

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

**LA ENSEÑANZA DEL ADN DESDE UNA MIRADA HISTÓRICA.
TENSIONES CIENTÍFICAS Y SOCIALES
DNA TEACHING FROM A HISTORICAL PERSPECTIVE.
SCIENTIFIC AND SOCIAL TENSIONS**

Leonardo Andrés Cortez Ruiz (leopechan@gmail.com)¹; Nubia Pilar Latorre Beltrán (pilarlatorreb@gmail.com)²; Rubinsten Hernández Barbosa (rhbjd@hotmail.com)³

Resumen

Este trabajo corresponde a los avances de una investigación cualitativa, que tiene como eje central el uso de la historia de las ciencias en la enseñanza de la estructura del ADN y que se encuentra en su tercera etapa de desarrollo, en la Maestría en Didáctica de las Ciencias de la Fundación Universidad Autónoma de Colombia. El proyecto se desarrolla con estudiantes de dos instituciones de la Secretaría de Educación Distrital. El objetivo es proporcionar elementos que faciliten la enseñanza de la estructura del ADN a través de un enfoque histórico, evidenciando el carácter humano de la ciencia y su impacto, con la intención de llevar al aula un proceso de transposición didáctica que promueva una ciencia versátil, flexible y más humana, en la que más allá de priorizar conceptos, se generen espacios de análisis y reflexión que favorezcan la construcción de pensamiento crítico frente a uno de los episodios científicos que marcaron la historia de la ciencia y particularmente de la biología.

B
I
O
P
O
N
E
N
C
I
A
Abstract

This work shows the advances of a qualitative research, having as a central axis the use of history of science in the teaching of DNA structure and that is currently in development in the Master in Science Education of the Fundación Universidad Autónoma de Colombia. The target population of study is students of secondary education colleges El Cortijo-Vianey IED and El Porvenir IED, linked to public sector capital district. The main objective of this work is to provide elements that facilitate the teaching of DNA structure through a historical approach, showing the humanity of science and its impact, with the intention of bringing the classroom didactic transposition process that promotes a more humane versatile, flexible science, that against of prioritize concepts analysis, generates reflection spaces in favor of construction of critical thinking about one of the scientists episodes generated that marked the history of science and biology.

Palabras clave: Historia de las ciencias, ADN, enseñanza de las ciencias.

Key words: History of Science, DNA, science education.

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Introducción

La inclusión de la historia de las ciencias en los procesos de enseñanza en los diferentes niveles de escolaridad, cada vez cobran mayor importancia. El acercamiento por parte de los profesores y estudiantes a las formas cómo se produce el conocimiento científico, su actividad y sus protagonistas, permite generar posturas crítico-reflexivas de quienes se involucran en él (Matthews, 1994); (Solbes & Traver, 1996). El trabajo científico más allá de ser considerado una posible forma de comprender el mundo que nos rodea es una actividad humana, y por consiguiente se ve influenciado por el contexto social, político, económico y académico en el que se desarrolla. En diversas situaciones de la actividad humana así como en la ciencia las relaciones de poder, conflicto de intereses y discriminación, entre otros, han caracterizado a la sociedad en diferentes momentos de la historia, por lo tanto, introducir al aula elementos históricos de procesos científicos posibilita un cambio de paradigma en la concepción de ciencia que tienen los estudiantes, hacia uno más acorde a las necesidades educativas actuales en los diferentes escenarios y contextos.

A partir de nuestra experiencia docente en la educación escolar básica y media y teniendo en cuenta algunos referentes bibliográficos (Betancur, 2008); (Bugallo, 1995); (Gil Pérez, 1993), existe la necesidad de introducir al aula estrategias didácticas distintas a las tradicionales para la enseñanza de algunos conceptos biológicos que tienen un alto nivel de abstracción, ejemplo de ello es la estructura del ADN. Se pretende generar procesos de transposición didáctica en los que se presente una ciencia escolar contextualizada, versátil, flexible y humana y que se aleje significativamente de las prácticas de enseñanza tradicionales en las que predomina una ciencia conceptual y aséptica. Para dar un soporte teórico a la investigación y considerando que se encuentra en etapa de desarrollo, se presenta a continuación algunos de los referentes teóricos que la sustentan.

Importancia de la historia en la enseñanza de las ciencias

En las últimas décadas se ha incrementado el número de publicaciones que hacen referencia a las ventajas educativas y didácticas del uso de la historia en la enseñanza de las ciencias y con el surgimiento de disciplinas como la didáctica de las ciencias se ha consolidado la historia de las ciencias como línea de investigación para cualificar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Desde esta perspectiva, la historia de las ciencias en los proceso de enseñanza favorece: la determinación de obstáculos epistemológicos, la definición de contenidos de la enseñanza y la posibilidad de abrir espacios en el aula sobre la producción, la apropiación y el control de los conocimientos a nivel social e individual (Gagliardi, 1988); (Gil Pérez, 1993). El enfoque histórico también ofrece la posibilidad de visualizar hechos científicos proyectados a un futuro mostrando que la ciencia es un proceso en permanente cambio, permeado por factores sociales, políticos y

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

económicos; sujetos a tensiones, crisis y retrocesos propios de la actividad humana (Izquierdo, 1996). Otra perspectiva sobre el uso de la historia las ciencias en la enseñanza de las ciencias es favorecer actitudes positivas hacia la ciencia y cambiar la imagen que los estudiantes tienen de ésta, humanizando el trabajo científico y generando espacios de análisis y reflexión (Solbes & Traver, 2001).

Diseño de una Unidad Didáctica.

El ejercicio docente debe ser visto no solo como el proceso de enseñanza donde se direcciona, orienta o guía un ejercicio de construcción de conocimiento, sino que debe trascender al análisis de las necesidades de las diferentes disciplinas y contextos en los que se desarrolla esta actividad. Una de las formas de generar conocimiento científico escolar es a partir de la producción de material educativo que ha de direccionar la práctica docente y que debe tener una intencionalidad acorde a los objetivos de enseñanza, en la misma medida poseer mecanismos de seguimiento y evaluación que den cuenta del impacto, del proceso y del cumplimiento de los objetivos planteados. Una estrategia de organización de la información que se lleva al aula son las unidades didácticas, que para que sean concordantes con los objetivos de enseñanza deben cumplir con algunas pautas de diseño y elaboración que dependen de las necesidades del estudiante, del contexto educativo, de los recursos y del perfil del docente. Neus Sanmartí, propone una estructura en la que se deben tener en cuenta algunos criterios para la determinación de objetivos y contenidos, también para secuenciar contenidos y actividades así como algunos elementos para la evaluación de los mismos, sin dejar por fuera los criterios para la organización y gestión de la unidad didáctica en el aula (Sanmartí, 2000), elementos que fueron tenidos en cuenta como referente para el diseño y elaboración de la unidad en la presente investigación.

Reseña histórica

Algunas formas de introducir la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias naturales como estrategia didáctica, son frecuentemente, las líneas de tiempo, las biografías y los datos biográficos, entre otros, muchas veces se proporciona una descripción lineal y aséptica de descubrimientos exitosos y verdades absolutas (Gagliardi & Giordan, 1986). Los apartados y reseñas históricas no suelen ser muy recurrentes en las ciencias naturales debido a la complejidad y exigencia para la búsqueda de fuentes primarias y al hecho que, de una u otra forma, se alejan del carácter anecdótico y conceptual con el que se suelen presentar hechos históricos para abordar conceptos científicos, cuando son tenidos en cuenta. Una reseña histórica más allá de ubicar cronológicamente hechos científicos o narrar aspectos biográficos, permite realizar una contextualización de un suceso de importancia científica donde se

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

involucran elementos sociales, políticos, económicos que amplían la visión de una ciencia que se construye de forma dinámica, no lineal y más humana.

A continuación se presenta un fragmento de la reseña histórica, eje de la estrategia didáctica de esta investigación, donde se hace un recorrido que tiene en cuenta los protagonistas de la deducción de la estructura del ADN, no sólo aquellos reconocidos por la historia, sino también los que contribuyeron significativamente en este estudio y que en el momento no tuvieron el merecido reconocimiento por su labor. De igual manera se mencionan algunas tensiones personales y sociales que le dieron forma y sentido a un proceso no sólo científico sino también social y humano, a un suceso que partió en dos la historia de la biología:

La doble hélice del ADN

Rosalind Elsie Franklin (1920-1958), recordada como "La dama ausente" nació en Notting Hill, Londres, el 25 de julio de 1920, realizó sus estudios universitarios, en física, química y matemáticas, en el Newnham College, el colegio mayor femenino de la Universidad de Cambridge. Por esa época a las mujeres Cambridge no se les otorgaba el grado de Licenciado, no se les consideraba parte del claustro y se limitaba el número de doctorandas a un 10% como mucho. Antes de trabajar con el ADN, Rosalind estudió cristales de carbón y luego de obtener su doctorado se especializó en la técnica de difracción de rayos X, en París. Regresó a Londres a trabajar en el King's Collage dirigido por Sir John T. Randall (1905-1984), donde obtuvo la famosa fotografía 51. Junto con ella se encontraba realizando estudios sobre los cristales de ADN Maurice Wilkins (1916 - 2004) físico Neozelandés y especialista en el estudio de los rayos X, las relaciones entre estos dos científicos se caracterizaban por ser distantes y marcadas por la tensión tanto a nivel personal como laboral. Situación que llevó a Rosalind a mantener sus progresos en la investigación al margen de su colega y del laboratorio en el que trabajaban.

Debido a las complejas relaciones entre Franklin y Wilkins en el King's College y con el ánimo de liberar tensiones, Randall pide a Rosalind, le cediera su trabajo a Maurice Wilkins y abandonara el laboratorio junto con toda la investigación a través de un comunicado displicente y autoritario.

Paralelo a los estudios realizados en el King Collage, James Watson (1928 -), biólogo, estadounidense y doctor en zoología junto a Francis Crick (1916-2004) físico, biólogo molecular y neurocientífico británico, desarrollaban estudios, un tanto tímidos, frente a la estructura del ADN en el laboratorio Cavendish en Cambridge bajo la dirección de Sir William Lawrence Bragg (1890 - 1971). Watson estaba obsesionado por vencer a su compatriota, Linus Carl Pauling, nacido en Portland, Oregón bioquímico estadounidense, en la carrera por descifrar la estructura del ADN. (Vicente, 2008). Situación que lleva a

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Watson y a Crick a realizar un estudio apresurado del ADN, proponiendo una estructura de tres hélices con la secuencia de azúcar y fosfato hacia el interior de la molécula y una conformación de bases nitrogenadas al exterior unidas por iones de magnesio. Dicha estructura fue presentada de manera informal a Rosalind, Wilkins y Raymond Gosling (1926 - 2015), (estudiante investigador, asignado a Rosalind) quienes para noviembre de 1951 tenían los suficientes datos para proponer que el ADN era una estructura helicoidal formada por un azúcar y un grupo fosfato que se encontraban en el exterior de la molécula y que las bases nitrogenadas deberían aparecer al interior, esta fue parte de las fuertes críticas que recibirían, especialmente de Franklin.

Enterado de este descalabro, Lawrence Bragg, les ordena a Watson y a Crick dejar el estudio estructural del ADN a los miembros del grupo de investigadores del King's Collage, y volver a sus tareas específicas: la estructura del virus del mosaico del tabaco con su ácido nucleico (ARN) y la estructura de la hemoglobina, respectivamente (Guevara Pardo, 2004).

En enero de 1953 y sin el conocimiento de Rosalind Franklin, Wilkins muestra imprudentemente a James Watson la fotografía 51, obtenida a partir de la difracción de los rayos X de cristales de ADN, bajo unas condiciones especiales de hidratación en las que se evidenciaba que la estructura del ADN obedecía a una doble hélice, situación que no había sido considerada antes y que James Watson y Francis Crick utilizan como pieza clave para proponer la estructura final de la molécula de ADN.

El 28 de febrero de 1953, Watson y Crick habían descifrado la estructura del ADN, se dirigen a su habitual punto de esparcimiento el Pub "The Eagle", al que acudían después de las largas jornadas de trabajo, y en un gesto de victoria Crick exclama la famosa frase "... hemos encontrado el secreto de la vida...". Luego de entablar una reconciliación académica con Rosalind Franklin, Watson y Crick envían el manuscrito de su investigación a la revista *Nature* y el 25 de Abril del mismo año es publicado bajo el nombre de "*Molecular Structure of Nucleic Acids*" en un artículo de una página de aproximadamente 900 palabras. En la misma revista y publicación aparece un artículo de Wilkins con dos de sus colaboradores, titulado "*Molecular Structure of Desoxypentose Nucleic Acids*" y otro de Rosalind Franklin y Gosling bajo el nombre "*Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate*", todos sobre la estructura molecular del ADN; confirmando que habían llegado a las mismas conclusiones (Ortíz Hidalgo, 2003).

Estas publicaciones no tuvieron el éxito esperado durante los primeros años dentro de la comunidad científica y fue solo hasta cuando se explicó la duplicación del ADN durante los años 60, que como reconocimiento a las investigaciones realizadas, les fue otorgado el premio Nobel en fisiología y medicina en 1962 a Watson, Crick y Wilkins.

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Rosalind Franklin fallece a los 37 años a causa de cáncer de ovario por lo que no alcanza a ser reconocida con el premio Nobel junto con sus colegas.

Metodología.

Esta propuesta se desarrolla como parte de una investigación de tipo cualitativo que tiene como base el uso de la historia como estrategia didáctica para la enseñanza de la estructura del ADN, en el marco de la Maestría en Didáctica de las Ciencias de la Fundación Universidad Autónoma de Colombia.

La investigación que se propone tiene como fin emplear la historia de las ciencias para la enseñanza de la estructura del ADN en estudiantes de educación básica secundaria y media vinculados al sector público de los colegios El Cortijo-Vianey IED (grado octavo) y El Porvenir IED (grado undécimo). Esta investigación se ha dividido en 5 etapas: La etapa inicial se desarrolló en el marco del seminario de *Historia de las Ciencias*, donde se generó la reseña histórica que sirve de base para esta investigación. La segunda etapa corresponde a la búsqueda de los referentes teóricos y antecedentes, que constituyen el fundamento epistemológico, pedagógico y didáctico, que se trabajará permanentemente a lo largo de la investigación. La tercera etapa hacer referencia al diseño y elaboración de la estrategia didáctica, fase en la que se encuentra actualmente la investigación. La cuarta y quinta etapa desarrollarán las fases de implementación, resultados, análisis y consideraciones finales de la estrategia didáctica. Esta investigación tiene como objetivo contribuir a la transformación de las prácticas docentes tradicionales en la que predomina una enseñanza conceptual y transmisionista, por aquellas que permitan a los estudiantes acceder al conocimiento de una ciencia flexible, contextualizada, humana y consciente. Este tipo de prácticas buscan mejorar las ideas, percepciones, concepciones y nociones que tienen los estudiantes acerca del mundo, facilitar su comprensión y su actuar en el mismo; promover la alfabetización científica y la formación de futuros científicos (Sanmartí, 2000).

En el cuadro No 1 se describe las etapas que se han desarrollado hasta la fecha investigación:

Etapas	Descripción
Reconstrucción histórica	<ul style="list-style-type: none">• Revisión teórica bibliográfica de fuentes primarias y secundarias de 50 años antes del trabajo de Watson y Crick• Selección de las fuentes más relevantes para el trabajo a desarrollar.• Generación de categorías de lectura y análisis de las fuentes.<ol style="list-style-type: none">1. Aspectos biológicos del ADN.2. Relaciones Ciencia, tecnología y sociedad. Tensiones sociales de los protagonistas.3. Proyección de los estudios del ADN

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración del documento de la reconstrucción. • Revisión del documento por expertos.
Fundamento epistemológico y didáctico	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción de las condiciones a través de las cuales se ha producido el conocimiento alrededor de la estructura del ADN, precisando aspectos científicos y sociales. • Revisión de algunos de los soportes conceptuales que han marcado de manera sistematizada la generación y construcción de conocimientos que orientan la labor docente. • Reconocimiento de las bases conceptuales para el establecimiento de la didáctica de las ciencias como disciplina científica consolidada, que tiene como propósito estudiar e intervenir los procesos de enseñanza y aprendizaje de un área específica del conocimiento.
Diseño de la estrategia didáctica	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura de la unidad. • Selección de los contenidos a trabajar: <ol style="list-style-type: none"> 1. Historia del ADN. 2. Estructura. 3. Proyección. • Selección de las actividades y secuenciación. • Generación de criterios de seguimiento y evaluación.

Cuadro No 1. Etapas de la metodología.

Resultados

Por ser una investigación en curso, se hará referencia a los avances y productos que se han obtenido hasta el momento. En la primera etapa se elaboró la reconstrucción histórica alrededor de la estructura del ADN, teniendo en cuenta los sucesos y protagonistas de 50 años antes a la deducción de la estructura realizada por Watson y Crick en 1953, que tiene como fin conocer los aspectos no solo científicos, sino también sociales, económicos y políticos, en su mayoría tomados de fuentes primarias y secundarias. En la segunda etapa se inició la búsqueda y consolidación de los referentes teóricos que sustentan la investigación, con el objeto de establecer una postura epistemológica y didáctica sobre la cual se diseñe la estrategia metodológica. De la tercera etapa, se ha estructurado la estrategia didáctica, así como los referentes para el análisis de la categorización de la información obtenida y la selección de las actividades y secuenciación de las mismas finalmente se han diseñado los criterios de seguimiento y evaluación para el análisis de resultados y productos de la investigación.

Conclusiones

La introducción de la historia de las ciencias en la enseñanza de la estructura del ADN es una estrategia que no solo favorece y minimiza la fractura conceptual para la comprensión de la herencia a nivel macroscópico y microscópico, sino que posibilita el

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

análisis de los protagonistas y situaciones de carácter social, político y económico determinantes en el momento de la deducción de la estructura del ADN. De esta forma se resalta la importancia de este aporte científico que más allá de ser la descripción de una estructura molecular química, proporcionó la información para comprender las bases de la herencia y transmisión de las características hereditarias, posibilitando el surgimiento de disciplinas científicas como la genética molecular y la biotecnología con múltiples aportes a la ciencia y que llevada al aula favorece la generación de procesos científicos y promueve espacios de análisis y reflexión sobre sus implicaciones científicas y éticas.

Poder establecer los fundamentos epistemológicos y didácticos fortalece los procesos de investigación encaminados a generar transformaciones de fondo en la práctica docente a partir de propuestas de intervención viables, contextualizadas y que respondan a las necesidades educativas actuales. Esto ha sido posible al tomar como referentes autores como Matthews y Solbes quienes han desarrollado estrategias a partir del uso de la historia de ciencias en la enseñanza de diferentes disciplinas científicas que incluyen la biología, la química y la física, entre otras, y que proporcionan elementos teóricos acordes a las necesidades de los estudiantes en nuestro contexto educativo; proporcionando una visión de ciencia flexible, humana, sujeta a crisis y tensiones sociales, económicas y científicas.

El diseño y elaboración de una estrategia didáctica son elementos indispensables para la organización e introducción de propuestas alternativas para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Esta etapa en la que se encuentra actualmente la investigación permite pensar en qué enseñar, cómo hacerlo, para qué, qué recursos se pueden usar, cómo y qué evaluar. Estas preguntas, entre otras, son la guía en la articulación de una propuesta de unidad didáctica (Hernández, 2011), lograrán generar transformaciones en las concepciones alternativas acerca de la ciencia en los estudiantes sujetos de estudio y aportará significativamente a los procesos de transposición didáctica necesarios para llevar al aula la ciencia que permitirá estimular los procesos de formación de futuros científicos, desde la dinámica escolar.

Bibliografía

Betancur Flores, P. A. (2008). La Incidencia de la Historia y la Epistemología en la Enseñanza del Concepto de ADN.

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Bugallo Rodríguez, A. (1995). La Didáctica de la Genética: Revisión Bibliográfica. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 379-385.

Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la Historia de las Ciencias en la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291-296.

Gagliardi, R., & Giordan, A. (1986). La Historia de las Ciencias una herramienta para la Enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, IV(3), 253-258.

Gil Pérez, D. (1993). Contribución de la Historia y la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de un modelo de Enseñanza/Aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, XI(2), 297-212.

Hernández, R. (2011). El diseño de una unidad didáctica: un ejercicio docente de continua reflexión. *Colombia Entre Comillas*, 81-92.

Izquierdo, M. (Abril de 1996). Relación entre la Historia y la Filosofía de la Ciencia y la Enseñanza de las Ciencias. *Revista Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, III(8), 7-21.

Matthews, M. (1994). Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: La Aproximación Actual. *Enseñanza de las Ciencias*, XII(2), 255-277.

Sanmartí, N. (2000). El Diseño de Unidades Didácticas. En F. Perales Palacios, & P. Cañal De León, *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (págs. 239-265). Barcelona, Bcelona, España: Editorial Marfil.

Solbes, J., & Traver, M. (1996). La Utilización de la Historia de la Ciencias en la Enseñanza de la Física y la Química. *XIV(I)*, 103-112.

Solbes, J., & Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo Historia de la Ciencia en las clases de Física y Química: Mejora de la Imagen de la Ciencia y Desarrollo de Actitudes Positivas. *Enseñanza de las Ciencias*, XIX(1), 151-162.

Vazquez, A. Acevedo, J. Manassero, M & Acero, P. Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de las ciencias. *Revista Española de Ciencia, Tecnología y Sociedad, y Filosofía de la Tecnología*. No 4. 2001. Pág. 135-176.