estas consistieron en cambios que permitan la difusión y comprensión al público escolar.

El desarrollo del análisis de libros de texto de básica secundaria y de la revisión de artículos publicados en revistas de divulgación científica para la selección del conocimiento de actualidad a enseñar, dio inicio a la segunda etapa del procedimiento metodológico, diseño de la propuesta de enseñanza a partir del instrumento metodológico CoRe.

3.4.2 El uso de la CoRe como instrumento metodológico para el diseño de la propuesta de enseñanza.

El diseño de la propuesta de enseñanza se desarrolló a partir de tres eventos fundamentalmente, el primero consistió en la selección del contenido específico y su división en dos ideas, el segundo en dar respuesta a cada uno de los interrogantes que constituyen la CoRe por cada una de las ideas propuestas y el tercero en las transformaciones adaptativas que se le realizaron a los artículos de divulgación científica y al video “*Epigenética la nueva revolución biológica*”. A continuación se desarrollan cada uno de estos eventos metodológicos.

Desde esta perspectiva metodológica, de utilizar la CoRe como un instrumento metodológico para el diseño de la propuesta de enseñanza sobre un tópico específico, el primero evento consiste en la selección del contenido específico y su correspondiente división en ideas. Esta elección se realizó con base a los resultados de la etapa metodológico anterior, es decir, como resultado del análisis del contenido temático en los libros de texto y revisión de artículos publicados en revistas de divulgación científica para la selección del conocimiento de actualidad a enseñar, el contenido específico escogido fue el de *Información hereditaria*. En los libros de texto la información hereditaria se atribuye exclusivamente a los genes pero no así en los artículos de divulgación científica, los cuales hacen eco de nuevos datos respecto a las fuentes que constituyen la herencia. Los artículos dan cuenta de dos capas de información

adicionales: ADN intergénico y marcas epigenéticas, las cuales intervienen en la herencia, el desarrollo y la enfermedad de los organismos y dan cuenta de la complejidad del ser humano.

La selección de este contenido permite planificar la enseñanza de un concepto estructurante en la biología e incluir conocimiento de actualidad en la enseñanza de la genética. Por tanto, el contenido específico a enseñar se dividió en bloques de conocimiento que a saber son: la *Conceptualización de gen* y la comprensión de la existencia de dos nuevas *Capas de información hereditaria: ADN intergénico y marcas epigenéticas*. Estos bloques se presentan respectivamente a partir de las dos grandes ideas³ en las que se dividió el contenido específico, y que se presentan a continuación: 1. La información genética se almacena en las secuencias de bases químicas que constituyen los genes y 2. Existen al menos tres capas de información genética, que a saber son: los genes codificadores de proteínas, el ADN intergénico y las marcas epigenéticas.

Un segundo evento en esta etapa metodológica consistió en dar respuesta, para cada una de las ideas, a cada uno de los interrogantes que constituyen la CoRe. Estos interrogantes son:

1. ¿Qué intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?
2. ¿Por qué es importante que los alumnos aprendan esta idea?
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluye en sus explicaciones a sus alumnos)?
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?
5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?
6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?
7. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esta idea)
8. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?

Los interrogantes mencionados responden a decisiones curriculares e instruccionales, los cuales se explicaron en el ítem 3.3. Las respuestas que se dieron a cada uno de los interrogantes para cada una de las ideas materializaron la propuesta de enseñanza y aparecen en el cuarto capítulo de este documento.

Es importante resaltar que el interrogante tres no se tuvo en cuenta en esta propuesta, debido a que presenta un papel secundario con los propósitos del trabajo, y que se consultó bibliografía para dar respuesta a las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de cada idea (interrogante cuatro).

El tercer evento de esta fase metodológica consistió en realizar transformaciones adaptativas al conjunto de artículos de divulgación científica seleccionados. Estos artículos, además de

³ En la CoRe “las grandes ideas” representan las ideas que el profesor percibe como eje fundamental para la comprensión de determinado tópico.

aportar el conocimiento de actualidad, se utilizaron como materiales educativos en la medida que se requería de éstos. Estas transformaciones se desarrollaron de manera simultánea con el diseño de las actividades de aprendizaje que se proponen en la CoRe. Los resultados de este procedimiento se aprecian en las lecturas y en la edición de los videos propuestos para el desarrollo de las actividades. Todos estos materiales se encuentran en los anexos del trabajo.

CAPÍTULO 4. RESULTADO

LA CoRe COMO PROPUESTA DE ENSEÑANZA

Como resultado del presente trabajo de grado se muestra la propuesta de enseñanza en la que se incluyó conocimiento de actualidad. De acuerdo a esto, esta propuesta se centró en la inclusión de conocimiento de actualidad publicado en artículos de divulgación científica en la enseñanza de un contenido específico a través del uso del instrumento metodológico denominado CoRe. En esta propuesta se estructuró el contenido a enseñar, el conocimiento de actualidad presente en los artículos y la metodología de enseñanza.

Es importante mencionar que esta propuesta de enseñanza no es inherente a un PEI particular, es una propuesta abierta que se ajusta a los estándares básicos de competencia y lineamientos curriculares de las ciencias naturales. Por tanto, puede ser utilizada y adaptada por el docente de ciencias naturales.

El conocimiento científico de actualidad y el conocimiento en general que se enseña a los estudiantes de los diferentes niveles, debe ser un conocimiento útil, que les permita continuar con la construcción de conocimiento durante su vida escolar y el resto de su vida en general. Mucho de lo que las personas necesitan saber y de la oferta que hacen los medios, es ciencia actual. Al seleccionar una parcela de la actualidad se debe considerar sus vertientes y sus lados y hacer interaccionar el conjunto de esos contenidos de modo que se puedan enseñar en un esquema coherente. La enseñanza de este conocimiento de actualidad debe hacerse con un criterio divulgativo y funcional (Marco-Stiefel, 2000).

De acuerdo a que se pretende que el aprendizaje sea autónomo y de interés para el estudiante, las actividades manifiestas en la presente propuesta de enseñanza no tienen una secuencia o linealidad estricta. Se parte de una actividad denominada *Organizador previo*, la cual es de tipo informativa e introductoria para las ideas que se abordan en la presente CoRe. De acuerdo a lo anterior se sugiere: Que el docente a partir de la actividad *organizador previo* guíe una discusión en la cual las opiniones de los estudiantes conduzcan el desarrollo de las mismas. Es decir, la preferencia manifestada por ellos debe preceder las actividades.

CoRe – Información Hereditaria

Ideas:

1. La información genética se almacena en la secuencias de bases químicas que constituyen los genes.
2. Existen al menos tres capas de información genética, que a saber son: los genes codificadores de proteínas, el ADN intergénico y las marcas epigenéticas.

Pregunta	Idea 1: La información genética se almacena en la secuencias de bases químicas que constituyen los genes.	Idea 2: Existen al menos tres capas de información genética, que a saber son: los genes codificadores de proteínas, el ADN intergénico y las marcas epigenéticas
1. ¿Qué intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?	1. Los genes y su relación con la transmisión de caracteres de una generación a otra. Es necesario que los estudiantes identifiquen que las características hereditarias se transmiten de una generación a la siguiente a través de los genes. 2. Los genes y su relación con el material genético, es decir, son la capa básica para el depósito de la información hereditaria que permite la expresión de características físicas y la codificación de proteínas. 3. Estructura del gen. Un gen está constituido por una secuencia determinada de bases. La información genética se almacena en las hebras arrolladas de ADN, concretamente en las bases químicas (Adenina, Citosina, Guanina y Timina) que se emparejan para formar los peldaños de la escalera del ADN.	1. El material genético no está formado solamente por genes codificadores de proteínas, además de estos existen el ADN intergénico y las marcas epigenéticas. 2. En los últimos años se ha determinado que el ADN intergénico y las marcas epigenéticas intervienen en la herencia, el desarrollo y la enfermedad. 3. La segunda capa de información oculta, denominada ADN intergénico se encuentra ubicada en la región no codificadora del ADN. En esta capa yacen innumerables genes de solo ARN no codificador. 4. La tercera capa de información oculta se denomina como marcas epigenéticas, se ubica fuera de la secuencia del ADN almacenada en las proteínas y metabolitos que rodean y se adhieren al ADN sin alterar su secuencia.

	4. Localización del gen. Los cromosomas son las estructuras que albergan los genes. 5. Alelo: versión de un gen. Un gen puede existir en formas alternativas que determinan la expresión de alguna característica. Estas formas alternativas de un gen se denominan alelos. Cada individuo hereda una versión de un gen, alelo, de cada progenitor.	
2. ¿Por qué es importante que los alumnos aprendan esta idea?	La transmisión de la información genética de una generación de organismos a la siguiente generación es una de las grandes ideas de la ciencia (Harlen, 2010). Por tanto la comprensión del concepto gen le permite al estudiante plantear explicaciones acordes a las científicas sobre los mecanismos mediante los cuales se transmiten las características hereditarias de una generación a otra e incluso le podría ser útil para plantear explicaciones a procesos evolutivos en las especies. Debido a que este proceso se da en todos los seres vivos, los estudiantes deben comprender y ser capaces de comunicar esta idea científica. Que los alumnos sepan esta idea es importante porque: a) les concede un marco conceptual elemental sobre la localización y la transmisión de las características hereditarias, b) permite que realicen acciones de	La comunidad científica ha empezado a contradecir la idea aceptada de que los genes, segmentos de ADN que codifican proteínas, constituyen la única fuente de herencia y encierran los planos de la vida (Gibbs, 2004). La comunidad científica en el deseo de comprender cómo funciona el mundo, investiga fenómenos de la naturaleza. A partir de éstas hay una producción continua de conocimiento. El proyecto genoma humano (PGH) y el proyecto internacional ENCONDE son ejemplos de esta producción. Los resultados de estos proyectos así como de otras investigaciones deben llegar a las aulas, dado que contribuyen a la divulgación de la ciencia, la formación académica y la alfabetización científica de los estudiantes. Es importante que los alumnos sepan esta idea porque: a) favorece la consecución de estos aspectos, b) ofrecer al estudiante oportunidades para conocer y comprender

	pensamiento como identificar y relacionar los genes y las características hereditarias, c) comprender el porqué de las diferencias entre individuos de la misma especie y d) permite la introducción de conocimientos más complejos propios de esta disciplina escolar, pasando progresivamente del pensamiento concreto al abstracto.	avances recientes de la ciencia, de manera que estos le posibiliten concebir una ciencia en continua transformación y debate, c) que los estudiantes comprendan, a un nivel básico, los avances de la investigación en este ámbito de estudio y se interesen por sus repercusiones tecnológicas y sociales y d) podría contribuir a que los estudiantes perciban el conocimiento científico, como producto, en continua revisión, del trabajo colectivo de una comunidad de investigadores (Ayuso y Banet, 2002).
3. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?	-Las concepciones alternativas de los estudiantes. Las ideas previas que intervienen en la enseñanza / aprendizaje de esta idea son, en ocasiones, productos del lenguaje común, afirmaciones no científicas con las que el estudiante interacciona. -La enseñanza de esta idea bajo el modelo tradicional de enseñanza. EL estudiante no participa de la construcción del conocimiento ya que se le transmite un conocimiento elaborado, primando la definición de conceptos. Este modelo no contribuye a que el estudiante amplíe o reestructure su conocimiento, por el contrario promueve un aprendizaje memorístico. -La falta de conocimiento del tema por parte del	-En los últimos años se ha explorado con mayor atención las partes menos evidentes del genoma. Sin embargo, no existe una teoría científica que explique la interacción entre ADN, ARN y señales epigenéticas. Es decir, no se conocen los mecanismos de interacción entre los indicadores epigenéticos y los restantes componentes del genoma (Gibbs, 2004). -Escasez de recursos que ayuden a representar este conocimiento en un ambiente escolar. -Existencia de un dogma central en la biología, que ha venido considerando, en el curso de los últimos decenios, a los genes codificadores de proteínas como los únicos depósitos de la herencia.

	profesor. La mayoría de los profesores tienen el libro de texto como material de uso y de apoyo didáctico en el aula (Íñiguez, 2005). -Los errores conceptuales presentes en los libros de texto. En los libros aparecen definiciones poco claras, expresiones que pueden ser incluso contradictorias, que pueden llegar a generar ideas erróneas. Por ejemplo: el concepto de alelo, cada carácter está determinado por un solo gen, entre otros. Además se basan en un modelo transmisivo que no contribuyen a un aprendizaje significativo. Este problema podría explicarse por la necesidad de simplificar la complejidad de los fenómenos genéticos (Íñiguez, 2005).	
4. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?	A través de diversas fuentes los estudiantes han estado recibiendo información y han construido sus propias concepciones, más o menos acertadas y que pocas veces suelen coincidir con las que se consideran correctas (Caballero 2008). - El término alelo es poco conocido por los estudiantes, por tanto desconocen el significado del mismo. A menudo las palabras alelos y genes son tomadas como sinónimos. - No todos los seres vivos tienen genes y cromosomas (Wood-Robinson, Lewis, Leach y Driver, 1998, citado por Íñiguez y Puigcerver, 2013). La idea que presentan del término cromosoma es confusa. Los principales errores conceptuales se refieren a que es	

	parte del ADN, que se identifica con gen o gameto. - Considerar que solo las personas y algunos mamíferos (animales grandes) tienen células, cromosomas o genes, pero no otros seres vivos. - Los esquemas conceptuales alternos que presentan los estudiantes: a) confusión entre células sexuales y cromosomas sexuales, b) la información hereditaria está en las células sexuales, c) las células somáticas también tienen información hereditaria y d) todas las células tienen información hereditaria (Ayuso y Banet, 2002).
5. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?	De acuerdo a la investigación en didáctica de la biología y de la genética en particular, se formulan propuestas para una correcta comprensión de los mecanismos de la transmisión de la herencia. De acuerdo a las dos ideas que se abordan en la presente CoRe solo se tuvieron en cuenta las que influyen en la enseñanza de estas. -El estudiante comprende el fenómeno de la herencia cuando se desarrolla desde experiencias concretas familiares y cuando los profesores ilustran las características no perceptibles de estos conceptos (Hackling y Treagust 1984, citado en Bugallo, 1995). -Utilizar modelos tridimensionales que muestran la estructura de cromosomas, su relación con el ADN y los genes. Estos también hacen posible trabajar los conceptos de gen y alelo, así como las otras dos capas de información. -En la presentación de ejemplos, utilizar seres vivos que les sean familiares a los estudiantes o que estos los conozcan. Utilizar situaciones y ejemplos más próximos a los estudiantes (la diversidad de la clase, caracteres hereditarios familiares, animales domésticos, etc.). -Consultas y lecturas. -Resolución de problemas: plantear algunas de las actividades de enseñanza como problemas que los estudiantes

	tienen que resolver. -Valoraciones sobre las aplicaciones tecnológicas y repercusiones sociales de la genética.	
6. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esta idea)	Actividad 1. El título de esta actividad es <i>Organizador previo</i>, es de tipo informativa y estructural. Los estudiantes socializarán la lectura <i>Proyecto genoma humano</i> a partir de preguntas. Los propósitos de ésta son: conocer en qué consiste el proyecto genoma humano y la introducción de las tres capas de información genética (genes, ADN intergénico y marcas epigenéticas). Ver anexo A.	
	Actividad 2. El título de esta actividad es <i>Elaborando un gen</i>, es de tipo informativo y manipulativo. Los estudiantes a partir de una lectura deben realizar un gen. Los propósitos son: que el estudiante exteriorice las ideas previas relacionadas con este concepto, se familiarice con la estructura del gen y reconozca que los genes están constituidos por ADN. Ver anexo 2A. Actividad 3. EL título de esta actividad es <i>¿Dónde está el gen?</i>, es de tipo ilustrativo y manipulativo. A partir de un vídeo, cada estudiante debe elaborar un cromosoma e insertar en este el gen elaborado antes. El propósito de esta actividad es que el estudiante identifique que los genes se encuentran en los	Actividad 2. El título de esta actividad es <i>La nueva revolución biológica</i> es de tipo expositiva Se presenta un video “<i>Epigenética de la nueva revolución biológica</i>”. Esta actividad presenta tres momentos: antes, durante y después del video. El propósito es que los estudiantes conozcan los trabajos (aportes) que algunos científicos han realizado para comprender el fenómeno de las marcas epigenéticas. Ver anexo 2B. Actividad 3. El título de esta actividad es <i>Evidencia de herencia epigenética en humanos</i>. Es de tipo experimental. Se utilizará un video y se desarrollará en tres etapas. Cada una sujeta a un momento del video.

	cromosomas y establezca la relación gen-cromosoma. Ver anexo 3A. Actividad 4. EL título de esta actividad es <i>Versión de un gen</i>, es una actividad de consulta. El docente proporcionará información para que los estudiantes realicen una consulta. A partir de esta seleccionarán una característica hereditaria, la cual estará representada en el gen que cada uno ha empaquetado en su cromosoma. El propósito de esta actividad es que el estudiante reconozca que los genes pueden presentar diferentes variedades y establezca la relación gen-alelo. Ver anexo 4A.	El propósito de esta actividad es analizar los estudios que los científicos han realizado en diferentes grupos humanos. Ver anexo 3B. Actividad 4. El título de esta actividad es <i>Segunda capa de información</i>. Se realizará la lectura <i>ADN intergénico</i>. Es de tipo interpretativa. El propósito es describir la segunda capa de información: ADN intergénico. Ver anexo 4B. Actividad 5. El título de esta actividad es <i>¿Qué reveló el proyecto internacional ENCODE?</i> Es de tipo expositiva. Se utilizará la lectura <i>La función reguladora del genoma</i> y un video. Los propósitos de esta actividad son: presentar a los estudiantes como estas dos capas de información intervienen en la herencia, el desarrollo y la enfermedad, y los datos más relevantes que ha obtenido el proyecto ENCODE. Ver anexo 5A.
7. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?	¿Estás de acuerdo cuando se dice que “Un gen está constituido por una secuencia determinada de bases, que especifica una proteína”? Proponga una definición para este concepto. Selecciona una característica hereditaria. Describe cómo	Se le presentará al estudiante un video (3ra parte del video usado en la actividad 3) caso puntual en el que individuos fueron afectados por una marca epigenética. A partir de dos preguntas: ¿Por qué existen vínculos entre generaciones? ¿Por qué los genes podían traspasar la memoria de una generación a la siguiente?

	es esta característica en cada uno de tus padres. A partir de las descripciones, proponga la información hereditaria que posee cada uno de los genes que sus padres le heredaron para esta característica. Describe cómo es esta característica en ti. Explica la relación entre: ADN-gen, gen-cromosoma y alelo-gen. Estás de acuerdo con la siguiente afirmación “Los cromosomas contienen información en los genes codificadores, en la región no codificadora y fuera de la secuencia de ADN”. Argumenta porque.	El estudiante debe elaborar un documento en el que explique la interacción entre individuo, ambiente y generaciones futuras. Elaborar un documento argumentativo en el cual de respuesta a la pregunta ¿Por qué las marcas epigenéticas se consideran una vanguardia de la biología? Se ha visto la tercera capa de información (las señales químicas unidas al ADN, marcas epigenéticas), aunque no alteran la secuencia del ADN, pueden afectar gravemente la salud y las características de un organismo. A partir de la imagen contenida (en el artículo <i>Un nuevo tipo de herencia</i>, paginas 28 y29) los estudiantes deben responder 2 preguntas a) ¿Qué son las marcas epigenéticas?, b) De acuerdo a la imagen, ¿Qué activa o desactiva las marcas epigenéticas? Se conoce que las marcas epigenéticas afectan a los seres humanos y especies animales, algunas pasan incluso de padres a hijos. ¿Explica cómo estas marcas epigenéticas pasan de padres a hijos?
--	---	---

CONCLUSIONES

Antes de presentar las conclusiones a las que se llegaron con el desarrollo de este trabajo, se considera realizar algunas precisiones en torno a él. En primera instancia, el diseño de la propuesta de enseñanza para la inclusión del conocimiento de actualidad se realizó a través del instrumento metodológico CoRe, el conocimiento se organizó a partir de ideas fundamentales desde la perspectiva de Loughran (2002) y Harlen, (2010).

La propuesta tuvo como contenido específico seleccionado, lo relativo a *la información hereditaria*, el cual se dividió en dos ideas fundamentales: 1. La información genética se almacena en las secuencias de bases químicas que constituyen los genes y 2. Existen al menos tres capas de información genética, que a saber son: los genes codificadores de proteínas, el ADN intergénico y las marcas epigenéticas. La primera idea recogió el concepto clave o estructurante de la biología, el concepto gen, que a su vez es un concepto fundamental en la enseñanza y aprendizaje de la genética. La segunda idea respondió al conocimiento científico de actualidad sobre la información hereditaria que aparece desarrollado en los artículos de divulgación científica seleccionados.

De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta los propósitos planteados, la metodología seguida y los resultados obtenidos en el presente estudio, se pudo concluir que:

- El diseño de una propuesta educativa alternativa implica la toma de decisiones de carácter curricular e instruccional, estas decisiones son de orden disciplinar y pedagógico del tópico específico a enseñar, es decir, en este proceso el docente pone en acción su CPC para la planeación de la enseñanza. Esta propuesta se realizó a partir de un procedimiento metodológico basado en dos etapas: el análisis de contenido temático a enseñar, a partir de los libros de texto de básica secundaria y la revisión y selección del conocimiento de actualidad publicado en artículos de revistas de divulgación científica, y la segunda en el uso de la CoRe como instrumento metodológico para el diseño de la propuesta de enseñanza. Un aspecto a destacar en este proceso de toma de decisiones es la orientación pedagógica que tenga el docente y en este estudio esta orientación llevó a que la organización del conocimiento no fuera bajo las dinámicas o estructuras tradicionales sino que estuviera más acorde a propuestas innovadoras como el planteamiento de ideas claves o fundamentales que el estudiante debe construir sobre un contenido determinado. Esta organización estuvo precedida por la selección de un conocimiento que fuera estructurante en el que se incluyeron los últimos aportes que la ciencia ha realizado sobre este recientemente, todo a partir de la mediación y adecuación del mismo a las características y niveles formativos del estudiante al cual va dirigido. Cabe destacar que este tipo de diseños que se realizan desde la teoría pero sin tener un contexto específico deben ser reflexionados y contextualizados por parte del maestro que muestre interés por ellos. De acuerdo a esto, para incluir conocimiento de actualidad

en la enseñanza de la genética, es importante identificar los conocimientos susceptibles a ser enseñados, puesto que hay conocimientos muy especializados que no son apropiados en el aprendizaje de los estudiantes, debido a que no se adecuan a su desarrollo cognitivo y no son conocimientos pertinentes, aplicables y funcionales en su contexto. Además a partir de la experiencia se destaca que el uso de artículos de divulgación científica para el diseño de este tipo de propuestas tiene un valor doble, el primero es la posibilidad de actualización del conocimiento a enseñar y el segundo el reto didáctico que le confieren al maestro para poder realizarles transposiciones, adecuaciones y las transformaciones necesarias a los artículos de manera que sean pertinentes y eficaces para las actividades propuestas para la enseñanza del contenido específico.

- Emplear la CoRe como instrumento metodológico para el diseño de una propuesta de enseñanza, induce a que el docente reflexione respecto al conocimiento disciplinar y pedagógico que posee y/o que debe adquirir y a las estrategias para enseñarlo. Estos aspectos son consecuentes con lo expuesto por Shulman en la génesis del constructo CPC. como ya se había mencionado, el equipo de Loughran enmarcados en una metodología de pensamientos, juicios, toma de decisiones y acciones llevadas a cabo por los profesores, diseñaron, implementaron y validaron la CoRe como una herramienta metodológica, que permite la representación de la forma cómo un profesor enseña un tópico específico y de las razones por las que lo enseña. Teniendo en cuenta que este instrumento está formado por una serie de interrogantes que el profesor debe dar respuesta a partir de una reflexión constante que enriquece el saber del profesor, el uso de este instrumento significó que el conocimiento de actualidad se presentara como una idea y no como un apéndice o anexo de la misma. Para incluir conocimiento de actualidad en la enseñanza de la genética es importante identificar los conocimientos susceptibles a ser enseñados, no obstante, una dificultad para trabajar este conocimiento es la ausencia de materiales didácticos. La falta de materiales fortalece la transformación y reflexión del docente, por tanto, el docente que aborde conocimiento de actualidad en su quehacer, debe pensar y tomar decisiones de tipo instruccional las cuales aportan al desarrollo de su CPC sobre el contenido específico que está enseñando. En este sentido, cuando el docente planifica la enseñanza de un tópico específico usando este instrumento metodológico, no solo mejora su conocimiento de la disciplina, sino que además desarrolla su CPC a partir de: la toma de decisiones curriculares e instruccionales cada vez más fundamentadas, del enriquecimiento de sus saberes del contenido a enseñar y del reconocimiento de las estrategias para enseñarlo. Estos resultados sugieren que el uso de la CoRe en la planeación de la enseñanza es una valiosa estrategia para la formación de docentes y el desarrollo de su CPC debido a que induce al reconocimiento de las falencias y aspectos por fortalecer de su formación y al esfuerzo por superarlos.

- En cuanto al uso de artículos de divulgación científica como un recurso para la selección de conocimientos de actualidad pertinentes en la enseñanza de las ciencias, se puede concluir que se requiere de cuatro aspectos básicos, que a saber son: tener acceso a estos recursos; poseer el interés de actualizar sus conocimientos de manera constante; tener la actitud y aptitud para no limitarse por el tecnicismo con el que están escritos estos artículos; tener la capacidad de llevar a cabo estrategias cognitivas para comprender la información contenida en estos. Cabe destacar que la realidad y la experiencia vivida en este estudio apunta a que es complejo que un docente llegará en primera instancia con todos ellos y en ese caso surge un quinto aspecto que consiste en la capacidad de empeño o perseverancia para aceptar que este reto podrá ser resuelto de manera progresiva con resultados cada vez más alentadores y eficientes. Con estos aspectos no se propone que el docente debe estar al tanto de todos los nuevos avances que produce la comunidad científica, pero sí la pertinencia de que tenga conocimiento de los avances de las disciplinas científicas que se enmarcan en las ciencias naturales (biología, física y química) y que son relevantes en su contexto educativo y cultural. La determinación del docente respecto al uso de artículos de divulgación científica en la enseñanza de las disciplinas científicas escolares propicia acciones y decisiones curriculares autónomas respecto sobre qué y cómo enseñar. Trabajar con estos recursos permiten que el profesor se convierta en comunicador social de la ciencia en el aula y que ejerza una alfabetización científica acertada y no errónea en contraste a como la pueden adquirir los aprendices a través de diversos medios informales.

Referencias bibliográficas.

Abela, J. A. (2002). Las técnicas de análisis de contenido: Una revisión actualizada. Fundación Centro de Estudios Andaluces. Departamento Sociología Universidad de Granada. Edición electrónica. Recuperado de <http://public.centrodeestudiosandaluces.es/pdfs/S200103.pdf>

Ayuso, G. E., & Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1), 133-157.

Banet, E., y Ayuso, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), 137-153.

Banet, E. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento biológico. En Perales, P. F. & de León, C. P. (Ed), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 451-476). Alcoy: Marfil.

Bugallo, R.A. (1995). La didáctica de la genética. *Enseñanza de las ciencias*, 13 (3), 379-385.

Caamaño, A. (2006). Retos del currículum de química en la educación secundaria. La selección y contextualización de los contenidos de química en los currículos de Inglaterra, Portugal, Francia y España. *Educación química*, (17), 195-208.

Caballero, A. M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 26(2), 227-244.

Candela, R. B. (2012). *La captura, la documentación y la representación del CPC de un profesor experimentado y "ejemplar" acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia*. Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Candela, R. B., & Viafara, R. (2014). *Aprendiendo a enseñar química*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.

Chevallard, Y. (1991). La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado. Libro de edición Argentina.: Aique grupo editor.

Couso, D. (2013). La elaboración de unidades didácticas i competencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. (74), 12-24.

De Tancredi, D. D. (2006). El concepto de gen y cromosoma, conocimiento estructurante de la Biología. Algunas aportaciones desde la investigación en enseñanza de las ciencias. *Revista de investigación*, (59), 189-220.

Díaz, M, N. & Jiménez-Liso, M. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica.

Daga, R. R., Salas-Pino, S., & Gallardo, P. (2013). La función reguladora del genoma. *Investigación y ciencia*. (447), 32-39.

Espinosa, T. (2011). Integración de la investigación en el aula a la planificación curricular en ciencias naturales: una propuesta para la institución educativa santa clara del distrito especial de Buenaventura. Universidad del valle, Buenaventura, Colombia.

Fernández, F. J. (1999). *Traducción Y retórica contrastiva: A propósito de la traducción de textos de divulgación científica del inglés al español*. Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela.

García, M. R., & Parra, O. J. (2010). Didáctica e innovación curricular. Madrid, España: Catarata.

Genome TV. (2015) GENOME: Unlocking Life's Code – Parts of the Cell, Chromosomes and Genes [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/playlist?list=PL1ay9ko4A8slM3k2Fn-LPIHCiUg9qBvPU>

Gimeno, S. J., & Pérez G. A. (2005). Comprender y transformar la enseñanza. Madrid, España: Morata.

Giraldo, M. G. & González, A. E. (2009). Acerca de la participación de los profesores en el currículo. *Uni-Pluri/Versidad*, 9 (1), 29-38.

Gil, D., Carrascoa, J., Furió, C. y Martínez T. J. (1991). La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona: ICE, Universitat de Barcelona-Horsori.

Gibbs, W. W. (2004). El genoma oculto. *Investigación y ciencia*. (328), 6-13.

Gibbs, W. W. (2004). El nacimiento de la epigenética. *Investigación y ciencia*. (331), 16-23.

González, P.A. (1996). La ciencia del siglo XXI en el currículum. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, (10), 79 – 84.

Guterl, F. (2012). Estado de la ciencia global. *Investigación y ciencia*. (435), 30-31.

Harlen, W. (Ed.). (2012). *Principios y grandes ideas para la educación en ciencias*. Recuperado de <http://www.academiadeciencias.cl/wp-content/uploads/2015/04/Grandes-ideas-de-la-Ciencia.pdf>

Hernández, R. C. (2001). Hacia la construcción colectiva del conocimiento: la investigación en la enseñanza de las ciencias a finales del siglo XX. Medellín, Colombia: TEKHNE ITM

Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2010). Metodología de la investigación. México: Editorial Mc Graw Hill.

Iglesias, G. (2008, marzo 9). Empaquetamiento del ADN en cromatina, nucleosomas. Anotaciones en castellano [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=X6bdNCuK-zw&list=PLF9796A7C67A701FA>

Informe especial. La industria del genoma humano. (2000). *Investigación y ciencia*. (288), 34-53.

Íñiguez, P. F. (2005). *La enseñanza de la genética: Una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista* (Tesis Doctorado). Universidad de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado de http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/31760/01.FJIP_1de4.pdf?sequence=1

Íñiguez, F. & Puigcerver Oliván, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 10 (3), 307-327

Izquierdo, M. (2008). La organización y la secuencia de los contenidos para su enseñanza. En Adúriz-Bravo, A., Merino, R. C. & Gómez, G. A. (Ed.), *Áreas y estrategias de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales*. (pp. 33-55). Bellaterra: Universitat autònoma de Barcelona.

Malagón, P. L. (1994). Propuesta para un currículo contextualizado o pertinente. *Revista de la universidad del Tolima: Humanidades y ciencias sociales*. 9 (16), 113-126.

Manassero, M. M. & Vázquez, A., A. (2007). *Los intereses curriculares en ciencia y tecnología de los estudiantes de secundaria*. (1ed.). Universitat de les Illes Balears.

Marco, A. (2015). Nuevas tendencias en comunicación científica. *Investigación y ciencia*. (460), 46-47.

Martin-Díaz, M. (1996). El currículum actual en ciencias y la incorporación de nuevos temas. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, (10), 11 – 28.

Marco-Stiefel, B. (2000). La alfabetización científica. En Perales, P. F & Cañal, P (Ed.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (141-163). Alcoy: Marfil.

Melendez, F. (2013, octubre 13). EPIGENÉTICA LA NUEVA REVOLUCIÓN BIOLÓGICA [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=wzhcKzwcgss&list=RDwzhcKzwcgss#t=204>

Ministerio de Educación Nacional. (1998). Serie lineamientos Curriculares en ciencias naturales y educación ambiental. Santafé de Bogotá: Autor.

Norris, S. P. & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science education*. 87 (2), 224-240.

Posner, G. (2004). *Análisis del currículo*, Tercera edición. México, D.F., México: Mc Graw Hill.

Pro, A. (2003). La construcción del conocimiento científico y los contenidos de ciencias. En Jiménez, A. M. P. (coord.), *Enseñar Ciencias*. (1ª.ed., pp. 33-53). Barcelona: GRAÓ.

Sexton, J. (2012). Estado de la ciencia global. *Investigación y ciencia*. (435), 16-20.

Solbes, J., Montserrat, R., & Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91 – 117.

Stenhouse, L. (1981). Investigación y desarrollo del curriculum. Definición del problema. (pp. 25-30). Edición Morata. Madrid: España.

Skinner, M. (2014). Un nuevo tipo de herencia. *Investigación y ciencia*. (457), 24-31.

Valverde, G., & Näslund-Hadley. E. (2010). *La condición de la educación en matemáticas y ciencias naturales en América Latina y el Caribe*. Recuperado del sitio de internet de Organización de Estados Iberoamericanos: <http://www.oei.es/salactsi/bidciencias.pdf>

VERA, V., Julio et al. (1999). Criterios de selección de los contenidos del currículum. Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria, 11, nov, Recuperado de http://rca.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/1130-3743/article/view/2834/2870

Zambrano, A. C., Viáfara, R., y Marín, M. (2007). *La enseñanza de las Ciencias Naturales y la Educación Ambiental en Barranquilla*. Barranquilla: Editorial Nomos.

ANEXOS

Anexo 1

ACTIVIDAD 1 ORGANIZADOR PREVIO

PROPÓSITOS:

- Conocer en qué consiste el proyecto genoma humano y sus implicaciones.
- Realizar la introducción de las tres capas de información genética.

PROCEDIMIENTO

FASE INTRODUCTORIA

Esta actividad inicialmente se desarrollará haciendo una introducción de la unidad temática y sus propósitos y el planteamiento de la pregunta que orientará el desarrollo metodológico de la secuencia de actividades.

En este sentido, la actividad iniciará de la siguiente manera: el profesor realizará la presentación e introducción de la secuencia de actividades y sus propósitos y con base a esto plantea a los estudiantes la siguiente pregunta: ***¿Consideras que la cantidad de genes en una especie tiene directa relación con el nivel de complejidad biológica de sus individuos?*** Algunas de las respuestas dadas por los estudiantes serán copiadas en el tablero por el docente y él solicitará que cada estudiante consigne su respuesta en su cuaderno para tener esta referencia para el desarrollo de las demás actividades.

Posterior a este proceso introductorio el profesor se adentrará al desarrollo concreto de la primera actividad teniendo como base que ella se realizará en nueve grupos y que uno de sus integrantes será quien consignará y presentará la información derivada de las interacciones que se den en el grupo para socializarla en la plenaria.

FASE DE DESARROLLO

El primer paso consiste en la conformación de los grupos de trabajo, seguido por la asignación de los materiales y enunciación de las instrucciones o reglas de juego por parte del docente. Para esto, el docente entregará la lectura ***“Proyecto Genoma Humano (PGH)”*** que servirá de organizador previo y explicará el propósito y el procedimiento de la actividad a desarrollar, despejando las dudas que surjan en los estudiantes al respecto.

Cabe mencionar que el docente deberá asignar a cada grupo de trabajo uno de los nueve primeros párrafos, ya que él leerá el último por su contenido y extensión.

Seguido a esto se procederá al proceso de lectura en voz alta del documento, por parte de un integrante de cada grupo de trabajo. En este sentido, el docente estará atento para guiar este proceso pidiendo que los grupos expresen sus opiniones, dudas, y preguntas en relación a lo leído en cada párrafo tomando nota de ellas para ser retomadas posteriormente.

Finalizado el proceso de lectura, el docente orientará la reflexión y discusión planteando las siguientes preguntas: ¿cuáles son los beneficios y perjuicios del *PGH*?, ¿qué es lo positivo y lo negativo de estos beneficios y perjuicios? De la información presente en la lectura, ¿cuál es la que más recuerdas y por qué?, ¿sobre cuál te gustaría adquirir mayor conocimiento? articulando las respuestas que se obtengan con las opiniones, dudas, y preguntas que los estudiantes hayan expresado anteriormente.

Como producto de esta actividad se solicitará que los estudiantes inicien el proceso de reflexión sobre las preguntas planteadas y relacionen sus opiniones con la pregunta general que orienta la secuencia de clases. Esta reflexión la deberán consignar en sus cuadernos de clases.

MATERIALES: Lectura 1

TEMPORALIDAD SUGERIDA: 2 horas de clase

RESPONSABILIDADES DERIVADAS⁴:

El docente, a partir de la respuesta que los estudiantes den a la pregunta 3 (De la información presente en la lectura, ¿sobre cuál te gustaría adquirir mayor conocimiento?) debe darle continuidad a las actividades. Si los estudiantes manifiestan que desean saber más acerca de los genes, debe continuar con las actividades de la idea 1. Si manifiestan mayor interés por las marcas epigenéticas debe continuar con la actividad 2 y 3 de la idea 2. Y si los estudiantes expresan saber más acerca del ADN intergénico debe continuar con la actividad 4 de la idea 2.

MATERIAL DEL ESTUDIANTE.

Un integrante del grupo consignará y presentará la información derivada de las interacciones que se den en el grupo para socializarla en la plenaria.

Finalizada la lectura, con la orientación del docente responde las siguientes preguntas: ¿cuáles son los beneficios y perjuicios del *PGH*?, ¿qué es lo positivo y lo negativo de estos beneficios y perjuicios? De la información presente en la lectura, ¿cuál es la que más recuerdas y por qué?, ¿sobre cuál te gustaría adquirir mayor conocimiento?

Lectura 1.

Proyecto Genoma Humano (PGH).

Resumen

El proyecto genoma humano finalizó en el 2001, se determinó que los genes codificadores de proteínas solo corresponden al 1,5% del genoma total, el otro 98.5% se conoció como ADN

⁴ Obligaciones que los estudiantes y el profesor deben llevar a cabo para finalizar la actividad.

basura. Sin embargo ese 1,5% es una cantidad muy poca para la complejidad biológica del ser humano. Se tenían muchas expectativas con el desciframiento del genoma humano, una vez anotado el código, *los científicos podrían encontrar la causa genética para cualquier mal*. Pero cuando empezaron a secuenciarlo se dieron cuenta que el genoma no era tan complejo. Ahora se estima que probablemente hayan menos de 30 mil genes, sin embargo 30mil no parecen ser demasiados para explicar la complejidad humana, debe haber algo que se les estaba pasando por alto. Los indicios de lo que faltaba se ha explorado en los últimos años, con mayor atención, las partes menos evidentes del genoma: el ADN intergénico y las marcas epigenéticas. ¿Estás de acuerdo cuando dicen “30 mil genes no parecen ser demasiados para explicar la complejidad humana?”. Pregunta para responder durante la lectura.

El Proyecto Genoma Humano se inició oficialmente en 1990, con el objetivo de conocer la secuencia completa de bases nitrogenadas de nuestro genoma, y la función y localización de cada uno de nuestros genes. Tras su finalización, el proyecto logró secuenciar el genoma humano. Sin embargo, el conocimiento de la secuencia completa del genoma no ha cumplido las promesas que inicialmente se hicieron: encontrar la cura para muchas enfermedades o dar razón de muchos comportamientos humanos. La razón es que, es un error aceptar que las enfermedades o los comportamientos son causados exclusivamente por el mal funcionamiento de unos pocos genes. Los factores ambientales y culturales son tan importantes como los genes en la aparición de estos. En el año 2001 finalizó el Proyecto Genoma Humano y se conoció la secuencia de nuestro ADN, esto es la lista de “letras” que conforman los cromosomas de nuestras células.

Ya se puede leer todo el código genético de un ser humano en Internet. No es lo que podría considerarse una lectura fácil: de principio a fin aparecen más que letras A, T, C y G, repetidas una y otra vez en orden variable y con una longitud suficiente como para llenar más de 200 directorios telefónicos. Para los biólogos sin embargo, es el gran éxito de la temporada. Las letras representan los productos químicos del ADN que integran todos los genes de los seres humanos e influyen en su forma de hablar, de andar, de pensar y de dormir. Francis S. Collins, director del Instituto Nacional de Investigación sobre el Genoma Humano en Bethesda, Maryland, piensa “es como si leyéramos nuestro propio libro de instrucciones. ¿Qué puede haber más interesante?”.

Collins dirige el Proyecto del Genoma Humano (PGH), que hasta el año 2000 había gastado 250 millones de dólares para formular por escrito el mapa de todos nuestros genes. El PGH es un consorcio público integrado por cuatro grandes centros de secuenciación de Estados Unidos, por el centro Sanger, de Cambridge, Inglaterra, y por laboratorios de Japón, Francia, Alemania y China. Trabajando codo a codo durante más de un decenio unos 1.100 investigadores han fabricado a mano un mapa de los tres mil millones de pares de bases, o unidades, del ADN que constituyen el genoma humano.

Los ojos estaban puestos en la primera línea acabada del genoma: un borrador de aproximadamente 100.000 genes que hay en nuestro interior. El método utilizado por el PGH

se ha descrito como concienzudo y preciso. Empezando con células sanguíneas y espermáticas, se separaron 23 pares de cromosomas que albergan los genes humanos. Se cortaron luego fragmentos del ADN de cada cromosoma, se identificó la secuencia de bases del ADN de cada fragmento y, por último, se localizó y se agrupó cada retazo de ADN situado a sus dos lados en el cromosoma. De esta manera se fueron elaborando progresivamente las secuencias de segmentos génicos individuales, de genes completos, de cromosomas completos y, por último, del genoma entero.

Cuando se dice que el genoma humano consta de unos 27.000 genes, se alude, por lo común a los genes que codifican proteínas. Se trata de una cifra provisional, pues las estimaciones oscilan entre 20.000 y 40.000. Con todo, confirma que no existe una correspondencia clara entre la complejidad de una especie y su número de genes. La mosca del vinagre tiene menos genes codificadores que un nematodo; el arroz tiene más que el hombre. En cambio, la cantidad de ADN no codificador sí parece corresponder a la complejidad del organismo. Por tanto, los 3.000 millones de pares de bases que porta cada célula de nuestro cuerpo deben cumplir alguna otra misión. Se está descubriendo un número muy grande de “genes” con un cometido claramente funcional, aun cuando no determinen ninguna proteína y produzcan sólo ARN.

Los genes codificadores de proteínas constituyen uno más de los elementos de la compleja máquina bioquímica. Sin embargo, pese a representar menos del 2% del ADN total en cada célula humana, el dogma central de la biología molecular los ha venido considerando, en el curso de los cinco últimos decenios, los únicos depósitos de la herencia. De ahí la identificación del genoma con un plano o proyecto.

Los genes codificadores de proteínas, importantes e inmutables, no constituyen la única fuente de instrucciones para las células. El ADN no codificador (ADN intergénico) cumple también una función destacada a la par que las señales químicas unidas al ADN (marcas epigenéticas). Tras el hito que supuso la coronación del Proyecto Genoma Humano importa ahora alcanzar una descripción semejante del panorama epigenético.

Ya en los años sesenta, se había descubierto información oculta en otras dos zonas de los cromosomas. Una se encontraba escondida en la región no codificadora del ADN. La otra permanecía fuera de la secuencia del ADN. Sin embargo la mirada se siguió dirigiendo a los genes codificadores de proteínas, pues éstas continuaban siendo las estructuras mejor conocidas. En los últimos años, se ha explorado con mayor atención las partes menos evidentes del genoma con la esperanza de encontrar allí la explicación de fenómenos que contradicen su dogma central: enfermedades de caracterización familiar que aparecen de una manera impredecible o incluso sólo en uno de dos genes idénticos; genes que, sin mediar mutación, se activan o desactivan en tumores. Se ha visto que esas segunda y tercera capas de información (El ADN no codificador (ADN intergénico) y las señales químicas unidas al ADN (marcas epigenéticas), distintas de los genes codificadores de proteínas, intervienen en la herencia, el desarrollo y la enfermedad. La segunda capa de información oculta yace en innumerables genes de solo ARN secuestrados dentro de hileras extensas de ADN no

codificador. Por no determinar proteínas, ese ADN se había reputado escoria inútil de la evolución. Pero ahora se sabe que los genes no codificadores dan lugar a ARN activos, que alteran el comportamiento de los genes codificadores. El funcionamiento incorrecto de estos genes de solo ARN acarrea graves consecuencias. El tercer componente del mecanismo genómico, de importancia presumiblemente mayor que el segundo, estriba en la capa epigenética de información almacenada en las proteínas y metabolitos que rodean y se adhieren al ADN. Estas marcas epigenéticas aunque no alteran la secuencia del ADN, pueden afectar gravemente la salud y las características de un organismo. Algunas pasan incluso de padres a hijos.

Lectura desarrollada a partir del informe

La industria del genoma humano y de los artículos

El genoma oculta y el nacimiento de la epigenética.

ACTIVIDAD 2 ELABORANDO UN GEN

PROPÓSITOS:

- Exteriorizar las ideas previas del estudiante relacionadas con el concepto gen.
- Familiarizarse con la estructura del gen.
- Reconocer que los genes están constituidos por ADN.

PROCEDIMIENTO.

FASE INTRODUCTORIA.

Para esta actividad el docente les solicitará a los estudiantes que lleven una fotografía de un familiar, puede ser del padre, la madre o de un hermano/a.

El docente solicitará a los estudiantes que saquen las fotografías (de padres o hermanos, la que hayan llevado). La fotografía deberá estar marcada con el nombre de la persona que aparece en ella (sin apellidos). El docente mostrará una a una las fotografías a todos los estudiantes y les preguntará a quién de los presentes en clase se parecen las personas que aparecen en ellas. Cuando lo hayan identificado, el docente les solicitará que analicen qué tanta similitud hay entre la persona identificada y las de la fotografía. Una vez que el docente termine de mostrar las fotografías, debe preguntarles a los estudiantes qué estrategias utilizaron para establecer las similitudes, es decir, las relaciones de parentesco.

FASE DE DESARROLLO.

Posterior a este proceso introductorio el profesor se adentrará al desarrollo concreto de la actividad teniendo como base que se realizará en parejas (cada pareja estará formada por un estudiante de sexo femenino y otro de sexo masculino). Las parejas conformadas en esta actividad, también lo harán en las actividades 3 y 4.

El primer paso consiste en la conformación de los grupos de trabajo, seguido por la asignación de los materiales y enunciación de las instrucciones de la actividad por parte del docente. Para esto, el docente, a cada estudiante, le entregará la lectura **“Genes”**, y despejará las dudas que tengan los estudiantes al respecto.

Seguido a esto se procederá con el proceso de lectura.

Después de entregado el material, el profesor solicitará a los estudiantes que consignen en la parte 1 de la tabla, que está al final de la lectura, lo que conocen de los genes. Durante la lectura el profesor debe pasar por cada uno de los grupos, de manera que participe de discusiones o atienda dudas o preguntas de los estudiantes. Las dudas tendrán un tratamiento particular, serán aclaradas para toda la clase. Es decir, cuando un grupo tenga una duda, el profesor detiene la lectura y aclara la duda.

Paralelo a la lectura, los estudiantes deben llenar la parte 2 de la tabla, que se encuentra al final de la misma. Esta información dejará ver lo que los estudiantes conocen y desconocen de los genes.

Finalizado el proceso de lectura, los estudiantes dibujaran un gen en su cuaderno y a partir de éste elaborarán uno. De acuerdo a que la actividad se desarrolla en parejas y que la lectura no presenta imágenes, el profesor debe pasar constantemente por cada pareja y supervisar los dibujos realizados en los cuadernos, esto con el fin de identificar y corregir errores en la comprensión de la estructura del gen. Y que la elaboración tridimensional del gen, se asemeje al modelo aceptado por la comunidad científica.

Para la elaboración del gen los estudiantes deben llevar una lámina de icopor de 17 cm x 17 cm, palitos limpia dientes, 1 caja de plastilina y 1 metro de alambre dulce. El profesor debe indicar y supervisar la elaboración tridimensional del gen que realizará cada estudiante.

Como producto de esta actividad cada estudiante elaborará un modelo tridimensional de un gen. Para socializar el modelo elaborado por cada estudiante se presentará el video 2a. En la socialización el profesor expondrá la estructura del gen, debe ampliar las respuestas y despejar las dudas que los estudiantes hayan presentado o expuesto durante la lectura y la elaboración tridimensional del gen.

MATERIALES: Fotografías, Lectura 1, Modelo tridimensional de un gen y el vídeo 2a.

TEMPORALIDAD SUGERIDA: 3 horas de clase

RESPONSABILIDADES DERIVADAS:

- 1) Los estudiantes deberán responder, de forma individual, la siguiente pregunta: ¿El gen que elaboraste en clase se asemeja a un gen real? Sustenta por qué.
- 2) Y elaborar una conclusión a partir de los resultados de Chargaff.

MATERIAL DEL ESTUDIANTE.

Los estudiantes deberán responder, de forma individual, la siguiente pregunta: ¿El gen que elaboraste en clase se asemeja a un gen real? Sustenta por qué.

El bioquímico Erwin Chargaff comparó el contenido del ADN de muchas especies diferentes. Parte de los resultados de Chargaff se reproducen en el cuadro *Composición porcentual del ADN en varias especies*. Elabora una conclusión a partir de los resultados de Chargaff

Lectura 2.

Genes.

Todos los seres vivos, entre los que cada uno de nosotros se cuenta, están formados por células. Hay una enorme variedad de ellas, que tienen formas y tamaños tan distintos entre sí

como lo puedan ser las apariencias de un microbio y de un elefante. Y también hay una enorme variedad de seres vivos, desde los que no consisten más que en una sola célula hasta los formados por millones y millones de ellas. Un ser hu-ma-no, por ejemplo, tiene más de 250 tipos distintos de células y cada una debe estar y funcionar en el lugar adecua-do. (Las células hepáticas no servirían en el cerebro.) Todas, sin em-bargo, portan los mismos genes en su ADN.

Las investigaciones realizadas durante la primera mitad del siglo XX establecieron que los genes están en los cromosomas y que la información genética está codificada en un lenguaje propio, en la secuencia de nucleótidos de la molécula de ADN. Esta molécula está formada por dos largas cadenas complementarias, enrolladas en espiral formando una doble hélice. La molécula de ADN se asocia con estructuras proteicas denominadas histonas, esta asociación da lugar a un proceso de enrollamiento, formándose los nucleosomas, posteriormente la cromatina y finalmente los cromosomas (los cromosomas son estructuras constituidas por ADN y están localizados en el núcleo de las células).

La información genética se almacena en las hebras arrolladas de ADN, concretamente en las bases químicas adenina (A), timina (T), guanina (G) y citosina (C), que se emparejan para formar los peldaños de la escalera de ADN (C con G y A con T). Un gen está constituido por una secuencia determinada de bases, de uno de los lados de la escalera, que especifica una proteína.

Composición porcentual del ADN en varias especies.				
Fuente	Adenina (%)	Guanina (%)	Citosina (%)	Timina (%)
Humano	30.4	19.6	19.9	30.1
Trigo	28.1	21.8	22.7	27.4
E. coli	24.7	26.0	25.7	23.6
Erizo de mar	32.8	17.7	17.3	32.1

Para ejemplificar lo anterior, se describe la siguiente analogía. Se sabe que una canción está codificada por un segmento de una cinta de un cassette musical, cada canción puede tener un tamaño diferente, hay canciones grandes y pequeñas (o cortas y largas) que están codificadas en un fragmento particular de la cinta musical. Similarmente los genes, son segmentos (o secuencias) de la “cinta genética” (la molécula de ADN).

Los genes tienen diferente longitud y no están ubicados de forma equidistante (a igual distancia). Cada gen es un segmento particular de la molécula de ADN. Los genes no son contiguos, sino que están separados por regiones no codificantes (intrones) de ADN. Algunos están agrupados y otros aislados en diferentes regiones del cromosoma. Los genes presentan

exones (fragmentos codificadores de proteínas) e intrones. En los cromosomas humanos, los exones representan menos del 2% del ADN. Es decir que poco más del 98.5% de todo el ADN humano no codifica ninguna proteína.

El ADN humano en cifras.

El ADN humano se encuentra organizado dentro del núcleo de las células formando la cromatina y los cromosomas. Las personas están formadas por:

- 75 - 100 trillones de células que constituyen su cuerpo. ¿Te atreves hacer el cálculo?
- 46 cromosomas en cada célula somática.
- 28.000 - 35.000 genes en el genoma humano.
- 3 billones de pares de bases en los cromosomas en cada célula.
- 2,4 millones de pares de bases en promedio en un gen.

Paralelo a la lectura completa la sienta tabla:

1- Qué conoces de los genes	2- Qué desconoces de los genes

Lectura desarrollada a partir del informe
del artículo El genoma oculto.

ACTIVIDAD 3 ¿DÓNDE ESTÁ EL GEN?

PROPÓSITOS:

- Comprender que los genes se encuentran empaquetados en los cromosomas.
- Empaquetar un gen en un cromosoma.
- Establecer la relación gen-cromosoma.

PROCEDIMIENTO.

FASE INTRODUCTORIA.

Esta actividad presenta tres momentos: antes, durante y después del video. Se realizará a partir del uso de una secuencia de videos de carácter ilustrativo llamados “*GENOME: Unlocking Life’s Code – Parts of the Cell, Chromosomes and Genes* y *Empaquetamiento del ADN*”, de acuerdo a esto, la actividad se desarrolla en tres momentos: antes, durante y después del video.

La actividad inicia de la siguiente manera: el profesor presentará el propósito de la actividad y brevemente explicará la misma.

FASE DE DESARROLLO.

Proceso antes de la visualización del video.

Esta fase inicia con una actividad previa a la visualización del video. El profesor solicitará a los estudiantes que expongan porque el gen que elaboraron se asemeja (o no) a uno real, e integrará en la exposición algunas cifras del ADN humano. Esta integración se dará a partir de lo que los estudiantes expongan oralmente.

Proceso durante la visualización del video. En este Video se muestre dónde están localizados los genes. La visualización del video no será continua, debido a que la información recoge propósitos de la actividad anterior. A partir de esto se realizarán pausas durante el video de manera que se discuta la información que aparece en este. La discusión se abordará a partir de las siguientes preguntas: ¿cómo está formado un cromosoma?, ¿por qué se dice que los genes están contenidos en los cromosomas? Qué dices, ¿los genes están contenidos, empaquetados o insertados en los cromosomas? De acuerdo a lo ilustrado en el video describe cómo están los genes en un cromosoma. Y de dudas que les surjan a los estudiantes. Conociendo el valor de la escritura, los estudiantes deben registrar en sus cuadernos las opiniones propias y la de sus compañeros.

Proceso después de la visualización del video.

Una vez concluido el proceso de visualización, con base a esta información cada estudiante debe elaborar un cromosoma e insertar en este el gen elaborado antes. Esta actividad se realizará en pareja (las mismas que elaboraron el gen).

Para la elaboración del cromosoma, los estudiantes deben llevar el modelo tridimensional del gen, realizado en la actividad anterior. Teniendo la imagen 3a proyectada, procederán a “empaquetar” su gen en el cromosoma. Para esto deben llevar: alambre dulce, palos de chorizo, espuma, silicona, témpera de color verde, 20 tapas de gaseosa (plásticas o metálicas, pero deben ser de un mismo color) y dos cordones (estos deben ser del color de las tapas, si las tapas son metálicas los cordones deben ser de color gris).

El docente debe propiciar las aclaraciones pertinentes durante la actividad y respecto al material utilizado en la misma. Para esto debe estar muy atento a las concepciones inadecuadas que puedan asociar los estudiantes con la elaboración del modelo tridimensional del cromosoma.

Como producto de esta actividad cada estudiante elaborará un modelo tridimensional de un cromosoma.

MATERIALES: Modelo tridimensional de un gen, la imagen 3a y el vídeo 3a.

TEMPORALIDAD SUGERIDA: 3 horas de clase

RESPONSABILIDADES DERIVADAS:

- 1) Los estudiantes deben registrar en sus cuadernos las opiniones propias y la de sus compañeros.
- 2) Responder las preguntas a partir de las cuales se abordó la discusión.
- 3) Entregar al docente las respuestas de las preguntas:
 - ¿Por qué se dice que los genes están contenidos en los cromosomas?
 - Qué dices, ¿los genes están contenidos, empaquetados o insertados en los cromosomas?

MATERIAL DEL ESTUDIANTE.

Modelo tridimensional de un gen.

ACTIVIDAD 4 VERSIÓN DE UN GEN

PROPÓSITOS:

- Comprender que los genes presentan variedades.
- Establecer la relación gen-alelo.

PROCEDIMIENTO.

FASE INTRODUCTORIA.

Previamente (una semana antes) el profesor proporcionará a los estudiantes algunos enlaces donde consulten sobre características hereditarias. Les solicitará que en parejas (las mismas que elaboraron el gen y el cromosoma) escojan una característica y una variación de la misma. De acuerdo a que las parejas están conformadas por una niña y un niño, la característica escogida será representada por el gen que elaboró la niña y la variación estará representada por el gen que elaboró el niño (o viceversa).

Enlaces que se proponen para la consulta.

https://books.google.com.co/books?id=aNooCAAAQBAJ&pg=PA299&dq=caracter%C3%A9sticas+hereditarias&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=caracter%C3%ADsticas%20hereditarias&f=false Pág. 299-300

<http://ciscobiologia.blogspot.com.co/2012/02/caracteristicas-hereditarias.html>

<http://www.quimicaweb.net/Web-alumnos/GENETICA%20Y%20HERENCIA/Paginas/8.htm>

http://www.ehowenespanol.com/ejemplos-caracteristicas-heredadas-humanos-lista_123511/

https://books.google.com.co/books?id=ALR9bgLtFhYC&pg=PA103&dq=alelos&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=alelos&f=false Pág. 46

<https://sites.google.com/site/420genetica/caracteres-hereditarios-en-el-ser-humano>

FASE DE DESARROLLO.

A partir de la consulta, las parejas deben seleccionar una característica hereditaria, la cual estará representada en el gen que cada uno ha empaquetado en su cromosoma. En clase expondrán la característica seleccionada por cada integrante y su respectiva variación. Con esta información el docente elaborará una tabla y los estudiantes la copiarán en sus cuadernos. La tabla debe tener:

Número de pareja	Característica seleccionada	Variación de la característica

En esta fase el docente debe resolver las dudas que hayan surgido en los estudiantes durante la consulta.

Para concluir esta actividad se presentará el vídeo 4a. Y se solicitará a los estudiantes que respondan las siguientes preguntas: a) Las actividades 2,3, y 4 las realizaron en parejas conformadas por estudiantes de ambos sexos ¿Por qué crees que se les solicitó trabajar de esa forma?, b) ¿Existe relación entre la actividad de de las fotografías (actividad 2 elaborando un gen) y esta actividad de consulta? Comenta las relaciones, c) ¿Qué es una característica hereditaria?

MATERIALES: Direcciones de las páginas web, Modelo tridimensional elaborado en clase y el vídeo 4a.

TEMPORALIDAD SUGERIDA: 3 horas de clase

RESPONSABILIDADES DERIVADAS:

A partir de la tabla realizada en clase, cada estudiante debe seleccionar una característica que esté en la tabla pero que sea diferente a la seleccionada a partir de la consulta.

El estudiante debe describir cómo es esta característica en cada uno de sus padres. A partir de las descripciones, el estudiante propondrá la información hereditaria que posee cada uno de los genes que sus padres le heredaron para esta característica y describir cómo es esta característica en él.

MATERIAL DEL ESTUDIANTE.

Modelo tridimensional elaborado en clase.

ACTIVIDAD 2

LA NUEVA REVOLUCIÓN BIOLÓGICA

PROPÓSITOS:

- Comprender el fenómeno de las marcas epigenéticas.
- Conocer los trabajos (aportes) que algunos científicos han realizado para comprender el fenómeno de las marcas epigenéticas.

PROCEDIMIENTO

FASE INTRODUCTORIA

Esta actividad se realizará a partir del uso de fragmento de video de carácter divulgativo llamado “Epigenética: La nueva revolución biológica”, de acuerdo a esto, la actividad se desarrolla en tres momentos: antes, durante y después del video.

La actividad inicia de la siguiente manera: el profesor presentará el propósito de la actividad y brevemente explicará la misma y la importancia de tener en cuenta el procedimiento planteado ante, durante y después de la visualización del video.

FASE DE DESARROLLO

Proceso antes de la visualización del video.

La fase de desarrollo inicia con una actividad previa a la visualización del video con el propósito de aclarar las ideas sobre el concepto de herencia en términos biológicos. Para esto, el profesor iniciará proponiendo una corta y distendida conversación en la que invite a los estudiantes a expresar sus opiniones y percepciones sobre a cuál de sus padres se parecen más y en qué se parecen. El docente puede retomar, si le parece conveniente, algunas opiniones de la fase introductoria de la actividad 2 del anexo A. Después de esta conversación, solicitará a los estudiantes que respondan por escrito en sus cuadernos. ¿Qué entiendes por herencia biológica? ¿Consideras que has heredado algo de alguien? ¿Qué y por qué?

Una vez que los estudiantes hayan dado respuestas a estas preguntas, el profesor procederá a dar la palabra a los estudiantes interesados en expresar oralmente sus respuestas ante sus compañeros mientras que el docente se encarga de compilarlas en un dispositivo que permita la visualización por parte de los estudiantes (Tablero, Tablero digital, Procesador de texto con proyección, etc.) con la intención de que ellos validen los registros.

A partir de esto el profesor propiciará una discusión que permita llegar a un consenso sobre el concepto de herencia biológica que sea compartido por él y sus estudiantes y que se acerque a lo presentado por la disciplina de la biología.

Proceso durante la visualización del video.

La visualización del video no debe ser continua, sino que requiere pausas en las cuales se reflexione sobre determinados interrogantes y el contenido que presenta este material

audiovisual. Teniendo como referencia lo anterior, el proceso de visualización del video requiere que el profesor presente el video (contenido, nombre y contexto de producción), anuncie las instrucciones para su visualización (existencia de pausas y procesos de reflexión) y manifieste disposición para despejar posibles dudas que expresen los estudiantes. Al interior del video se formulan cuatro preguntas y en cada una de ellas el profesor debe realizar una pausa activa para generar la reflexión y participación de los estudiantes (permitir que ellos expresen sus opiniones o respuestas), para esto guiará la discusión en torno a la información que aporta el video. Sumado a esto, conociendo el valor de la escritura, se propone que los estudiantes registren en sus cuadernos sus opiniones y la de sus compañeros, siguiendo el curso de la participación hasta llegar a posibles conclusiones generadas en cada caso. Para esto los estudiantes deben tener disposición y estar atentos a la variación de las opiniones durante el proceso.

Proceso después de la visualización del video.

Una vez concluido el proceso de visualización y de haber despejado las dudas resultantes, el docente entregará en forma física a cada estudiante la lectura “*Un nuevo tipo de herencia*” y se abordará desde la información que los estudiantes registraron en sus cuadernos. Esta lectura se realizará de forma individual. Mientras los estudiantes realizan la lectura el profesor debe pasar por cada uno de los estudiantes, de manera que atienda dudas o preguntas que el estudiante presente.

La socialización de esta lectura estará guiada por dos preguntas: a) Responde según tu consideración: ¿Son importantes estos “interruptores genéticos”?, b) ¿Qué activa o desactiva las marcas epigenéticas?

MATERIALES: El vídeo 2b y lectura 3.

TEMPORALIDAD SUGERIDA: 6 horas de clase

RESPONSABILIDADES DERIVADAS.

Como producto de esta actividad el estudiante debe entregar al docente:

- 1) Una conclusión a partir de la confrontación de las respuestas que dio a las preguntas ¿Qué es la herencia? Y ¿Crees que está cambiando la opinión de lo que es la herencia?
- 2) Por grupo, formados por tres estudiantes, deben entregar un documento en el cual respondan las siguientes preguntas:
 - a) ¿Consideras la epigenética una herejía (disparate) científica?
 - b) ¿Crees que se está cambiando la opinión de lo que es la herencia?
 - c) ¿Son importantes los “interruptores genéticos”?
 - d) Estás de acuerdo con la afirmación “los cambios en el ambiente pueden afectar a los genes y esto se puede heredar”. Sustenta por qué.
- 3) En grupo, formado por tres estudiantes, elaborar un esquema en el que den cuenta de los trabajos que los investigadores realizaron con ratas y ratones.

MATERIAL DEL ESTUDIANTE.

Proceso antes de la visualización del video.

Responde en tu cuaderno ¿Qué entiendes por herencia biológica? ¿Consideras que has heredado algo de alguien? ¿Qué y por qué?

Proceso después de la visualización del video.

La socialización de esta lectura estará guiada por dos preguntas: a) Responde según tu consideración: ¿Son importantes estos “interruptores genéticos”? b) ¿Qué activa o desactiva las marcas epigenéticas?

Lectura 3.

Un nuevo tipo de herencia.

Las revistas y los congresos científicos han empezado a hacerse eco de nuevos datos que contradicen la idea aceptada de que los genes, segmentos de ADN que codifican proteínas, constituyen la única fuente de herencia y encierran los planos de la vida. El genoma oculto ejerce un control del desarrollo y de los rasgos distintivos de los organismos, desde las bacterias hasta el hombre. EL genoma contiene mucho más genes codificadores de proteínas.

El ADN no determina el destino de una persona. Si bien es cierto que muchas de las características de un niño o niña están escritas en su ADN (en concreto, en los genes que codifican la forma y función de las proteínas, la mano de obra de la célula), la experiencia diaria también importa. Muchas de las contingencias de la vida, como la alimentación, los contaminantes y el estrés, afectan al funcionamiento de los genes. De este modo, con frecuencia se recurre a factores sociales o ambientales para explicar por qué dos gemelos idénticos terminan padeciendo enfermedades distintas a pesar de poseer dotaciones genéticas muy similares. Por entonces ignorábamos que el legado biológico que cedemos a nuestros hijos incluye algo más que nuestras secuencias de ADN; de hecho, no solo nuestros hijos, sino también nuestros nietos y bisnietos, podrían heredar lo que se conoce como información epigenética. Esta, al igual que el ADN, reside en los cromosomas (que albergan los genes) y regula funciones celulares. Pero es distinta de la secuencia de ADN y responde a los cambios ambientales. Puede adoptar formas diversas, entre ellas pequeñas moléculas que se unen químicamente al ADN y a las proteínas presentes en los cromosomas.

Las investigaciones llevadas a cabo sobre todo con ratas y ratones, han revelado que ciertos contaminantes, como varios compuestos de uso agrícola, el combustible de aviones e incluso algunos plásticos, pueden inducir modificaciones epigenéticas que causan enfermedades y problemas reproductivos sin alterar la secuencia de ADN. Más aún, cuando estas modificaciones epigenéticas se producen en las células que dan lugar a óvulos y espermatozoides, parecen quedar fijadas en determinados sitios y transmitirse a las generaciones posteriores. Varios estudios a largo plazo insinúan que estas modificaciones también pasarían de una generación a otra en los humanos. Teniendo en cuenta el gran número de rasgos biológicos que compartimos con otros mamíferos, cabría esperar la existencia de herencia epigenética transgeneracional en las personas. Parte de los problemas crecientes de obesidad, diabetes y otras enfermedades que afectan a las generaciones nacidas

después de la Segunda Guerra Mundial y a otras más recientes podrían haberse originado por la exposición de sus padres y abuelos a contaminantes como el DDT y las dioxinas.

Hace ya tiempo que se han reconocido los efectos epigenéticos sobre las células, pero el alcance de su implicación solo ha empezado a quedar claro en fechas recientes. Hace décadas los biólogos se dieron cuenta de que en numerosos puntos del ADN de mamíferos se fijaba una marca epigenética (un radical metilo (-CH₃)). En los humanos suele observarse esta marca epigenética, que sucede en alrededor de 28 millones de lugares en los cromosomas. Hoy se sabe que las marcas epigenéticas regulan la actividad de los genes normales y se halla alterada en muchos tipos de cáncer y otras enfermedades. La interacción entre genes y las marcas epigenéticas aún resulta enigmática. Sin embargo, se sabe que cada vez que una célula se multiplica, las marcas de sus cromosomas se copian en los de las células hijas. Los compuestos nocivos, las deficiencias nutricionales y tipos de estrés pueden provocar también la adición o eliminación de marcas epigenéticas y afectar la actividad génica.

Hoy nadie duda que los efectos epigenéticos desempeñan un papel crucial en el desarrollo, el envejecimiento e incluso en el cáncer. Pero se debate si, en los mamíferos, las epimutaciones pueden transmitirse a lo largo de varias generaciones. Los datos obtenidos en un número cada vez mayor de experimentos nos han convencido de que así es.

Herencia accidental

Las primeras pruebas sobre la existencia de epimutaciones multigeneracionales fue resultado de la serendipia. Hace unos trece años, Michael Skinner junto con Andrea Cupp y otros colaboradores de la Universidad estatal de Washington, estaban utilizando ratas para estudiar los efectos sobre la reproducción de dos productos agrícolas comunes: el pesticida metoxicloro y el fungicida vinclozolina. Igual que otros, se trata de compuestos que alteran la función endocrina; interfieren con las señales hormonales que ayudan a dirigir la formación y el funcionamiento del sistema reproductor. Estos investigadores habían inyectado los productos a ratas que se hallaban en su segunda semana de gestación (cuando se desarrollan las gónadas del embrión) y comprobaron que casi toda la descendencia masculina presentaba testículos anómalos que fabricaban espermatozoides débiles y en escasa cantidad.

En aquel momento no tenían en cuenta la epigenética y nunca se les ocurrió que estos defectos pudieran heredarse, de modo que no intentaron cruzar las ratas que en el útero habían sido expuestas al metoxicloro o a la vinclozolina. Pero un día, Cupp fue al despacho de Skinner a disculparse: por error había cruzado machos y hembras no emparentados entre sí procedentes de ese experimento.

Le indicó que comprobará si los nietos de las ratas gestantes expuestas presentaban defectos. Para la sorpresa de los investigadores, más del 90 por ciento de los machos de esas camadas mostraban las mismas anomalías testiculares que sus progenitores, a pesar de que estos últimos (los progenitores) eran tan solo fetos cuando ellos y sus madres fueron brevemente expuestos a las sustancias dañinas.

El resultado chocaba porque los investigadores habían confirmado que la frecuencia de las mutaciones genéticas no aumentaba en las ratas expuestas a los compuestos. Además, la genética clásica no podía explicar un nuevo rasgo que aparecía con una frecuencia del 90 por ciento en diferentes familias.

Sin embargo, ellos sabían que el minúsculo feto contiene células germinales primordiales, que son las células progenitoras que dan lugar a los óvulos y a los espermatozoides. Pensaron que lo más probable era que el compuesto agrícola hubiese afectado a estas células progenitoras y que, sencillamente, el efecto perduró hasta que las células se dividieron para producir los óvulos y los espermatozoides, los cuales, en última instancia, darían lugar a los nietos. De ser así, la breve exposición química (de las ratas que se hallaban en su segunda semana de gestación) habría sido la causa directa de los problemas testiculares en los nietos, y las futuras generaciones deberían ser totalmente normales.

Una prueba segura les permitiría saber si todo podía achacarse a la influencia directa. Criaron una cuarta generación, y después una quinta; en cada caso, cruzaron descendientes no emparentados de las ratas originales expuestas para evitar que el rasgo se fuese diluyendo. Cuando los bisnietos —y, posteriormente, los tataranietos— maduraron, los machos de cada generación padecieron alteraciones similares a los de sus antecesores. Todas esas anomalías habían surgido a raíz de una breve (aunque inusualmente elevada) dosis de productos químicos agrícolas que, durante décadas, se habían utilizado para fumigar frutas, verduras, viñedos y campos de golf.

Durante varios años repitieron los experimentos numerosas veces para confirmarlos y para reunir pruebas adicionales. Concluyeron que la explicación más verosímil era que la exposición había provocado una marca epigenética que afectaba al desarrollo de las gónadas en los embriones masculinos. Y esa marca epigenética pasaba de los espermatozoides a las células de un embrión en desarrollo, entre las que se incluyen las células germinales primordiales, y así, sucesivamente, durante generaciones. En 2005 publicaron en la revista *Science* la idea de que la exposición al fungicida había alterado la metilación en varios puntos importantes del ADN de los espermatozoides de la descendencia.

En 2012 publicaron que la exposición de ratas gestantes al contaminante dioxina, a combustible de aviones, a repelente de insectos o a una combinación de bisfenol A y ftalatos (componentes de los plásticos utilizados en los envases alimentarios y en los empastes dentales) provocan una serie de trastornos hereditarios en los descendientes de cuarta generación, como anomalías en la pubertad, obesidad y enfermedades de los ovarios, los riñones o la próstata. Hallaron cientos de alteraciones en la metilación del ADN de los espermatozoides relacionadas con la exposición. Los efectos no siguen las pautas de herencia de la genética clásica, de modo que creen que las epimutaciones, y no las mutaciones de la secuencia del ADN, son las causantes de estos trastornos.

En síntesis.

La actividad de los genes está regulada por factores epigenéticos, como ciertas moléculas que se unen al ADN y a las proteínas de los cromosomas y que codifican una información independiente de la secuencia de ADN. La mayoría de las marcas epigenéticas se restablecen poco después de la concepción.

Los contaminantes, el estrés, la dieta y otros factores ambientales pueden provocar cambios permanentes en el conjunto de marcas epigenéticas y, de este modo, alterar el comportamiento de células y tejidos. Algunos cambios adquiridos pueden transmitirse a los descendientes.

Es posible que nuestra salud y la de nuestros hijos se vean perjudicada por sucesos que afectaron a nuestra bisabuela durante el embarazo. La herencia epigenética podría influir en ciertas enfermedades, como la obesidad y la diabetes, y también en la evolución de las especies.

Lectura desarrollada a partir del artículo

Un nuevo tipo de herencia.

ACTIVIDAD 3

EVIDENCIA DE HERENCIA EPIGENÉTICA EN HUMANOS

PROPÓSITOS:

- Reforzar el conocimiento acerca del fenómeno de las marcas epigenéticas.
- Analizar los estudios que los científicos han realizado en diferentes grupos humanos.

PROCEDIMIENTO

FASE INTRODUCTORIA

Esta actividad se realiza a partir del uso de un fragmento de video utilizará un video de carácter divulgativo llamado “Epigenética: La nueva revolución biológica”. De acuerdo a que este fragmento será abordado por partes, la actividad se desarrolla en tres etapas.

Esta actividad iniciará de la siguiente manera: El profesor y los estudiantes socializarán los esquemas realizados en la actividad anterior por los estudiantes. La socialización se hará a partir de las siguientes preguntas: a) ¿Cuántas generaciones se identifican en el primer experimento?, b) ¿Cuáles fueron las anomalías presentadas en cada una de las generaciones? c) Responde ¿Qué es transgeneracional? A partir del siguiente enunciado: “varios estudios a largo plazo insinúan que estas modificaciones también pasarían de una generación a otra en los humanos. Teniendo en cuenta el gran número de rasgos biológicos que compartimos con otros mamíferos, cabría esperar la existencia de herencia epigenética transgeneracional en las personas”.

FASE DE DESARROLLO

Primera etapa.

Presentación de la primera parte del video.

Posterior a la introducción mencionada anteriormente, el profesor explicará la actividad, como será el desarrollo de la misma y solicitará a los estudiantes que formen grupos de tres personas. Una vez formados los grupos, entregará, en forma física, a cada estudiante un taller con los siguientes ítems a) Elabora un cuadro en el que compares los trabajos realizados por Wolf Reik y Michael Skinner ¿Qué demostró cada uno?, ¿Cómo lo hicieron? b) Cuando dicen “los genes no estaban bajo llave” ¿A que hacen referencia? c) Reflexiona acerca de la información presentada a través del video y expresa tu opinión. Después de la entrega del taller, se procederá con la presentación de la primera parte del video.

Mientras los estudiantes realizan el taller el profesor debe pasar por cada uno de los grupos, de manera que participe de las discusiones o atienda dudas o preguntas de los estudiantes.

Segunda etapa.

Presentación de la segunda parte del video.

Culminada la primera etapa de esta actividad, se procederá con la presentación del segundo fragmento del video. Para esta segunda etapa, el docente explicará la actividad y el desarrollo de la misma. Dividirá el curso en cuatro grupos y a cada estudiante le entregará un taller.

Cada grupo se ocupará de uno de los grupos de científicos y de acuerdo a la información presentada en el video deben completar la siguiente tabla. Después de la entrega del taller, se procederá con la presentación de la segunda parte del video.

Mientras los estudiantes realizan el taller el profesor debe pasar por cada uno de los grupos, de manera que participe de las discusiones o atienda dudas o preguntas de los estudiantes.

Grupos Científicos	¿Qué hicieron?	¿Con qué grupo trabajó?	¿A qué situaciones fueron expuestos los grupos humanos?	¿Cuál fue el resultado obtenido?
Lars Olov Bygren - Marcus Pembrey				
Rachel Yehuda				
Jonatham Seckl				
Rachel Yehuda - Jonatham Seckl				

Para socializar la información recogida por cada uno de los grupos, se tendrán en cuenta dos preguntas: ¿Qué diferencias y similitudes se presentan en los grupos investigados? Y ¿Por qué es necesario tener información de más de una generación? Estas deben estar copiadas en el tablero o proyectadas en el mismo. El profesor será el moderador de esta socialización. Los estudiantes expresaran de forma oral las respuestas a las preguntas formuladas en la tabla, los demás grupos deben estar atentos y tomar nota de la información expresada.

Como producto final de esta actividad, cada grupo debe entregar al docente un documento con las respuestas a las siguientes preguntas: ¿Qué diferencias y similitudes se presentan en los grupos investigados? ¿Por qué es necesario tener información de más de una generación? Presente una conclusión a partir del trabajo que realizaron los grupos científicos.

Tercera etapa.

Presentación de la tercera parte del video.

Una vez finalizada la segunda parte de la actividad, se procede con la presentación del tercer fragmento del video. En esta etapa, el profesor solicitará a los estudiantes trabajar de forma individual y le entregará a cada estudiante un taller con los siguientes items a) Elabora un cuadro en el que compares los grupos, los análisis y los resultados obtenidos por los

científicos Lars Olov Bygren - Marcus Pembrey y Michael Skinner. A partir de esta comparación responde: ¿Por qué se dice que la ciudad de Överkalix tiene la llave para entender la herencia epigenética en humanos? Posterior a la entrega del taller, se procederá con la presentación de la tercera parte del video.

Mientras los estudiantes realizan el taller el profesor debe pasar por cada uno de los grupos, de manera que participe en posibles discusiones con el estudiante o atienda dudas o preguntas de cada uno de ellos. .

MATERIALES: el vídeo 3b (presentado en tres momentos) y 3 talleres.

TEMPORALIDAD SUGERIDA: 6 horas de clase.

RESPONSABILIDADES DERIVADAS.

Los estudiantes deberán:

- 1) Entregar el taller de la primera etapa.
- 2) Entregar el documento evidencia de la socialización.
- 3) Entregar el taller de la tercera etapa.

MATERIAL DEL ESTUDIANTE.

Se socializaran los esquemas realizados por los estudiantes en la actividad anterior. Esta se hará a partir de las siguientes preguntas: a) ¿Cuántas generaciones se identifican en el primer experimento?, b) ¿Cuáles fueron las anomalías presentadas en cada una de las generaciones? c) Responde ¿Qué es transgeneracional? A partir del siguiente enunciado: “varios estudios a largo plazo insinúan que estas modificaciones también pasarían de una generación a otra en los humanos. Teniendo en cuenta el gran número de rasgos biológicos que compartimos con otros mamíferos, cabría esperar la existencia de herencia epigenética transgeneracional en las personas”.

Taller para la primera etapa.

a) Elabora un cuadro en el que compares los trabajos realizados por Wolf Reik y Michael Skinner ¿Qué demostró cada uno?, ¿Cómo lo hicieron? b) Cuando dicen “los genes no estaban bajo llave” ¿A qué hacen referencia? c) Reflexiona acerca de la información presentada a través del video y expresa tu opinión.

Taller para la segunda etapa.

Grupos Científicos	¿Qué hicieron?	¿Con qué grupo trabajó?	¿A qué situaciones fueron expuestos los grupos humanos?	¿Cuál fue el resultado obtenido?
Lars Olov Bygren - Marcus				

Pembrey				
Rachel Yehuda				
Jonatham Seckl				
Rachel Yehuda - Jonatham Seckl				

Cada grupo debe entregar al docente un documento con las respuestas a las siguientes preguntas: ¿Qué diferencias y similitudes se presentan en los grupos investigados? ¿Por qué es necesario tener información de más de una generación? Y presentar una conclusión a partir del trabajo que realizaron los grupos científicos.

Taller para la tercera etapa.

a) Elabora un cuadro en el que compares los grupos, los análisis y los resultados obtenidos por los científicos Lars Olov Bygren - Marcus Pembrey y Michael Skinner. A partir de esta comparación responde: ¿Por qué se dice que la ciudad de Överkalix tiene la llave para entender la herencia epigenética en humanos?

ACTIVIDAD 4

SEGUNDA CAPA DE INFORMACIÓN

PROPÓSITOS:

- Comprender que existen tres capas de información, una de ellas el ADN intergénico.
- Describir la segunda capa de información: ADN intergénico.

PROCEDIMIENTO

FASE INTRODUCTORIA

Esta actividad iniciará retomando lo que hasta el momento se ha trabajado en las diferentes actividades, para esto el docente retomará la siguiente pregunta ***¿Consideras que la cantidad de genes en una especie tiene directa relación con el nivel de complejidad biológica de sus individuos?*** Los estudiantes no responderán esta pregunta, sino que, teniendo como referencia la actividad anterior (o actividades anteriores) complementaran o modificaran las respuestas que consignaron anteriormente en sus cuadernos.

FASE DE DESARROLLO

El primer paso consiste en disponer los estudiantes alrededor de un círculo. Posterior a esto el docente enunciará las instrucciones y asignará el material a cada estudiante, la lectura “***ADN intergénico***”.

El docente realizará la lectura en voz alta y los estudiantes lo seguirán desde su material. Si en el proceso de lectura, un estudiante tiene alguna opinión (duda o pregunta) este debe levantar la mano, el docente dejará de leer y le dará la palabra. Si es una pregunta el docente y los estudiantes tomarán nota de la misma, si es una aclaración o ejemplificación el estudiante y el resto de compañeros deben tomar nota. Al interior de la lectura hay tres preguntas, la uno y la tres se responderán finalizada la lectura. La dos es para que el estudiante piense. Esta respuesta la copiará el estudiante en su cuaderno. De las respuestas que den los estudiantes a las preguntas uno y tres se elaborarán conclusiones (puede ser una para cada pregunta o una que recoja las dos. Si no hay consenso se pueden elaborar varias), las cuales serán copiadas en el tablero por el profesor.

Finalizada la lectura y copiadas las conclusiones en el tablero, el profesor formulará tres preguntas con la intención de discutir la pregunta de la fase introductoria. Estas preguntas son: 1) Los genes codificadores de proteínas constituyen una capa de información en los cromosomas, sin embargo en el curso de los cinco últimos decenios, se les ha considerado los únicos depósitos de la herencia ¿Por qué crees que ha sucedido esto? 2) Han aparecido dos capas amplias de información en los cromosomas, en buena parte ocultas, que afectan la herencia, el desarrollo y la enfermedad, ¿Cuáles son esas dos capas? 3) De acuerdo al trabajo realizado por Ridanpää y sus colaboradores y a que los genes codificadores de proteínas solo corresponden al 1,5% del genoma total, responde ¿qué relación existe entre el nivel de complejidad de un individuo y el ADN intergénico?

Para dar respuesta a la tercera pregunta los estudiantes pueden retomar la primera lectura *Proyecto Genoma Humano*.

De acuerdo al valor de la escritura los estudiantes deben tomar apuntes de lo discutido a partir de las preguntas y elaborar un documento de síntesis.

Como producto de la actividad, el profesor y los compañeros elaborarán un documento síntesis, en el que den cuenta de las tres capas de información genética, desarrollando la segunda capa de información, el ADN intergénico.

MATERIALES: Lectura 4

TEMPORALIDAD SUGERIDA: 3 horas de clase

RESPONSABILIDADES DERIVADAS.

- 1) EL profesor y los estudiantes deben elaborar un documento en el cual sintetizen las tres capas de información genética y desarrollen la segunda capa.

MATERIAL DEL ESTUDIANTE.

Finalizada la lectura, el profesor formulará tres preguntas con la intención de discutir la pregunta de la fase introductoria ***¿Consideras que la cantidad de genes en una especie tiene directa relación con el nivel de complejidad biológica de sus individuos?*** Estas preguntas son: 1) Los genes codificadores de proteínas constituyen una capa de información en los cromosomas, sin embargo en el curso de los cinco últimos decenios, se les ha considerado los únicos depósitos de la herencia ¿Por qué crees que ha sucedido esto? 2) Han aparecido dos capas amplias de información en los cromosomas, en buena parte ocultas, que afectan la herencia, el desarrollo y la enfermedad, ¿Cuáles son esas dos capas? 3) De acuerdo al trabajo realizado por Ridanpää y sus colaboradores y a que los genes codificadores de proteínas solo corresponden al 1,5% del genoma total, responde ¿qué relación existe entre el nivel de complejidad de un individuo y el ADN intergénico?

Lectura 4.

ADN intergénico.

Los genes codificadores de proteínas constituyen uno más de los elementos de la compleja máquina bioquímica. Sin embargo, pese a representar menos del 2% del ADN total en cada célula humana, el dogma central de la biología molecular los ha venido considerando, en el curso de los cinco últimos decenios, los únicos depósitos de la herencia.

Cuando se daban por conocidos casi todos los datos del ADN, han aparecido dos capas amplias de información en los cromosomas, en buena parte ocultas, que afectan la herencia, el desarrollo y la enfermedad. Las revistas y los congresos científicos han empezado a hacerse eco de nuevos datos que contradicen la idea aceptada de que los genes, segmentos de ADN que codifican proteínas, constituyen la única fuente de herencia y encierran los planos de la vida. El genoma oculto ejerce un control del desarrollo y de los rasgos distintivos de los

organismos, desde las bacterias hasta el hombre. El genoma contiene mucho más genes codificadores de proteínas.

Una de estas dos capas está entrelazada con el ADN intergénico, las vastas secuencias no codificadoras que interrumpen y separan los genes. Desechadas durante largo tiempo por irrelevantes para la síntesis de proteínas, lo cierto es que muchas de estas secciones se han conservado, en su mayor parte intactas, en el transcurso de millones de años de evolución. Cabe, pues, suponer que desempeñarán algún papel indispensable para el organismo.

En la lectura 1 se manifestó que “30 mil genes no parecen ser demasiados para explicar la complejidad humana”. ¿Estás de acuerdo con que el ADN intergénico desempeña algún papel indispensable para el organismo? Pregunta para responder al final de la lectura.

Un elevado número de estas secciones, de ADN intergénico, se transcriben en variedades de ARN que realizan funciones muy diversas. Incluso se sospecha que las diferencias entre individuos de la misma especie, o incluso entre especies, se originan en las variaciones de ese ADN redundante, o “chatarra” por usar el vulgarismo al uso.

Cuando se dice que el genoma consta de aproximadamente 30 mil genes se alude a los genes que codifican proteínas. Sin embargo la complejidad de una especie no corresponde con su número de genes, el arroz tiene más genes que el hombre. En cambio, la cantidad de ADN intergénico sí parece acompañar a la complejidad del organismo. En los cromosomas humanos la secuencia de ADN que contiene las instrucciones para la síntesis de proteínas representan menos de 2%, por tanto, los 3000 millones de pares de bases que porta cada célula de nuestro cuerpo deben cumplir alguna otra misión.

La visión tradicional de gen, secuencia de ADN que se transcribe en ARN y se traduce en proteína, comienza a tambalear. Se está descubriendo un número muy grande de “genes” con un cometido claramente funcional, aun cuando no determinen ninguna proteína y produzcan sólo ARN. Pregunta para pensar ¿Crees que los genes que solo producen ARN añaden “obscuridad” a la definición tradicional?

Las secuencias de ADN intergénico originan formas de ARN activas, entre ellas: silenciadoras o reguladoras de genes codificadores. El ARN se desenvuelve con la eficacia de una proteína en operaciones de catálisis, señalización y activación. Además interviene incluso en determinadas enfermedades hereditarias.

Los genéticos clínicos se esforzaron a lo largo de más de nueve años en describir el gen de la hipoplasia de cartílago y cabello. Esta enfermedad recesiva se identificó entre los amish: uno de cada 19 lleva una copia del gen defectuoso, causante de un enanismo poco habitual. Los que sufren esta enfermedad no sólo tienen baja estatura, sino que además corren un riesgo elevado de padecer cáncer y trastornos inmunitarios. Maaret Ridanpää, de la Universidad de Helsinki, siguió la pista de este gen hasta el cromosoma nueve, secuenció una región extensa del mismo y estudió, uno por uno, los diez genes codificadores de proteínas situados en aquella zona. Ninguno de ellos causaba la enfermedad.

Por fin, en 2001, Ridanpää y sus colaboradores identificaron el responsable: un gen que sólo produce ARN, el RMPP. El ARN transcrito a partir del gen RMPP se une con proteínas para formar una enzima que actúa en el interior de las mitocondrias. Basta un cambio en una sola

base de este ARN para imponer la diferencia que separa una talla y salud normales de una estatura y vida cortas. ¿Crees que los genes que solo producen ARN añaden “obscuridad” a la definición tradicional? Pregunta para responder durante la lectura.

Lectura desarrollada a partir del artículo

El genoma oculto.

ACTIVIDAD 5

¿QUÉ REVELÓ EL PROYECTO INTERNACIONAL ENCODE?

PROPÓSITOS:

- Presentar los datos más relevantes que ha obtenido el proyecto ENCODE.
- Presentar a los estudiantes como estas dos capas de información intervienen en la herencia, el desarrollo y la enfermedad.

PROCEDIMIENTO

FASE INTRODUCTORIA

Esta actividad iniciará con una corta presentación del proyecto internacional ENCODE por parte del docente.

FASE DE DESARROLLO

Al azar el profesor escogerá a un estudiante para que lea el primer párrafo. El segundo párrafo lo leerá el profesor. Esto con la intención de dinamizar la lectura. Finalizada esta parte, y antes de continuar con la lectura, el profesor proyectará la imagen 5b. Posterior a esta proyección, el complejo áulico continuará con la lectura apoyándose en la imagen. Durante el proceso de lectura, el docente guiará a los estudiantes. Es decir, primero se lee el dato relevante que ha obtenido el proyecto ENCODE y posteriormente se va a la imagen. La intención es realizar la lectura paralela a la proyección de la imagen, debido a que el propósito que se pretende es la exposición de los mismos.

Finalizado el proceso de lectura, los estudiantes deberán expresar su opinión respecto al proyecto ENCODE, para esto el profesor formulará la siguiente pregunta ¿Cuáles son sus opiniones respecto al proyecto internacional ENCODE?

Posterior a esta actividad, el docente presentará el video 5b. Previo a la presentación, el profesor sintetizará los datos relevantes del proyecto ENCODE y les solicitará a sus estudiantes que relacionen estos datos con la información presente en el video.

La relación se llevará a cabo a través de las siguientes preguntas:

- 1 ¿Porque se ocasionaron enfermedades no esperadas en los ratones?
- 2 ¿Porque las generaciones 2 y 3 también sufrieron los mismos males?

Como producto de esta actividad se solicitará que los estudiantes que realicen una conclusión personal.

Para finalizar la actividad, el profesor debe proyectar la imagen 5b1 “Árbol familiar”, y la imagen 5b2 “Las ancas robustas” apoyándose en estas imágenes procederá con la lectura 5b1

“Ancas robustas”. El profesor será quien guíe la lectura, para esto el complejo áulico responderá las siguientes preguntas durante la lectura: ¿por qué el rancho conservó a oro macizo como semental?, ¿las ancas robustas, las nalgas robustas, las ancas rollizas y los glúteos hermosos significan lo mismo?, ¿qué es *callipyge*?, ¿cuál es el rasgo?

Finalizada la lectura los estudiantes deben describir el problema que surgió en el rancho de Oklahoma en 1983 y proponer un patrón hereditario para el rasgo *callipyge*.

MATERIALES: Lecturas 5,5b1, las imágenes 5b, 5b1, 5b2 y el video 5b.

TEMPORALIDAD SUGERIDA: 4 horas de clase

RESPONSABILIDADES DERIVADAS:

El estudiante entregará:

- 1) Una conclusión personal.

De acuerdo a lo que el estudiante conoce del Proyecto Genoma Humano, del proyecto ENCODE y de los trabajos de Jonatham Seckl, Lars Olov Bygren, Marcus Pembrey, Wolf Reik, Michael Skinner, y el equipo de Michel Georges de la Universidad de Lieja, debe elaborar una conclusión personal a partir de la pregunta ¿Qué puedes decir respecto a cómo los científicos hacen ciencia?

- 2) En grupos conformados por tres estudiantes deben describir el problema que surgió en el rancho de Oklahoma en 1983 y proponer un patrón hereditario para el rasgo *callipyge*.

MATERIAL DEL ESTUDIANTE.

Relaciona los datos más relevantes que ha obtenido el proyecto ENCODE con la información presente en el video a través de las siguientes preguntas:

- 1 ¿Porque se ocasionaron enfermedades no esperadas en los ratones?
- 2 ¿Porque las generaciones 2 y 3 también sufrieron los mismos males?

Responde las siguientes preguntas durante la lectura 5b1: ¿por qué el rancho conservó a oro macizo como semental?, ¿las ancas robustas, las nalgas robustas, las ancas rollizas y los glúteos hermosos significan lo mismo?, ¿qué es *callipyge*?, ¿cuál es el rasgo?

Describe el problema que surgió en el rancho de Oklahoma en 1983 y proponer un patrón hereditario para el rasgo *callipyge*.

Lectura 5.

La función reguladora del genoma.

El proyecto internacional ENCODE ha revelado que la mayor parte de nuestro ADN, antes denominado “basura”, se encarga de organizar y regular los genes que codifican proteínas.

En el año 2001 finalizó el Proyecto Genoma Humano y se conoció la secuencia de nuestro ADN, esto es, la lista de “letras” que conforman los cromosomas de nuestras células. Pero la gran expectación inicial se desvaneció cuando se descubrió que, a pesar de haber descifrado el libro de instrucciones que sustenta la vida humana, sólo se sabía interpretar una pequeña parte de él, alrededor del 1,5%. Ese porcentaje correspondía, en su mayoría, a genes que codificaban proteínas con una función concreta (estructural, enzimática, hormonal o inmunitaria) en nuestro organismo. EL resto del genoma no parecía ejercer ninguna función relevante, por lo que se le denominó ADN “basura”

Con el objetivo de disminuir el vacío en el conocimiento, hace diez años se emprendió un proyecto piloto a escala internacional, financiado y promovido por el Instituto Nacional de Investigación del Genoma Humano de Estados Unidos. Bautizado como *Encyclopedia of DNA Elements* (ENCODE), el proyecto trataba de descifrar ese 98.5% del genoma cuya función se desconocía.

Mediante el estudio de 147 tipos celulares y el empleo de una combinación de análisis informáticos, anotación manual y validación experimental, el proyecto ENCODE ha revelado que gran parte del genoma contiene elementos funcionales. Entre ellos se incluyen las regiones responsables de codificar proteínas (los genes propiamente dichos) y las que regulan la expresión de los genes. De hecho, el proyecto concluyó que una enorme proporción del ADN, que había sido considerado “basura”, correspondía a elementos reguladores. Los resultados pusieron también de manifiesto que numerosas alteraciones en la secuencia de ADN asociadas a enfermedades humanas no se producen en los genes codificadores de proteínas sino en las regiones reguladoras. La regulación génica determina cuándo, cuánto y dónde se expresa un gen concreto. Se trata de un proceso mucho más complejo de lo que nadie se había planteado. Los resultados de ENCODE han demostrado que la expresión de los genes está influenciada por secuencias de ADN reguladoras (regiones cercanas y regiones muy distantes de los genes) y por marcas epigenéticas.

A continuación se detallan los datos más relevantes que ha obtenido el proyecto ENCODE sobre los elementos funcionales del genoma.

1. Un abanico de ARN. Gran porcentaje de la secuencia del genoma humano da lugar a transcritos: los que originan una proteína y los que no. En el primer caso (los que originan una proteína) la secuencia de ADN se transcribe en una proteína específica. En el segundo caso a partir de la secuencia de ADN se formará un ARN que no dará lugar a una proteína sino que funcionará como elemento regulador de la expresión de otros genes, en unos casos inhibiéndolos y en otros activándolos, según el tipo de ARN del que se trate. Entre las distintas clases de ARN se destacan los largos no codificantes y varias subclases de ARN pequeños, que se clasifican según su localización celular y su lugar de actuación.
2. Regiones reguladoras. Lo que distingue a unas células de otras es la expresión diferencial de determinados genes y ARN reguladores. La expresión diferencial que

da lugar a cada tipo celular es posible gracias a la existencia en el genoma de numerosas regiones reguladoras y de factores que interaccionan con ellas.

3. Accesibilidad a la cromatina. El ADN se encuentra enrollado sobre unas proteínas (histonas) y el conjunto forma los nucleosomas, la estructura básica de la cromatina. La cromatina puede hallarse más o menos compactada, lo que determina la accesibilidad de factores implicados en la regulación de la expresión génica. Una mayor compactación puede limitar el acceso de los factores responsables de transcribir el ADN en ARN y, por consiguiente, dificultar la activación de un gen. La técnica de hipersensibilidad de la cromatina ha constituido otra herramienta experimental para identificar las regiones del ADN con función reguladora. La identificación de secuencias reguladoras en diferentes tipos de células humanas reviste una importancia especial, puesto que el origen de numerosas enfermedades humanas podría hallarse en estas pequeñas secuencias.
4. El código epigenético. Las histonas que contribuyen al empaquetamiento del ADN pueden ser modificadas químicamente mediante múltiples mecanismos, entre ellos la metilación y acetilación (adición de un grupo metilo o acetilo respectivamente). El análisis reveló que los estados modificados de las histonas varía enormemente de un tipo celular a otro. Otra forma mediante la que se regula la expresión de los genes es la modificación química de algunos nucleótidos que componen la secuencia de nuestro genoma. La metilación del ADN, junto con la modificación de las histonas, forman parte del código epigenético. La metilación del ADN consiste en la adición de un grupo metilo en las bases citosina, generalmente. La presencia de estas metilaciones en las regiones reguladoras hace que unos genes se expresen y otros permanezcan inactivos. Determinadas enfermedades se producen no porque un gen esté dañado, sino porque el patrón de metilación de la región reguladora está alterado, lo que provoca que el gen se exprese cuando no debe, o visceversa. Los resultados han puesto de manifiesto que los diversos tipos de células presentan una metilación diferencial.
5. Interacción cromosómica. Interacción física entre distintas regiones cromosómicas a menudo separadas por cientos de miles de nucleótidos. De acuerdo con esta visión, la expresión de un gen no está regulada por un factor sino por muchos, gran parte de estos factores son compartidos con otros genes y se encuentran alejados del gen al que regulan. Estas regiones conectadas corresponden a zonas donde se están expresando genes activamente y, por tanto, se hallan menos enrolladas. De este modo el lugar donde comienza la transcripción de un gen, puede interaccionar con un promedio de 3.9 regiones de ADN distintas que podrían estar regulando su actividad. La interconexión entre secuencias del genoma posee una arquitectura característica en cada tejido o tipo celular.

Desde la secuenciación del genoma humano en el año 2001, el conocimiento que se tenía sobre él ha cambiado de modo notable. El ambicioso proyecto ENCODE está teniendo

repercusiones importantes, que van desde la redefinición del concepto gen hasta la obtención de nuevas pistas sobre las causas genéticas de las enfermedades. También ha transformado la visión que se tenía sobre nuestro genoma, dejando atrás la idea de ADN “basura” con la que se definía una gran parte de él y cuya función se desconocía.

En síntesis.

Tras finalizar la secuenciación del genoma humano en 2001 se puso de manifiesto que una gran parte de él no parecía ejercer ninguna función relevante, por lo que se le denominó ADN “basura”.

Durante más de diez años, el proyecto internacional ENCODE se ha esforzado en desentrañar el significado de esa enorme proporción del genoma.

Los hallazgos han revelado la enorme complejidad de organización del genoma. En él se han identificado numerosos elementos reguladores responsables de la activación o represión de los genes. Los resultados del proyecto tendrán una importante repercusión en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades humanas.

Lectura desarrollada a partir del artículo
La función reguladora del genoma humano.

Lectura 5b1.

Ancas Robustas.

La historia que sigue constituye una metáfora esclarecedora sobre la conjura de los tres componentes del genoma para acabar con la presentación clásica de la herencia. En 1983, en un rancho de Oklahoma nació un carnero cuyas ancas alcanzaron proporciones prodigiosamente ricas en contenido cárnico. Intuyendo los beneficios económicos de la mutación, el ranchero llamó al cordero Oro Macizo y lo conservó como semental.

A los hijos de oro macizo que también gozaban de nalgas robustas, los cruzaron con ovejas normales. El aspecto de la mitad de la descendencia, tanto machos como hembras, se asemejaba al paterno. Recibieron el nombre de *callipyge*, que en griego significa “traseros hermosos”. Suponiendo que se trataba de una mutación en un gen dominante, cabía esperar que la mitad de sus descendientes nacieran con las ancas rollizas. El resultado, sin embargo, fue un tanto extraño. Cuando las hembras *callipyge* se cruzaron con machos normales, ni un solo cordero de cualquier sexo presentó los glúteos de la madre, aun cuando había algunos que heredaron la mutación. Parecía como si el *callipyge* hubiera cambiado de dominante a recesivo.

Se procedió luego a cruzar carneros de aspecto normal, aunque portadores de la mutación con ovejas normales. Para sorpresa de todos, la mitad de la descendencia resultó *callipyge*. Así pues el rasgo aparecía sólo cuando la mutación se heredaba del padre.

Si el *callipyge* fuera un gen habitual, los animales que heredaran la forma mutante del padre y de la madre tendrían las ancas robustas bien aseguradas. Sin embargo, todos los corderos con dos alelos *callipyge* presentaban un aspecto perfectamente normal.

¿Qué ocurría?

Tras diez años de experimentos se ha dado, por fin, con la respuesta. En mayo de 2003, el equipo de Michel Georges de la Universidad de Lieja, publicó la descendencia del rasgo y la genealogía *callipyge*: un gen codificador de proteína, uno o más genes de solo ARN y dos efectos epigenéticos.

Lectura tomada del artículo
El nacimiento de la epigenética.