

**LA COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DEL ADN EN LOS SERES VIVOS DESDE
UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA.**

NICOLÁS JARAMILLO ANGARITA

WILSON DARIO SALAZAR PÉREZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

BOGOTÁ, 2021

**LA COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DEL ADN EN LOS SERES VIVOS DESDE
UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA.**

NICOLÁS JARAMILLO ANGARITA

WILSON DARIO SALAZAR PÉREZ

**Propuesta de investigación para optar al título de Maestría en Docencia de
las Ciencias Naturales**

DIRECTORES

SANDRA SANDOVAL OSORIO

JOSÉ FRANCISCO MALAGÓN SÁNCHEZ

JUAN ALBERTO ALDANA GONZÁLEZ

Grupo de estudios histórico-críticos y enseñanza de las ciencias

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

BOGOTÁ, 2021

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a la vida, al universo y naturaleza por darme la oportunidad de sanar, entender y comprender que los sueños se hacen realidad y que podemos curar desde el alma. A mí abuela, por su amor y ser mi segunda madre, mi cómplice, mi maestra y una de las personas que ha luchado y apoyado conmigo para culminar esta etapa. A mi madre, por darme el cariño y apoyo para siempre continuar adelante junto con mis hermanos y sobrinos. A mis amigos, su apoyo que siempre ha sido la llama que me permite continuar en todo momento. A la Universidad Pedagógica Nacional y sus docentes, por abrir sus puertas y creer que es a partir de una educación de calidad como se puede cambiar a Colombia y el mundo. A nuestros asesores, por sus oportunas, valiosas orientaciones y por permitirnos crecer y creer en la docencia. A mí compañero de tesis, por su paciencia, dedicación y colaboración para poder culminar el presente trabajo de grado.

Nicolás Jaramillo Angarita

Agradezco a Dios por permitirme cumplir uno más de mis sueños, por darme la fortaleza necesaria para culminar con éxito esta etapa de mi vida. A mis padres, hija y hermanos por ser esas personas que constantemente me han brindado su cariño y apoyo llenándome de motivos para salir adelante. A la Universidad Pedagógica Nacional, por ser la Institución que me abrió las puertas para formarme como maestro siendo la gran educadora de educadores. A los profesores, quienes con su dedicación, paciencia, sabiduría y conocimientos realizaron aportes a mi formación profesional y personal, desarrollando en mi habilidades y valores, que son necesarios para la vida y sana convivencia, como por ejemplo el respeto, la responsabilidad, bondad, tolerancia, honestidad, honradez, compañerismo. A mis asesores de tesis Sandra Sandoval, Juan Aldana y Francisco Malagón, quienes con su amabilidad, inteligencia, orientación, comprensión y disposición contribuyeron al desarrollo de este trabajo. A mi compañero Nicolas Jaramillo, por ser la persona que inició, enfrentó y culminó conmigo este arduo camino lleno de obstáculos y adversidades, quien con su apoyo y conocimientos contribuyó a que poco a poco los fuéramos superando hasta conseguir esta gran meta.

Wilson Darío Salazar Pérez

Resumen

Desde nuestra experiencia docente se hacen evidentes algunas dificultades en la enseñanza de la química del material hereditario, como lo son: La actividad experimental, la cual se limita al desarrollo de procedimientos para la extracción del ADN y a la verificación de teorías; La enseñanza del ADN en los libros, en donde no se cuestiona el contenido, imágenes y explicaciones que brindan; El docente como transmisor de información, acerca de conceptualizaciones desarrolladas por científicos y que limita su labor a la implementación de actividades como talleres, videos y experimentos.

A propósito de estas dificultades, se han abordado los desarrollos experimentales que llevaron a los científicos a ligar la transmisión de información hereditaria con una clase de material de carácter químico, para esto se consultaron las memorias de Friedrich Miescher, Albrecht Kossel, Phoebus Levene, Oswal Avery, Rosalind Franklin, Watson y Crick, este ejercicio nos ayuda a plantear la problemática en los siguientes términos:

¿Cómo enriquecer, ampliar y organizar las experiencias de los estudiantes mediante el diseño de una propuesta experimental que les permita pensar la herencia biológica?

De acuerdo con lo anterior este trabajo tiene como objetivo diseñar distintas actividades experimentales que contribuyan a ampliar y organizar la experiencia de los estudiantes sobre la composición química y la estructura del material hereditario.

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN..... | 7 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 9 |
| <i>Reflexiones de la actividad experimental en la enseñanza de la química del material hereditario.....</i> | <i>8</i> |
| <i>La enseñanza del ADN y los libros de texto.....</i> | <i>12</i> |
| <i>El docente como transmisor de información.....</i> | <i>19</i> |
| LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES COMO ESTRATEGIA PARA ORGANIZAR Y AMPLIAR LA EXPERIENCIA SOBRE LA QUÍMICA DEL MATERIAL HEREDITARIO..... | 22 |
| OBJETIVOS..... | 25 |
| <i>Objetivo General.....</i> | <i>25</i> |
| <i>Objetivos Específicos.....</i> | <i>25</i> |
| SOBRE LA COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DEL ADN..... | 26 |
| <i>Antecedentes.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Revisión histórica sobre cómo se estableció la regularidad en la composición y estructura del ADN en los seres vivos.....</i> | <i>31</i> |
| CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS..... | 74 |
| <i>I. Revisión histórico- crítica.....</i> | <i>75</i> |
| <i>II. Propuesta experimental a partir de la revisión histórica.....</i> | <i>76</i> |

| | |
|---|-----|
| <i>III. Contexto de implementación.....</i> | 80 |
| <i>IV. Implementación.....</i> | 80 |
| <i>V. Seguimiento y registro.....</i> | 81 |
| <i>VI. Análisis de registros.....</i> | 82 |
| PRODUCCIÓN DISCURSIVA..... | 82 |
| <i>Fase 1: Reconocimiento de la herencia genética.....</i> | 83 |
| <i>Fase 2: Ampliando el mundo microscópico.....</i> | 87 |
| <i>Fase 3: Reconociendo el núcleo celular en las células de las plantas germinadas.....</i> | 91 |
| <i>Fase 4 y 5: Extrayendo la nucleína y Dialogando con Kossel.....</i> | 94 |
| CONCLUSIONES..... | 100 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 102 |
| ANEXOS..... | 108 |
| <i>Anexo 1: Guías que se integran a la propuesta experimental.....</i> | 108 |
| <i>Anexo 2: Interpretaciones de las respuestas de los estudiantes.....</i> | 136 |

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado surge a partir de las distintas reflexiones que nosotros como docentes realizamos sobre la labor en la enseñanza y aprendizaje de la biología en las aulas de clase. Encontramos algunas problemáticas en las formas de enseñar la herencia genética, en un contexto actual en el que se han venido desarrollando distintos avances científicos como: Interpretación de pruebas de paternidad, desarrollo de las vacunas, modificación de los organismos. Por lo que es necesario que el educando conozca y comprenda lo relacionado con estos fenómenos, para que así construya explicaciones, realice formalizaciones y desarrolle preguntas que parecen sencillas de responder, por ejemplo ¿Por qué de una planta de ajo nace otra planta de ajo y no de cebolla?

Nos hemos propuesto implementar un conjunto de actividades experimentales como parte de los procesos de conceptualización y construcción de conocimientos científicos en la clase de ciencias, para enriquecer, ampliar y organizar las experiencias de los docentes y los alumnos, de tal manera que se generarán espacios para pensar y discutir sobre la química del material hereditario y la herencia como un campo de conocimiento que se puede estudiar con el aporte de las preguntas y experimentos que se encuentran documentados en diferentes memorias de científicos como Miescher, Kossel, Levene, Avery, Hershey y Chase, Franklin, Watson y Crick, para así interpretar los supuestos conceptuales que han desarrollado y generar comprensiones, preguntas y explicaciones propias. En esta indagación de los textos de los científicos mencionados hemos encontrado respuestas que se privilegian, asuntos que se revaloran, se abandonan y no se contestan, esto es la ciencia, no tiene un desarrollo lineal, sino que depende de las formalizaciones y construcciones racionales, sociales y culturales de la época en la cual fueron desarrolladas, evidenciándose algunas convergencias y divergencias, que presentan una dinámica conceptual que se retroalimenta constantemente con las diferentes dudas que van surgiendo, el desarrollo de nuevas técnicas,

instrumentos y metodologías. Así mismo sucede en el aula cuando provocamos una dinámica donde el docente y los alumnos se comprometen con unos interrogantes a abordar.

A partir de esta revisión se plantea la propuesta experimental, la cual cuenta con cinco fases, durante la primera los estudiantes se cuestionan sobre las características observables que permiten el desarrollo de los seres vivos, la segunda posibilita que los estudiantes conozcan el instrumento de observación y las técnicas de tinción, la tercera fase genera que reconozcan la presencia de estructuras microscópicas comunes en los diferentes tejidos de las plantas de ajo y cebolla y posibilita que los estudiantes tengan un diálogo a partir de la lectura de Schleiden sobre la función del núcleo celular, la cuarta familiariza a los estudiantes con distintos reactivos químicos que facilitan la extracción de una sustancia del núcleo con una composición química definida y para lo cual se utilizan los apartados experimentales de Miescher y Kossel, y la última que tiene como propósito que los estudiantes se cuestionen sobre la composición química, función y estructura de la sustancia extraída, para ello se utilizan apartados de los escritos de Kossel.

Para el análisis de los registros de la propuesta, se tienen en cuenta las diferentes interpretaciones, dudas y aportes que van surgiendo por parte de los docentes y estudiantes en cada una de las fases así como las reflexiones que surgen en torno a la enseñanza de la química del material hereditario.

PLANTEAMIENTO PROBLEMA

En nuestra experiencia como docentes de ciencias naturales hemos identificado tres problemas involucrados en la enseñanza de la química del material hereditario, los cuales dificultan la creación de prácticas docentes que conlleven a la construcción de conocimientos y fomenten la ampliación de la experiencia de los estudiantes; estos problemas son: Actividad experimental como verificación de teorías, enseñanza del ADN a través de libros de textos, el docente como transmisor de información, este tipo de enseñanza está enmarcada desde una pedagogía tradicional, puesto que lo que se enseña, son contenidos que por tradición los libros de texto y algunos currículos oficiales presentan. “En este sentido, la didáctica solamente se ocuparía del cómo enseñar, dejando de lado la pregunta ¿Qué enseñar?” (Izquierdo, 2008, p. 67-74), además convierten al estudiante en un receptor de contenidos, sin dársele la opción de que este piense, analice e identifique problemáticas relacionadas con el fenómeno estudiado.

Reflexiones de la actividad experimental en la enseñanza de la química del material hereditario

La enseñanza tradicional que utilizamos los maestros, sobre la composición química del material hereditario, durante el desarrollo de prácticas experimentales, se basa en seguir procedimientos de extracción de una sustancia, a partir de algunos órganos y células de seres vivos (hígado de pollo, zumo de papaya, guisantes y plátano), los cuales son tomados de algunos libros de texto, por ejemplo *zona activa ciencias 9* (Quiroga, G. et al. 2011), 75 experimentos en el aula (Antolin, F. et-al. 2014) y experimentos para feria de las ciencias con materiales caseros (Vargas, M. 2006). Estos contienen algunos métodos y protocolos estandarizados que son aplicados en el trabajo experimental, que se proponen “la elaboración de una serie de actividades que son implementadas en el aula para facilitar la comprensión de conocimientos de las ciencias naturales, para tal fin se utilizan experiencias que

buscan que los conceptos vistos en las clases teóricas se desarrollen de manera experimental, con adaptaciones a hechos de la vida cotidiana. Además, que los niños entiendan la aplicación de estos conocimientos a sus realidades, de tal forma que los temas estudiados en clase no son solo teoría ajena a su mundo, sino que es parte de él” (Antolín, F. et-al. 2014, p. 8).

Para esto se establecen unos aspectos básicos con el propósito de realizar los experimentos sobre la extracción del ADN y facilitar la práctica docente, mediante un procedimiento de laboratorio que contiene los siguientes ítems: título (intención del laboratorio), objetivo (Meta a alcanzar), ficha - resumen (Marco conceptual del ADN), materiales (recursos), procedimientos (como se lleva a cabo el laboratorio), preguntas orientadoras (análisis y reflexión de lo desarrollado), cuyo objetivo es obtener unos resultados que comprueben una teoría.

En este tipo de enseñanza, los docentes asumimos la teoría como la apropiación permanente y acumulativa de proposiciones verdaderas con respecto al mundo, por lo tanto utilizamos experimentos que pesen en favor de dicha ley o teoría científica, para su respectiva verificación mediante la descripción de las relaciones causales de los fenómenos relacionados con la herencia, sin embargo creemos que la actividad experimental en la clase, no solo se debe plantear desde esta perspectiva, sino también es necesario profundizar sobre el contexto en el que se desarrollan dichas teorías, esto repercute en la forma como los maestros pensamos, identificamos las problemáticas y diseñamos las prácticas que contribuyen a que los estudiantes realicen análisis de los procesos y dinámicas involucradas en la apropiación y reconstrucción de saberes científicos (Ayala, 2004), ya que el docente debe reflexionar sobre la actividad científica en el contexto del aula para su transformación cultural (Guidoni et al. 1990).

En la enseñanza de las ciencias cuando los docentes consideran que las prácticas experimentales son herramientas para la verificación de las teorías, las utilizan

como una estrategia que facilita realizar observaciones directas por el educando, sobre un fenómeno de estudio, a partir de resultados que confirman la teoría, asumiendo el experimento similar a como se aborda en las comunidades científicas, no obstante creemos que también se puede utilizar como una herramienta que genere condiciones para que el estudiante aborde y organice un fenómeno de estudio, para así privilegiar la producción de conocimiento más que la adquisición del mismo, la construcción de explicaciones y los cuestionamientos en los alumnos.

Para ampliar y organizar el fenómeno de estudio los maestros deben tener presente en el desarrollo de actividades experimentales algunos aspectos, que son fundamentales en la construcción de conocimientos científicos, como por ejemplo, la discusión de la importancia del trabajo a realizar, definición de la problemática de acuerdo al contexto en el que se inserta, la participación de los estudiantes en el planteamiento de afirmaciones y elaboración de los experimentos y las interpretaciones a partir de los resultados obtenidos. (Carrascosa, Gil Pérez, Vilches, & Valdés, 2006, p. 161)

Por último en las prácticas tradicionales los docentes solemos asumir el experimento como un medio para extraer y establecer la estructura del ADN o como base para la elaboración de conceptos sobre el mismo, lo que permite definir: en qué consiste la experiencia a desarrollar, efectos que produce y lo que se debe observar, sin establecer estrategias cuyos objetivos sean fortalecer y ampliar los fenómenos relacionados con la química del material hereditario, mediante la definición de criterios que determinan sus cualidades a través de la revisión histórico-crítica, lo cual favorece “poner en evidencia el carácter dinámico de la organización de las cualidades a su vez que propicia la discusión con los autores que han abordado estas problemáticas, las formas de proceder en la construcción y caracterización de las experiencias realizadas” (Malagón, F. Sandoval, S. y Ayala, M. 2011, p. 5).

De esta manera se promueve un ambiente de construcción de conocimientos, que conlleva al educando a generar formalizaciones, como formas de pensar y hablar sobre la química del material hereditario, a través de actividades experimentales planteadas desde una revisión histórica, por lo tanto al desarrollar la práctica de extracción de ADN, no se dará por hecho que a partir de esta experiencia se establece la estructura de la molécula, sino que se van a generar varias actividades, que contribuyan a que el estudiante piense fenómenos relacionados con la herencia, como la composición química y la manera como se relaciona con su organización.

En este orden de ideas como lo afirma Sandoval, S. Malagón, J.F Garzón, M. Ayala, M y Tarazona, L (2018, p. 23). “La ampliación de la experiencia y organización de los efectos sensibles dentro de la actividad de formalización y construcción teórica también implica romper con la dicotomía teoría-experimento”. Cuando se abordan de esta manera las actividades experimentales, se generan espacios de discusión, en donde los estudiantes pueden realizar análisis y reflexiones sobre los resultados obtenidos durante la experimentación, por lo tanto, en este trabajo de grado el experimento no es tomado como complemento de la teoría, ni la teoría como complementaria al experimento, sino que ambos son procesos de construcción y formalización de los aspectos que se ponen en relación cuando se plantean problemas, explicaciones y experiencias acerca de la química del material hereditario.

La enseñanza del ADN y los libros de texto

Los libros de texto son el punto de referencia para las diferentes secuencias temáticas que se desarrollan durante el año escolar, en la Institución Educativa Nuevo Compartir, además sirven para que nosotros los docentes organicemos distintas actividades experimentales en el aula, las cuales son entendidas como prácticas que permiten validar principios y leyes, por lo que no se posibilita que los estudiantes

construyan sus interpretaciones y explicaciones sobre los fenómenos estudiados. Como hemos dicho antes, en este trabajo se considera que la práctica experimental tiene que ver principalmente con la construcción y comprensión de las fenomenologías en estudio, y con ello con la ampliación y organización de la experiencia de los sujetos, así como con la formalización de relaciones y con la concreción de supuestos conceptuales que no son tenidos en cuenta durante el desarrollo de los textos escolares (Malagón, F. Sandoval, S. y Ayala, M. 2011, p.7).

Existe otro problema que como docentes de ciencias naturales hemos identificado con relación al material de apoyo (libros para secundaria), se ha encontrado que en muchos casos las imágenes y el contenido de estos textos sobre el ADN, al ser trabajados en el aula de clase, no ofrecen la oportunidad a los estudiantes de asociarlos con la experiencia sensible, sino que se dedican a explicar las partes que lo conforman y la función de cada una de ellas. Por ejemplo, en la imagen 1 (Quiroga, G. et al. 2011, p.12) se puede evidenciar que uno de los cuestionamientos que se realiza a los alumnos es: “Observa la fotografía y describe las características estructurales del ADN”, donde el docente toma como guía la respuesta establecida en el libro, “El ADN está compuesto por dos cadenas de polinucleótidos dispuestos alrededor de un eje central formando una doble hélice”. ¿Qué es un cromosoma? “Son estructuras moleculares que albergan información de manera organizada. Dichas estructuras se encuentran en el núcleo de la célula y están conformadas por ADN y proteínas” Además proponen una actividad a los estudiantes donde tienen que elaborar un modelo del ADN con diferentes materiales; argumentando que esto ejercita la inteligencia espacial y facilita la comprensión de la estructura de la molécula. Este tipo de observación que realiza el estudiante es dirigida, puesto que ya hay un objetivo planteado por quien realiza el libro y es concreto, en este caso es reconocer la estructura del ADN, por lo que el estudiante debe extraer una serie de datos para poder alcanzarlo, lo cual no se logra solo con la observación de la imagen por parte del estudiante, sino es necesario como docentes empezar a

analizar aspectos como los colores que se utilizaron en la imagen para representar los nucleótidos, las dimensiones de la doble hélice y la distribución de las bases nitrogenadas, para así relacionarlos con la construcción histórica que permitió el establecimiento de la doble hélice, lo cual posibilita identificar unos supuestos conceptuales, en donde se reconocen relaciones entre la composición y la estructura del material hereditario que son importantes llevarlas al aula para invitar al estudiante a pensar el contexto histórico, problemáticas que surgieron en la época, preguntas que llevaron a los científicos a cuestionarse sobre el fenómeno, técnicas y métodos experimentales desarrollados.

Por lo que es importante tener en cuenta las problemáticas y el contexto que conlleva a los distintos autores a plantearse preguntas que derivaron en la construcción de conceptos como lo son: Cromosoma, ADN, Ácidos nucleicos y Doble hélice. Estos problemas se relacionan con las formas de pensar, actuar, instrumentos y técnicas de la época en la que fueron construidos, por eso como maestros es necesario realizar una revisión histórico-crítica de textos científicos, en donde se entable un diálogo con los distintos autores, para establecer cuál fue el objeto de estudio o la situación problema y la dinámica de la construcción y organización del fenómeno, de esta manera se podrían plantear actividades que relacionen los distintos modelos teóricos con las prácticas propuestas en los libros, lo que conlleva a que los estudiantes desarrollen formas de pensar, un lenguaje, realicen formalizaciones y que comprendan cada uno de estos conceptos.

En las prácticas, en donde los docentes usan el libro como guía, se hace énfasis en la importancia de los contenidos, “por lo que muchos maestros lo utilizan de manera cerrada, sometiéndose al currículum específico que se refleja en él, tanto en lo que se refiere a los contenidos de aprendizaje como a la manera de enseñarlos” (Parcerisa Aran, 1996, p. 35), lo cual no significa que no sean necesarios en el proceso de enseñanza - aprendizaje, sino como lo afirma Prendes (1994, p. 428), “El mal no está en el medio en sí, sino en el uso que de él se haga.

El libro puede contribuir a la reflexión, a la creación y al aprendizaje innovador o por el contrario puede convertirse en un instrumento que degrada y deforma la enseñanza”. Por lo tanto los docentes debemos realizar actividades complementarias a las que se encuentran en los libros, que contribuyan a la construcción de explicaciones dentro del aula a través del vínculo sujeto - teoría - actividad experimental. Si el docente no lo hace ni reflexiona sobre el contenido de los libros, no se posibilita ampliar su experiencia y la del estudiante sobre el fenómeno en estudio, puesto que no contribuye a que se configuren y construyan explicaciones propias a partir del experimento propuesto en el texto guía, ya que se plantean respuestas y se tiene como objetivo llegar a ellas, por lo que es importante como educadores proponer nuevas prácticas que enriquezcan los conocimientos, para así incentivar la producción de escritos, el desarrollo del discurso oral de los participantes, generar reflexiones y análisis sobre lo observado durante la experiencia sensible.

En este orden de ideas cuando el docente haga uso de los libros, debe revisar sus contenidos y relacionarlos con las prácticas implementadas en el aula, considerando los intereses y problemáticas de la comunidad educativa, la disponibilidad de recursos para desarrollar las actividades que contiene y complementar desde otras perspectivas tecnológicas y científicas los saberes, para lo cual se debe contemplar el contexto socio-cultural del estudiante, por consiguiente los profesores utilizan los libros como herramientas de apoyo que ayudan en la construcción de conocimientos y se complementan con otras experiencias. De esta manera fomentan en los educandos la discusión, el análisis, reflexión y construcción de explicaciones en torno a los contenidos y actividades experimentales que se encuentran en los libros sobre la química del material hereditario, por lo tanto es necesario que profesor-estudiante mantengan un papel activo antes, durante y después de realizadas las distintas actividades, para así

promover en ellos la producción de textos y discursos, además de reconocer las explicaciones y argumentaciones construidas sobre el fenómeno.

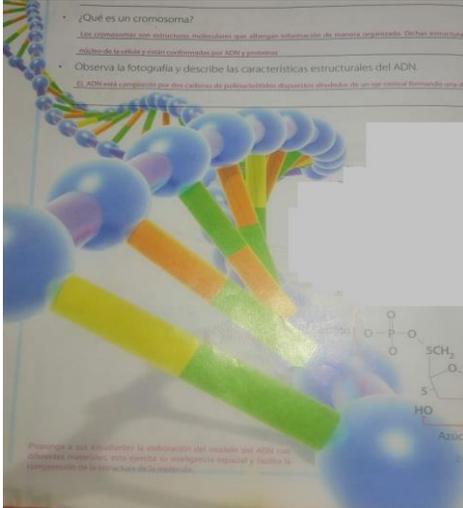


Imagen 1. Tomado de Quiroga, G. et al (2011, p. 12)

“El ADN (ácido desoxirribonucleico) es una molécula de naturaleza ácida, conformada por dos cadenas de bloques que se repiten llamadas nucleótidos. Un nucleótido tiene tres partes: un grupo fosfato, un azúcar de cinco carbonos llamados desoxirribosa y una base nitrogenada. Existen cuatro bases nitrogenadas las purinas que poseen un anillo doble y se llaman adenina y guanina, y las pirimidinas que poseen un anillo simple y se llaman timina y citosina”

A partir del análisis de la imagen 1 del texto, se evidencia una construcción teórica de los autores que elaboraron el libro y pretende servir de guía para que el docente explique la estructura del ADN, de acuerdo a representaciones que el estudiante debe asumir como verdaderas. Incluso al observar con detenimiento y realizar una respectiva revisión de esta, se evidencia que no corresponde con los avances teórico-históricos, puesto que los bloques de construcción de la cadena de ADN en la imagen indican que los enlaces covalentes formados entre las pentosas y el grupo fosfato son los mismos que se forman entre las bases nitrogenadas sin evidenciar los puentes de hidrógeno, adicionalmente los colores de estas bases no se diferencian claramente, lo que lleva a inferir que existen solo tres de estas en la estructura del ADN, provocando que los educandos se confundan o incurran en posibles errores conceptuales, ya que la estructura representada no es acorde con los experimentos y descripciones que realizan los distintos autores para diferenciar la composición química y estructura del material hereditario

Además, la cadena mostrada en el texto no muestra claramente una estructura helicoidal y el uso de los colores azul, morado, verde, amarillo y naranja no hace

posible que el estudiante relacione la experiencia práctica al extraer una hebra de color blanco con la teoría sobre la doble hélice del ADN. También en cuanto a la estructura química se muestran unos símbolos y líneas que muchas veces puede poseer interpretaciones distintas por parte de los estudiantes, por lo que se hace necesario que el docente lo relacione con las problemáticas, intereses, preguntas, técnicas e instrumentos que conllevan a los distintos científicos a pensar y estudiar la química del material hereditario, con el objetivo de que desarrollen formalizaciones y comprensiones propias.

Finalmente, los libros revisados describen unos conocimientos propios de ciencia como “fibrilar” o “cromatina”, asumiendo que todos los alumnos comprenden estos conceptos o que el docente ya definió dichas palabras antes de desarrollar la práctica de extracción del ADN, además de formular una serie de preguntas con sus respuestas, por lo que en este trabajo de grado se considera que las interpretaciones que hacen los estudiantes con relación a un objeto en particular, no dependen únicamente de las definiciones que el docente haya presentado, sino que los educandos pueden construir unas propias a partir de las interacciones que se producen en el aula entre maestro-alumnos a continuación se evidencian algunas respuestas encontradas en los textos escolares analizados, por ejemplo:

a. ¿Qué es la cromatina?

Rta/ “Es una Sustancia que se encuentra en el núcleo de la célula formando el material cromosómico durante la interfase; está compuesto de ADN unido a proteínas”

b. ¿Por qué se utiliza detergente lavavajillas en la práctica?

Rta/ “porque el lavaplatos contiene enzimas que degradan los lípidos que conforman las membranas de las células”

Tomado de Quiroga, G. et al (2011, p. 12)

Estas respuestas se encuentran en los libros con el propósito de que el estudiante entienda la composición y estructura del ADN, el objetivo planteado por quien los elaboraron es concreto, en este caso se debe reconocer la estructura de la molécula, por lo que el educando debe extraer una serie de datos para poder alcanzarlo, lo cual consideramos que no se logra solo con la transmisión de una información utilizando el texto guía, sino que es necesario como docentes empezar a analizar el contexto histórico y experimental, en donde se desarrollaron los supuestos conceptuales sobre la química de la herencia genética y se deben generar prácticas experimentales que posibiliten pensar el fenómeno de estudio.

De esta manera se da la oportunidad de trabajar de acuerdo con las interpretaciones que derivan de las observaciones del fenómeno, las cualidades que este expresa y los cuestionamientos que generan los sujetos durante las distintas experiencias.

Por lo tanto en este trabajo de grado se utilizan los libros como una herramienta de apoyo, para identificar procedimientos experimentales y complementarlos con otras experiencias diseñadas a partir de unos supuestos conceptuales de algunos científicos, los cuales son recogidos durante la revisión histórico-crítica de la química del material hereditario y sirven para establecer criterios y realizar un conjunto de actividades experimentales, cuyo objetivo es que los estudiantes realicen explicaciones, identifiquen técnicas y métodos, que les permita comprender el fenómeno en estudio y no se utilizaron como una guía que transmite información de un currículum específico que se refleja en él, tanto en lo que se refiere a los contenidos de aprendizaje como a la manera de enseñarlos.

El docente como transmisor de información

En la enseñanza del ADN, nosotros como docentes buscamos resaltar la importancia que tiene la estructura de la doble hélice, en cuanto que permite realizar comprensiones sobre el almacenamiento de la información y la transmisión de esta, además pretende que los estudiantes logren establecer relaciones con los distintos

conceptos que se han construido en el desarrollo histórico de la biología molecular, como lo son: genes, proteínas, mitosis, meiosis, reproducción y funciones celulares.

Para conseguir dicho objetivo recurrimos a diseñar e implementar algunas actividades como por ejemplo: lecturas, videos, experimentos y explicaciones teóricas, en donde transmitimos una información, la cual posteriormente será evaluada mediante pruebas escritas o una serie de preguntas que son elaboradas, las cuales buscan indagar los conceptos aprendidos desde las teorías científicas aceptadas, sin cumplirse lo propuesto, puesto que no se le da la oportunidad a los educandos de construir explicaciones, cuestionarse y realizar comprensiones de acuerdo a sus experiencias sobre el fenómeno de la química del material hereditario. (Ariza, L., Caicedo, V. 2018)

En este tipo de enseñanza para el desarrollo de las clases se utilizan los libros y la información que se encuentra en la internet, con el propósito de planear una serie de actividades que permiten que el docente explique los temas, a través de la repetición de una serie de conceptos establecidos desde paradigmas científicos, los cuales son asumidos como verdades absolutas y verificados mediante experimentos que se plantean en el aula de clase, con el fin de ser comprobados, en donde muchas veces no se tiene en cuenta los resultados que son distintos a los esperados, sino solo aquellos que comprueban la teoría.

Desde este tipo de prácticas, se puede deducir que los estudiantes extraen conclusiones lógicas y válidas a partir de un conjunto dado de premisas o proposiciones, dicho de otra forma, un modo de pensamiento que va de lo más general (como leyes y principios) a lo más específico (hechos concretos) asumiendo realidades estáticas (Cook y Reichardt, 1986), se toma al maestro y estudiante como consumidores pasivos de contenidos, uno lo reproduce y el otro lo adquiere.

Desde este tipo de enseñanza la experimentación es tomada como verificación de teorías y el rol del docente como reproductor pasivo de contenidos y procedimientos,

sin embargo en este trabajo se tendrá en cuenta otro enfoque, en donde se reconoce la importancia de la actividad experimental como estrategia pedagógica en la enseñanza de las ciencias, la cual puede ser utilizada por los docentes para organizar y ampliar su experiencia y la de los estudiantes sobre la química del material hereditario, esta será asumida desde una perspectiva fenomenológica, entendiéndose como un espacio, en donde se establece una relación íntima y dinámica entre la construcción de fenomenologías y el desarrollo de procesos de formalización. (Malagón, F. Ayala, M. Sandoval, S. , 2013, p. 87)

Con base en los abordajes que nos hemos propuesto, planteamos la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo enriquecer, ampliar y organizar las experiencias desde el diseño de una propuesta experimental que les permita a los sujetos pensar la química del material hereditario?

De acuerdo con lo que afirman Steward y Kirk (Citados por Bugallo, 1995) la genética es un campo de estudio que repercute en la comprensión y desarrollo de explicaciones sobre los fenómenos de la vida como la evolución y la herencia, es una de las disciplinas de la biología más estudiadas en didáctica de las ciencias. Puesto que en la actualidad tiene aplicaciones en el desarrollo tecnológico, social, económico y cultural de los países, por lo tanto su enseñanza en las aulas posibilitaría que los estudiantes desarrollen una mejor interpretación frente a los diferentes contextos que posibilitan su desarrollo y aplicabilidad.

La forma en la cual generalmente la hemos abordado en las aulas de clase es a partir de un enfoque tradicional, en donde se presentan ejemplos y ejercicios sobre la transmisión de los caracteres hereditarios desde las perspectivas mendelianas y la genética molecular, sin tener en cuenta, en la mayoría de los casos, las visiones y perspectivas históricas sobre la construcción del concepto de herencia, las preguntas que se realizaron los científicos, las ideas que los estudiantes van

construyendo y las diferentes experiencias que pueden vivenciar desde el desarrollo de propuestas experimentales, lo cual podría contribuir a mejorar su comprensión.

Por lo tanto tal como lo afirman Ayuso y Banet (2002) se hace necesario que los docentes les proporcionen a los educandos marcos de referencia conceptual sobre la manera en la que se transmiten los cambios y las características hereditarias, por lo que desde el desarrollo del presente trabajo de grado, se considera que la manera de proporcionar estos marcos de referencia es desde la selección de criterios mediante el desarrollo de un análisis histórico-crítico, para así plantear actividades experimentales, que son espacios generados con el propósito de que los estudiantes construyan significados y establezcan relaciones como lo indica Jacob (1970) que sean de primer orden, o macroscópicas, cuyas características son observables, de segundo orden, que depende del análisis cuidadoso sobre las formas y propiedades de los seres vivos, y de tercer orden, la cual implica establecer relaciones entre las disciplinas que generen explicaciones propias del estudiante sobre la transmisión del material hereditario, su composición y la manera como se relaciona con la estructura.

De esta manera se considera que a partir de dicha revisión se logra reformular las posturas epistemológicas, prácticas disciplinares, pedagógicas y didácticas de los maestros, con el propósito principal de que ellos junto con sus estudiantes piensen y cuestionen sobre la química del material hereditario a partir del desarrollo de prácticas experimentales, para así lograr un proceso de construcción conceptual que permita la comprensión del fenómeno y fomentar la curiosidad e interés por profundizar en el tema.

LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES COMO ESTRATEGIA PARA ORGANIZAR Y AMPLIAR LA EXPERIENCIA SOBRE LA QUÍMICA DEL MATERIAL HEREDITARIO

La actividad experimental se suele asumir y desarrollar de acuerdo con lo que se encuentra en los libros de texto y diferentes fuentes, en donde ya hay una información y algoritmos que se espera que el estudiante adquiera, sin tener en cuenta las perspectivas y las comprensiones que ellos realizan durante el desarrollo de los trabajos prácticos, no existe una relación entre las temáticas vistas en clase y lo que se desarrolla experimentalmente, puesto que se utiliza el experimento como verificación de teorías.

Cuando se enseña el ADN en el aula de clase se ha podido evidenciar que para el desarrollo de la temática “Composición y estructura del ADN” los estudiantes se limitan a definir la función del ADN como el encargado de transferir las características hereditarias en los seres vivos. Esto posiblemente se debe a los métodos tradicionales de enseñanza, que se enfocan en transmitir información sin darle la posibilidad a los niños de generar procesos de formalización conceptual, apoyados por la realización de actividades experimentales que aporten a la comprensión y construcción de explicaciones relacionadas con las preguntas que se generan en las nuevas experiencias que se vivencian.

En el presente trabajo de grado se considera que realizar un análisis histórico-crítico sobre el fenómeno de la química del material hereditario mediante la revisión de las memorias de algunos autores que han contribuido al desarrollo de la composición y estructura del ADN, aporta a la comprensión de la herencia genética por parte del docente para luego, realizar esquemas de organización de las actividades abordadas en el aula y determinar criterios para ampliar la experiencia de los estudiantes, privilegiar ciertas concepciones desarrolladas por algunos científicos, retomar elementos que configuren situaciones problema para dinamizar la actividad

cognitiva de los educandos, destacar razones para priorizar ciertas técnicas y desarrollos conceptuales que contribuyan al diseño de actividades experimentales para implementar en el aula, lo cual generará que los alumnos realicen procesos de formalización, considerando estos como el desarrollo de formas de pensar y expresarse acerca del objeto de estudio, además ayuda al reconocimiento y a la utilización de técnicas, manipulación de instrumentos y construcción de explicaciones (Malagón et-al, 2013 p.35).

Estas pueden ser enriquecidas mediante el diseño de prácticas experimentales que tengan en cuenta la revisión histórica del fenómeno, lo cual no se limita en definir la función del ADN, sino que podemos profundizar en la composición y estructura del mismo, esto nos permitirá la comprensión del objeto de estudio, como lo plantea Malagón et al (2011, p. 124) “la práctica experimental tiene que ver principalmente con la construcción y comprensión de las fenomenologías en estudio, y con ello con la ampliación y organización de la experiencia de los sujetos, así como con la formalización de relaciones y con la concreción de supuestos conceptuales” a través de la cual se puede tomar como referencia a los principales autores que contribuyen a la explicación de este fenómeno.

Durante el desarrollo de esta investigación se seleccionan y abordan algunas contribuciones experimentales y conceptuales que llevaron a los científicos a ligar la transmisión de información hereditaria con una clase de material de carácter bioquímico, para esto se revisaron las memorias de Friedrich Miescher, Albrecht Kossel, Phoebus Levene, Oswald Avery, Rosalind Franklin, Watson y Crick, con este ejercicio se hace una identificación de las problemáticas que le surgieron a cada autor, preguntas que se formularon para desarrollar su investigación, las técnicas e instrumentos utilizados y la construcción de explicaciones sobre el fenómeno de estudio, con el fin de diseñar una propuesta experimental “como parte estructurante de los procesos de conceptualización y construcción de conocimiento científico en la clase de ciencias”. (Sandoval et al,2018, p. 12).

A partir de la construcción de esta base fenomenológica se busca analizar registros de imágenes, dibujos, técnicas de instrumentación, preguntas que surgen a partir de la experiencia, dentro de los procesos de formalización para ampliar y consolidar la reflexión sobre los elementos epistemológicos y cognitivos implicados en la comprensión del fenómeno de la química del material hereditario, que le van a permitir al estudiante comunicarlo y caracterizarlo. (Sandoval et al, 2018)

Finalmente es importante aclarar que en el presente trabajo de grado se utilizan las siguientes reflexiones conceptuales, las cuales son comprendidas de la siguiente manera: propuesta experimental, esta consiste en el diseño de una estrategia pedagógica y didáctica a partir de esquemas organizacionales extraídos del análisis histórico-crítico; práctica experimental se asume como la construcción de explicaciones que realizan los maestros y estudiantes en cuanto a la química del material hereditario, con lo que se contribuye a ampliar y organizar la experiencia de los sujetos para desarrollar formalizaciones; la actividad experimental son el conjunto de experiencias desarrolladas en el aula que posibilitan pensar y cuestionar el fenómeno de estudio; y finalmente el trabajo práctico es lo que posibilita que los estudiantes reconozcan las técnicas y métodos utilizados durante las diferentes experiencias, dándole un sentido la composición y estructura de dicho material.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar un análisis histórico-crítico sobre la química del material hereditario, para así seleccionar criterios que contribuyan a diseñar una propuesta experimental que le permita al estudiante y maestro pensar, ampliar y organizar la experiencia sobre la composición y estructura del ADN.

Objetivos específicos

- Identificar la mirada fenomenológica en torno a la construcción histórica de los diferentes científicos sobre estructura y composición del ADN
- Relacionar las actividades experimentales con el análisis histórico crítico realizado sobre la composición y estructura del material hereditario, para así generar espacios en donde los estudiantes y maestros reflexionen el problema de la herencia.
- Analizar registros a partir de la actividad experimental con el propósito de caracterizar en lenguaje, las formalizaciones, preguntas y explicaciones construidas del fenómeno.

SOBRE LA COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DEL ADN

En este apartado se realiza una revisión de antecedentes y un análisis histórico-crítico sobre el fenómeno de la química del material hereditario, con el propósito de comprender los distintos desarrollos conceptuales, experimentales e instrumentales sobre su composición y estructura.

Antecedentes

Para el desarrollo del presente trabajo de grado se revisan las siguientes tesis: La herencia: la cuestión de lo evidente al modelo para su comprensión, Ariza, L. y Caicedo, V. 2018; ¿Por qué los hijos se parecen a los padres?: una mirada desde la herencia biológica, Burgos, J. y Hernández, S. 2016: Un aporte para la enseñanza de la transmisión de rasgos hereditarios desde una perspectiva histórica que fortalece la argumentación, Pinzon, G y Sarmiento, R. 2014 , las cuales son realizadas en la Universidad Pedagógica Nacional, maestría en docencia de las ciencias naturales, estas hacen énfasis en el estudio del fenómeno de la herencia genética mediante la revisión histórica, para así realizar propuestas de enseñanza que permitan a los estudiantes construir lenguajes, formas de pensar y explicaciones respecto a procesos biológicos pero no realizan profundización en la química del material hereditario. En estos trabajos revisados se evidencia una profundización en la constitución de la teoría de la herencia, enfocándose en supuestos históricos, epistemológicos, experimentales, disciplinares y ontológicos de propuestas planteadas por diversos científicos, en donde encuentran que dependiendo de los intereses de estos, técnicas, instrumentos, problemas de la época se pueden analizar los aportes de la genética mendeliana, la teoría cromosómica y la biología molecular, lo que es importante para establecer criterios pedagógicos y didácticos que contribuyan al mejoramiento de las prácticas de enseñanza de las ciencias, en donde los estudiantes puedan problematizar,

cuestionar, adquirir competencias argumentativas, construir explicaciones y desarrollar un pensamiento crítico.

La herencia: la cuestión de lo evidente al modelo para su comprensión, Ariza, L. y Caicedo, V. 2018.

En este trabajo de grado se hizo una profundización histórica y teórica en la constitución de la teoría de la herencia, con el fin de realizar un análisis, a partir del cual se enfoca en la base epistemológica y ontológica de siete propuestas planteadas por los siguientes autores: Mendel, Sutton, Morgan, Griffith, Avery, Hershey y Chase, Watson y Crick, en donde encuentran que dependiendo de los intereses, técnicas, instrumentos, problemas de la época en determinado espacio y tiempo, conlleva a que las explicaciones construidas sobre la herencia por parte de los autores mencionados anteriormente puedan converger o divergir.

Para cumplir con dicho objetivo se analizan los aportes de la genética mendeliana, la teoría cromosómica y la biológica molecular, en estos últimos concuerda con lo propuesto en el trabajo a desarrollar en la presente tesis, puesto que se enfoca en la química del material hereditario, cuyos estudios repercuten en la profundización en técnicas moleculares desarrolladas por algunos autores en común como lo son: Avery, Hershey y Chase, Watson y Crick. Además, también se considera que es importante utilizar la historia de las ciencias para enriquecer el conocimiento del maestro, para así desarrollar propuestas experimentales que se constituyan como base para la comprensión de ciertos fenómenos naturales.

De acuerdo con lo dicho anteriormente se hace énfasis en el capítulo de la tesis “La herencia más allá de lo microscópico. El mundo de los átomos y las moléculas”, en el cual se presenta una serie de estudios que son relevantes para constituir la base epistemológica y ontológica de este trabajo, puesto que mediante el análisis histórico se hace evidente que ya no es suficiente abordar el estudio de la herencia

desde las prácticas tradicionales, sino que es necesario, enriquecer desde otras áreas como la química y la física, el abordaje de procesos biológicos.

Esto contribuye al estudio de la organización molecular de las células, accediendo a un nuevo nivel de comprensión y a la construcción de explicaciones respecto al fenómeno de la química del material hereditario, desde esta perspectiva la memoria de la herencia se emplaza en una estructura de tercer orden (Jacob, 1970, pág. 198). Esta hace referencia a aquello que está contenido en las mismas células, y que no se ha visto mediante las técnicas de microscopía descritas hasta finales del siglo XIX.

Es a inicios del siglo XX, que se pasa de tomar el gen, como ente de razón, sin cuerpo, sin densidad, sin sustancia, para sustituir esta concepción abstracta por un contenido concreto (Jacob, 2005), esto significa que la mecánica de la herencia requiere la presencia en los cromosomas de una sustancia dotada de dos raras virtudes: el poder de replicar con exactitud y el de influir a través de su actividad en las propiedades del organismo, para de esta manera acceder a la estructura que regula la herencia, por lo que no basta con realizar observaciones de una serie de caracteres, seguir las recombinaciones genéticas durante las distintas generaciones y medir la frecuencia con la que se expresa, sino que se necesita un diálogo entre la genética y la química.

Es así como surge la necesidad de dotar a los cromosomas y genes de un material, puesto que todo concordaba que era la información de dichos cuerpos la que se transmitía de generación en generación y se relacionaba con las leyes propuestas por Mendel.

¿Por qué los hijos se parecen a los padres?: una mirada desde la herencia biológica, Burgos, J. y Hernández, S. 2016.

Al abordar el presente trabajo de grado se evidencia la importancia de profundizar en los supuestos históricos, epistémicos, experimentales y disciplinares que contribuyeron a que la herencia sea un problema de conocimiento biológico, a partir de dicha profundización se pueden establecer criterios pedagógicos y didácticos que contribuyen al mejoramiento de las prácticas de enseñanza de las ciencias, los autores consideran que esto ayuda a enfocar hacia la construcción de conocimientos que posean un sentido y significado para el estudiante, además promueven el pensamiento crítico frente a los nuevos desarrollos y evolución de la genética, se considera que también contribuye a develar las preguntas que se realizan las diferentes personas que han trabajado en la química del material hereditario, los métodos, técnicas e instrumentos, para mejorar su comprensión en cuanto a la estructura y composición, tanto para los docentes como para los estudiantes.

La revisión histórico crítica lleva a definir las características que han hecho de la herencia un problema de conocimiento biológico, permitiendo orientar el diseño de propuestas de análisis e intervención en el aula sobre problemas de la herencia biológica, la reproducción de los organismos, la teoría celular, la teoría evolutiva y la materialidad de la herencia, lo que establece criterios pedagógicos y didácticos para que los docentes y estudiantes puedan problematizar, cuestionar y desarrollar el pensamiento crítico, lo cual aporta en nuestra experiencia en la construcción y comprensión del concepto sobre la materialidad de la herencia, específicamente la química del material hereditario.

De acuerdo a lo que consideran los autores y a lo que se trabaja en esta tesis la propuesta de aula es un ejercicio de interacción entre los saberes que confluyen durante el desarrollo de las clases y desde los cuales se puede reflexionar sobre las prácticas de enseñanza, haciendo énfasis en la importancia de los interrogantes que se generan durante la enseñanza y el aprendizaje sobre la herencia genética, tanto de los docentes como de los estudiantes, en tratar de reconocer las

singularidades de las prácticas de enseñanza, lo cual va mucho más allá de la administración de currículos hasta llegar a la construcción de sentidos y significados, a partir de procesos concertados de interacción en el aula, desde los cuales se pretende enfocar las actividades experimentales de esta investigación que tiene como objetivo ampliar y organizar la experiencia de los educandos en cuanto a la química del material hereditario.

Un aporte para la enseñanza de la transmisión de rasgos hereditarios desde una perspectiva histórica que fortalece la argumentación, Burgos, J. & Hernández, S. 2016.

A partir de la presente tesis se puede analizar una visión histórica de la herencia como forma para desarrollar competencias argumentativas, específicamente a partir de las leyes de Mendel como referente conceptual para diseñar e implementar una propuesta que les facilita a los estudiantes de grado décimo <<desarrollar explicaciones en torno a la transmisión de los rasgos hereditarios>>.

Esta investigación es un referente a nuestro trabajo de grado ya que se establecen concepciones ontológicas, epistemológicas, componentes históricos y conceptuales sobre la herencia Pre-Mendeliana, Mendeliana y Post-Mendeliana, convirtiendo a la herencia en un saber teórico y práctico de la biología (Jacob, 1970) que los estudiantes construyen, empleando términos y explicaciones propias sobre el fenómeno de la transmisión de los rasgos hereditarios, y favoreciendo a los educandos formular distintas maneras de argumentar los fenómenos biológicos de la herencia, de construir explicaciones, y de “estudiar lo vivo”

Análisis histórico-crítico: Revisión histórica sobre cómo se estableció la regularidad en la composición y estructura del ADN en los seres vivos.

Para desarrollar el análisis se seleccionaron los siguientes autores que realizaron distintos aportes en torno a la composición y estructura del ADN: Friedrich Miescher, Albrecht Kossel, Phoebus Levene, Oswald Avery, Rosalind Franklin, Watson y Crick, utilizando fuentes directas de algunas memorias escritas por ellos como: “Sobre la composición química de las células de pus (Miescher, F. 1869)”, “ La composición química del núcleo celular (Kossel, A. 1910)”, “The structure of yeast nucleic acid (Levene, P. 1917)”, “Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types *iii*. *an improved method for the isolation of the transforming substance and its application to pneumococcus types ii, iii, and vi* (Avery, O. y McCarty, M. 1945)”, “Configuración molecular en timonucleato de sodio (Franklin, R. y Raymond, G. 1953)”, “La doble hélice. Un relato autobiográfico sobre la doble hélice del ADN (Watson, J. 1968).

En estos documentos se encuentran algunos aportes que contribuyen a pasar de las observaciones del mundo macroscópico y microscópico hacia la organización de las células, donde se accede a un nuevo nivel de tercer orden, que aumenta la capacidad explicativa de la herencia (Jacob, 1970), además contribuyen al desarrollo de problemáticas propuestas en el presente trabajo de tesis, como lo son ¿Qué es lo que se hereda? ¿Dónde se encuentra ubicada la sustancia que sirve como medio para la herencia? ¿Cuál es la composición química de la sustancia que alberga la herencia genética? ¿Cómo se organiza internamente dicha sustancia? ¿Qué relación existe entre la composición y su estructura? ¿Qué metodologías experimentales desarrolladas por los diferentes científicos se podrían aplicar en el aula con el propósito de problematizar la química del material hereditario? ¿Qué supuestos conceptuales facilitan establecer criterios para diseñar actividades experimentales que posibiliten pensar la química del material hereditario?, las

cuales son jerarquizadas de acuerdo a los desarrollos históricos que contribuyeron al establecimiento de la composición y estructura del material hereditario.

Posteriormente se hace un análisis de los postulados de la química del material hereditario que fueron planteados por los autores nombrados anteriormente, lo cual facilitó establecer los siguientes criterios: antecedentes, preguntas, preocupaciones de los científicos, explicaciones teóricas, técnicas, algunos instrumentos y metodologías utilizadas, con el propósito de plantear actividades pedagógicas y experimentales que nos permitan desarrollar procesos de pensamiento en torno al fenómeno de estudio y realizar formalizaciones, puesto que consideramos que como maestros es importante reconocer cómo se ha construido el conocimiento a través de la historia, ya que esto posibilita la comprensión de supuestos conceptuales y experimentales, a partir de lo cual el docente podrá establecer sus propias explicaciones sobre la química del material hereditario y diseñar estrategias pedagógicas que puedan ser implementadas en el aula de clase, favoreciendo la comprensión sobre la composición y estructura del material hereditario, para que los estudiantes construyan sus explicaciones e interpretaciones.

Mediante el análisis de las memorias también se puede identificar los desarrollos conceptuales para el diseño de la actividad experimental, los cuales son necesarios para establecer esquemas de organización y determinar criterios para ampliar la experiencia de los profesores y estudiantes mediante la estructuración de nuevos esquemas conceptuales, privilegiar ciertas concepciones desarrolladas por los científicos, retomar elementos que configuren situaciones problemas para dinamizar la actividad cognitiva de los estudiantes y los aportes experimentales de cada uno en la investigación biológica, a partir de los cuales se pueden priorizar técnicas e instrumentos al estudio realizado.

También, de acuerdo a lo que resalta Ayala (2006, p. 29): la revisión histórico-crítica genera un diálogo con los autores que produce una estructuración de miradas, en

particular sobre las fenomenologías de estudio, para actualizar aparentemente viejos problemas con nuevos ojos, establecer nexos con el conocimiento científico, revalorar las formas de pensar la herencia genética, colocar en crisis concepciones, para de esta manera desarrollar nuevas estructuras, además se pueden utilizar en el diseño de propuestas de aula que generen en los estudiantes formas de pensar y formalizaciones.

Aislando la nucleína

Durante el siglo XIX varios autores buscaban explicar la organización interna de las células, para esto desarrollaron investigaciones que llevaron a establecer la importancia del núcleo (Albarracín, 1993) e identificar unidades concretas en su interior (Cromosomas) cuya función no era clara (Nageli, 1884), después mediante el desarrollo de nuevas técnicas de análisis biológico como lo fueron la mejora de los microscopios y lentes, fijación de células, uso de aceites de inmersión, un científico llamado Fleming en 1882, logró observar la mitosis en vivo y en preparaciones cromadas de muestras sacadas de aletas y branquias de la salamandra, reconociendo una red fibrosa dentro del núcleo, que denominó cromatina, o material manchable, también observó que los cromosomas se dividieron durante la mitosis y formuló la hipótesis de que estos se dividieron en diferentes células hijas al final del proceso. (O'Connor & Miko, 2008), Estas unidades quedaron establecidas como la base física de la herencia. Adicionalmente los estudios físicos y químicos de las células de algunos seres vivos (plantas y animales), colocan en evidencia la presencia de compuestos, algunos nitrogenados y otros no, por lo que se considera que cada sustancia desempeña una función distinta en el organismo según su composición (Jacob, 1970)

Sin embargo a finales del siglo XIX, las técnicas y metodologías aún no eran suficientes para descifrar la estructura y composición del material que se alberga en él núcleo y sirve como medio para la transmisión de la información genética, por lo

que los trabajos desarrollados a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX por científicos como: Miescher, Kosel, Levene, Avery, Rosalind y Watson y Crick, realizaron aportes para contribuir a la solución de problemáticas como lo son: ¿Dónde se encuentra el material hereditario? ¿Cuál es su composición? y ¿Cómo se organiza dicha sustancia?

En ese momento los científicos de la época estaban concentrados en el estudio de las sustancias que componían la célula, en especial las proteínas, puesto que eran compuestos nitrogenados, poseían una gran variedad, eran estables y estaban ubicadas en estructuras celulares, principalmente en el protoplasma (lo que hoy en día se conoce como citoplasma, junto con los organelos que contiene), por tal motivo Miescher se interesa en separar el protoplasma y los núcleos de las células, para conocer los mecanismos de control y crecimiento celular.

Friederich Miescher (1869), fue un biomédico suizo, a quien le llamó la atención conocer ¿Qué causaba la infección en las heridas que estimulan la producción de pus? El análisis inicial del científico se centraba en el estudio de los leucocitos, en la composición química de estas células, en particular en las proteínas, sustancias presentes en el “protoplasma” (la “sustancia viva” en el interior de la célula). Su principal preocupación era mantener las células intactas, con el menor daño posible al exponerlas a diferentes soluciones, por lo que fue necesario que el pus estuviera fresco para que no generará inconvenientes, como por ejemplo la formación de cúmulos de grasa.

Una vez conservados procedió a determinar sus componentes por medio de lisis o rompimientos químicos, utilizando solventes como, por ejemplo, alcohol, éter, agua, ácidos minerales de baja concentración y ácido acético, cuya función era aislar las sustancias presentes y así determinar su composición química. A partir de esta experiencia concluyó que las células están compuestas de proteínas como: albúmina, miosina, paraglobulina, fibrinógeno y una sustancia de origen lipídico

conocida como la lecitina, además observó que una de las sustancias no se disolvía y se precipitaba, lo cual le causó curiosidad, por lo que decidió estudiarla en el microscopio, puesto que tenía razones de sobra para suponer que esté precipitado provenía de los núcleos de las células, lo cual era un indicio de que el núcleo podía tener una composición química propia.

Al concluir que la sustancia precipitada provenía de los núcleos consideró que: “Cualquier material compuesto por células puras es una invitación para abordar seriamente la cuestión de la constitución química, especialmente los núcleos celulares.” (Miescher, 1869), es por eso que su nuevo punto de partida era considerar el análisis del comportamiento químico de este organelo ya que inicialmente no se descomponía con los solventes utilizados, sino que por el contrario era resistente y no se degrada con ácido acético, por lo que concluyó que era necesario someterlos a una lisis con ácidos y bases de concentraciones más altas.

Una vez lisados los núcleos fueron tratados con bases alcalinas formando sales que contenían fósforo, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y carbono. Los comportamientos químicos de las sales eran similares a los obtenidos con las pruebas para las mucinas y para la lecitina, pero su composición porcentual elemental era muy diferente (alta cantidad de fósforo) a las otras moléculas presentes en el exterior del núcleo, esta nueva sustancia cuya composición era distinta fue denominada NUCLEÍNA.

Miescher pensaba que la función de dicha sustancia era servir como reserva de fósforo, el cual estaría disponible para cuando la célula lo necesitara, hacia el final de su vida pensaba que esta podría constituir la base bioquímica de la herencia debido a los nuevos aportes de la investigación biológica de la época.

Mediante esta primera revisión se encuentra que en este momento histórico no se reconoce ninguna funcionalidad de la sustancia aislada del núcleo y tampoco se

identifica como el medio responsable de la herencia genética, esto debido a las técnicas de análisis del momento y al interés por el estudio de las proteínas gracias a la complejidad que presentaban, no obstante de los estudios realizados por Miescher se pueden identificar aportes para este trabajo de investigación cómo son técnicas de hidrólisis y pruebas de identificación de sustancias, por ejemplo proteínas, carbohidratos y fósforo a partir del uso de alcohol, agua y soluciones salinas, las cuales serán utilizadas en el diseño de la actividad experimental de la extracción de la nucleína.

Además, se retoman supuestos conceptuales como la presencia de fósforo para la caracterización de dicha sustancia, con esto se busca construir desde el punto de vista teórico y experimental la importancia del análisis químico de los componentes celulares y las bases de las interpretaciones del cuarto nivel de organización de los seres vivos (Jacob, 1970). Puesto que es importante ampliar el trabajo práctico con los estudiantes, mediante el reconocimiento de técnicas y métodos que les permitan dar sentido a la composición y estructura del material hereditario, desarrollar habilidades de observación y manejo de instrumentos, para así complementar el conocimiento del fenómeno en estudio, mediante la comprensión del uso de las distintas sustancias que serán utilizadas para aislar la nucleína, con relación al reconocimiento de su empleo y su interacción con cada una de las estructuras celulares. Por otro lado, los estudiantes desarrollan formas de hablar, pensar y cuestionar la experiencia realizada, construyendo formalizaciones que contribuyan a ampliar sus conocimientos.

Hacia la naturaleza química de la nucleína

Con los estudios realizados hasta esta época se creía que el núcleo era el organelo que estaba relacionado con los procesos de la vida, los científicos habían establecido que en las condiciones estructurales y en los cambios de forma que preceden y acompañan el proceso de división celular, se repetía en diferentes

organismos como plantas y animales, además no guarda relación fundamental con las especies, grupos y con la posición del ser humano. También existían características químicas que definen sus peculiaridades aún más agudamente porque se pueden reconocer en otras células en las que la estructura del núcleo no está definida. (Kossel, A. 1910)

En búsqueda de la funcionalidad del núcleo y la sustancia que alberga en su interior, Ludwig Karl Martin Leonhard Albrecht Kossel (1901) fisiólogo y químico alemán, continúa con las investigaciones de Miescher con el propósito de encontrar los secretos de la vida a través del conocimiento del comportamiento bioquímico celular por lo que se pregunta ¿Cuáles son las moléculas portadoras de la vida y cómo se constituyen? para tal fin el científico hizo uso de los adelantos en biología, química, histología y fisiología de la época, propuso nuevos métodos de investigación en ciencias para realizar aportes a los conocimientos sobre la química celular utilizando técnicas como lo son: las hidrólisis ácidas y básicas, la cromatografía en papel, espectrofotometría, rutas analíticas orgánicas de determinación de carbohidratos y proteínas.

Determinó que la nucleína no solamente está compuesta por fósforo en forma de fosfato de naturaleza ácida, sino que existen dos tipos de esta, una de origen vegetal que provenían de las levaduras, consideradas plantas en ese tiempo y otra animal que derivan del timo de las terneras, las cuales se diferencian en la presencia del azúcar que lo acompaña (Vegetal con azúcar pentosa y Animal hexosa). Además con ayuda de su compañero Richard Altmann, demostraron que esta es capaz de formar precipitados en presencia de soluciones ácidas de albúmina, posteriormente realizan análisis a partir de los productos de escisión de los ácidos nucleicos, en donde encuentran protaminas e histonas que son proteínas que se encuentran unidas a la nucleína.

Para separar la nucleína de las protaminas, Kossel experimentó dos técnicas, las cuales se basan en la extracción con ácidos minerales diluidos o con sulfato cúprico, de esta manera pudo aislarla de la cabeza de la esperma de salmón. Una vez separada la nucleína de las protaminas realizó un análisis de esta para determinar su estructura molecular, en donde se encuentra que la nucleína animal está compuesta de un grupo fosfato de naturaleza ácida, un azúcar de tipo hexosa, y cuatro bases nitrogenadas (adenina, timina, guanina y citosina); mientras la nucleína de origen vegetal se diferencia por el azúcar que es de tipo pentosa y cuatro bases nitrogenadas (Adenina, uracilo, guanina y citosina). Además identificó la hipoxantina y xantina que concordaban con las proporciones de adenina y guanina, pensando que también hacían parte del ácido nucleico pero que hoy en día se conoce que son metabolitos secundarios de la guanina. A continuación la figura 1 presenta las formas estructurales de las bases nitrogenadas realizadas por Kossel, las cuales él pensaba que eran semejantes en animales y plantas, que existe hasta cierto punto un mecanismo químico que actúa sobre principios comunes en los diversos tipos de materia viva, por lo tanto es importante conocer la estructura química de las bases nitrogenadas ya que hacen parte de las reacciones metabólicas y muchos de ellos también se encuentran en el protoplasma en forma de “bloques de construcción” (Kossel, A. 1910)

| Base nitrogenada | Formula molecular | Formula estructural |
|------------------|---|--|
| Timina | C ₅ H ₆ N ₂ O ₂ | $ \begin{array}{c} \text{HN}-\text{CO} \\ \quad \\ \text{OC} \quad \text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{HN}-\text{CH} \end{array} $ |
| Citosina | C ₄ H ₅ N ₃ O | $ \begin{array}{c} \text{N}=\text{C}-\text{NH}_2 \\ \quad \\ \text{OC} \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{HN}-\text{CH} \end{array} $ |
| Guanina | C ₅ H ₅ N ₅ O | $ \begin{array}{c} \text{HN}-\text{CO} \\ \quad \\ \text{H}_2\text{NC} \quad \text{C}-\text{NH} \quad \text{CH} \\ \quad \quad \diagdown \\ \text{N}-\text{C}-\text{N}=\text{CH} \end{array} $ |
| Adenina | C ₅ H ₅ N ₅ | $ \begin{array}{c} \text{N}=\text{C}-\text{NH}_2 \\ \quad \\ \text{HC} \quad \text{C}-\text{NH} \quad \text{CH} \\ \quad \quad \diagdown \\ \text{N}-\text{C}-\text{N}=\text{CH} \end{array} $ |

Figura 1: Fórmula molecular de las bases nitrogenadas propuestas por Kossel. (Kosel, A. 1910)

Su mayor aporte fue describir las fórmulas moleculares (Figura 1) de las bases nitrogenadas en los ácidos nucleicos a partir de las técnicas y teorías químicas disponibles en el momento, sin embargo las bases no tuvieron la disposición espacial que se proponen hoy en día de acuerdo a las diferentes teorías de formación de enlace covalente.

Como conclusiones de su trabajo se encontró:

- “La estructura química de estas sustancias nucleicas muestra algunas peculiaridades que se encuentran en muchos componentes orgánicos del protoplasma, particularmente en aquellos que participan activamente en los procesos metabólicos. Se ha observado que tales componentes se descomponen fácilmente en un cierto número de grupos de átomos cerrados que se han comparado con bloques de construcción. Tales "bloques de construcción", encajados en gran número y variedad y aparentemente según un plan definido, forman la molécula de las proteínas, y también del almidón y el glucógeno, y en menor número las de las grasas y los fosfátidos. Los

complicados componentes orgánicos de la nutrición se descomponen en estos bloques de construcción cuando se preparan mediante la digestión para ser absorbidos por el cuerpo, y a partir de estos bloques de construcción las grandes moléculas del interior del organismo pueden volver a encajar". (Conferencia nobel, 1967)

- La sustancia que procede del núcleo también muestra una composición de este tipo. El análisis químico demostró en primer lugar que en muchos casos las sustancias nucleicas se descomponen en dos partes, una de las cuales tiene el carácter de una proteína. Esta parte no posee otros grupos de átomos que las proteínas habituales. La otra parte, sin embargo, tiene una estructura característica; se le ha dado el nombre de "ácido nucleico". A partir de ella logré obtener una serie de fragmentos que podían disolverse en parte de la molécula incluso por una acción química suave y que eran reconocibles por una concentración bastante especial de átomos de nitrógeno. Aquí están presentes cuatro grupos que contienen nitrógeno juntos: citosina, timina, adenina y guanina" (Kossel, 1910).
- Kossel definió tres problemáticas en cuanto al estudio de la nucleína, gracias a algunas observaciones que había realizado a nivel celular de los seres vivos en donde encontró algunas semejanzas químicas como la presencia de protaminas y bases nitrogenadas como la guanina, citosina, adenina, y timina, de azúcares entre muestras celulares de animales y plantas:
 - a. ¿Cuál es la composición química del núcleo y su función?
 - b. ¿Cuáles son los mecanismos químicos que actúan en procesos comunes animales y vegetales?
 - c. ¿Cómo está organizada la nucleína en el núcleo celular?

Con esta última conclusión realizada por Kossel, se identificaron tres problemas sobre la estructura de la nucleína, los cuales serán utilizados como estrategia de trabajo en el aula de clase, esto con el fin de estimular en los estudiantes la curiosidad y generar inquietudes que en un futuro les permita profundizar en el tema, mediante el planteamiento de nuevas preguntas desde la composición de los seres vivos, importancia del núcleo para la división celular y naturaleza química de la nucleína. Ya que como maestros consideramos que es importante profundizar en la historia, puesto que mediante su análisis podemos interpretar y comprender los fenómenos relacionados con la química de la herencia, evidenciando que no son estáticos sino que tienen una dinámica y que cambian según él en cada momento histórico y cultural, que dependen porque cambian las herramientas, intereses de los científicos, técnicas y métodos. Además podemos llevar estos viejos problemas al aula de clase para que sean interpretados por los estudiantes con una nueva mirada que les facilite construir explicaciones y preguntas desde sus intereses.

De la nucleína a los ácidos nucleicos

Una de las conclusiones de Kossel fue el carácter ácido del grupo fosfato de la nucleína, y Phoebus Levene (1909) bioquímico ruso doctor en medicina y aprendiz de Kossel y Fischer, continuó con las investigaciones abordadas por sus maestros demostrando la composición de la nucleína, puesto que consideraba que la vida es un fenómeno complejo que se puede explicar mediante un análisis elemental del material celular y que sus manifestaciones son innumerables, analizando la frase anterior comprendemos que el autor, estudiaba la célula porque dedujo que ésta casi siempre en su interior contenía sustancias químicas, producto de su actividad fisiológica o procesos metabólicos, por lo que es importante estudiar su composición para relacionarlo con su funcionalidad, esto conlleva a Levene a preguntarse ¿Cuál es la composición química de la nucleína? por lo que consideraba que sólo mediante el conocimiento de las propiedades y reacciones químicas que ocurrían en los seres vivos se podía llegar a comprender su funcionamiento.

Sus trabajos investigativos relacionados con la nucleína fueron inspirados por Loeb quien Levene cita en sus investigaciones: “Si surge la pregunta de cuál es la reacción química más obvia que causa el espermatozoide en el óvulo, la respuesta debe ser una enorme síntesis de cromatina o material nuclear de los componentes del citoplasma”, por tanto, “se hace evidente que el conocimiento del mecanismo de regeneración depende del conocimiento de la química de la nucleína” (Levene, 1910, p.232)

Para conocer la composición de la nucleína, Levene centro sus esfuerzos en tres fases principales: primero aislar la sustancia, segundo determinar la composición y tercero conocer la estructura y disposición de los componentes dentro de la molécula, a continuación se presenta un esquema de organización de los pasos seguidos por el autor:

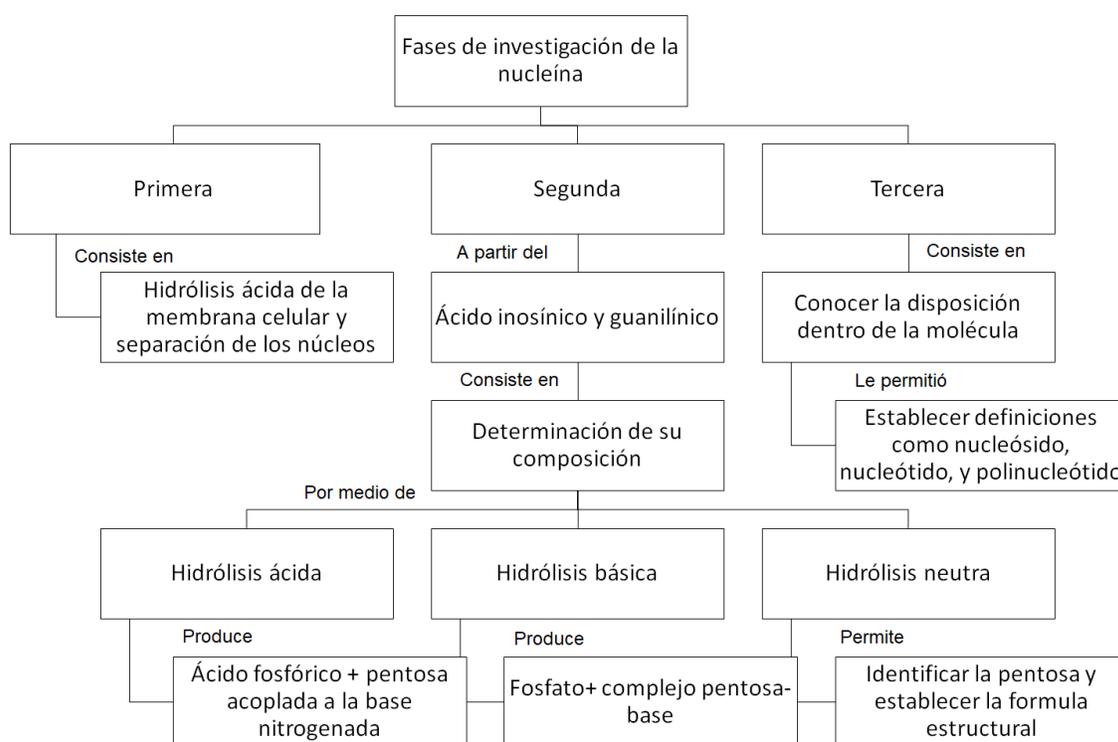


Figura 2. Organización experimental seguida por Levene. (Esquema elaborado con base en la memoria de Levene, 1909). Jaramillo, N. y Salazar, W. (2021)

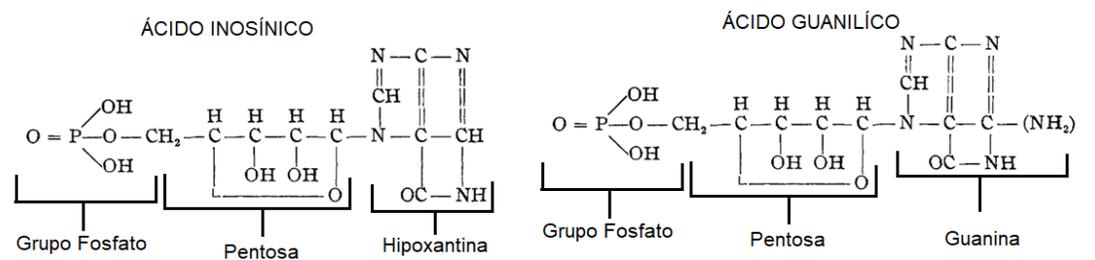


Figura 3. Mononucleótidos del ácido inosínico y guanílico. (Levene. 1909, p. 239)

A partir de estas experiencias, Levene logró refutar a Kossel y afirma que los ácidos nucleicos no estaban constituidos por cuatro bases de purinas: adenina, guanina, hipoxantina y xantina, sino que estas dos últimas son productos secundarios del metabolismo celular, por lo tanto concluyó que el ácido nucleico vegetal y el animal de origen más simple contiene carbohidratos en forma de pentosa como d-ribosa en forma cristalina y que existen distintos tipos de ácidos nucleicos como:

1. Ácidos nucleicos: que contienen una base de purina (sin pirimidina), una pentosa y ácido fosfórico.
2. Ácidos nucleicos: Contienen dos bases purínicas (guanina y adenina), dos bases pirimidínicas (citosina y uracilo) y ácido fosfórico. (Ácidos nucleicos vegetales: Ácidos fitonucleicos.)
3. Ácidos nucleicos: que contienen dos bases purínicas (guanina y adenina), dos bases pirimidínicas (timina y citosina) y una hexosa y ácido fosfórico. (Ácido nucleico de tejido animal: ácidos timonucleicos) (Levene, 1910,p. 237)

Por último, Levene se atreve a formular las posibles estructuras y la manera como se enlazan los nucleótidos, para construir los dinucleótidos los cuales se representan en la figura 4.

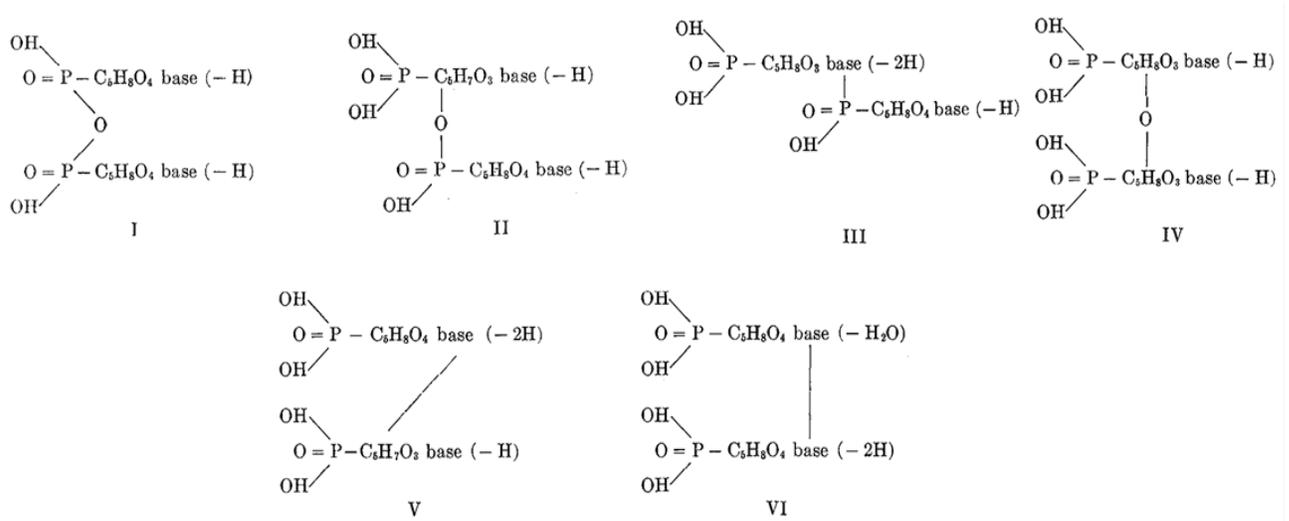


Figura 4. Formas de enlace para conformar dinucleótidos propuesta por Levene. (Levene, 1917, p. 593-594)

Por último, establece las condiciones de estabilidad de los enlaces de la siguiente manera:

Para llegar a proponer las distintas estructuras sobre la organización del ADN, Levene realiza los procedimientos bioquímicos de análisis, como las hidrólisis ácidas, básicas, neutras, cromatografía, precipitaciones ácidas, básicas y neutras, etc. y recurre a los criterios teóricos que explican la estabilidad de las moléculas como por ejemplo la formación de enlace covalentes, las estructuras de Lewis, teoría del enlace de valencia, la acidez de las sustancias de acuerdo a la teoría de Arrhenius, Bronsted- Lawry, Lewis, sus principales conclusiones fueron:

1. Las formas III y V son posibles de existencia sólo cuando al menos una de las dos bases tiene dos grupos NH en la molécula.
2. La forma VI cuando una base tiene dos grupos NH y la otra posee una amina NH y un hidroxilo OH.

3. En las tres primeras formas de dinucleótidos hay menos de cuatro átomos de hidrógeno fácilmente ionizables.
4. Deben formar sales di o tribásicas.
5. Además, los dinucleótidos de tipo II están presentes en el ácido timonucleico.
6. Las formas I, II y IV pueden funcionar como compuestos tetrabásicos, estas posibilidades deben tenerse en cuenta puesto que: primero, en los nucleótidos de purina el ácido fosfórico está unido débilmente en el nucleósido a comparación de los nucleótidos de pirimidina, segundo, los nucleótidos de pirimidina forman un dinucleótido más resistente a la acción hidrolítica de los ácidos que los dinucleótidos de purina.

Mediante la revisión histórica de la memoria de Levene se pueden extraer algunas concepciones en cuanto a la composición y estructura de los ácidos nucleicos, lo que facilita organizar esquemas conceptuales sobre la química del material hereditario, ya que es importante como docentes para poder definir los criterios a desarrollar en el diseño de futuras actividades experimentales, como por ejemplo la diferenciación de las características entre los distintos ácidos nucleicos (ADN y ARN), la identificación de la estructura de los nucleótidos (bases nitrogenadas, el azúcar y el grupo fosfato), además de reconocer los enlaces glucosídicos y fosfodiéster que se dan entre ellos.

Aparición del principio transformante

Gracias a las conclusiones de Levene se creía que las proteínas son las sustancias portadoras de la herencia genética, puesto que eran consideradas polímeros unidos mediante enlaces covalentes, moléculas con mayor peso molecular y compuestas por múltiples aminoácidos identificados hasta el momento, mientras que el ADN se veía como una molécula simple, monótona, rígida y con poca variabilidad. No obstante un médico inglés Frederick Griffith en 1928 colocó un precedente que

Maestría en Docencia de las ciencias naturales – Universidad Pedagógica Nacional 45

atrajo la atención de los científicos hacia el estudio del ADN, con el propósito de disminuir el índice de mortalidad por neumonía que aquejaba a los soldados británicos de esa época, por lo que se cuestionó ¿Cuál es el mecanismo de infección del *Diplococcus pneumoniae*?

Para conseguir tal objetivo realizó un experimento con ratones, el cual consistió en tomar una bacteria infecciosa conocida como neumococo separando dos cepas: una virulenta de tipo S III (gracias a que contiene una cápsula de polisacáridos que envuelven la bacteria y la protegen de la fagocitosis) y otra de tipo R II (no virulenta no posee la cápsula de polisacáridos).

Lo primero que hizo fue infectar los ratones con cada una de estas cepas encontrando que cuando introducía la bacteria de tipo R II (avirulenta) los ratones vivían mientras con la de tipo S III (virulenta) morían a las 24 horas, por lo que decide calentar estos últimos para destruirlos y posteriormente inyectarlos a los ratones, observando que después de este procedimiento seguían vivos, finalmente decide inyectar un ratón con una mezcla de fragmentos de la cepa tipo S III (virulenta) inoculada con calor, con la de tipo R II (avirulenta), después de transcurrido un tiempo observa que el animal muere, entonces extrae su sangre y encuentra neumococos S III vivos, gracias a esta observación piensa en la existencia de una sustancia presente en los extractos de neumococos S III muertos por calor que es capaz de transformar a los neumococos R II vivos en S III vivos, dicha sustancia fue denominada por Griffith el Principio Transformante.

Los estudios de Griffith, son históricamente importantes porque mediante sus investigaciones, encontró, una sustancia que hacía que las bacterias cambien de tipo R a S, por lo que se empezó a cuestionar sobre la funcionalidad de ese principio transformante, asumiendo que “este cambio, se debe a un proceso de evolución a través de una etapa intermedia, la forma R, de la cual los caracteres de este tipo han sido borrados” (Griffith, 1928, p.154). de esta manera el científico

atribuyó la transformación de las bacterias a una mutación, de las variedades que causan la neumonía, más adelante los estudios de Avery et-al, confirman que este principio transformante es el ADN, mediante experimentos (análisis químico, enzimático y serológico) determinan la composición y establecen qué es este material el que sirve de medio para que la información genética pase de una generación a otra en las bacterias, mediante pruebas enzimáticas y la marcación fluorescente de las proteínas y el ADN.

El principio transformante es ADN

En 1944, Oswald Avery, Maclyn McCarty y Colin MacLeod continuaron los estudios de la neumonía, puesto que esta enfermedad estaba ocasionando muchas muertes a causa de la grave infección que producía, lo que hizo que estos científicos se cuestionaran ¿Cuál es la identidad del factor transformante S del *Diplococcus pneumoniae*?, para resolver esta inquietud abordaron un experimento en el instituto Rockefeller, el cual consistió en usar detergente para descomponer las células muertas por calor, puesto que esto ocasiona una lisis celular, la cual posteriormente es sometida a ensayos, en donde se encontró que la lisis S muerta por calor podía hacer cambiar la cepa Rugosa (R) a lisa (S) cuando se mezclaban, concluyendo que el principio transformador se encontraba en algún lugar de esta.

Posteriormente aislaron y probaron cada una de las sustancias químicas identificadas en la lisis celular con el objetivo de determinar cuál correspondía al principio transformador, para cumplir con dicho objetivo primero incubaron la cepa sometida a calor de tipo S con una enzima que degrada completamente los azúcares, sin embargo esta seguía siendo útil para transformar, luego realizaron el mismo procedimiento con la cepa tipo S sin cubierta con proteínas y con unas enzimas que las degradan conocidas como tripsina y quimiotripsina, ocurría que aún se daba el factor transformante, finalmente precipitaron los ácidos nucleicos (ADN y ARN) con alcohol, siendo los primeros en aislar estas sustancias presentes

en el neumococo, luego disolvieron la mezcla obtenida con agua, para posteriormente destruir el ARN con la enzima RNasa, obteniendo que aún se daba ese principio transformador, hasta que por último dejaron el ADN puro para incubar con la enzima digestora de este (DNasa), lo que inhibió el principio transformante.

A partir de la experiencia realizada estos científicos concluyeron que el ADN era la molécula responsable de convertir los neumococos no virulentos en virulentos, por consiguiente, posiblemente en él debe residir la información genética, esta conclusión se obtuvo, identificando lo que no lo ocasiona hasta finalmente encontrar lo que sí lo producía, sus principales argumentos fueron: primero, que en los resultados obtenidos dio negativo en las pruebas químicas para detectar proteínas y positivo para las utilizadas para identificar ADN, segundo, la composición del principio transformante era muy similar a la del ADN en cuanto a la cantidad de nitrógeno y fósforo, tercero, las enzimas que degradan proteínas y ARN tenían muy poco efecto sobre este, sin embargo las enzimas que degradan el ADN sí lo destruyeron. Las principales técnicas utilizadas para llegar a estas conclusiones fueron: análisis químicos, enzimáticos, serológicos, electroforesis, ultracentrifugación y espectroscopía a partir de los resultados de estas técnicas se demostró que la fracción activa no contenía proteína, lípido libre o polisacárido serológicamente reactivo, y consistía principal y exclusivamente en una forma altamente polimerizada y viscosa de ácido desoxirribonucleico.

De esta manera se empezó a poner en duda la teoría en la cual se aceptaba que las proteínas eran las encargadas de transmitir la información en los seres vivos, para empezar a pensar que posiblemente se encontraba en el ADN, sin embargo este planteamiento obtuvo poca aprobación, bajo el argumento de que esta molécula presentaba muy poca diversidad en su composición para ser el portador de la herencia y algunos científicos seguían con la hipótesis de que los genes estaban ubicados en una sustancia de tipo proteínico, sin embargo estudios

posteriores realizados por Hershey y Chase (1952), comprobaron lo dicho por Avery y colaboradores.

Para esto desarrollaron un experimento que consistía en la marcación de la composición de dos grupos de virus T, de tal forma que el ADN de un grupo fue marcado con isótopos de fósforo radioactivo (P^{32}) y en el otro las proteínas con azufre radiactivo (S^{35}), para después obtener fagos puros mediante la infección de bacterias *Escherichia coli*, que permitían la replicación de los virus con marcajes en las proteínas y el ADN.

Posteriormente procedieron a comprobar que cada grupo de virus T haya quedado marcado debidamente, o sea unos solo en el ADN y otros en las proteínas, luego utilizaron dos técnicas, una era la centrifugación, con la cual lograron que las cápsides de los virus que eran las más pesadas se decantaran y la otra choques osmóticos que permitían que el ADN se saliera de estas quedando en suspensión. De tal forma que los marcadores con fósforo flotaban en la solución y los de las proteínas se depositaban en el fondo.

Finalmente realizaron dos experimentos más, uno que consistió en infectar bacterias con los fagos T4 marcados en su ADN con (P^{32}), para después agitar violentamente la mezcla en una batidora, lo que facilitó separar las bacterias de los fagos, por último, centrifugaron lo que ocasionó que las bacterias quedarán en el fondo por ser más grandes y los virus en suspensión. Lo anterior les permitió observar que el marcaje correspondiente al (P^{32}) apareció en el fondo, donde estaban las bacterias mientras que el material en suspensión (cápsides de los virus) no tenía marcación, además algunos de los virus descendientes de esta infección tenían marcado su ADN con (P^{32}).

El segundo experimento consistió en infectar bacterias con fagos T4, los cuales tenían marcadas sus proteínas con isótopos (S^{35}), se repitió la experiencia anterior obteniendo que la mayor parte del marcaje estaba en solución, donde se encontraba

la cápside del virus, mientras que, en el fondo del tubo, lugar que contenía las bacterias, existía muy poco marcaje, además los virus descendientes de esta infección no tenían marcadas sus cápsides con (S^{35}).

A partir de estas experiencias se concluyó que lo único que entra en las bacterias después de la infección con el virus T4 es el ADN del fago, esto se dedujo de la detección de la decantación de las bacterias que contenían el marcaje (P^{32}), con el uso de un instrumento llamado contador Geiger de ventana fina, el cual era empleado para la detección de radiaciones bajas de tipo alfa o beta. Se evidenció que estos organismos quedaban depositados en el fondo y además los virus que se replicaron a partir de ellas aparecieron con marcaje en su ADN, lo que indicó que el único vínculo entre dos generaciones del virus T4 es esta molécula. Por lo que la comunidad científica admitió que el material hereditario era la información genética que portaba el ADN y no las proteínas.

Antes de esta experiencia las observaciones que habían realizado: Miecher, Kossel, Levene y Avery, estaban enfocadas en las moléculas que se encontraban dentro de la célula para determinar la composición y estructura, por lo que debieron desarrollar nuevas técnicas para la extracción de sustancias como lo eran la hidrólisis básica, ácida y neutra, tratamientos enzimáticos, cromatografía y espectroscopía. Sin embargo en observaciones realizadas por Hershey y Chase, se trató de empezar a relacionar la composición y estructura con la función, gracias a una nueva técnica que es la marcación de estas moléculas con isótopos radiactivos, lo que facilitó demarcar el camino que recorren las sustancias, como por ejemplo las proteínas y los ácidos nucleicos, pasando de la composición y estructura, a dar explicaciones de los procesos bioquímicos que ocurren en el interior y que participaban en la actividad metabólica de las células, por ejemplo estos científicos afirmaron, que una partícula de bacteriófago T2 se une a una célula bacteriana, la mayor parte del ADN del fago entra en la célula, y un resto que contiene al menos el 80 por ciento de la proteína que contiene azufre del fago permanece en la superficie celular. “Este

residuo consiste en el material que forma la membrana protectora del fago en reposo, y no desempeña ningún papel adicional en la infección después de la unión del fago a la bacteria. El fósforo y la adenina (Watson y Maalley, 1952) derivados del ADN de la partícula infectante, por otra parte, son transferidos a la progenie del fago en una extensión considerable e igual. Se infiere que la proteína que contiene azufre no tiene función en la multiplicación de fagos, y que el ADN tiene alguna función (Hershey & Chase, 1952)” citado por Ariza, L. y Caicedo, V. (2018, p. 85)

A partir de esto concluye que esa “sustancia encontrada y compuesta por ácidos no son sólo sustancias estructuralmente importantes, también tienen un papel activo en la determinación de las actividades bioquímicas y características específicas de las células”.(Avery, MacLeod, & McCarty, 1944, p. 362), esto significa que el ADN aislado, demostró ser el responsable del principio transformador de acuerdo a los resultados obtenidos, entonces esta molécula debe considerarse no sólo estructuralmente importante sino como funcionalmente activa, para determinar las actividades bioquímicas y las características específicas de los neumococos, puesto que la transformación descrita representa un cambio que es inducido químicamente y dirigido específicamente por un compuesto químico conocido que posiblemente está relacionado con la herencia al pasar de una generación a otra. Esto lleva a que, a mediados del siglo XX diversos investigadores, desarrollen explicaciones fisicoquímicas del ADN y su función en los seres vivos, posibilitando el nacimiento de una nueva ciencia conocida como biología molecular, en donde se construyen nuevas explicaciones sobre el fenómeno de la herencia, a partir del estudio de las moléculas, mediante la replicación de los virus, algunos de ellos fueron Hershey y Chase (1952).

El análisis de las memorias de Griffith, Avery, Hershey y Chase, muestra que fueron necesarios estudios desde distintas ciencias como por ejemplo la física, química, medicina y biología, las cuales realizaron diversos aportes al desarrollo del estudio de las moléculas que componen la célula y su organización. Además se puede

inferir que la ciencia no es lineal sino que tiene un desarrollo histórico que depende del momento cultural, las técnicas, instrumentos, metodologías, intereses del investigador y el contexto de la época, lo que favorece la construcción de supuestos conceptuales a partir de la experimentación, los cuales son importantes para tener en cuenta a la hora de desarrollar actividades pedagógicas, puesto que posibilitan un enfoque desde una mirada interdisciplinar, que provee herramientas para explicar el nivel molecular, la estructura y composición del material hereditario. Por ejemplo, el químico Pauling (1945) se interesó por conocer la estructura de las proteínas, mediante técnicas de cromatografía y cristalografía, el biólogo Watson (1940) tenía interés por estudiar la replicación de los virus y los bacteriofagos, para esto utilizaba técnicas de inoculación y microscopía electrónica y Crick era un físico que estaba estudiando las minas submarinas y acústicas (1939) , finalmente en 1953 todos convergen en estudiar la estructura del ADN, mediante técnicas de cristalografía y rayos X, realizando aportes a cómo se organizaba dicha molécula.

En los experimentos realizados por Griffith y Avery, se evidencian técnicas de incubación, cuyo objetivo era inocular a un organismo vivo una bacteria hasta desarrollar una infección y estudiar sus efectos, los animales utilizados generalmente son los ratones, ya que sus características son similares a las de los humanos, en cuanto al funcionamiento del corazón, hígado y sistema neurológico, además de poseer una reproducción fácil y rápida. En el caso de desarrollar la enfermedad, se pueden analizar las cepas para determinar la presencia de este organismo en la sangre, observando que una variedad produce la muerte de su huésped y otra no, lo cual lleva a Griffith a descifrar qué es lo que las hace virulentas, concluyendo que la existencia de una sustancia de tipo proteica específica que le permite a la bacteria fabricar un hidrato de carbono evitando la fagocitosis por parte del huésped, a comparación de las no virulentas, por otro lado observa en uno de sus experimentos un principio transformante proveniente de células bacterianas, implicado en el cambio de su morfología lo que obliga a Avery

y colaboradores a determinar la naturaleza química de estas. Analizamos que la mirada de lo vivo de estos médicos se basa en las observaciones de replicabilidad de las bacterias dentro de los seres vivos, como por ejemplo el estudio del desarrollo de la neumonía en tejidos pulmonares y los cambios morfológicos que sufren las bacterias al mezclarse dos cepas distintas. Hasta este momento con estudios biológicos y químicos se determinó la composición del material hereditario, Avery asigna la naturaleza física, confirmando que el ADN es el que modifica los organismos, no las proteínas, por lo tanto él deduce que dicha molécula posee una importancia y función en los procesos biológicos y hereditarios, mediante el uso de técnicas bioquímicas de tratamiento enzimático, el cual consiste en utilizar enzimas como la tripsina, ribonucleasa, ADNasa, que deduce que el principio transformador de Griffith era ADN. Posteriormente Hershey y Chase hacen uso de las técnicas de observación y análisis que han sido desarrolladas mediante la aplicación de la teoría nuclear para la identificación de radiación ionizante con instrumentos de detección de esta radiación y el uso del microscopio electrónico para plantear las bases de la relación de la función biológica del ADN con la herencia, mediante el marcaje de biomoléculas con elementos radioactivos y con la replicación de bacteriofagos.

Las bases nitrogenadas conforman la estructura central del ADN

Desde los principios del siglo XX hasta mediados del mismo, científicos como Kossel, Levene, Hershey y Chase habían aportado al estudio de la composición del ADN y su función, por ejemplo de 1901 a 1910 los dos primeros habían determinado que se compone de bases nitrogenadas, ácido fosfórico y un azúcar que forman nucleótidos, tiempo después en 1952 los dos últimos con sus investigaciones, demostraron que esta era la molécula que posee relación con la herencia, lo que significa que se transmite de una generación a la siguiente, estos trabajos proponen un cambio de perspectiva respecto a lo que se entendía hasta el momento en términos de la herencia a nivel molecular, puesto que se creía que eran las proteínas las que contenían dicha información, además en esta misma época también se

intentaba explicar sobre la disposición tridimensional de los átomos en la molécula del ADN lo cual permitiría describir su estructura y cómo mantiene permanentemente su orden en todos los seres vivos para ser heredado, por lo que los estudios se centraron en dos problemáticas ¿Cómo almacena el ADN la información genética? ¿Cómo se traduce la actividad bioquímica en la célula, a partir de la estructura celular? (Aldridge, 1999)

Estas preocupaciones del momento generaron un interés en una científica inglesa de nombre Rosalind Franklin, quien buscó conocer la estructura de la molécula del ADN, de esta manera abordó estudios en el laboratorio de biofísica de King's College de Londres, en donde creó una técnica novedosa de difracción de rayos X, con materiales de bajo contenido cristalino, mediante el desarrollo de un experimento con radiaciones electromagnéticas de la misma naturaleza que la luz, con longitudes de onda de 10^{-10} metros o sea (1\AA), esto es de suma importancia puesto que es la misma magnitud que separa los átomos en una estructura cristalina lo que permite que las radiaciones puedan interactuar con ellos.

Lo primero que realizó fue la cristalización del ADN, “esto con el fin de amplificar las señales de interferencia, puesto que la interacción de los rayos X con la materia es muy débil, de tal forma que si se ilumina una molécula aislada, se obtienen patrones de interferencia con información muy pobre, dispersa e insuficiente para recomponer la estructura de la molécula iluminada” (Erviti, 2019, p. 44), mientras que un patrón útil va a favorecer una mejor difracción para conocer su estructura puesto que mejora la resolución de la imagen. Posteriormente lo bombardeó con un haz de rayos X, que interactúa con la materia que lo constituye (electrones de los iones fosfato ubicados en la parte externa), convirtiéndola en emisora de radiación, por lo que se obtiene un patrón de difracción. Para evitar la sobreexposición que genera la intensidad de los rayos X colocó un disco de plomo. Lo que le permitió determinar con precisión las posiciones de los átomos que lo componen y descifrar su estructura tridimensional (Ver imagen 3).

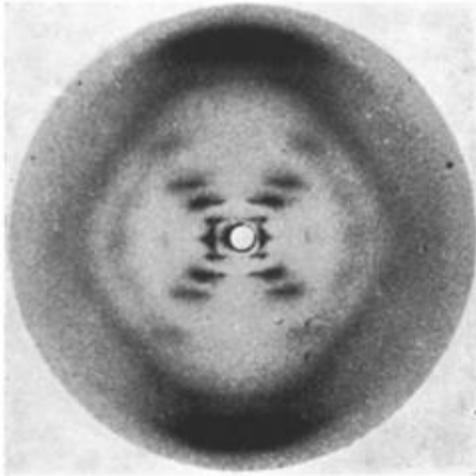


Imagen 3. Fotografía 51 de la estructura del ADN, obtenida por Rosalind Franklin (Erviti, 2019).

Durante sus investigaciones realizó una serie de interpretaciones de la fotografía del ADN tipo B que había obtenido, este es el más común, procedente del timo de ternero, constituye los cromosomas y se obtiene hidratando la muestra que forma el cristal, esta disposición es la que se encuentra en los seres vivos.

Lo primero que observó fue la formación de una cruz en el centro de la imagen, lo que se interpreta como que la molécula del ADN tiene una estructura helicoidal, al analizar que los átomos que la conforman se encuentran en planos oblicuos y poseen una inclinación que es contraria en la parte anterior y posterior de la doble hélice (Ver imagen 4).

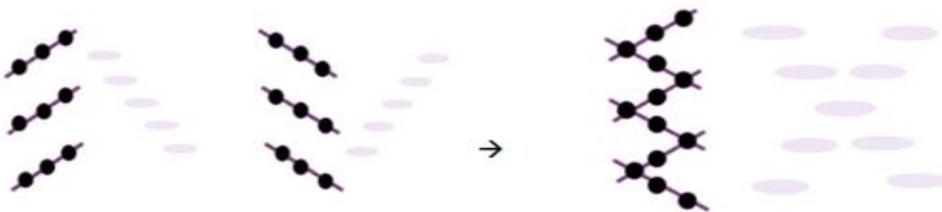


Imagen 4. inclinación que es contraria en la parte anterior y posterior de la doble hélice (Erviti, 2019, p. 46). Ubicación real de la materia (puntos oscuros) vs la difracción obtenida (puntos claros), obteniéndose una cruz que posee dos planos de difracción superpuestos con distinto ángulo.

A partir de la fotografía también Rosalind pudo determinar el ángulo de la estructura helicoidal, puesto que evidenció que los puntos que conforman la X difractada se encuentran más separados, lo que se interpreta como que el ángulo es menor y los átomos están menos separados dentro de la doble hélice (Ver imagen 5).

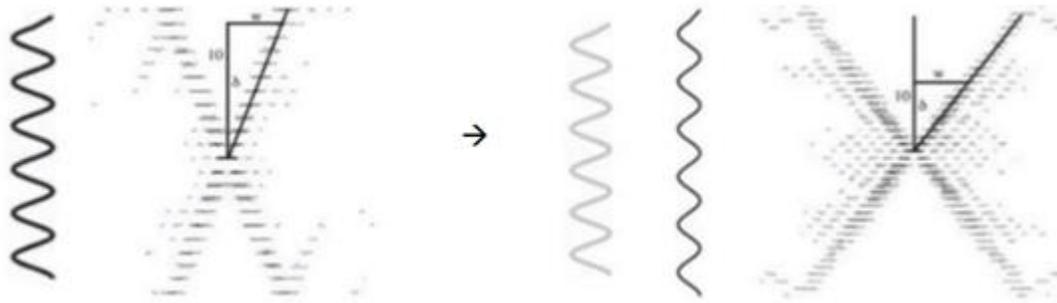


Imagen 5. Ángulos de la estructura helicoidal (Erviti, 2019, p. 46). Entre más pegados estén los puntos de la imagen difractada, mayor es el ángulo de la doble hélice y los átomos que lo conforman están más separados y viceversa.

Mediante el análisis de la foto también pudo concretar el número de repeticiones en cada vuelta, afirmando que, en cada una, la hélice del ADN está compuesta por la repetición de 10 monómeros, es decir 10 nucleótidos, los cuales se conforman de una base nitrogenada, un azúcar y un grupo fosfato.

Por último, observó que existía un espacio en el cual se debían ubicar las manchas de la banda número 4, sin embargo, no sucedía, por lo que interpretó que posiblemente se debía a la interferencia provocada por ambas hélices en esa zona, lo que causa que no se encuentre en fase, es decir cuando los rayos inciden con los electrones, estos no están separados a la misma distancia de la medida de la longitud de onda del rayo, por lo tanto no se genera una interferencia constructiva, ni se forman nuevos focos de emisión de onda y si se da una interferencia destructiva, por lo cual se encuentra en contrafase anulándose el efecto de emisión de ondas, por ello no se visualiza luz en dicho sitio (ver imagen 6).

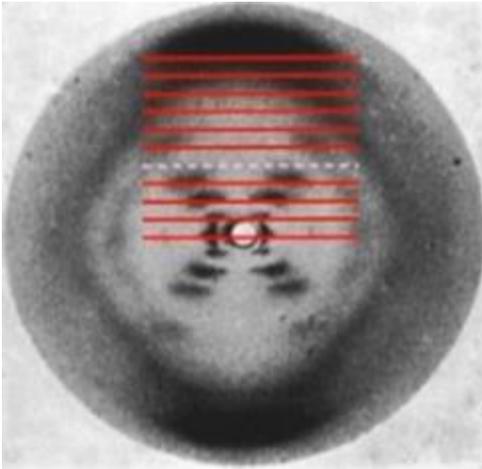


Imagen 6. Interferencia provocada por ambas hélices (Erviti, 2019, p. 48). Se evidencia las bandas que son visibles remarcadas en rojo y la ausencia de la banda 10, marcadas con línea de puntos blancos.

Con la experiencia realizada y con el análisis de la fotografía 51 la científica pudo concluir:

- El radio de la estructura es de 1 nm o sea 10Å.
- La distancia entre las bases nitrogenadas es de 0.34 nm o sea 3.4 Å.
- La distancia entre cada giro de la hélice es de 3.4 nm o sea 34 Å.

Además de sentar las bases para que Watson y Crick propusieran el modelo de la doble hélice como se observa en la imagen 7

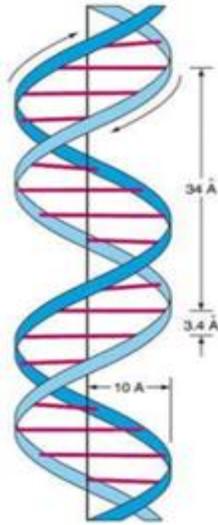


Imagen 7. Estructura de la doble hélice (Erviti, 2019, p. 48)

Con las investigaciones realizadas por Rosalind Franklin se da origen a una nueva técnica conocida como cristalografía de rayos X, esta fue importante por que contribuyó a determinar la estructura helicoidal del ADN y conocer su organización interna molecular. A partir de una muestra de dicha molécula, que estaba aislada, purificada y cristalizada se determinó la ubicación de sus átomos, mediante la difracción de rayos X. El desarrollo de estas investigaciones nos permite como maestros analizar que para estudios a nivel molecular no se utilizan las mismas técnicas que para investigaciones a nivel celular o macroscópico, por lo tanto para conocer la estructura en la cual reside la memoria de la herencia se hace necesario comprender su composición y organización, con lo cual se interpreta, que para estudiar lo vivo no se deben asumir dos biología, una que estudie los seres vivos completos y otra sus constituyentes, sino que se debe mirar sus componentes desde afuera para observar sus propiedades, pero al mismo tiempo se estudian sus relaciones entre la conformación y los procesos de los seres vivos. De tal forma que la herencia se ve asociada a los estudios físicos y químicos de sus mecanismos. (Jacob, 1970).

Estructura del ADN y apareamiento de las bases nitrogenadas

Crick se inspiró en un científico físico llamado Erwin Schrodinger quien por esa época había publicado un libro que se llama “¿*Qué es la vida?*”, en donde se cuestiona cómo es posible que una diminuta mancha de materia que se ubica en el núcleo de un óvulo pudiera determinar cómo se va a desarrollar un ser vivo, por lo que deduce que la vida a pesar de que se rige por las leyes físicas también debe poseer algunas que son desconocidas, esto lo inspiró a centrar sus estudios en el ADN, mientras tanto Watson inspirado en los trabajos realizados por Avery y en su gran conocimiento sobre bacteriófagos, consideró que los genes estaban constituidos por ADN, lo que hizo que estos investigadores trabajaran juntos para descifrar la estructura de esta molécula.

Al inicio se plantean una hélice de tres cadenas, puesto que los datos de rayos X eran compatibles con una, dos o tres de estas, todo era cuestión de medir los ángulos y radios con que cada hebra se enrollan en torno a su eje central, para así tratar de comprender cómo se ubican cada uno de los átomos de esta molécula en el espacio. Por otro lado, ubicaron el azúcar-fosfato en el centro, pues pensaban que solo así era posible obtener una estructura lo suficientemente regular como para dar dos módulos de difracción cristalina, los cuales habían sido observados por Maurice y Rosalind, sin embargo, poseían un problema, ya que debían ocuparse aún de la secuencia irregular de las bases situadas al exterior.

También estaba la problemática de qué era lo que neutralizaba las cargas negativas de los grupos fosfatos, puestos que estos se encontraban alrededor de agua, por lo tanto, ninguno de los dos sabía cómo se situaba en tres dimensiones los iones inorgánicos, para tratar de solucionarlo tomaron de un libro de Pauling los valores exactos de los tamaños de los iones inorgánicos en cuestión, lo que los conlleva a deducir que las cadenas se organizan por una secuencia de nucleótidos que se

unen por fuerzas, que parecían ser puentes salinos, en los que cationes divalentes como el Mg^{+2} unían dos o más grupos fosfatos.

Los primeros intentos con los modelos no dieron resultados, aunque solo habían implicados unos quince átomos, estos se caían continuamente de las toscas pinzas dispuestas para sostenerlos a la distancia correcta uno de otros, por lo que piensan que no había restricciones a los ángulos de enlace entre varios de los átomos más importantes.

Además, Rosalind realizó una crítica al modelo argumentando que los iones Mg^{+2} estarían rodeados por densas capas de moléculas de agua, por lo que era improbable que fueran el soporte fundamental de una estructura compacta. Watson termina concluyendo que el nuevo modelo correcto del ADN debe contener 10 veces más agua, como mínimo, que el que figura anteriormente y tenía la impresión de que cualquier diseño que situara la cadena azúcar-fosfato en el centro de una hélice, obligaba a los átomos a estar muy próximos unos a otros de lo que permitían las leyes de la química.

A partir de este momento ambos científicos empezarían una carrera para descifrar un nuevo modelo del ADN que fuera más coherente, lo primero que hace Watson es revisar unos estudios de la estructura helicoidal de las proteínas realizado por Shramm, lo que le permite deducir que la estructura del ADN, tenía una hélice con una vuelta cada 23 Å a lo largo del eje helicoidal, para comprobar lo dicho anteriormente fotografió el VMT (Virus mosaico del tabaco) con rayos X, cuya técnica consistía en inclinar la muestra en varios ángulos respecto al rayo incidente, las fotografías obtenidas revelaron menos detalles que las ya publicadas por Rosalind y Maurice. Tiempo después al fin pudo tomar fotos que demostraron lo que pensaba, para esto utilizó un poderoso tubo anódico rotatorio de rayos X, que permitía una velocidad 20 veces mayor que los equipos convencionales.

También revisó los estudios del científico Erwin Chargaff los cuales se enfocaron en buscar las proporciones de purinas y pirimidinas en el ADN, encontrando que el número de moléculas de timina en proporción era igual con la adenina y la guanina con la citosina, además, la proporción del conjunto de adenina con timina y guanina con citosina variaba según su origen biológico (actualmente especie). Mientras tanto Francis aporta la idea de un principio biológico perfecto, la cual consiste en la autorrepetición de un gen, esto es, la aptitud de un gen para dar copias de sí mismo cuando el número de cromosomas se duplica durante la división celular. Se sostenía que la duplicación del gen requería la formación de una imagen complementaria (negativo), en la que la forma estaba relacionada con la superficie original (positivo), como una cerradura respecto a una llave. La imagen negativa servirá como molde para la síntesis de una nueva imagen positiva.

Analizando estas dos ideas y mediante unos cálculos elaborados por Griffith, Francis empieza a pensar que es posible que la adenina se uniera con la timina y la guanina con la citosina, por medio de sus superficies planas y Watson sospecha que el ADN saca copias de sí mismo mediante una cadena molde, además constituye el soporte sobre el cual se construían las cadenas de ARN. A su vez, las cadenas de ARN eran los candidatos más aptos como generadores de la síntesis de proteínas.

Igualmente dedujeron que el ADN, una vez sintetizado, posee un grado muy elevado de estabilidad, surgiendo la idea de la inmortalidad de los genes, así que sobre una hoja Watson dibuja el diagrama: ADN → ARN → Proteínas. Las flechas no significaban transformaciones químicas, sino que expresaban la transferencia de información genética desde las secuencias de nucleótidos en las moléculas de ADN a la secuencia de aminoácidos o proteínas, de esta manera continuaban su lucha por conocer dicha molécula (Watson, J. 1968).

Durante el año de 1953, cuando un científico muy importante a nivel mundial por sus trabajos en química, conocido como Linus Pauling, propuso un modelo sobre el ADN, el cual consistía, en una hélice de tres cadenas, con los enlaces azúcar-fosfato hacia el centro, Watson empieza a estudiar las figuras que mostraban los emplazamientos de los átomos esenciales, notando que algo no concordaba, se dio cuenta que los grupos fosfatos del modelo de Linus no estaban ionizados, sino que cada grupo contenía un átomo de hidrógeno enlazado, por ello no tenían carga eléctrica, por lo que concluye que el ácido de Pauling no era ningún ácido. Además observa que los hidrógenos formaban parte de los enlaces que unían a las tres cadenas, sin estos, las hebras se desprenderían una de otras y la estructura se desmoronaría, todo cuanto James conocía sobre la química del ácido nucleico indicaba que los grupos fosfatos nunca contenían átomos de hidrógeno enlazados, sino que el ADN era un ácido medianamente fuerte, de esta manera, en ciertas condiciones fisiológicas siempre habría cerca iones de carga positiva, como el sodio o el magnesio, para neutralizar los grupos fosfatos con carga negativa. De haber átomos de hidrógeno firmemente enlazados a los grupos fosfatos, todas sus especulaciones sobre si los iones divalentes mantenían unidas las cadenas carecían de sentido, pese a esto, Linus, indiscutiblemente el mejor químico del mundo había llegado a la conclusión contraria.

Posterior a este suceso, Watson y Crick comenzaron a trabajar arduamente en descifrar la estructura del ADN, con temor de que Linus lo consiguiera primero, todo se ilumina en el momento que Maurice les comparte una fotografía tomada con rayos X, perteneciente a la científica Rosalind, en donde se evidencia la forma B del ADN, la cual les permite observar muchos más detalles y sacar datos mediante unos cálculos que realizaron, como por ejemplo, las bases de purina y pirimidina cuentan con un espesor de 3.4 \AA , están situadas una encima de otra en una dirección perpendicular al eje helicoidal y el diámetro de la hélice era de unos 20 \AA .

Gracias a estos nuevos descubrimientos empezaron a montar modelos sobre el ADN, uno de ellos contenía dos cadenas con los ejes azúcar-fosfato en el centro, el cual resultó insatisfactorio, no lo colocaban con las bases en el interior, debido a que daba a infinidad de posibles modelos, a pesar de esto, Watson se arriesgó, empezó a dibujar pequeños diagramas de las bases en hojas de papel carta, con el propósito de disponerlas en el centro y unir las mediante puentes de hidrógeno, de forma tal que las cadenas del exterior fuesen completamente regulares, lo que significa que le tenía que dar a los grupos de azúcar-fosfato de cada nucleótido configuraciones tridimensionales idénticas.

Solo existían dos obstáculos, el primero era que las cuatro bases tenían una forma diferente, el segundo consistía en cómo las cadenas entrelazadas se podían mantener unidas por puentes de hidrógeno entre bases, aunque durante más de un año Watson y Crick, excluyen la posibilidad de que las bases formarían enlaces regulares de hidrógeno, gracias a una observación errónea, en donde uno o más átomos de hidrógeno de cada una de las bases podía moverse de un espacio a otro (desplazamiento tautómero), que los condujo a la conclusión de que las formas tautómeras de una base dada se presentaban en frecuencias iguales. Sin embargo, esta vez, resultaba evidente que las deducciones no eran correctas.

A través de una lectura de los estudios de J.M. Gulland y D.O. Jordan sobre los análisis volumétricos de ácidos y bases del ADN, empezaron a pensar, acerca de que gran parte de las bases, si no todas ellas, formaban enlaces de hidrógeno con otras bases, puesto que los estudios evidenciaron que estos enlaces estaban presentes en concentraciones muy bajas de ADN, lo que indicaba que los enlaces unían bases en la misma molécula. También conocían el resultado cristalográfico con rayos X de cada base pura examinada hasta entonces, las cuales formaban tantos enlaces irregulares de hidrógeno como era estereoquímicamente posible. Así pues, era concebible que la esencia del asunto radica en una regla que gobernase los enlaces de hidrógeno entre las bases.

Entonces empezaron a considerar la posibilidad de que cada molécula de ADN se compusiera de dos cadenas con idénticas secuencias de bases, unidas por enlaces de hidrógenos entre pares de bases idénticas. No obstante, existía la complicación de que una estructura así no podía tener una cadena regular, ya que las purinas (adenina y guanina) y las pirimidinas (Timina y Citosina) tienen formas diferentes. La cadena resultante debería disponer, pues, de pequeñas ondulaciones hacia dentro y viceversa, según estuviesen en el centro los pares de purinas o de pirimidinas. Este modelo fracasó porque habían elegido inadecuadas formas tautómeras (migración de un hidrógeno de un carbono en posición alfa al oxígeno de un carbonilo, transformándose la molécula de cetona a alcohol insaturado. McMurry, J. 2004) de guanina y timina, puesto que la presentaron con la configuración enol y era la ceto.

La existencia de dos cadenas entrelazadas con idéntica secuencias de base no era considerada por ellos fruto de la casualidad, por el contrario, indicaba que una cadena de cada molécula habría servido de plantilla en alguna fase anterior para la síntesis de otra cadena, según este esquema, la multiplicación de los genes iniciaría con la separación de dos cadenas idénticas, posteriormente se formarían dos nuevas cadenas hijas sobre dos plantillas parentales, dando lugar a dos moléculas de ADN idénticas a la molécula original.

Tiempo después Crick se da cuenta que una estructura con las bases iguales emparejadas solo podría dar una repetición cristalográfica de 34 Å, en el caso de que cada cadena tuviera una rotación completa cada 68 Å, lo que significa que el ángulo de rotación entre bases sucesivas sería solo de 18°, un valor que Francis consideraba excluido por sus recientes manipulaciones con los modelos. Además, estaba molesto porque ninguno de los modelos planteados, tuvieron en cuenta las reglas de Chargaff.

Esta posición generó que Watson creará un nuevo modelo, en donde unió las bases nitrogenadas, de la siguiente manera, la adenina con la timina mediante dos enlaces de hidrógeno al igual que la guanina con la citosina. En dicha organización todos los puentes de hidrógeno parecían formarse de un modelo natural, no se necesitaba ningún artificio para que los dos pares de bases fueran idénticos en su forma. Esto lo llevó a concluir que dos secuencias irregulares de bases podían ser introducidas en un modo regular en el centro de una hélice, siempre que una purina se enlazara por un puente de hidrógeno con una pirimidina. Además, la exigencia de tal enlace de hidrógeno significaba que la adenina se empareja siempre con la timina, mientras que la guanina con la citosina. Las reglas de Chargaff emergen como consecuencia de una estructura de doble hélice para el ADN. Lo que les causaba más excitación, era que este tipo de doble hélice sugería un esquema de multiplicación mucho más satisfactorio que la idea de emparejar bases semejantes, lo que los conllevaba a deducir que las secuencias de bases de las dos cadenas son complementarias una de otra, esto significa que, dada la secuencia de bases de una cadena, quedaba automáticamente determinada la de su compañera.

Por último, Francis observó el hecho de que los dos enlaces glucosídicos, que unían una base y un azúcar, de cada par de bases estaban sistemáticamente relacionados por un eje perpendicular al eje helicoidal, así ambos pares podían ser volteados y seguir teniendo sus enlaces glucosídicos apuntando en la misma dirección. Esto tenía la importante consecuencia de que una cadena dada podía contener, al mismo tiempo, purinas y pirimidinas. Por otra parte, sugería que las dos cadenas debían correr en direcciones opuestas.

La importancia que Watson había dado a los iones de Mg^{+2} carecía de fundamento. Con la cadena de azúcar-fosfato en el exterior, no importaba que ion se hallara presente. Cualquiera de ellos encajaba perfectamente en la doble hélice.

El análisis de las memorias revisadas de Franklin, Watson y Crick, hacen evidente el desarrollo de una técnica física conocida como cristalografía de rayos X, inicialmente utilizada para el estudio de la estructura de los minerales, sin embargo se adapta para la comprensión de moléculas biológicas como por ejemplo el ADN, en donde se proyectan y establecen modelos de imágenes tridimensionales sobre la ubicación de los átomos que la conforman, lo cual no era posible con los estudios químicos y biológicos desarrollados hasta el momento, esto permite entender la química del material hereditario desde una mirada distinta a las desarrolladas en el primer y segundo orden (Jacob,1970), puesto que en el primero se establece una mirada macroscópica sobre las características de los seres vivos, en el segundo, se establecen las formas y propiedades pero no es suficiente para explicar la herencia, en el tercer orden, situada en los cromosomas, permite construir explicaciones que abordan los caracteres de los organismos y sus actividades, y la última que sería la de cuarto orden, posibilita el análisis sobre la composición química y estructura de moléculas como el ADN, la cual determina características tales como la forma, el tamaño, el funcionamiento y las propiedades de un ser vivo.

Durante esta etapa los avances en las pruebas químicas, analíticas y experimentales para la determinación de la composición y estructura de la materia tuvieron un gran desarrollo, con métodos como la cromatografía, RMN y espectroscopia, permitiendo generar explicaciones sobre la formación de los enlaces químicos, como por ejemplo la proporción de las bases nitrogenadas, la ionización de las moléculas, la formación de puentes de hidrógeno y la polimerización de las moléculas, lo que fue aprovechado por Watson y Crick para proponer diversas formas de organización de los átomos que conforman la molécula de ADN, a partir del uso de modelos con esferas de icopor que representan las uniones presentes entre ellos, relacionando las mediciones físicas y matemáticas, los planteamientos químicos con la composición y estructura de dicha molécula,

además de intentar explicar su función en los seres vivos, mediante interpretaciones abstractas.

La revisión histórico-crítica de cada uno de los autores permite concluir que la ciencia presenta divergencias y convergencias en cuanto a los paradigmas construidos sobre la química del material hereditario, los cuales dependen de los intereses de los investigadores, su formación, cuestionamientos, metodologías, técnicas e instrumentos desarrollados, lo cual conlleva a que cada uno tenga diferentes formas de proceder e interpretar las concepciones sobre la herencia. Por lo que se cree que el análisis histórico es importante porque mediante la profundización de los desarrollos teóricos, se puede interpretar los significados que le da cada autor según el contexto en donde fueron estructurados, además se pueden definir criterios que contribuyan a problematizar el fenómeno de la herencia para diseñar propuestas de actividades experimentales, que ayuden a ampliar y organizar la experiencia de los estudiantes. Esto lo asumimos porque mediante el análisis pudimos interpretar que a pesar de que los estudios de los científicos (Miesher, Kossel, Levene, Avery, Rosalind, Watson y Crick) fueron realizados en tiempos, intereses, técnicas y métodos distintos, todos contribuyeron a comprender la composición y organización del material hereditario.

Aportes de la revisión histórica-crítica de los autores al trabajo de investigación

1. La revisión de la memoria de investigación de Miescher “Sobre la composición química de las células de pus (1869)” es de suma importancia para el desarrollo teórico de nuestro trabajo de grado, puesto que contribuye con la ampliación del conocimiento sobre la composición química de la NUCLEÍNA, además de las técnicas e instrumentos utilizados en el desarrollo de su investigación, los cuales son de gran utilidad para el diseño de las actividades experimentales.

2. La revisión de la memoria de investigación de Kossel “La composición química celular del núcleo” (1910), permite identificar unas problemáticas que se presentaron en la época con respecto a la composición y estructura de los ácidos nucleicos, como por ejemplo:

“Se abrieron nuevas perspectivas cuando se intentó incluir el núcleo celular en el ámbito de estas investigaciones. Aquí tenemos un órgano de la célula cuya estructura y función deben estar asociadas a los procesos generales de la vida” (Kossel, 1910, Nobel Lecture). el soporte físico a los genes a partir de sus experimentos, confirmando que el ADN es el que modifica a los organismos, no las proteínas, y que además es una molécula presente desde los virus hasta los animales, por tanto, se vuelve parte indispensable en la consolidación de las nuevas explicaciones sobre la herencia, así como en la comprensión de los procesos en los organismos.

Como docentes debemos profundizar en el conocimiento disciplinar y realizar análisis críticos sobre los procesos históricos en los que se desarrollaron las teorías científicas, generando estructuras mentales y conceptuales, que contribuyen a ampliar y organizar la experiencia en torno a la química del material hereditario, a partir de la construcción de explicaciones propias, dependientes de la forma de reflexionar sobre el fenómeno, la mayoría de las veces, el trabajo práctico sobre extracción del ADN se limita a obtener una fibra blanca, e indicarles a los estudiantes que ese es el ADN, con la revisión de los autores se posibilita construir las bases sobre las características fisicoquímicas del material hereditario la cual no ha sido lineal, generar nuevas dudas, incentivar el interés o construir nuevos enfoques metodológicos y epistemológicos, dándole sentido al trabajo práctico y entender que la experimentación no es una manera en la que se valida la teoría sino que ambas van de la mano para poder comprender las características de la química del material hereditario.

3. La revisión de la memoria de Phoebus Levene “Sobre la bioquímica de los ácidos nucleicos” (1909), deja en evidencia que para el autor la vida es un fenómeno complejo de la naturaleza, puesto que afirma que todo surge misteriosamente ya que se desconoce el proceso químico que permitía la síntesis de la nucleína en el organismo vivo, el cual está organizado armoniosamente y posee un número infinito de reacciones químicas, en donde ninguna interfiere con el equilibrio de las demás.

Levene se plantea entonces como objetivo el intentar revelar la naturaleza de las reacciones químicas que suceden dentro de las células vivas y encontrar su relación con los procesos que permiten la autorregulación de los seres vivos. Durante esta época ya se conocía la existencia de la cromatina gracias a las investigaciones de Fleming, quien descubrió que utilizando determinados colorantes podía teñir un material en el núcleo celular, sustancia que llamó la atención de Levene quien se interesó por conocer el proceso de regeneración durante el desarrollo del óvulo fecundado y consideró que a partir del estudio de su composición le permitiría reconocer el proceso de la formación de la cromatina o nucleína, lo cual lo induce a encontrar la relación entre la genética y la naturaleza química del material hereditario. Además él consideraba que el proceso de síntesis de nucleína en las células vivas aún no estaba revelado en su totalidad armoniosa y que “nadie podía albergar ninguna esperanza de llegar a este conocimiento sin el descubrimiento de la constitución química de las nucleínas” (*Levene, 1910*).

4. Para Avery et al (1944) los ácidos nucleicos debían considerarse no solo como estructuralmente importantes, sino también como funcionalmente activos para determinar las actividades bioquímicas y las características específicas de las bacterias. Según las explicaciones a sus resultados, la transformación descrita representa un cambio químicamente inducido y

específicamente dirigido por un compuesto químico conocido que posee especificidad biológica cuya base química aún no está determinada, Ariza, L. y Caicedo, V. (2018).

Los experimentos de Avery demuestran que la observación cuidadosa de las sustancias que participan en los diferentes procesos bioquímicos pueden brindar aportes y desarrollos a la ciencia que permiten su avance, sobre la identificación de sustancias, mediante tratamientos enzimáticos, por lo cual el autor se plantea rutas de investigación que intentan reconocer el principio transformante de Griffith, el cual hace referencia a una sustancia que hacía que las bacterias rugosas (No virulentas), al mezclarlas con las lisas (Virulentas) muertas por calor e inocularlas a un ratón le ocasionara la muerte, por lo que se pensaba que las bacterias rugosas habían sido transformadas en el tipo S, lo cual le causó curiosidad a Avery, quien intenta identificar las causas de dicho proceso, por lo que junto a su grupo de trabajo recurre al uso de secuencias analíticas, las cuales usan técnicas para el estudio del material hereditario, además se pueden aplicar en la enseñanza de las ciencias.

Con seguridad el secreto de la herencia ya no aguardaba en las proteínas ya que Avery et al, Hershey y Chase con sus trabajos a partir de enzimas e isótopos radiactivos respectivamente habían concluido que el ADN es el encargado de la herencia genética, por otra parte Levene ya había descrito la composición bioquímica de esta molécula, entonces surgen nuevas incógnitas, como por ejemplo: ¿Cómo está organizada en el interior del núcleo? ¿Cómo es su estructura? ¿Cómo esta molécula es heredada de un ser viviente a otro? ¿Cuál es la diferencia entre el ADN de cada organismo?

A partir de los estudios de Franklin, R. y Raymond, G. (1953). “*Configuración molecular en timonucleato de sodio*”, los autores estaban interesados en la

aplicación de técnicas de rayos X y en el análisis de moléculas de origen orgánico, llegaron a la conclusión que gracias a los avances matemáticos de Bragg en técnicas cristalográficas y difracción de rayos X, se podía investigar la organización estructural de diferentes moléculas de origen biológico mediante razonamientos químicos y físicos. Sus investigaciones permitirían describir la estructura, disposición espacial, organización de los enlaces y distancias de separación de los distintos átomos que conforman el ADN. El trabajo realizado por estos autores nos demuestra que la ciencia no es una actividad estática, sino que es dinámica y que una vez se soluciona una pregunta surgen nuevas, como por ejemplo ¿Cuál es la estructura y organización del ADN en el interior del núcleo celular? Para ello se recurren a distintas técnicas analíticas de las que se dispone en la época como lo son la cristalografía y los rayos X. Pero no basta simplemente con la experimentación, es necesario recurrir a modelos estructurales que proporcionen mayor información de las distintas técnicas físicas, químicas y biológicas, además que puedan correlacionarse e integrarse de tal forma que se pueda ampliar y organizar la experiencia (Fuller, 2003).

5. A mediados del siglo XX y a partir de los trabajos realizados por Avery, muchos científicos se habían interesado por conocer la estructura química y física del material hereditario, uno de ellos fue Erwin Chargaff, quien utilizó la técnica de cromatografía en papel en el estudio de los ácidos nucleídos, para esto seccionó muestras de ADN en sus componentes incubándolos con enzimas, encontrando cuatro manchas o bandas distintas sobre el papel, para finalmente recortarlas y lavarlas con un disolvente, para así determinar la cantidad de cada uno, llegando a la conclusión que eran las bases nitrogenadas adenina, timina, guanina y citosina, en donde la adenina presentaba la misma cantidad de timina y las cantidades de guanina y citosina eran similares también. (Aldridge, 1999)

Esta conclusión fue fundamental para el desarrollo de la idea de Watson y Crick, quienes pensaban que de alguna manera estos pares de bases estaban unidos dentro de la estructura del ADN, según lo dicho en sus investigaciones en su libro “la doble hélice (1968)”. Además también se apoyaron en las investigaciones realizadas por Rosalind Franklin, quien utilizaba la técnica de cristalografía de rayos X, para proyectar imágenes tridimensionales del ADN, esto es posible, gracias a la interacción de los rayos X con los electrones de la molécula, todo para comprender si existía alguna regularidad en dicha estructura, que permitiera explicar su funcionalidad.

Teniendo en cuenta las imágenes obtenidas por Franklin, Watson y Crick lograron desarrollar un modelo del ADN a partir de recortes de cartón, pelotas de colores y trozos de alambre, el cual está conformado por dos cadenas enrolladas helicoidalmente, además les permite establecer tres medidas: el grosor de la fibra de ADN, la distancia entre las bases (A, T, G y C) y la altura de una vuelta completa de la doble hélice. Lo anterior es importante porque responde a las preguntas sobre la funcionalidad del ADN, en cuanto al proceso de autorreplicación y formación de proteínas.

Los estudios de Rosalind Franklin, Watson y Crick, configuran aportes para futuros estudios en términos de metodologías y técnicas utilizadas en sus investigaciones, como por ejemplo la cristalografía de rayos X que permitió obtener algunas fotos y la elaboración de modelos a escala para comprender dichas fotografías, mediante suposiciones y mediciones sobre la distancia y ubicación de los átomos que conforman la estructura del ADN, lo cual se relaciona con la replicación del material hereditario y su funcionalidad, esto podría ser analizado y estudiado con el objetivo de diseñar propuestas experimentales que permitan ampliar y organizar la experiencia de los estudiantes en cuanto a la química de material hereditario.

Podemos concluir que cada uno de los científicos se planteó distintas problemáticas, intereses, metodologías, técnicas e instrumentos y realizaron diferentes aportes desde varias disciplinas que permitieron explicar la composición y estructura del ADN:

Mediante el análisis histórico de los criterios propuestos, hemos podido ampliar y reorganizar la comprensión que teníamos como docentes en cuanto a la composición y estructura del ADN, puesto que diferenciamos tres tipos de observaciones desarrolladas por los diversos científicos: una a nivel macroscópico, como las realizadas por Mendel, en donde buscaba determinar el comportamiento de los caracteres en los distintos guisantes, a través de distintas generaciones, esto a partir de formulaciones matemáticas, la segunda a nivel celular con los aportes de Schleiden, Brown y Schwann, quienes mediante observaciones microscópicas y técnicas de tinción se cuestionaron acerca de unas similitudes y diferencias que se presentaban en muestras celulares extraídas de animales y vegetales, lo que les posibilita pensar que existen regularidades en los seres vivos en cuanto a su estructura y función, por ejemplo la presencia de citoplasma, membrana celular y núcleo, determinando que este último tenía relación con el origen de nuevas células, siendo comprobado por Fleming quien observa el proceso de mitosis en vivo, concluyendo que son los cromosomas la base física de los factores de Mendel. Finalmente está la tercera, que son análisis a nivel molecular, es en este donde empieza a converger los estudios citológicos con los bioquímicos realizados por Miescher, quien está preocupado por estudiar y combatir la causa de la infección en las heridas abiertas, por lo que aisló los núcleos de los glóbulos blanco y extrajo una sustancia con alto contenido en fósforo a la que denominó nucleína, para esto trató las células con distintas soluciones salinas, ácidos y bases, durante sus experimento observó que cuando se daba la lisis celular, quedaba un precipitado gelatinoso cuando se acidifica la solución, Miescher supuso que podía estar relacionado con el núcleo.

De esta manera, la composición química de la nucleína se vuelve un problema central, que con posteriores estudios realizados por diferentes científicos como Kossel, Levene, Rosalind, Watson y Crick, llevan la composición y estructura del material hereditario a interpretaciones de sus componentes y organizaciones a nivel molecular.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

En el marco del desarrollo de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional, en la modalidad de profundización, con el propósito de que el docente se formule interrogantes que contribuyan y reconozcan los planteamientos que orientan las prácticas pedagógicas que desarrolla en el aula, es importante que se diseñe una propuesta de intervención, para así vincularla con el análisis realizado sobre la revisión histórico-crítica, con el propósito de reflexionar sobre el sentido de la enseñanza científica de un tema en particular y generar espacios para pensar la química del material hereditario.

Para el diseño de la propuesta se utiliza la metodología cualitativa que de acuerdo a lo que plantea Moreira (2002) es una manera de construir la realidad socialmente aceptada y la forma en la que se analiza e interpreta es a partir del desarrollo de instrumentos que el investigador diseña, los cuales sirven para reconocer las interpretaciones realizadas por el sujeto, no existe un dualismo entre este y el objeto a investigar, por lo tanto se busca que el maestro y estudiante, realicen comprensiones acerca del fenómeno de la química del material hereditario, que permita a los docentes construir elementos, desde el análisis de los supuestos experimentales y conceptuales de los científicos que realizaron aportes, para así diseñar una que amplíe y organice la experiencia de los sujetos, de modo que se pueda interpretar los sentidos y significados atribuidos por ellos, para esto se abordarán los siguientes momentos.

I. Revisión histórico- crítica

La revisión de los diferentes autores que han tratado de pensar, cuestionar y reflexionar sobre el fenómeno la herencia, permite entender que la ciencia es un proceso no acabado y que tanto los conceptos propios de esta, como los métodos, técnicas de análisis, formas de interpretar los fenómenos y preguntas que se generan, dependen de los momentos históricos y culturales en los que se desarrollan las explicaciones. Por lo que en este trabajo se realiza un análisis de distintas memorias, en donde los científicos se han cuestionado sobre ¿Dónde se encuentra el material genético? ¿Cómo se organiza el material genético? ¿Cómo ocurren los procesos de crecimiento de diferentes organismos infecciosos? ¿Cómo se heredan las características de un organismo a otro?, para así comprender la manera como se encuentra organizada y estructurada la molécula portadora de la información hereditaria, la cual sirve de referencia para poder establecer los criterios experimentales del presente trabajo de grado.

Para la propuesta experimental de intervención en el aula sobre la química del material hereditario, se tienen en cuenta autores que aportan en tres ítems (composición, función y estructura del material hereditario), siendo los siguientes científicos los abordados:

Miescher, F. (1869), Kossel, A. (1901), Levene, P. (1909), Griffith, F. (1928), Avery, O. McCarty, M. y MacLeod, C. (1944), Franklin, R. (1952), Dewey, J. Watson, J. y Crick, F. (1953).

Para comprender principios epistemológicos de cómo ocurren los cambios sobre las concepciones del material hereditario acudimos a la lectura de “*la lógica de lo viviente*” de Jacob, F (1970).

Con relación al papel que juega el experimento y la teoría para la enseñanza de las ciencias naturales desde el enfoque fenomenológico, sirven de referentes Malagón, F. y otros (2011), Sandoval, S. y otros (2018).

II. Propuesta experimental a partir de la revisión histórica

En la revisión histórico crítica se formulan preguntas como: ¿Cómo establecer relaciones entre la herencia y los distintos seres vivos? ¿Qué parámetros tener en cuenta para la comprensión de lo hereditario? ¿Dónde se encuentra el material hereditario? ¿Cuál es la composición química del material hereditario? ¿Existe relación entre la composición y estructura del material hereditario? ¿Qué técnicas de análisis se podrían utilizar en el aula para la comprensión química de lo hereditario?

De acuerdo con los autores estudiados y las preguntas formuladas se establece la propuesta de intervención en el aula con las fases planteadas en la Tabla I (ver anexo I):

| Fase | Propósito | Intenciones | Actividades |
|--|--|--|--|
| Fase 1 Reconocimiento de la herencia genética | Observar y realizar seguimiento al proceso de germinación de plantas de ajo y cebolla con el fin de identificar las características comunes desarrolladas durante una parte de su ciclo de vida. | Realización de observaciones de las características físicas como color, forma y ubicación que se desarrolla durante el proceso de germinación de ambas plantas. Comprender que a partir de especies semejantes se produce descendencia con características similares. | Actividad 1. SOBRE EL BROTE DE LAS PLANTAS DE AJO Y CEBOLLA Colocar a germinar una planta de ajo y cebolla con el fin de que los estudiantes realicen observaciones y construyan explicaciones acerca de las estructuras comunes que desarrollan |

| | | | |
|--|--|---|---|
| <p>Fase 2</p> <p>Ampliando el mundo microscópico</p> | <p>Reconocer la capacidad de aumento de las lupas y los microscopios ópticos y su utilidad en el estudio de muestras biológicas.</p> <p>Aprender a fijar y colorear muestras biológicas con sustancias como son azul de metileno, lugol y rojo neutro.</p> | <p>Manejar las técnicas de microscopía a partir de instrumentos como la lupa y el microscopio óptico que aumenta el tamaño de las muestras biológicas a observar.</p> <p>Comprender cómo enfocar muestras biológicas a partir del uso del microscopio óptico, relacionando el tamaño de la imagen observada con el tamaño real.</p> | <p>Actividad 2</p> <p>Camino a la exploración de mundos microscópicos</p> <p>Los estudiantes realizarán una actividad a partir de una herramienta virtual y responderán un cuestionario donde reconozcan las partes, funciones y cuidados que se deben tener al usar el microscopio óptico.</p> <p>Actividad 3</p> <p>Ampliando el mundo microscópico</p> <p>Esta actividad se divide en tres partes: En la primera se busca que los estudiantes reconozcan los aumentos de la lupa y comprendan cómo estos permiten que la imagen se aumente a escala; en la segunda los estudiantes aprenderán a preparar una muestra que va a ser observada en el microscopio óptico a partir de una gota de agua; en la tercera aprenderán a enfocar de acuerdo a cada uno de los objetivos utilizando la preparación anterior, con el objetivo de que determinen como se observa a más detalle y como va disminuyendo el campo ocular.</p> |
|--|--|---|---|

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>FASE 3</p> <p>Reconociendo el núcleo celular en las células de las plantas germinadas</p> | <p>Identificar el núcleo reconociendo sus principales características como son: ubicación, forma y células en las que se encuentran.</p> <p>Reconocer al núcleo como estructura que interviene en el origen de nuevas células.</p> | <p>Establecer si existen o no estructuras semejantes a nivel celular entre las plantas de ajo y cebolla, mediante el uso de la lupa, el microscopio, y algunas técnicas de tinción.</p> <p>Construir explicaciones sobre las características del núcleo como son: ubicación, forma, tamaño y comprendan la importancia de esta estructura en la generación de nuevas células.</p> | <p>Actividad 4</p> <p>Encontrando el núcleo de la célula</p> <p>Primera parte</p> <p>Lectura que toma apartados de Albarracín, 1993, "Teoría celular del siglo XIX", con esta se pretende que los estudiantes reconozcan algunas características del núcleo y su importancia.</p> <p>Segunda parte</p> <p>Reconociendo el núcleo celular</p> <p>Se realizará un laboratorio que permite la observación de la raíz y el tallo del ajo y la cebolla con el objetivo de reconocer las estructuras en común a nivel celular</p> |
|--|--|---|--|

| | | | |
|--|---|---|---|
| <p>Fase 4</p> <p>Extrayendo nucleína</p> | <p>la</p> <p>Aislar la sustancia que se encuentra en los núcleos de las células de ajos y cebolla y determinar su composición química.</p> <p>Familiarizar a los estudiantes con las sustancias químicas utilizadas para la extracción de la nucleína</p> | <p>Inferir la composición química de la sustancia presente en el núcleo celular que permite la generación de nuevas células.</p> <p>Diferenciar las técnicas y sustancias utilizadas para extraer la nucleína</p> | <p>Actividad 5</p> <p>Identificación del núcleo como poseedor de una sustancia química llamada nucleína</p> <p>Desarrollo de actividad experimental que permite aislar los núcleos celulares y determinar la composición química</p> <p>Se utiliza cloruro sódico 2 M para producir la ruptura de los núcleos para que queden libres las fibras de cromatina, detergente, alcohol de 96° muy frío para precipitar el ADN y posteriormente realizar prueba de Biuret para identificación de proteínas, Fehling a y b para identificación de carbohidratos, y análisis con molibdato de amonio en nitrato de amonio para identificar la presencia de fósforo en forma de fosfatos.</p> |
| <p>Fase 5</p> <p>Dialogando con Kossel</p> | <p>con</p> <p>Plantear una serie de problemas desde los postulados de Kossel con relación a la estructura de la nucleína con el fin de estimular en los estudiantes su interés por profundizar en el tema.</p> | <p>Planteamiento de nuevas incógnitas con relación a la composición de los seres vivos, importancia del núcleo para división celular y composición de la nucleína</p> <p>Generar nuevos intereses a investigar en los estudiantes</p> | <p>Actividad 6</p> <p>Dialogando con Kossel</p> <p>Se realizará una discusión de la lectura “La composición química del núcleo celular” Nobel Lecture, December 12, 1910, para generar intereses e inquietudes de los estudiantes.</p> |

Tabla I. fases de la propuesta experimental planteada a partir de la revisión histórico-crítica

III. Contexto de implementación

La implementación y el desarrollo de las diferentes fases propuestas en el presente trabajo de grado se organiza en La Institución Educativa Nuevo Compartir, ubicada en el barrio Compartir de Soacha, Cundinamarca, sede San Nicolás, calendario A, los cuales son población vulnerable, puesto que provienen de otras zonas del país y han sufrido desplazamientos forzados.

El colegio cuenta con doble jornada, en donde se puede desarrollar la propuesta experimental con un único curso de la jornada tarde, el cual tiene estudiantes que presentan edades que oscilan entre 14 y 17 años, de los cuales 7 de los educandos desarrollan las actividades de forma presencial y 23 virtual. Para estos últimos que no puedan asistir se elaboran videos con las correspondientes explicaciones, que son transmitidos por medio de la plataforma Meet. Se aborda de esta manera como estrategia didáctica debido a las condiciones de aislamiento que genera la pandemia del virus Covid-19 en la actualidad

IV. Implementación

Una vez propuestas las actividades experimentales y de aula (de manera virtual) de acuerdo a la revisión histórico-crítica sobre la química del material hereditario, se procede a realizar la implementación de las distintas actividades, las cuales se dividen en cinco fases, en cada una de las fases se da relevancia en que la participación tanto del docente como del estudiante es activa, ya que es una construcción del fenómeno, favoreciendo las diferentes dudas individuales que van surgiendo durante el transcurso de su aplicación, las explicaciones que se construyen y las formalizaciones que se desarrollan.

Para obtener mejores resultados de acuerdo a las condiciones de la pandemia, que traen consigo la asistencia de los estudiantes en modalidad de alternancia, la cual consiste en que algunos toman su clase de forma presencial y otros virtual, se

piensa en desarrollar la propuesta experimental de la siguiente manera: primero como docentes ejecutar las actividades propuestas, para así ampliar y organizar la experiencia en cuanto a la química del material hereditario, segundo se realiza las prácticas experimentales con los estudiantes que asisten presencialmente y se elabora un video, tercero se presenta el video y algunos registros obtenidos a los alumnos por medio de la plataforma Meet, cuarto se deja de tarea las preguntas y actividades de cada una de las fases de la propuesta experimental para que todos los educandos las descarguen y desarrollen de manera virtual, quinto se realiza una discusión general para que los sujetos se cuestionen, formalicen y construyan explicaciones sobre el fenómeno en estudio.

V. Seguimiento y registro

En cada una de las fases y actividades desarrolladas de la propuesta para enriquecer, ampliar y organizar las experiencias sobre la herencia biológica, se realiza un seguimiento continuo de los registros que van desarrollando los estudiantes durante el proceso, los cuales fueron:

- a. Registros escritos: utilizando plataformas digitales, los estudiantes respondieron a las preguntas formuladas, y describieron las observaciones realizadas en las distintas fases, lo que permitió organizar los datos específicos.
- b. Registros audiovisuales: se realizaron fotos de las diferentes observaciones al microscopio y videos sobre la extracción del material nucleico, esta es una herramienta que permite recolectar información sobre lo que los estudiantes están observando e interpretando y entender que el fenómeno de la química de la herencia cambia según como el observador vaya estructurando sus formas de pensar y analizar.

VI. Análisis de registros

Con el propósito de lograr un análisis de los registros obtenidos en los distintos momentos e identificar las reflexiones de los docentes y estudiantes, con respecto a las diferentes actividades desarrolladas, se siguen las siguientes etapas:

1. Recolección de los registros en cada uno de los momentos de trabajo.
2. Descripción de las respuestas, construcciones y explicaciones de los estudiantes después del desarrollo de las actividades propuestas en cada una de las fases.
3. Reflexiones que realizamos como docentes sobre la enseñanza de la química del material hereditario a partir de las respuestas aportadas por los estudiantes.
4. Formalizaciones que realizan los estudiantes y los docentes sobre el problema de estudio desde la perspectiva de la enseñanza y aprendizaje.

PRODUCCIÓN DISCURSIVA

En el siguiente apartado se realizan los análisis de los registros obtenidos (anexo II) a partir de la implementación de las diferentes actividades experimentales que tienen como objetivo reconocer las explicaciones que construyen los estudiantes sobre la química del material hereditario, las formalizaciones desarrolladas, el lenguaje y las preguntas sobre el fenómeno en estudio, además de generar una serie de reflexiones como maestros. Consideramos que al realizar el análisis podemos ampliar y organizar la experiencia y la comprensión del problema de estudio tanto en estudiantes como en docentes, a lo que denominamos producción discursiva.

FASE 1: RECONOCIMIENTO DE LA HERENCIA GENÉTICA

Con la implementación de esta primera actividad, los estudiantes identificaron algunas etapas del proceso de desarrollo de las plantas de ajo y cebolla, a partir de observaciones detalladas con lupa, en donde encontraron que se desarrollaban estructuras comunes, como lo son: raíces, tallos y hojas, describiendo algunas características físicas que presentaban en cuanto a color, grosor, tamaño, forma, posición y olores, como por ejemplo, afirmaban que el “ajo posee una raíz gruesa y color beige”, mientras que la de la “cebolla son delgadas y de color pálido”, “la coloración de las hojas de ambas plantas es verde”, “el ajo tiene un tallo más delgado a diferencia de la cebolla”, “las raíces del ajo son más cortas que la de la cebolla”, “las hojas del ajo son planas y la de la cebolla redonda”, “Las hojas de las cebollas son más gruesas y caídas y las del ajo más rectas y planas”, “Sus semejanzas en cuanto a colores son las mismas (hojas verdes, raíces blancas) además el olor de cada una es similar más no igual, las hojas estarían ubicadas en la parte superior y las raíces en la inferior”, “Tienen un proceso similar de germinación, además de tener olores similares y hojas”. Además, relacionan estas estructuras con ciertas funciones que son vitales para las plantas como por ejemplo la hoja en el proceso de fotosíntesis, la raíz en la absorción de agua y sales minerales y el tallo en el crecimiento de la planta, concluyendo que existe una similitud en las estructuras desarrolladas (raíz, tallo y hojas) y diferencias en los tiempos de desarrollo como lo hace notar un estudiante al afirmar “A la planta de cebolla le salió más rápido la raíz, el tallo y las hojas”.

En cuanto a la relación con el desarrollo de estructuras comunes y la herencia de una información genética por parte de generaciones pasadas no es clara, sin embargo, hacen referencia a que son muy parecidas por que en algún momento “partieron de un mismo origen, por lo tanto, poseen estructuras homólogas”, por lo cual se cree que con esta afirmación atribuyen la similitud de raíces, tallos y hojas en la planta de ajo y cebolla, gracias a que en el pasado compartieron un mismo

origen, además aceptan que tienen una cercanía familiar al afirmar que siendo diferentes plantas, desarrollan estructuras semejantes “porque vienen de la misma familia amarilidáceas”, por otro lado creen que una planta de ajo de la que cultivo puede dar origen a una nueva planta que posea características similares a las observadas, por medio de una semilla al afirmar “Si no hay semilla no hay planta, antes de la semilla hay una flor que permite la reproducción de la planta. Esta semilla proviene de la misma planta por lo tanto va a presentar características semejantes”, mediante la interpretación de esta afirmación se hace evidente que el estudiante reconoce la semilla como estructura reproductiva de la planta y que mediante el proceso de crecimiento y desarrollo de esta se puede dar origen a un nuevo individuo con características similares, sin embargo, no explica por qué ocurren las similitudes, algunos reconocen que existen características que son heredadas de una generación a otra generación y por tal motivo los hijos se parecen a los padres como se puede evidenciar en esta afirmación “Considero que sí pues las características de las plantas madres son heredadas por las plantas hijas pero todo depende del proceso de germinación que se lleve, con sus debidos cuidados”, además el estudiante resalta que si no existen las condiciones adecuadas durante el proceso de germinación, como lo son luz, agua, suelo y nutrientes, la planta posiblemente muera antes de reproducirse.

Por último se hace una distinción entre la planta de ajo y cebolla asegurando que de una planta de ajo no se puede obtener cebollas porque son de distintas especies como se plantea en las siguientes respuestas, “Yo cultivo una planta de cebolla y quiero recoger ajos, no se puede, porque las dos plantas no son de la misma especie, son diferentes cosas” “Pues si vienen de ella tendrían características similares no, porque vienen del ajo y la cebolla, o sea si para crear una nueva planta se basan en algo, pues tendrían que tener las características similares a lo que usaron anteriormente”, a partir de lo cual se puede interpretar que el estudiante reconoce que son especies diferentes, por lo tanto no se pueden reproducir, a partir

de lo cual concluye que de una planta de ajo no se pueden obtener plantas de cebolla sino de ajo, se toma la reproducción como el mecanismo encargado de regular las relaciones entre progenitores y descendientes, manteniendo cierta regularidad morfológica en dichas plantas, a lo que llaman especies, puesto que descifran características que son comunes y relevantes en la cebolla y el ajo.

Otras interpretaciones en cuanto a similitudes se basaron en las condiciones ambientales y disponibilidad de recursos, como por ejemplo, agua, luz, aire, suelo y nutrientes, asegurando que en cuanto esto eran muy parecidas porque ambas plantas necesitaban de esto para poder sobrevivir y que si no estaba disponible simplemente morían, además atribuían los parecidos de las plantas de ajo que se derivaban de una planta de ajo existente a los cuidados que ellos tuvieran durante el proceso de germinación como se evidencia en las siguientes afirmaciones “concluyo que tienen similitudes en cuanto a los tonos de color verde, la necesidad de agua, aire y luz, la cebolla en un inicio requiere más de agua que de tierra, al contrario del ajo”, “Si puede dar origen a una nueva planta y con las mismas características, porque no hubo interferencia por parte mía en su crecimiento, excepto los cuidados necesarios para que crezca” “Da origen a una planta con estructuras semejantes porque para hacer la germinación seguían los mismos pasos. Dejar en agua, después plantarla y pues iban creciendo similar”.

Tras analizar las interpretaciones realizadas por los estudiantes, durante el desarrollo de la actividad sobre la germinación de la planta de ajo y cebolla, se encontró que establecer criterios a partir de la revisión histórico-crítica de la ciencia es importante porque como maestros permitió establecer relaciones entre los diferentes autores revisados y los sucesos involucrados en el establecimiento de la composición y estructura de la doble hélice del ADN, para diseñar un conjunto de actividades experimentales que lleven al educando a comprender y cuestionar el fenómeno de la química del material hereditario, pasando desde los distintos órdenes establecidos por Jacob (1970), primer orden, o macroscópicas, cuyas

características son lo observable (siglo XVIII y XIX), segundo orden, depende del análisis cuidadoso sobre las formas y propiedades de los seres vivos (mitad del siglo XIX) y tercer orden, situada en los cromosomas, permite entender cómo se reproducen las nuevas especies y cómo ocurren los cambios para el surgimiento de nuevas especies, es como surge a partir de la composición molecular de los cromosomas una estructura de cuarto orden (Siglo XX) la cual permite entender el funcionamiento de los seres vivos, su forma y sus propiedades, allí es donde se establece la “memoria de la herencia”.

Durante esta primera actividad se analizaron las explicaciones formuladas por los estudiantes desde lo que Jacob planteó como estructura de primer orden, en donde hace referencia a que durante el siglo XVIII e inicios del XIX, el estudio de la herencia se realizaba a partir de observaciones macroscópicas, donde la organización de lo viviente se determinaba a partir de lo perceptible en el organismo, la comparación de las estructuras observables, lo cual servía como referencia para estudiar lo viviente, de esta manera esta experiencia permitió a los estudiantes reconocer la existencia de unas estructuras en común entre las plantas trabajadas (tallo, raíz y hojas), reconocer semejanzas y diferencias entre ambas especies (color, forma, olor, longitudes, grosor y tamaños de las diferentes estructuras estudiadas), sin embargo se piensa que se podría ampliar más la experiencia, si se logra vincular la herencia genética con el desarrollo de las plantas, se sabe que el crecimiento y desarrollo de estructuras están condicionados por la herencia, puesto que dentro de cada uno de estos individuos existe una información que ha recibido de sus progenitores, que va ser expresada de acuerdo a los factores ambientales a los cuales sea sometido el organismo.

Cuando los estudiantes intentaban argumentar como se pasaba la información genética de una generación a otra, hacían referencia a la estructura reproductiva de la planta, o sea la semilla, en donde afirmaban que a partir de esta se desarrollaba una planta similar a la planta progenitora, por lo cual creemos que es necesario

tener en cuenta a la hora de establecer criterios pedagógicos para el diseño de actividades experimentales, que la información que se hereda en las plantas no está solo en la semilla, sino en todas sus células y que esta cuenta con organelos, como por ejemplo el núcleo, el cual alberga el material genético en una molécula conocida como ADN, esta posee una estructura, que se encuentra determinada por la secuencia de las bases nitrogenadas presentes, lo que significa que la manera como se organicen establece las instrucciones para elaborar dichas moléculas y esta información es la que se transmite de generación en generación.

FASE 2: AMPLIANDO EL MUNDO MICROSCÓPICO

Esta segunda actividad tuvo como propósito analizar los registros de los estudiantes con relación a lo planteado desde lo que Jacob llama estructura de segundo orden, en esta él resalta que ya no es suficiente las observaciones macroscópicas de los seres vivos realizadas por los científicos durante el siglo XVIII para hablar de la herencia, sino que se hace necesario empezar a profundizar a nivel celular (segunda mitad del siglo XIX), por lo cual se pensó en trabajar en el desarrollo de habilidades en los estudiantes que les permitieran realizar observaciones más detalladas de estructuras comunes a nivel celular, mediante la utilización de instrumentos como el microscopio y técnicas de microscopía, con lo cual se pudo profundizar en estudios sobre la organización de los seres vivos, esto les abrirá la puerta a un nuevo campo, en donde tuvieron nuevas posibilidades de estudiar y analizar lo vivo, añadiendo nuevos objetos de estudio, como lo son las células, a partir de lo cual se buscó ampliar la comprensión del fenómeno de la química del material hereditario, se parte de que no es posible construir explicaciones sobre la herencia sino se tienen claros los planteamientos frente a la célula como estructura constitutiva de los seres vivos, unidad que liga a los organismos a un mismo origen y la que contiene el material hereditario.

Las actividades desarrolladas tuvieron como objetivo plantear la observación, como medio que permite que los estudiantes construyan explicaciones sobre objetos o muestras a escalas más pequeñas y la forma como el microscopio surge como instrumento capaz de agudizar, no solo la visión, sino también las construcciones, interpretaciones y descripciones del microcosmo, la primera parte de la actividad, consistió en dibujar un cuadrado de un milímetro en una hoja milimetrada, para posteriormente representar como se verá el cuadrado en una lupa con un aumento de 2X, 4X y 5X, en donde se encontró que muchos de ellos al realizar el cuadrado del tercer aumento (4X) no partían del cuadrado inicial sino del que ya habían aumentado a 2X, tomaban 5 mm de la hoja como si valiera 1 mm, cuando realizaban el dibujo de 5X algunos lo aumentaron 10 veces. En la segunda, tenían que dibujar un marco de una foto con forma cuadrada, cuyos lados miden 2 cm, para representarlo como se vería en el tamaño real, con un aumento de 2x y 5x, aquí se identificó que algunos alumnos toman un cuadrado de una hoja de cuaderno cuadriculado como si equivaliera 1 cm^2 , lo que los lleva a dibujar un cuadrado de 1 cm^2 .

A partir de esto, se pudo analizar que es importante empezar a trabajar en los estudiantes la comprensión de lo que es un objeto real y la representación de este, en donde el primero es algo material existente en el universo y lo segundo es una percepción que realiza un sujeto de ese objeto material, un ejemplo puede ser una materia de la casa y el dibujo que realiza el niño de esta, la cual toma la forma inferida por el espectador, por lo tanto no es del todo objetiva, de esta manera se podría obtener mejores resultados cuando los alumnos realizan interpretaciones de los aumentos de los microscopios, puesto que contribuirá a que comprendan que así utilice un instrumento para aumentar el tamaño del objeto observado, en realidad este permanece con las mismas medidas y cualidades, solo que se está formando una imagen real aumentada.

Por otro lado, también se debe trabajar en la comprensión de los conceptos como superficie y volumen de un objeto, puesto que esto les proporcionará herramientas para identificar que los cuerpos que se encuentran en el mundo real y que a diario observamos, contienen tres dimensiones que son ancho, largo y profundidad, además contienen un volumen, que es el espacio que ocupa un cuerpo en el universo, por lo tanto es susceptible de medición en tres dimensiones, mientras que una representación de un cuadrado en una superficie plana, como lo es la hoja milimetrada presenta dos dimensiones que son la anchura y lo largo las cuales son medibles, con instrumentos como la regla. También es necesario hacer énfasis que cuando un objeto es observado mediante instrumentos que permite aumentar la imagen, las proporciones aumentan de acuerdo con el aumento, es decir, si el aumento es de 2X, significa que aumentará al doble, para esto se debe hacer énfasis en las escalas, que son sucesiones de medida que permiten organizar datos en orden jerárquico en este caso longitudes. Lo que contribuirá a interpretar mejor las imágenes producidas por el microscopio y la lupa puesto que estas son planas y en dos dimensiones.

La tercera parte de la actividad, consistía en ampliar el dibujo de un escarabajo a 2X, esta tenía como propósito determinar un punto de referencia (una cuadrícula), como base, para que el estudiante pueda reconocer y explicar la forma en que aumenta las dimensiones de un cuerpo al ser observado a través del microscopio con un aumento que duplique la imagen, el trabajo deja en evidencia que se debe trabajar las habilidades espaciales, de observación detallada, de concentración, de proporcionalidad, estéticas, y nociones geométricas en los estudiantes, puesto que esto dificulta la objetividad de las observaciones en el microscopio.

La cuarta parte de la actividad tenía como objetivo que los estudiantes reconozcan que sucede con el campo óptico a medida que es mayor el valor del objetivo, en donde la mayoría identifican que el campo óptico disminuye a medida que aumenta el valor del aumento del objetivo, puesto que se centra en ampliar un punto

específico de la imagen, sin embargo se encuentran otros argumentos como por ejemplo que el campo disminuye porque los objetivos se acerca a la muestra, o que esto se debe a que el objeto se vuelve más grande, por lo que se piensa que esta dificultad se podría superar si se trabaja lo que es un objeto real y una imagen del objeto, ya que esta última representa la apariencia visual del cuerpo real, sólo que por la curvatura de la lente y la posición del objeto frente a este se logra un aumento.

La quinta parte de la actividad, fue planteada con el objetivo de que los alumnos construyan explicaciones físicas sobre el por qué se invierten las imágenes en el microscopio óptico, en donde se encuentra argumentos como que la distancia influye, dependiendo si está cerca o lejos del lente el cuerpo a observar se ve invertida o no la imagen, es real o virtual y se aumenta o no el tamaño. También identifican la luz como la fuente primordial para que se genere la imagen, en especial cuando los rayos difractados a través de la lente se cruzan, algunas dificultades encontradas están relacionadas entre las diferencias existentes entre una imagen real y virtual, así como las imágenes que se forman en las muestras observadas al microscopio, ya que estas son de superficie plana, por lo cual produce imágenes en dos dimensiones, reales e invertidas, surgiendo preguntas ¿Por qué se ve en dos dimensiones si la mancha y la letra en la realidad poseen tres?

Aunque el propósito de este trabajo de grado es ampliar y organizar la experiencia de los estudiantes y de nosotros como profesores, en relación a la química del material hereditario se cree que es importante trabajar la observación a través del microscopio, puesto que esto permitirá entrar a estudiar las regularidades que poseen las plantas de ajo y cebolla a nivel celular, además de comprender que esta es la unidad constitutiva de los seres vivos, puesto que la mayoría de veces en clase y en los libros se explica esta temática con base a dibujos estáticos, lo cual no permite pensar las estructuras que las compone y su relación con la función.

FASE 3: RECONOCIENDO EL NÚCLEO CELULAR EN LAS CÉLULAS DE LAS PLANTAS GERMINADAS

Mediante la implementación de esta actividad se pudo concluir que las prácticas experimentales son una estrategia pedagógica que despierta la curiosidad, interés y necesidad de los estudiantes, por lo tanto como maestros de ciencias es necesario realizar análisis de la construcción teórica de la química de la herencia, puesto que esto brinda herramientas como supuestos conceptuales, técnicas e instrumentos que pueden ser utilizados en el desarrollo de estas actividades, en esta fase se utilizaron apartados de científicos como Schwann, Schleiden y Brown, que nos permitieron comprender algunos aspectos sobre la teoría celular y las técnicas de microscopía y tinción que utilizaron, en donde se acepta a la célula como la unidad funcional y estructural de los seres vivos, además en los escritos del científico Brown, se evidencian algunas descripciones microscópicas del núcleo y los argumentos que plantea para hacer de este una pieza clave en el fenómeno de la herencia, como se referencia en su libro *observaciones sobre los órganos y modo de fecundación sobre las orquídeas y asclepiadeas*. “En cada célula de la epidermis de esta familia, especialmente en las hojas, se observa una areola simple, por lo general algo más opaca que la membrana de la célula[...] Tan solo una areola se encuentra en cada célula[...] Está areola, o núcleo de la célula, como quizá pudiera ser denominado, no se halla confinada en la epidermis, encontrándose también no solamente en la pelusa de la superficie, sino en muchos casos en el parénquima o células internas del tejido[...] El núcleo de las células no existe solo en las orquídeas, sino igualmente es evidente en muchas otras familias de cotiledóneas; e incluso lo he encontrado en la epidermis de plantas dicotiledóneas”. A partir de esto se realiza una lectura a los estudiantes en donde se discuten algunos supuestos conceptuales de los científicos nombrados anteriormente y se busca que los educandos construyan explicaciones y preguntas, sobre la ubicación, forma, donde se encuentra ubicado, que células lo poseen y cuál es su importancia en el

fenómeno de la herencia, algunas de sus respuestas fueron: es el organelo más grande de la célula, posee formas circulares, ovoides, parecen huecos, son areolas, anillos, globos vacíos, se encuentran en todas las células vegetales, almacena la información genética del individuo, es el centro operativo de la célula, se ubica en el centro de la célula y es una estructura importante porque da origen a las células.

Luego se implementó un laboratorio que tenía como objetivo desarrollar habilidades en los estudiantes que les permitiera realizar observaciones mediante el uso de técnicas de microscopía y tinción durante la preparación y observación de muestras biológicas, en donde se les solicitó efectuar cortes finos de las partes de la raíz y hoja de una planta de cebolla y ajo, posteriormente preparar muestras con azul de metileno y rojo neutro, para así observarlas en el microscopio y realizar los respectivos dibujos y descripciones, esto con el fin de que identificaran y caracterizaran el núcleo celular, mediante esta actividad experimental los estudiantes se refieren a la célula como: “forma extraña y delineada, muy similar a cuadros, los cuales se van uniendo”, “líneas largas unidas”, “compartimientos de formas cuadradas y alargadas” “formas hexagonal, cuadradas y rectangulares”, “parecen celdas”, “son semejantes a una pared de ladrillo”, “posee círculos como mis dedos” y “Líneas y rayas que forman celdas”; a los núcleos como: “puntos azules y rojos”, “puntos ubicados en la mitad de la célula”, “manchas, círculos y anillos en la mitad de la célula”; a la pared celular como: “Se nota una especie de pared que separa las células”, “líneas o capas que delimitan las células” y “Líneas que dividen”. Mediante la comparación de las descripciones realizadas concluyen que existen características en común tanto en las células de las diversas partes de la planta del ajo como de la cebolla indicando que tanto en la raíz como en las hojas estas son iguales, presentando formas en común como cuadros, celdas, pared de ladrillos, rectángulos, manchas y compartimientos, además dentro de ellas presentan núcleos (puntos, huecos y círculos) y en la parte externa se ubica la pared celular (Líneas que delimitan o capas). Analizando la respuesta de los estudiantes se

encuentra que para argumentarlas utilizan objetos o formas que han observado durante la experiencia y representaciones abstractas construidas con la interacción en su contexto. También consideramos que la relación de las estructuras celulares en común con la herencia genética, no se resuelve fácilmente, es necesario situar a los estudiantes frente a nuevas experiencias que les permita establecer vínculos entre las estructuras celulares y su función, ubicar en ellos regularidades y diferencias a nivel celular, llevándolos a comprender que estas dependen de procesos hereditarios, consideramos que una manera sería mediante una actividad experimental de mitosis, puesto que cuando realizamos la revisión histórica, interpretamos que el científico Virchow, planteó que una célula se origina de una ya preexistente, que Flemming es el primero en observar que una célula se divide analizando el proceso de división celular por mitosis, en donde evidencia que aquí participan los cromosomas pasando de células madres a hijas, finalmente es Sutton, quien relaciona el material en el núcleo que puede teñirse (cromosomas) con lo que Mendel llamó factores o características heredables, como lo afirma en el siguiente fragmento “Finalmente llamó la atención sobre la probabilidad de que la asociación de cromosomas paternos y maternos en parejas y su separación subsiguiente durante la división reduccional como se indica anteriormente, puede constituir la base física de la ley Mendeliana de la herencia” (Sutton, 1902). Es así como relaciona un material físico con construcciones matemáticas.

Esta experiencia también le permitió a los estudiantes identificar técnicas de tinción, a partir de dos tintes, en donde concluyeron que de acuerdo con el colorante hay unas estructuras que absorben mayor cantidad que otras, como lo referencian un niño al afirmar que “el núcleo se ve mejor con el rojo neutro por que absorbe mejor este colorante” mientras que la pared celular, citoplasma y membrana celular se ve más con el azul de metileno, también reconocen que el rojo neutro hace más evidente las líneas que forman los cuadrados, haciendo referencia a las células, además de teñir mejor estructuras como por ejemplo las vacuolas y núcleos.

Mientras que el azul de metileno tiñe más el citoplasma y la pared celular, puesto que según ellos se veía de una tonalidad de azul oscuro. De acuerdo con lo anterior establecen algunas funciones de los colorantes utilizados durante la experimentación como rojo neutro y azul de metileno, al inferir que sirven para hacer más claras las partes de las células y así lograr una observación más detallada, aumentan la resolución de las muestras y cada tinte tiñe diferentes estructuras para ser observadas. Es así como determinan que a partir del rojo neutro se tiñe mejor el núcleo, a comparación del azul de metileno que tiñe más la pared celular, membrana celular y citoplasma. Finalmente, cuando relacionan la lectura con la experiencia de laboratorio, durante la discusión realizada en clase afirman que las estructuras que poseen en común las células de la raíz y hoja del ajo y cebolla son: citoplasma, núcleo, membrana celular y pared celular, las cuales antes describían como cuadros, celdas, rectángulos, puntos, areolas, círculos, líneas unidas, paredes, etc., relacionando el trabajo con lo afirmado por Jacob (1970), durante la experiencia se podría llegar a describir las formas y propiedades de las células, la organización que reúnen, la coherencia de lo visible y oculto al ojo humano, lo cual no es suficiente para explicar la herencia en sí.

FASE 4 Y 5: EXTRAYENDO LA NUCLEÍNA Y DIALOGANDO CON KOSSEL

En esta fase implementamos un laboratorio basado en los análisis histórico-críticos de los estudios y procedimientos realizados por Miescher durante el aislamiento de la nucleína y una discusión desde los postulados de Kossel de acuerdo con sus investigaciones sobre su composición y estructura, en donde identificamos unas problemáticas que fueron de nuestro interés con el propósito de profundizar sobre el fenómeno de la química del material hereditario y despertar la curiosidad en los educandos, estas actividades tenían como fin empezar a trabajar dicha sustancia a nivel molecular, de acuerdo a lo que plantea Jacob (1970) sería una estructura de tercer y cuarto orden, en donde se busca entender los cambios que ocurren en los seres vivos, desde el estudio de la macromolécula para comprender su

organización, formas y propiedades, por lo tanto el objetivo era generar espacios de experimentación y debate que contribuyeran en la construcción de explicaciones en los estudiantes, sobre la composición química de la sustancia presente en el núcleo celular de la cebolla y el ajo, para así entender su influencia en el proceso de división celular, además de familiarizarlos con las técnicas e instrumentos utilizados en el aislamiento de la nucleína e indagar las posibles preguntas que les surgieron durante el desarrollo de las distintas etapas.

Lo primero que se realizó fue un laboratorio que lo llamamos “Extrayendo la Nucleína”, a partir del desarrollo de este encontramos que los estudiantes reconocieron que sustancias como alcohol, detergente y cloruro de sodio sirven para romper la membrana Plasmática y Nuclear y así extraer la sustancia del núcleo, también conocieron cuatro métodos cualitativos para identificar macromoléculas como: proteínas (Biuret), carbohidratos (Fehling a y b), lípidos (Sudán III) y fosfatos (Molibdato de amonio) en la sustancia aislada, con lo que determinaron que la composición química principal de la nucleína es fósforo, puesto que la prueba de fosfatos fue la única que dio positivo, además de reconocer y aprender a usar algunos instrumentos como Probetas, Pipetas, Morteros, Papel filtro, Tubos de ensayos, Erlenmeyer y Agitadores. Analizando el desarrollo de esta práctica como docentes consideramos que las actividades experimentales son importantes porque son espacios en donde los estudiantes y el maestro interactúan y comunican la experiencia vivida, construyen conocimientos propios, complementan, contradicen, socializan y reafirman explicaciones, todo mediante el análisis de experiencias realizadas por científicos que han contribuido al conocimiento de la química del material hereditario. Lo que nos ayuda a formar habilidades procedimentales (Uso de métodos, técnicas e instrumentos) y actitudinales (comportamientos que contribuyan al cuidado personal y de los implementos de laboratorio) durante el trabajo práctico.

Mediante la interpretación de las explicaciones realizadas por los estudiantes se encuentra que hicieron relación con la lectura de Kossel y Miescher y las experiencias realizadas anteriormente, puesto que atribuyen a la composición de la nucleína, otros elementos químicos que no fueron identificados en el laboratorio (hidrógeno, carbono, oxígeno, fósforo y nitrógeno), establecen que son los nucleótidos la estructura esquelética de la nucleína y que están compuestos por una azúcar, bases nitrogenadas y un grupo fosfato y que todo está dentro de las células de la cebolla y el ajo. Lo cual deja en evidencia que los estudiantes realizan construcciones nuevas mediante la incorporación de conocimientos construidos en las fases anteriores, aumentando la complejidad de las explicaciones, como se evidencia en la siguiente afirmación “Me impresionó como este hombre junto con Miescher estudian la nucleína y también el núcleo, nunca me puse a pensar sobre las células, los núcleos, las sustancias y sus composiciones, estos hombres descubren cosas que el ser humano no puede ver a simple vista, saber que montones de células están en tu cuerpo y que dentro de ellas existe un núcleo que da origen a la existencia de estas y por lo tanto a nosotros”, esto vislumbra como empiezan a interpretar la organización de los seres vivos en distintos niveles como Individuo, celular y molecular. Por otro lado, se hace evidente como mediante las observaciones durante el procedimiento realizan descripciones físicas de la sustancia como por ejemplo que presentan un color blanco o gris, su forma era de hélice similar a la de un ventilador, posee flotabilidad en el líquido acuoso en el que se encontraba, se observa condensado como enrollado, su estado es sólido, cuando se desarma se ven tiras o hilos finos.

Cuando los estudiantes empiezan a relacionar las fases anteriores con esta, reconocen la importancia de estudiar la composición y estructura de las moléculas que conforman a los seres vivos y a los objetos que se encuentran a su alrededor, al comprender que los elementos químicos de la tabla periódica componen las cosas que están en su entorno, como se evidencia en las siguientes afirmaciones

“Creo que es importante concluir la importancia gigante de la química, la química nos ayuda a descubrir componentes de las cosas y los seres vivos, como los elementos de la tabla periódica” “La química es un tema importante ya que varias cosas que usamos en nuestra vida cotidiana se componen de elementos químicos”. También hacen relevante la importancia del estudio de la composición y estructura para entender la funcionalidad, como se evidencia en la siguiente afirmación “También podemos saber cómo son los núcleos, su estructura, composición, etc., ya que es importante para conocer cómo funciona la célula”, lo cual contribuye a establecer la funcionalidad de la nucleína como se evidencia en esta frase “Pues que la nucleína es una sustancia del núcleo de la célula que creo que sirve para el proceso de la mitosis y meiosis”. A partir de lo anterior se puede concluir que los estudiantes definen el núcleo como estructura fundamental que interviene en la formación de células, garante del proceso de división celular.

De esta manera la nucleína se hizo relevante para nosotros como docentes porque mediante la revisión histórica y su respectivo análisis se evidenció la importancia del reconocimiento químico de dicha sustancia, ya que los estudios de los distintos autores considerados (Miescher, Kossel, Levene, Avery, Hershey y Chase, Franklin, Watson y Crick) contribuyen a pensar que es el núcleo la estructura que está implicada en la herencia, definir la composición de la nucleína y reconocer su estructura, para así empezar a comprender cómo funciona lo vivo y su relación con los procesos vitales como nacer, crecer y reproducirse. A partir de esto se diseñaron actividades que permitieron a los estudiantes establecer una relación entre la nucleína y la información hereditaria que se encuentra en ella como se afirma en la siguiente respuesta “La nucleína es importante porque es vital para el funcionamiento de las células y por lo tanto para la vida. Tienen relación con la información hereditaria de una célula de modo que pueda mantenerse, crecer, crear descendencia y realizar sus funciones como nutrirse y respirar”.

A partir del desarrollo de las distintas actividades experimentales realizadas por los alumnos se encuentra que desean profundizar en las siguientes problemáticas: composición y estructura de la nucleína, la química de la composición de los seres vivos, la importancia del núcleo para la división celular, lo que nos hace pensar que estas actividades despiertan el interés y curiosidad de los estudiantes como se evidencia en la siguiente respuesta a la pregunta ¿En qué problemáticas le gustaría profundizar? “Composición y estructura de la nucleína ya que en los laboratorios me interesó y me gusto más que todas”. El interés más profundo es en el estudio de la química de los seres vivos en donde algunos de sus argumentos son: “poder saber de qué están compuestos los seres vivos, investigar desde un animal pequeño al más grande, ver sus células y núcleos que los conforman, conocer el origen de su existencia, a partir de estos estudios podría ser posible que el hombre cree criaturas, entender la formación de un ser vivo desde la interfase de la división celular hasta su formación”.

Analizando las preguntas planteadas por los estudiantes se empieza a hacer evidente que ellos asemejan la nucleína con el ADN y lo relacionan con avances tecnológicos como crear un ser humano a elección. Además, aparece la curiosidad por el estudio de otros fenómenos como crecimiento de las plantas, muerte de los seres vivos, composición de los seres vivos, crecimiento de hongos, desarrollo de las plantas, nutrición celular, reproducción de los seres vivos, funcionalidad de las células, origen de los seres vivos, funcionalidad de la nucleína, técnicas de laboratorios, composición de los alimentos y como la información personal de un individuo de cómo es y cómo será la tiene el ADN.

Por último, interpretando las explicaciones dadas por los estudiantes, se puede evidenciar que lo dicho por ellos parte de su experiencia vivida, puesto que cuando realizamos la práctica experimental de la fase 4 y 5, los alumnos utilizan sustancias de las cuales no se conoce su uso en la práctica de laboratorio, sin embargo cuando lo desarrollan los van infiriendo como se evidencia en la respuesta de un estudiante

a la siguientes preguntas ¿De qué parte se extrajo la sustancia y como se logró? “Se sacó del núcleo y se logró: triturando la semilla, se tritura para poder filtrarlos; se filtra para obtener una sustancia sin grumos; se añade sal, detergente, zumo de piña y alcohol para romper las membranas”, analizando esta afirmación se determina que el estudiante relaciona el bulbo de la semilla, que interpreta que triturar es obtener pedazos más pequeños de la cebolla para ser filtrados y eliminar los grumos. Además cuando se realiza la indicación de: Describa como es la sustancia extraída (color, forma, textura, etc.), algunos estudiantes responden “La sustancia era color blanco, con forma de hélice de un ventilador” “Flotaba como un flotador encima del líquido acuoso” “Se veía como en tiras que se condensaban” “Su forma es en cadena” “Tiene forma de hilos finos”. Al analizar las respuestas se reconoce que para elaborarlas utilizan constructos que han desarrollado a partir de observaciones de objetos con los cuales interactúan en su vida cotidiana, como: hélices de ventiladores, flotadores, tiras, cadenas, e hilos finos.

CONCLUSIONES

Las reflexiones que realizamos a partir del desarrollo del presente trabajo de grado son:

El uso de un enfoque fenomenológico durante la investigación permitió la construcción de explicaciones sobre la química del material hereditario mediante la interacción del sujeto con el objeto de estudio, generando nuevas interpretaciones, comprensiones y preguntas del fenómeno de estudio.

Como maestros es necesario profundizar en la construcción histórica de las teorías científicas, puesto que nos va a permitir conocer el desarrollo epistemológico y ontológico de la composición y estructura del material hereditario para así realizar un análisis crítico que permita identificar problemáticas, preguntas, metodologías, técnicas e instrumentos que desarrollaron diversos científicos para así diseñar actividades experimentales, en donde se generen espacios de discusión para que los estudiantes realicen sus construcciones y preguntas propias sobre el fenómeno de estudio.

Mediante el análisis de la revisión histórico-crítica como docentes pudimos reflexionar acerca de la manera como se construye la ciencia, encontrando que no es lineal ni acumulativa, sino que es una construcción social que depende del contexto en el que se desarrolla, puesto que los científicos de acuerdo a aspectos socioculturales desarrollan intereses, problemáticas, técnicas, métodos, instrumentos y supuestos conceptuales, por lo tanto se generan divergencias y convergencias como por ejemplo Miescher, Kossel, y Avery, eran médicos, interesados en conocer cómo se producen y se curan las enfermedades, por lo cual tenían técnicas y métodos diferentes (hidrólisis, serológicas, cromatografía y electroforesis) a comparación de Rosalind, Watson y Crick, quienes estaban interesados por el estudio de la estructura y organización de las moléculas utilizando una técnica como la cristalografía de rayos x.

Las actividades experimentales como estrategia pedagógica en la enseñanza de las ciencias son importantes porque proporcionan experiencias en donde los estudiantes y maestro pueden interactuar directamente con el fenómeno de estudio, realizando descripciones e interpretaciones y relacionándolo con conocimientos desarrollados a partir de su vida cotidiana, lo que le permite construir formalizaciones, explicaciones y preguntas mediante las observaciones que realiza de las cualidades que expresa el fenómeno, esto le despierta su interés y curiosidad. Además desarrollan habilidades procedimentales (técnicas, métodos e instrumentos), comportamentales (cuidado personal y uso del material) y actitudinales (motivación para desarrollarlas)

Cuando los sujetos identifican y reconocen estructuras comunes en todos los seres vivos, se empieza a pensar el fenómeno de la química del material hereditario, tratando de relacionar la composición química con su estructura y funcionalidad. Además el desarrollo de técnicas de extracción del ADN pasa de la repetición intencionada del aislamiento de una hebra blanca a la extracción de una sustancia presente en el núcleo con una composición química definida, los reactivos utilizados, técnicas e instrumentos adquieren un significado y utilidad, por lo tanto la experiencia adquiere sentido, lo cual conlleva a un cambio de concepción en donde el trabajo experimental ya no solamente sirve para validar la teoría sino para ampliar la experiencia del educando, en donde los sujetos se generan nuevas preguntas sobre la composición y estructura de la nucleína que les permite comprender la organización de los seres vivos, entender que la química, biología y física no son disciplinas aisladas sino que complementan las explicaciones que construyen sobre el fenómeno en estudio.

Consideramos que la ampliación del presente trabajo podría contribuir a que conceptos claves en la comprensión sobre la herencia y evolución de los seres vivos como gen, cromosoma, locus o mutación, puedan ser comprendidos desde un enfoque fenomenológico.

BIBLIOGRAFÍA

- Albarracín, A. (1993). La teoría celular del siglo XIX. *Revista historia de la ciencia y de la técnica*. Madrid: Alianza Editorial. Pág. 11 – 187.
- Aldridge, S. (1999). *El hilo de la vida: de los genes a la ingeniería genética*. Madrid, España: Cambridge University
- Antolin, F. et-al. *75 experimentos en el aula*, Secciones Bilingües de Eslovaquia. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Noviembre de 2014. pag 25-28
- Ariza, L. y Caicedo, V. (2018). *La herencia: la cuestión de lo evidente al modelo para su comprensión*. Maestría en docencia de las ciencias naturales. Universidad Pedagógica Nacional
- Avery, O., MacLeod, C., & McCarty, M. (1943). Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types. *Journal of medicine*, 2(79), 137-158.
- Avery, O. y McCarty, M. (1945). Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types *III. AN IMPROVED METHOD FOR THE ISOLATION OF THE TRANSFORMING SUBSTANCE AND ITS APPLICATION TO PNEUMOCOCCUS TYPES II, III, AND VI**. 97,104.
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis históricos – críticos y la re contextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, v. 17, n. 1(49)., pp.19 – 36
- Ayala, M. M., Malagón, F. & Guerrero, G. (2004). La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural. *Revista Física y Cultura*, 7, 79-91.

- Ayuso, G., & Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias* (20), 133-157.
- Bugallo, A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las ciencias*, 13 (3), 379-385
- Burgos, J. y Hernández, S. (2016) *¿Por qué los hijos se parecen a los padres?: una mirada desde la herencia biológica*. Maestría en docencia de las ciencias naturales. Universidad Pedagógica Nacional
- Cardona, D. (2008). *Modelos de argumentación en ciencias: una aplicación a la genética*. Tesis. Editorial Centro de Estudios Avanzados en Niñez y Juventud. Colombia. Alianza de la universidad de Manizales y CINDE.
- Carrascosa, J., Gil Pérez, D., Vilches, A., & Valdés, P. (2006). El papel de la actividad experimental en la educación científica. *Cuaderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157 - 181.
- Cook, T.D. y Reichardt; Ch.J. (1986). *Métodos cualitativos y cuantitativos en la investigación evaluativa*. Madrid: Edit. Moranta.
- Córdoba, M. 2010. *¿Desarrollo progresivo de la ciencia sin continuidad referencial? acerca del realismo de Psillos y la teoría del germoplasma de Weismann*. Epistemology and Logic Research Group, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Brazil.
- Curtis, H. et al. (2008). *Biología*. Séptima edición en español. Editorial Médica Panamericana.
- Flemming, W. 1882. *Sustancia Celular, Núcleo y división celular*.
- Franklin, R. y Raymond, G. (1953). Configuración molecular en timonucleato de sodio. *Nature*, vol 171, 740,741

- Fuller, H. (2003) ¿Quién dijo “hélice”? *Nature.*, 424, pp. 876-878
- Garvin, W. y Stefanl, L. (1993). *Genetics-genetic disorder and diagnosis: a role-play exercise. Journal of Biological Education*, Vol. 27 (1), pp. 51-57
- Guidoni, P., Arca M. & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona: Paidós.
- Hershey, A.D. and Chase, M. (1952) *Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage. Department of Genetics, Carnegie Institution of Washington, Cold Spring Harbor, Long Island*
- Hesse, M. 1974. *The Structure of Scientific Inference*, MacMillan, p. 290.
- Hooke, R. 1665. *Micrographia*. Royal Society
- Izquierdo, M. (2008). *La organización y la secuenciación de los contenidos para su enseñanza. En Áreas y estrategias de investigación en las ciencias experimentales*, Vol. 1. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Erviti, S. 2019. *Estudio interdisciplinar de la estructura del ADN*. Universidad Pública de Navarra, p. 45-48.
- Jacob, F. (1970). *La lógica de lo viviente*. Tusquets, España: Metatemas.
- Jacob, F. (2005). *El ratón, la mosca y el hombre*. México D.F: Universidad autónoma metropolitana. Plaza y Valdés.
- Kossel, A. (1901). *Sobre el ácido nucleico y tímínico*. Universidad de Arizona. Documento autenticado, Tucson, Arizona.
- Kossel, A. y Steudel, H.(1901). *Sobre un componente básico de las células animales*. Universidad Libre de Pardue. Documento autenticado, Indiana.

Kossel, A. (1910). *La composición química del núcleo celular. Nobel Lecture*, December 12, 1910.

<https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1910/kossel/lecture/>

Levene, P. A. (1909). *On the biochemistry of nucleic acids*. The Rockefeller Institute for Medical Research. New York city. 231,240

Levene, P. (1917) *The structure of yeast nucleic acid*. The Rockefeller Institute for Medical Research. New York city. 591,598

McMurry, J. (2004). *Química Orgánica*. 6a edición. México DF. Thomson. p. 820

Malagón, J. F.; Ayala M. M.; Sandoval, S. (2011). *El experimento en el aula: Comprensión de las fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Malagón, J. F.; Ayala M. M.; Sandoval, S. (2011), *Magnitudes, medición y fenomenologías*. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 24, Nº 1.

Malagón, J. F.; Ayala M. M.; Sandoval, S. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización, un sentido para la enseñanza de las ciencias*. Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional

Miescher, F. (1869) *Sobre la composición química de las células de pus*. Universidad Tubingén. Vol. 68 Nº4. Berlín

Mendel, G. (1865) *Experimentos de hibridación en plantas*

Moreira, M. (2002) *Investigación en educación en ciencias: Métodos cualitativos*. Programa internacional de doctorado en enseñanza de las ciencias. Texto de apoyo N14

Nageli, C. (1884). *Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre*. München ; Leipzig : druck und verlag von R. Oldenbourg

O'Connor, C., & Miko, L. (2008). Developing the chromosome theory. *Nature education*, 1(1), 44.

Orozco, Y. (2013). Aprender sobre herencia genética: Más que un cuadro de Punnett. *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC*. Obtenido de Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC. Recuperado: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0514-1.pdf><http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0514-1.pdf>

Parcerisa Aran, A. (1996). *Materiales curriculares: cómo elaborarlos, seleccionarlos y usarlos* (Vol. 105). Barcelona, España: Grao.

Pinzón, G. y Sarmiento, R. (2014) *Un aporte para la enseñanza de la transmisión de rasgos hereditarios desde una perspectiva histórica que fortalece la argumentación. Maestría en docencia de las ciencias naturales*. Universidad Pedagógica Nacional.

Prendes, M. P. (1994). *La imagen didáctica: análisis descriptivo y evaluativo*. Tesis Doctoral no publicada. Murcia: Universidad de Murcia.

Quiroga, G., Herreño, C., Parga, D., (2011). *Zona activa, ciencias noveno*. Editorial Norma S. A.

Sandoval, S.; Malagón, J. F.; Garzón, M.; Ayala, M. M; Tarazona, L. (2018) *Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias*.

Bogotá : Universidad Pedagógica Nacional, CIUP, 2018 52 páginas. –
(Colección Ciup 41 años. Balance de la trayectoria de los grupos de
investigación de la Universidad Pedagógica Nacional)

Schwann, Th. 1847. *Microscopical Researches into the accordance in the
structure and growth of animals and plants. London printed for the
Sydenham society.* Sociedad de Sydenham. Londres.

Vargas, M. (2006) *Experimentos para feria de ciencias con materiales
caseros y reciclados.* Libro en formato PDF. La Paz Bolivia,p-58

Watson, J. (1968) *La doble hélice. Un relato autobiográfico sobre la doble
hélice del ADN.* Salvat editores, S.A., Barcelona.

ANEXOS

ANEXO 1. GUÍAS QUE INTEGRAN LA PROPUESTA EXPERIMENTAL

FASE 1: RECONOCIMIENTO DE LA HERENCIA GENÉTICA

Actividad 1. Sobre el brote de las plantas de ajo y cebolla

Presentación

Lo vivo es un fenómeno complejo y para poder comprenderlo es necesario realizar un trabajo riguroso de observación y descripción detallada de algunos fenómenos que comprometen transformaciones de sus condiciones. La generación de explicaciones sobre cómo ocurren estos permite entender el desarrollo de la vida. A lo largo de la historia de la humanidad, el hombre ha tratado de brindar explicaciones sobre cómo surgen las diferentes estructuras y por ejemplo por qué al plantar una semilla de ajo, crece una planta de ajo y no de cebolla, es hacia el siglo XIX que surgen hipótesis que dan explicaciones a este tipo de cuestiones y plantean la existencia de distintas sustancias químicas que conllevan a conclusiones interesantes sobre la germinación y crecimiento de los seres vivos.

A continuación realizaremos una experiencia de germinación de plantas, en donde analizaremos los factores ambientales que influyen en dicho proceso, además de observar las estructuras desarrolladas en una planta de ajo y cebolla, para establecer características en común.

Objetivo

- ❖ Observar y realizar un seguimiento al proceso de germinación de una planta de ajo y cebolla, con el fin de identificar las características comunes desarrolladas durante una parte de su ciclo de vida.

Procedimiento

En el siguiente enlace encontrará el procedimiento de la actividad, lea atentamente cada paso y consulte al docente en caso de tener preguntas.

https://drive.google.com/file/d/1v98FiEV-cFI2GOM_F8Dvy2b6RsMdsqB6/view?usp=sharing

Con ayuda de la siguiente tabla realice una descripción detallada, del crecimiento y desarrollo de cada una de las partes de las plantas (realice una para la cebolla y otra para el ajo), utilizando una lupa, no olvide anexar los registros y ser específico en sus descripciones (forma, tamaño, lugar de crecimiento de la raíz, hojas, flores, etc.):

| Tiempo | Foto | Descripciones de los principales cambios observados |
|---------|------|---|
| 4 días | | |
| 8 días | | |
| 12 días | | |
| 16 días | | |
| 20 días | | |
| 24 días | | |
| 28 días | | |

| | | |
|---------|--|--|
| 32 días | | |
|---------|--|--|

A partir de las descripciones anteriores, llene la siguiente tabla respondiendo a la pregunta ¿Qué estructuras observa que se desarrollan en las plantas de ajo y cebolla y en qué momento?

| Planta | Estructuras que aparecen | Días |
|------------------|--------------------------|------|
| Cebolla cabezona | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Ajo | | |
| | | |

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |

A partir de la tabla anterior responda:

1. ¿Desarrollan estructuras semejantes ambas plantas? si es así ¿Cuáles son?
2. Proponga una explicación de por qué siendo diferentes plantas sí o no desarrollan estructuras semejantes.
3. ¿Qué puede concluir con respecto a las semejanzas de ambas plantas en cuanto a su color, forma de sus estructuras y la ubicación donde se desarrollaron cada una de ellas (raíz, tallo y hojas)?
4. ¿Considera que una planta de ajo de la que cultivó puede dar origen a una nueva planta que tenga características semejantes a las observadas y cuáles serían?

FASE 2: AMPLIANDO EL MUNDO MICROSCÓPICO

Actividad 2. Camino a la exploración de mundos microscópicos

Presentación

Un microscopio es un instrumento utilizado en el estudio de muestras biológicas ya que permite observar y analizar lo que no se puede observar a simple vista. Fue a finales del siglo XVI cuando un joven ingeniero fabricante de lentes, de nombre Zacharias Janssen construye el primer microscopio artesanal, a partir de la sobreposición de varias lentes; a mediados del siglo XVII y con observaciones cuidadosas Anton van Leeuwenhoek describe la existencia de microorganismos nunca antes vistos por el hombre; en la misma época, un contemporáneo suyo, Robert Hook, después de observar en el microscopio un tejido leñoso y resistente de la planta llamado corcho, observa pequeños espacios parecidos a unas “celdas”, sus descripciones detalladas y los dibujos plasmados en un libro llamado “Micrographia” llevaron a concluir que estas “celdas” se encontraban en todos los seres vivos y hoy en día son llamadas células. Tiempo después en 1831 un científico británico que se llamó Robert Brown fue el que descubrió el núcleo celular, observando que está compuesto por poros y que se encuentra presente en células de animales y vegetales. El microscopio es un instrumento fundamental para el estudio en biología, su uso permite observar e identificar estructuras que a simple vista no se pueden observar. A continuación estudiaremos las partes y funciones del microscopio, las características de los aumentos y las funciones del mismo, el uso de tintes o colorantes durante las prácticas de biología celular con el propósito de que conozca sus partes, funcionamiento, cuidados y el uso adecuado del microscopio.

Objetivos

1. Identificar las partes, funciones y cuidados del microscopio.

2. Establecer relaciones entre el tamaño real de un objeto y el tamaño aproximado al ser observado en un lente de 4X, 10X, y 40X
3. Observar detalladamente al microscopio

El microscopio y sus partes

1. Antes de empezar, investigar cuales aumentos proporcionan las lupas y cuales los microscopios
2. Completar la siguiente tabla comparativa.

| Tipo de microscopio | Principales ventajas de su uso | Principales desventajas de su uso |
|---------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Microscopio óptico | | |
| Lupa | | |

El docente durante el laboratorio explicará la siguiente imagen del microscopio a medida que lo relaciona con el aparato en cuestión.



Imagen tomada de: Partel.com

Realice la actividad que se presenta a continuación:

https://es.educaplay.com/juego/9453498-partes_y_funciones_microscopio.html

En el siguiente enlace encontrará las precauciones sobre el uso del microscopio

<https://drive.google.com/file/d/1LMJpS6wFiEJSC-pUpCWS7FcuvQ5-rMIZ/view?usp=sharing>

Actividad 3. Ampliando el mundo microscópico

Objetivos

1. Comprender la capacidad de aumento de las lupas y los microscopios ópticos y su utilidad en el estudio de muestras biológicas.
2. Aprender a fijar y colorear muestras biológicas con sustancias químicas como lo son: solución de Lugol, Azul de metileno y Rojo neutro.

Presentación

Algunas estructuras de los seres vivos no se pueden observar a simple vista por que poseen tamaños inferiores a 0.1 mm, lo que hace difícil que el ojo humano pueda observarlos, por lo tanto fue necesario diseñar instrumentos que permitieran ampliar las imágenes, como por ejemplo los microscopios ópticos y electrónicos, los cuales contribuyeron a conocer ese micromundo, en donde se intenta descifrar parte de los misterios de la vida, llegando a observar organismos y parte de ellos en nanómetros e identificarlos.

El aumento total de estos aparatos resulta de la combinación del aumento del ocular y el aumento del objetivo, y se obtiene de la siguiente manera: el ocular tiene un determinado aumento, que generalmente es de 10 aumentos o de 10X, los objetivos tienen diferente poder de resolución que puede ser: 4X, 10X, 40X y 100X, el resultado final de número de aumentos se da multiplicando el aumento del ocular por el aumento del objetivo que se está utilizando; ejemplo: ocular 10X y el objetivo es de 40X, el resultado será 400 aumentos o 400X. Observar imagen, la cual fue tomada del manual de laboratorio de la institución educativa INEM “Jorge Isaacs”, Laboratorio N° 1 de biología “El microscopio”.

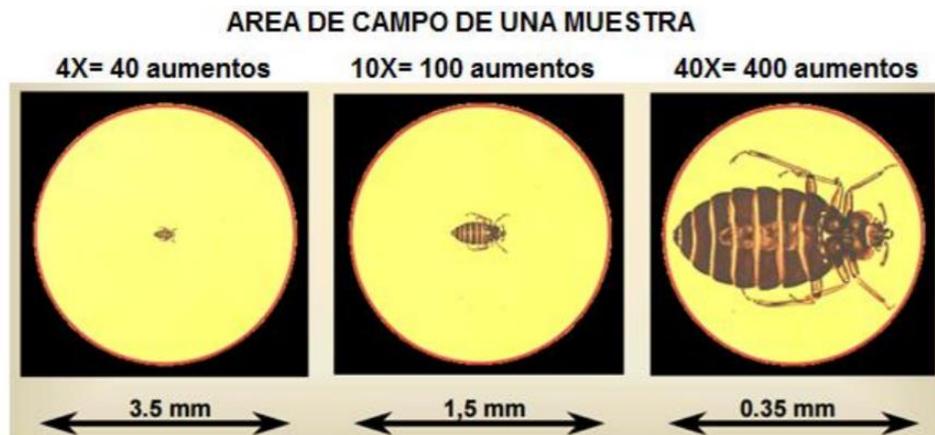
Recuerda:

$$1m = 1000\text{ mm} = 1000000\ \mu\text{m} = 1000000000\ \text{nm}$$

La célula vegetal, por ejemplo de la epidermis de la cebolla, tiene un tamaño de $14\mu m$ lo que equivale a 0.014 mm, muy difícil de observar a simple vista...
(Complementar con resolución y mejorar el ejemplo con un menor tamaño)

1mm = 40 mm

4x (10x)=40X



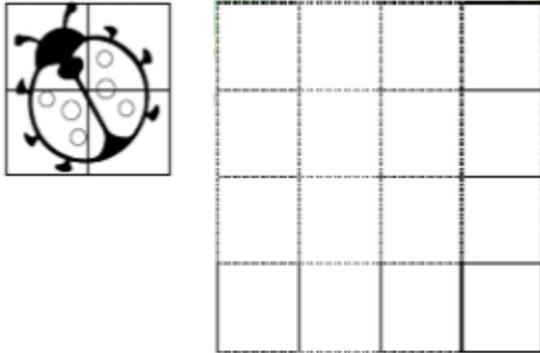
A medida que la ampliación aumenta, el objeto también lo hace, pero el área de campo disminuye.

AMPLIACIÓN DE LA IMAGEN= # OCULAR X # OBJETIVO
 EJEMPLO ----- 10X X 5X = 50X = 50 aumentos

Parte 1. Uso de la lupa

1. La lupa es un instrumento que nos permite observar con mayor detalle los objetos. Dependiendo de las veces que aumenta el tamaño, puede encontrarse lentes con diferentes aumentos, por ejemplo el de 2X significa que aumenta 2 veces el tamaño del objeto observado, mientras que el de 5X lo aumenta 5 veces y así sucesivamente. Teniendo en cuenta lo explicado anteriormente, si se tiene un marco de una foto con forma cuadrada, cuyos lados miden 2 cm, dibuje cómo se vería en el tamaño real, con un aumento de 2X y 5X .

- De acuerdo con esta información, amplíe el siguiente escarabajo a 2X, tomando como referencia la escala de cuadros.



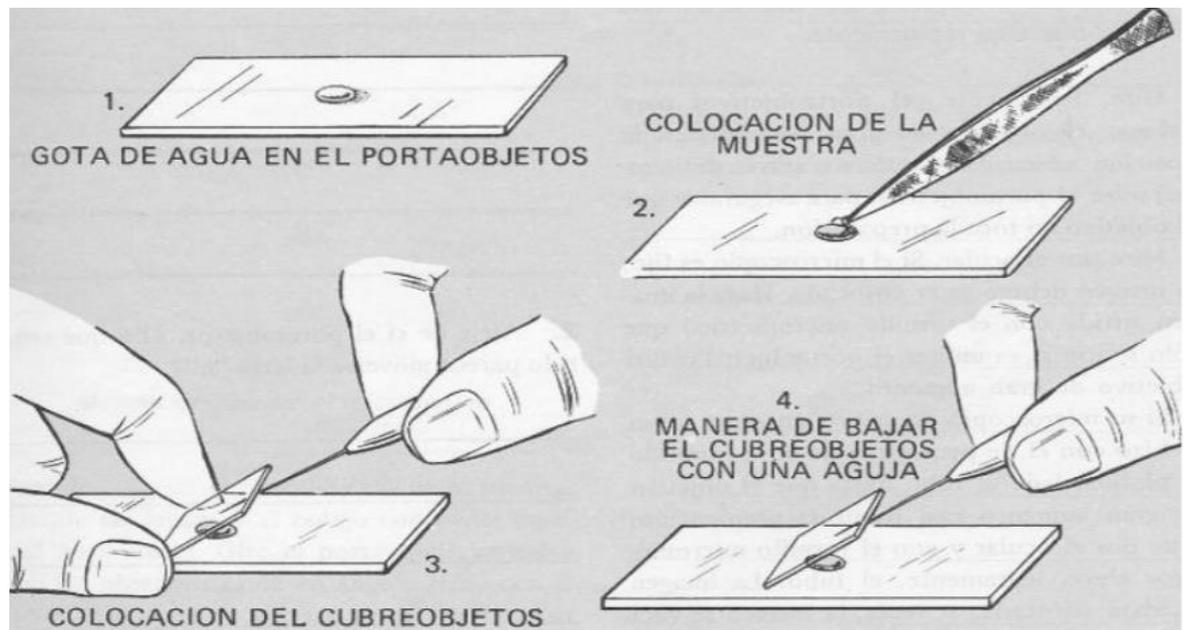
- Con ayuda de una hoja milimetrada, dibuje un cuadrado de 1 mm, represente cómo se vería el cuadrado en una lupa con aumento de 2X y 5X y a través del microscopio en un objetivo de 4X.

Parte 2. Preparación de la muestra:

Materiales

Portaobjetos, cubreobjetos, gota de agua, microscopio, azul de metileno, lugol, rojo - neutro, cubeta, cuaderno, lápiz, colores, hoja milimetrada, cebolla cabezona y ajo.

- Sobre un portaobjeto, coloque una gota de agua en todo el centro, después cubra lentamente con la laminilla cubreobjetos, dejándola caer de modo que el agua o sustancia vaya expulsando el aire, para evitar burbujas.



Parte 3. Enfoque

1. Actividad estudiante-docente
2. Coloque la preparación realizada en la fase 2 sobre la platina. Gire el revólver y ubique el objetivo de menor aumento (4X). utilizando el tornillo macrométrico, se baja el objetivo, sin mirar por el ocular sino por fuera. Observando por el ocular, suba lentamente el objetivo utilizando el tornillo macrométrico. La imagen se hará evidente, por lo que se hace necesario aclararla con el tornillo micrométrico. Posterior pase a otro objetivo de mayor aumento girando el revólver (10X), quedará enfocado automáticamente, para darle claridad es necesario utilizar nuevamente el tornillo micrométrico, realiza el mismo procedimiento con el objetivo 40X. Debe realizar un dibujo por cada experiencia y explicar a que se deben las diferencias.

Parte 4. ¿Cómo funciona el microscopio?

1. Diámetro del campo óptico: para hallar el diámetro del campo óptico, coloque en la lámina portaobjeto un cuadrado de papel milimetrado del tamaño de la laminilla cubreobjetos con un cuadrado de un milímetro coloreado en la mitad, observe en el objetivo de menor valor, pase al siguiente objetivo. Dibuje lo observado y escriba el valor del diámetro del campo óptico. Cada cuadrito del papel equivale a un milímetro.
2. Recorte la letra “e” en minúscula de un periódico o revista y colóquela invertida en la lámina portaobjetos y cubrirla con la lámina cubreobjetos. Observe y dibuje con los diferentes aumentos.

¿Qué ocurre con el campo óptico a medida que aumenta el valor del objetivo?

Explique desde el punto de vista de la física por qué se invierten las imágenes en el microscopio óptico.

Para recordar: Siempre que tenga que dibujar lo observado en el microscopio, lo debe hacer dentro del campo óptico, colocando en la parte superior derecha el valor del objetivo en el que realizó la observación. Todo lo dibujado se hace a lápiz y lo más aproximado a la realidad.

FASE 3: RECONOCIENDO EL NÚCLEO CELULAR EN LAS CÉLULAS DE LAS PLANTAS GERMINADAS

Actividad 4. Encontrando el núcleo en la célula

La siguiente lectura toma apartados de:

Albarracin, A. 1993. *La teoría celular del siglo XIX*. Revista historia de la ciencia y de la técnica. 42.

Objetivos

1. Identificar el núcleo reconociendo sus principales características como lo son: su ubicación, forma y en qué células se encuentra.
2. Reconocer al núcleo como estructura que interviene en el origen de nuevas células.

Sobre el núcleo celular

La construcción del microscopio a finales del siglo XVI por Zacharias Jensen abrió un mundo hasta ese momento desconocido para el hombre, las observaciones posteriores realizadas por Leewenhoek describen la existencia de un hueco o lumen en eritrocitos (glóbulos rojos) de salmón, en 1804 Franz Bauer en su libro *“Delimitaciones de las plantas Exotick e ilustraciones de las plantas orquídeas”*, realiza una descripción de la presencia de huecos que se ubican separados en el centro de las células vegetales que él denomina el núcleo celular, en 1831 Robert Brown, utilizando un microscopio simple, de no demasiados aumentos, realiza estudios sobre el núcleo en plantas fanerógamas, específicamente en las hojas de las orquídeas, descrito en el libro *observaciones sobre los órganos y modo de fecundación sobre las orquídeas y asclepiadeas*. “En cada célula de la epidermis de esta familia, especialmente en las hojas, se observa una areola simple, por lo general algo más opaca que la membrana de la célula[...] Tan solo una areola se encuentra en cada célula[...] Está areola, o núcleo de la célula, como quizá pudiera ser denominado, no se haya confinada en la epidermis, encontrándose también no

solamente en la pelusa de la superficie, sino en muchos casos en el parénquima o células internas del tejido[...] El núcleo de las células no existe solo en las orquídeas, sino igualmente es evidente en muchas otras familias de cotiledóneas; e incluso lo he encontrado en la epidermis de plantas dicotiledóneas”.

En 1838 Schleiden, inspirado por el escrito de Brown y de acuerdo a sus observaciones se cuestiona en su libro *Contribuciones a la fitogénesis* (contribuciones al origen de las plantas) lo siguiente: “¿Cómo se origina entonces, realmente, este peculiar y diminuto organismo, la célula?”

Fiel a su pensamiento sigue las investigaciones de Brown, observando el desarrollo del embrión vegetal. Pronto aprecia la presencia constante de esa areola en las células -núcleo de la célula, denominado por Brown-, tanto del embrión inicial como del albumen recién formado, y ello lo lleva a una idea: “Este núcleo celular debía estar en relación muy inmediata con el origen de la propia célula. Como consecuencia de lo cual dirigí mi especial atención sobre este punto y tuve la fortuna de ver coronados con éxito mis esfuerzos”

“En núcleos muy grandes, bien desarrollados, por ejemplo en el albumen de una planta de lino de Nueva Zelanda (*Phormium tenax*)[...] se observa, todavía no sé evidentemente si en el interior o hundido en su superficie, un pequeño cuerpo bien delimitado, que a juzgar por la sombra parece representar un grueso anillo, o un glóbulo vacío de paredes gruesas. En los menos desarrollados se observa tan sólo el preciso contorno exterior de este anillo y en su centro un punto oscuro... En núcleos todavía menores sólo aparece como una mancha bien delimitada[...] En casos muy raros, de modo excepcional y tan solo donde la mayor parte ofrecían un núcleo simple he encontrado también dos... e incluso tres”

“Tras lo cual y luego de describir las distintas sustancias inorgánicas que aparecen en el proceso vital de la planta -almidón, moco, azúcar y goma- Schleiden expone

su teoría de la fitogénesis, de la formación celular: En los lugares mencionados-el saco embrionario y el extremo del tubo de polen- surgen ahora, en la goma, rápidamente, los pequeños grumos de moco, con cuyo motivo la hasta ahora entonces homogénea solución de goma se enturbia, o incluso se torna opaca por mayor cantidad de gránulos. Después se observan de esta masa nucleitos aislados y mayores... y de inmediato surgen los núcleos, por así decir, aparecen como coagulaciones granuladas en torno a cada nucleito[...] Tan pronto como los núcleos han alcanzado su pleno tamaño, surge en ellos una fina y transparente vesícula; es la célula joven, que al comienzo representa un segmento muy raso de esfera, cuya cara plana está representado por el núcleo y cuya cara convexa la constituye la joven célula, montada sobre aquél, como el cristal sobre el reloj...Paulatinamente se distiende la vesícula y se hace más consistente... Y la pared está ahora formada por gelatina, exceptuando al núcleo, que forma siempre una parte de la pared. Poco a poco crece la célula entera, rebasando el borde del núcleo y pronto se hace tan grande que al final este último aparece como un pequeño cuerpo incluido en las paredes laterales [...] Posteriormente se forma la célula [...] El núcleo se halla siempre incluido en la pared celular, en cuya posición sufre todo el proceso vital de la célula por él formada” (Beiträge, págs. 145-146)

¿Qué nos explica en la lectura su autor?

Mediante la observación de células embrionarias extraídas de plantas fanerógamas se determina que “A partir de una mezcla de almidón, moco, azúcar y goma se constituye una gelatina, en la que primero surgen nucleitos, y en torno a ellos los núcleos. Una vez maduros éstos, por un proceso químico, la gelatina se transforma en membrana celular, constituyendo una sutil vesícula que se adapta al núcleo como el vidrio de reloj a éste, iniciándose el crecimiento de la célula, que suele acabar con la disolución del núcleo”

Posteriormente Schleiden establece que: “El proceso de formación celular que acabo de exponer es una ley de formación general para el tejido celular vegetal de la fanerógamas”

De manera similar, Schwann realiza la descripción del proceso de formación celular en células animales. En principio existe una sustancia amorfa en el interior de las células, totalmente líquida o gelatinosa, que posee la capacidad propia de dar lugar al nacimiento de las células. Usualmente parece formarse primero el núcleo y luego en torno a él, la célula. Pero para el científico observador que describe un comportamiento de generación celular de las células animales, de manera muy similar a las células vegetales, le surge una nueva pregunta “¿Qué fuerzas gobiernan este proceso de generación celular?”, para él la mejor inclinación era la explicación físico-química.

De acuerdo a la lectura realice una descripción detallada de las características físicas del núcleo.

A partir de la lectura realizada en clase, desarrolle la siguiente actividad:

1. Elabore un diccionario con las palabras desconocidas que encuentre en la lectura, estas deben contener su significado.
2. Subraye con una línea de color azul las ideas principales de la lectura.
3. De acuerdo con la lectura identifique las características del núcleo como son: su ubicación, forma y en qué células se encuentra.
4. De acuerdo al párrafo que se encuentra en negrilla, cuál sería la importancia del núcleo en las células.

Reconociendo el núcleo celular

Objetivos

1. Identificar el núcleo en células de la cebolla cabezona y ajo, reconociendo sus principales características como lo son: su ubicación y forma.
2. Reconocer algunas sustancias utilizadas en microscopía para la observación de estructuras celulares.

Observación de células vegetales

1. Realiza un corte de la raíz y el tallo de la cebolla cabezona y el ajo (lo más delgado posible), coloca un trocito de ella sobre una lámina portaobjetos de manera que quede estirado, agrega una gota de solución de Yodo (Lugol), deje actuar el colorante-fijador durante unos cinco minutos, después inclina el porta, verte el colorante en una cubeta. Proceda a irrigar unas gotas de agua con el frasco lavador para lavar la preparación hasta que no suelte color, finalmente cubre la preparación con una laminilla cubreobjetos, observa al microscopio con menor y mayor aumento. Dibuja lo observado en tu cuaderno e indica el aumento.
2. Realiza el mismo procedimiento, solo que ahora va agregar una gota de azul de metileno. Dibuja lo observado en tu cuaderno e indica el aumento.
3. Realiza el mismo procedimiento, solo que ahora va agregar una gota de rojo neutro. Dibuja lo observado en tu cuaderno e indica el aumento.

De acuerdo a los dibujos realizados durante el procedimiento, identifique qué similitudes y diferencias encuentra entre las observaciones realizadas.

| CRITERIO | | AJO Y CEBOLLA | |
|-------------|-------|---------------|--|
| SIMILITUDES | RAÍZ | | |
| | TALLO | | |
| DIFERENCIAS | RAÍZ | | |
| | TALLO | | |

¿Observó alguna estructura en común en las células de la raíz y el tallo de ambas plantas (ajo y cebolla)?

| CÉLULAS DE LA CEBOLLA Y AJO | ESTRUCTURAS EN COMÚN |
|-----------------------------|----------------------|
| RAÍZ | |
| TALLO | |

A partir de los distintos tintes utilizados para colorear las muestras ¿Qué estructuras pudiste observar en la raíz y tallo de la cebolla cabezona y ajo?

| MUESTRA | | AZUL DE METILENO | ROJO NEUTRO |
|------------------|-------------------------------|------------------|-------------|
| AJO | PARTES OBSERVADAS EN LA RAÍZ | | |
| | PARTES OBSERVADAS EN EL TALLO | | |
| CEBOLLA CABEZONA | PARTES OBSERVADAS EN LA RAÍZ | | |
| | PARTES OBSERVADAS EN EL TALLO | | |

1. Debajo de cada dibujo elabore una descripción de lo que observa:
¿Cuál es su forma? ¿cómo estas celdas están unidas?
2. ¿En qué se parecen todos los dibujos realizados (tenga en cuenta forma, tamaño, ubicación, partes, etc)? ¿Son todos iguales?
3. ¿Si compara la muestra suya con la de otro compañero son parecidas o existen diferencias?
4. En los dibujos realizados señale y nombre las partes o estructuras que se pueden diferenciar
5. ¿A partir de las diferentes observaciones realizadas, a qué conclusión puede llegar con respecto al núcleo celular? Justifique su respuesta.
6. ¿Qué función cumple la gota de solución de Yodo (Lugol), azul de metileno y el rojo neutro?

FASE 4: EXTRAYENDO LA NUCLEÍNA

Actividad 5. Identificación del núcleo como poseedor de una sustancia química llamada “nucleína”

Objetivo

1. Aislar la sustancia que se encuentra en el núcleo de las células de los ajos y cebolla y determinar su naturaleza química.
2. Familiarizar a los estudiantes con algunas sustancias químicas utilizadas para la extracción de la nucleína.

Presentación

De acuerdo a la lectura abordada en la clase anterior “**Sobre el núcleo celular**”, en donde se expone la teoría de la fitogénesis, la cual sostiene que la mezcla de sustancias como, almidón, moco, azúcar y goma, que se forman alrededor del núcleo, permiten el surgimiento de un nuevo (a) núcleo y célula , a partir de una célula preexistente. Lo anterior se repite tanto en células animales como vegetales, lo que conlleva a los científicos de la época (siglo XIX) abordar una nueva pregunta ¿Qué fuerzas gobiernan ese proceso de generación celular?, lo cual es una invitación a hacer énfasis en los procesos físico - químicos que ocurren en el interior celular.

En 1869, Friederich Miescher, un biomédico Suizo que se interesó por el estudio de la composición química de la célula, identificó una sustancia que se encontraba en los leucocitos (células blancas), la cual le causó curiosidad por tener comportamiento químico diferente a las ya conocidas en su tiempo (proteínas, lípidos y carbohidratos), ya que en el momento en el que se encontraba realizando aislamientos de sus núcleos, evidencio **que una de las sustancias no se disolvía en alcohol y se precipitaba, lo cual no pasaba con las ya identificadas, esto lo conlleva a realizar estudios en la composición química de dicha sustancia y concluir que esta es diferente, puesto que presenta fósforo y nitrógeno en diferente proporción a comparación de las otras, por lo tanto la denominó**

nucleína. A continuación se desarrollará una actividad experimental que les permitirá aislar y reconocer la naturaleza química de dicha sustancia.

Procedimiento

1. Triturar hojas de cebolla y ajo (la mitad del curso con ajo y la otra con cebolla) en un mortero. Añadir arena para que al triturar se puedan romper las membranas celulares y queden los núcleos sueltos.
2. Añadir al triturado, 50 ml de agua. Remover hasta hacer una especie de papilla o puré.
3. Filtrar varias veces sobre la tela y un vaso de precipitado para separar los restos de tejidos que hayan quedado por romper. Observar al microscopio y realizar un dibujo de lo observado.
4. Medir el volumen del filtrado con una probeta.
5. Añadir al filtrado un volumen igual de cloruro sódico 2 M. Con esto conseguimos producir la ruptura de los núcleos para que queden libres las fibras de cromatina.
6. Añadir 1 ml de detergente. Se conseguirá formar un complejo entre las proteínas y el detergente.
7. El siguiente paso es aislar la nucleína, la cual se encuentra unida a unas proteínas que la rodean y la protegen dentro del núcleo, y para eso podemos utilizar zumo de piña (el zumo de piña contiene un enzima llamado betaína que rompe dichas proteínas)
8. Añadir 50 ml de alcohol de 70% v/v muy frío mediante una pipeta, haciendo que resbale por las paredes del vaso y se formarán así dos capas. En la interfase se precipita la nucleína.

9. Separar la nucleína con ayuda de un agitador de vidrio dejándola en tres tubos de ensayo y filtrar en una tela o papel filtro para finalmente realizar las diferentes pruebas de identificación de composición química.

¿Tiene la nucleína una composición química definida en todas las células?

a. Determinación de carbohidratos (monosacáridos) presentes en la nucleína

10. Se realiza prueba de Fehling, para esto se debe seguir los siguientes pasos:

1. Colocar 3 ml de la sustancia en un tubo de ensayo.
2. Agregar 1ml de Fehling A y 1ml de Fehling B (Adquiere un color azul).
3. Someter a calentamiento.

¿Ocurren cambios en la muestra? ¿Qué significan los resultados?

b. Determinación de proteínas

11. Se realizarán pruebas de Biuret para identificación de proteínas, para esto se debe seguir los siguientes pasos:

1. Colocar 3 ml de sustancia en un tubo de ensayo.
2. Añadir 8 gotas de reactivo de Biuret.

Complete la siguiente tabla

| Resultado | Marque con una x según el | Significado |
|-----------|---------------------------|-------------|
|-----------|---------------------------|-------------|

| | | |
|----------|-----------|--|
| | resultado | |
| Positivo | | |
| Negativo | | |

c. Identificación de fósforo

1. Pipetear 5 ml de la disolución problema y pasarlos a un matraz aforado de 25 ml.
2. Añadir 10 ml de la disolución molibdato de amonio y enrasar con agua destilada.
3. Repetir este procedimiento otras 2 veces más para tener 3 muestras problema. Dejar reposar 10 minutos

De acuerdo a la anterior actividad experimental

1. ¿Cuál cree que es la composición química de la nucleína?
2. ¿De qué parte de la célula se extrajo la sustancia y cómo se logró?
3. ¿La sustancia extraída puede ser considerada una proteína o carbohidrato?. Argumente su respuesta.
4. ¿Describa cómo es la sustancia extraída (Color, forma, textura, etc)?
5. Explique principalmente de que está compuesta la sustancia extraída
6. A partir de las diferentes observaciones realizadas sobre la composición química de la nucleína ¿A qué conclusiones puede llegar sobre las diferentes

actividades experimentales? Realice al menos tres conclusiones justificando su respuesta.

FASE 5: DIALOGANDO CON KOSSEL

Actividad 6. Dialogando con Kossel

Introducción

A partir de la última actividad experimental se pudo establecer la naturaleza química de la nucleína que se encuentra en los núcleos, los cuales están ubicados en las células de las hojas de ajo y cebolla, además de reconocer las diferentes interacciones entre las sustancias utilizadas para aislarla de las estructuras celulares, concluyendo que contiene azúcar, un compuesto rico en fósforo y nitrógeno. Después de realizado este trabajo surgen nuevas preguntas de investigación, las cuales se irán desarrollando a continuación.

Objetivo

Plantear una serie de problemas desde los postulados de Kossel con relación a la estructura de la nucleína con el fin de estimular en los estudiantes su interés por profundizar en el tema.

Actividad:

1. Explicación de la lectura “La composición química del núcleo celular, Nobel Lecture, December 12, 1910” por parte de los docentes mediante una presentación en Power Point.
2. Organizar grupos de 4 personas y discutir las siguientes problemáticas extraídas del texto, respondiendo las diferentes preguntas planteadas en cada una, para finalmente realizar una exposición de 5 minutos por grupo, a compañeros y maestros.

- a. Se abrieron nuevas perspectivas cuando se intentó incluir el núcleo celular en el ámbito de estas investigaciones. Aquí tenemos un órgano de la célula cuya estructura y función deben estar asociadas a los procesos generales de la vida. Esto es ya evidente a partir de las condiciones estructurales y de los cambios de forma que preceden y acompañan a los procesos de división celular, que se repiten en diferentes regiones del mundo animal y vegetal y que no están fundamentalmente relacionados con la especie y el grupo o con la posición del sistema en el mundo orgánico.

A partir del estudio de la germinación en las plantas de ajo y cebolla ¿Cuáles creen que son los procesos generales de la vida?

¿Cuál es la importancia del núcleo en el proceso de división celular?

¿Qué interpreta a partir de la siguiente frase: “que se repiten en diferentes regiones del mundo animal y vegetal y que no están fundamentalmente relacionados con la especie”?

2. Las primeras observaciones en este ámbito se iniciaron en el laboratorio de Hoppe-Seyler en la década de 1860 sobre los núcleos de las células de pus. Miescher, un estudiante de Hoppe-Seyler, pudo aislar estos núcleos y encontró en ellos una sustancia muy rica en fósforo que llamó "Nucleïn". Un objeto adecuado para llevar a cabo este trabajo se encontró en una estructura que se desarrolla a través de la transformación del núcleo de la célula y que conserva su constitución química y aparentemente también una parte esencial de su función fisiológica - a saber, en las cabezas de los espermatozoides. Al mismo tiempo mostraron que el material nucleico pertenecía a una parte bien definida de la sustancia nuclear que sobresalía de forma muy llamativa durante el proceso de transformación, cuya cantidad en diversos núcleos es variable y que por su reacción a ciertas tinciones ha recibido el nombre de "cromatina".

¿Crees que lo que se afirma en el párrafo en cuanto a la composición de la nucleína es lo mismo obtenido durante la actividad 5? Justifique su respuesta

De acuerdo a las actividades experimentales desarrolladas y a la lectura del párrafo ¿Cuál es la importancia del núcleo?

3. La estructura química de la nucleína muestra algunas peculiaridades que se encuentran en muchos componentes orgánicos del protoplasma (parte de la célula que está limitada por la membrana citoplasmática e incluye el citoplasma y el núcleo de la célula), particularmente en aquellos que participan activamente en los procesos metabólicos. Se ha observado que tales componentes se descomponen fácilmente en un cierto número de grupos de átomos cerrados que se han comparado con bloques de construcción. Tales "bloques de construcción", encajados en gran número y variedad y aparentemente según un plan definido, forman la molécula de las proteínas, y también del almidón y el glucógeno, y en menor número las de las grasas y los fosfátidos. Los complicados componentes orgánicos de la nutrición se descomponen en estos bloques de construcción cuando se preparan mediante la digestión para ser absorbidos por el cuerpo, y a partir de estos bloques de construcción las grandes moléculas del interior del organismo pueden volver a encajar.

¿Qué peculiaridades muestra la nucleína con las proteínas, glucógeno y grasas?

¿Para qué se hace necesario conocer la estructura química de las sustancias? Relaciónelo con las actividades experimentales y con la lectura del párrafo.

¿Considera que la nucleína se podría descomponer en partes más pequeñas? Justifique

4. El análisis químico demostró en primer lugar que en muchos casos la nucleína se descompone en dos partes, una de las cuales tiene el carácter de una proteína. Esta parte no posee otros grupos de átomos que las proteínas habituales. La otra

parte, sin embargo, tiene una estructura característica; se le ha dado el nombre de "ácido nucleico". A partir de ella logré obtener una serie de fragmentos que podían disolverse en parte de la molécula incluso por una acción química suave y que eran reconocibles por una concentración bastante especial de átomos de nitrógeno. Aquí están presentes cuatro grupos que contienen nitrógeno juntos: citosina, timina, adenina y guanina.

¿Piensa que la nucleína se podría descomponer en fragmentos más pequeños? Justifique su respuesta

¿Cuál es la importancia de analizar la composición química del "ácido nucleico"?

¿Qué posibles respuestas podría evidenciar la presencia de los grupos que contienen nitrógeno juntos?

5. Si ahora resumimos los resultados de las investigaciones de las sustancias de la nucleína débilmente unidas, el resultado es el siguiente: Una composición de la sustancia cromatina del núcleo celular a partir de dos componentes, el uno rico en ácido fosfórico ligado y con las cualidades de un ácido; el segundo mostrando una proteína con las cualidades de una base. En su estructura química ambos componentes muestran una notable similitud basada en la notable acumulación de átomos de nitrógeno y debido a esta estructura química las formaciones de cromatina pueden diferenciarse nítidamente de los restantes componentes celulares; y esta cualidad debe estar obviamente asociada a la función de las sustancias de la cromatina. Estos grupos de átomos ricos en nitrógeno y que contienen fósforo son aquellos cuyos depósitos en los cromosomas se ponen en marcha por primera vez durante la división celular y cuya transmisión a otras células forma parte esencial del proceso reproductivo.

¿Cree que es importante conocer la composición de la nucleína para determinar su función? Justifique su respuesta

De acuerdo al trabajo experimental de la actividad 5 ¿La nucleína separada podría tener las cualidades mencionadas por el autor? Justifique su respuesta

¿Qué procedimiento se podría desarrollar para comprobar la hipótesis del autor “Estos grupos de átomos ricos en nitrógeno y que contienen fósforo son aquellos cuyos depósitos en los cromosomas se ponen en marcha por primera vez durante la división celular y cuya transmisión a otras células forma parte esencial del proceso reproductivo”?

Actividad de cierre

De acuerdo a lo socializado por los diferentes grupos responda las siguientes preguntas:

¿Cuál es la importancia del reconocimiento químico de la nucleína?

¿Cómo se organiza la nucleína en el núcleo celular?

¿Qué fue lo que más les llamó la atención de la actividad “Dialogando con Kossel”?

¿En qué problemática o problemáticas de las discutidas en clase les gustaría profundizar? (la química de la composición de los seres vivos, importancia del núcleo para la división celular, composición y estructura de la nucleína)

¿Qué preguntas nuevas generó a partir de las seis actividades desarrolló?

ANEXO 2: INTERPRETACIONES DE LAS RESPUESTAS DE LOS ESTUDIANTES

FASE 1: RECONOCIMIENTO DE LA HERENCIA GENÉTICA.

Actividad 1 sobre el brote de las plantas de ajo y cebolla

| PROPÓSITOS | REGISTRO | INTERPRETACIÓN |
|---|---|--|
| <p>Que los estudiantes realicen observaciones de las características físicas como color, forma y ubicación que se desarrolla durante el proceso de germinación de ambas plantas.</p> <p>Que los estudiantes comprendan que a partir de especies semejantes se produce descendencia con características similares.</p> | <p>¿Desarrollan estructuras semejantes ambas plantas? si es así ¿Cuáles son?</p> <p>Respuestas</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Desarrollan estructuras casi semejantes porque el ajo bota las hojas planas y la cebolla hojas redondas ● Puedo concluir que ambas plantas desarrollan raíz, tallo y hojas, el ajo tiene color blanco y raíces gruesas, mientras que la cebolla tiende a tener un color verde claro y la parte baja de la cebolla es blanca y las raíces pálidas. La cebolla tiene raíces largas y el ajo raíces cortas. | <p>Mediante la observación del proceso de germinación de la planta de ajo y cebolla, los estudiantes reconocieron el desarrollo de estructuras comunes como lo son: raíces, tallos y hojas.</p> <p>Describe características físicas de las raíces de la cebolla, afirmando que el ajo posee raíz gruesa y color beige mientras que la cebolla raíces delgadas y de color pálido. Además,</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • El ajo desarrolla un tallo más delgadito y la cebolla más grueso. • De las semillas y los frutos que brotan de la planta y las características similares serían el olor, las raíces y las hojas, o sea las estructuras. Sin embargo, presentaban diferencias como forma y tamaño. | <p>concluye que las raíces del ajo son más cortas que la cebolla.</p> <p>Describen la morfología de la hoja del ajo afirmando que son planas y la de la cebolla redondas.</p> <p>Describen que el ajo tiene un tallo más delgado a diferencia de la cebolla.</p> |
|--|--|--|

| | | | |
|----------------|--|----|---|
| Ajo | Después de sacar mis ajos de el agua, no te cómo desarrollaron una especie de sombrero largo en la parte posterior | 4 | El estudiante reconoce que a partir del tallo se desarrollan las hojas y que este proceso sucede en la parte superior del bulbo, tanto del ajo como la cebolla, en cuanto a sus características morfológicas hace referencia al parecido que tiene con el pasto. Además, hace referencia a la diversificación de las hojas, al cabo de 32 días. |
| | Tardaron muchísimos días como se puede notar pero en este día salieron las raíces en algunos de mis ajos | 16 | |
| | En este día encima de los ajos salio una especie de tallo pequeño y delgado semejante a el pasto | 24 | |
| | Ya en el día 32 ese tallo se desarrolló muchísimo más, para final crecer bastante y expandir sus tallos por toda la tierra | 32 | |
| Cebolla | Se levantaron las pequeñas raíces de la cebolla | 4 | Reconoce que las estructuras crecen a medida que pasa el tiempo, bajo la disponibilidad de ciertas condiciones y recursos, como lo son: agua, luz y minerales presentes en el suelo. Aumentando el largo y ancho de la raíz, tallo y hojas. |
| | Crecieron bastante sus raíces, y se podía notar un color café en ellas, siendo de color blanco | 8 | |
| | Empezó a crecer como un tronco extraño encima de la cebollas | 12 | |
| | En ese tronco salió como una especie de hojita pequeña, que probablemente de a los tallos de la cebolla | 16 | |
| | finalmente le salieron dos tallos muy grandes a la cebolla para culminar su crecimiento y seguir extendiendo sus tallos | 32 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|---------|--|--------|----------------------------------|--------|-----------------------------|---------|----------------------------|---------|-----------------------------------|---------|------------------------------|---------|-----------------------------|---------|---------------------------------|---------|---|
| | <table border="1"> <tr> <td data-bbox="493 289 810 602" rowspan="8">Ajo</td> <td data-bbox="810 289 1129 342">Este empieza a tornarse color amarillo</td> <td data-bbox="1129 289 1283 342">4 días</td> </tr> <tr> <td data-bbox="810 342 1129 386">Empiezan a salir pequeñas raíces</td> <td data-bbox="1129 342 1283 386">8 días</td> </tr> <tr> <td data-bbox="810 386 1129 430">Las raíces siguen creciendo</td> <td data-bbox="1129 386 1283 430">12 días</td> </tr> <tr> <td data-bbox="810 430 1129 474">Procedo a plantar los ajos</td> <td data-bbox="1129 430 1283 474">16 días</td> </tr> <tr> <td data-bbox="810 474 1129 518">1 de 3 ajos empieza a salir tallo</td> <td data-bbox="1129 474 1283 518">20 días</td> </tr> <tr> <td data-bbox="810 518 1129 561">3 de 3 ajos sacan sus tallos</td> <td data-bbox="1129 518 1283 561">24 días</td> </tr> <tr> <td data-bbox="810 561 1129 605">Sus tallos siguen alargando</td> <td data-bbox="1129 561 1283 605">28 días</td> </tr> <tr> <td data-bbox="810 605 1129 647">Sus tallos se toman color verde</td> <td data-bbox="1129 605 1283 647">32 días</td> </tr> </table> | Ajo | Este empieza a tornarse color amarillo | 4 días | Empiezan a salir pequeñas raíces | 8 días | Las raíces siguen creciendo | 12 días | Procedo a plantar los ajos | 16 días | 1 de 3 ajos empieza a salir tallo | 20 días | 3 de 3 ajos sacan sus tallos | 24 días | Sus tallos siguen alargando | 28 días | Sus tallos se toman color verde | 32 días | <p>Se reconoce el crecimiento longitudinal en estructuras como las raíces y tallos a medida que transcurre el tiempo, se diferencian características comunes como la coloración verde de la hoja, no es clara la diferencia entre la estructura tallo y hoja puesto que afirma que se multiplican los tallos.</p> |
| Ajo | Este empieza a tornarse color amarillo | | 4 días | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Empiezan a salir pequeñas raíces | | 8 días | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Las raíces siguen creciendo | | 12 días | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Procedo a plantar los ajos | | 16 días | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 de 3 ajos empieza a salir tallo | | 20 días | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 de 3 ajos sacan sus tallos | | 24 días | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sus tallos siguen alargando | | 28 días | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sus tallos se toman color verde | 32 días | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|--|---|---|
| | <p>¿Desarrollan estructuras semejantes ambas plantas? si es así ¿Cuáles son?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sí desarrollan estructuras semejantes como por ejemplo las raíces, pero también son un poco diferentes como por ejemplo las hojas, las de la cebolla son gruesas y caídas y del ajo rectas y planas. • Las hojas son de color verde y el tallo de color marrón. • La raíz es como un tubo que sostiene la planta. • Si por que presenta un desarrollo similar, por ejemplo, se forma primero la raíz por que es la que le lleva nutrientes y agua a la planta, después crece el tallo y las hojas, estas le permiten agarrar la luz del solar, para hacer ellas la fotosíntesis para alimentarse también. • Si, las cuales serían raíces, tallos y hojas. | <p>Reconoce que la planta de ajo y cebolla desarrollan estructuras similares como raíces y hojas, sin embargo, hace énfasis que también existen diferencias, como por ejemplo las hojas de las cebollas son más gruesas y caídas y las del ajo más rectas y planas.</p> |
| | <p>Proponga una explicación de por qué siendo diferentes plantas sí o no desarrollan estructuras semejantes.</p> | <p>Afirma que la planta de cebolla y ajo comparte un proceso de germinación similar, o sea desarrolla estructuras semejantes, como hojas y olores.</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Tienen un proceso similar de germinación, además de tener olores similares y hojas. • Porque vienen de la misma familia amarilidáceas | <p>Reconoce que las plantas de ajo y cebolla son de la misma familia amarilidáceas, por lo tanto, presentan estructuras similares como raíz, tallo y hojas.</p> |
| | <p>¿Qué puede concluir con respecto a la semejanza de ambas plantas en cuanto a su color, forma de sus estructuras, y la ubicación donde se desarrollan cada una de ellas (tallo, raíz y hojas)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sus semejanzas en cuanto a colores son las mismas (hojas verdes, raíces blancas) además el olor de cada una es similar más no igual, las hojas estarían ubicadas en la parte superior y las raíces en la inferior • concluyo que tienen similitudes en cuanto a los tonos de color verde, la necesidad de agua, aire y luz, la cebolla en un inicio requiere más de agua que de tierra, al contrario del ajo. | <p>Identifica algunas características comunes en la planta de ajo y cebolla, como lo son la coloración verde de sus hojas, raíces blancas y olores similares. En cuanto al desarrollo reconoce que las hojas siempre se ubican en la parte superior y las raíces hacia la parte inferior del bulbo.</p> <p>Reconoce algunas características en común entre las plantas de ajo y</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Puedo concluir que el ajo y la cebolla son similares en su modo de crecimiento, más en el estilo de sus estructuras son completamente distintas, también que el ajo es un poco más retardado en su crecimiento que la cebolla que en mi caso creció bastante rápido. | <p>cebolla como lo son la coloración verde de las hojas, además identifica que ambos seres vivos necesitan de agua, aire y luz para sobrevivir.</p> |
| | <p>¿Considera que una planta de ajo de la que cultivó puede dar origen a una nueva planta que tenga características semejantes a las observadas y cuáles serían?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● No sé mucho del tema, pero seguro que sí, yo imagino que sería como de forma similar a ellas, quizás con las mismas fases de crecimiento y estructuras, con aspecto distinto claro, quizás cambio de color o de forma, todo es posible. ● Sí puede dar origen a una nueva planta y esa planta tendría características semejantes tales como color, olor, estructuras, etc. | <p>Hacen evidente que el crecimiento y desarrollo de ambas plantas son similares y presentan características parecidas como color de las hojas y la presencia de olores, por lo tanto, deducen que, a partir de estas plantas, se pueden originar otras con características comunes.</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Si no hay semilla no hay planta, antes de la semilla hay una flor que permite la reproducción de la planta. Esta semilla proviene de la misma planta por lo tanto va a presentar características semejantes. ● Si se puede originar una planta de ajo de la semilla que da, si pueden crecer más como los frutos de las plantas. ● Son familiares por lo cual, gracias a las semillas, si le podría sacar otra planta con características similares, como raíz y hoja ● Uno de los dientes puede dar origen a una planta de ajo. ● Si puede dar origen a una nueva planta y con las mismas características, por que no hubo interferencia por parte mía en su crecimiento, excepto los cuidados necesarios para que crezca. | <p>Reconoce la flor como la estructura reproductiva de la planta, además afirman que gracias a este órgano, se forma la semilla, de la cual proviene una nueva planta con características similares.</p> <p>Argumenta que, por ser familiares, una planta de ajo si pudiese dar origen a una similar, con tallo, raíz y hojas.</p> |
|--|---|---|

| | | |
|--|---|--|
| | <p>¿Considera que una planta de ajo de la que cultivó puede dar origen a una nueva planta que tenga características semejantes a las observadas y cuáles serían?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Considero que sí pues las características de las plantas madres son heredadas por las plantas hijas pero todo depende del proceso de germinación que se lleve. • Yo creo que de una planta de ajo no puedo obtener una de cebolla, si como una fusión. • Yo cultivo una planta de cebolla y quiero recoger ajos, no se puede, por que las dos plantas no son de la misma especie, son diferentes cosas. • El ajo y la cebolla son especies diferentes, por que presentan diferentes tamaños y formas de las hojas, sin embargo, provienen de la misma familia, son plantas únicas de la misma familia. | <p>Reconoce que ciertas características de las plantas pasan de una generación a la siguiente, si se presentan condiciones óptimas (luz, humedad, sol, nutrientes y agua) para el crecimiento y desarrollo de las plantas.</p> <p>Reconoce que las características como la presencia de raíz, hojas y tallos son heredadas de una generación a otra, solo que depende de que existan unas condiciones óptimas para la germinación.</p> <p>Reconoce que especies diferentes no se pueden reproducir, por lo</p> |
|--|---|--|

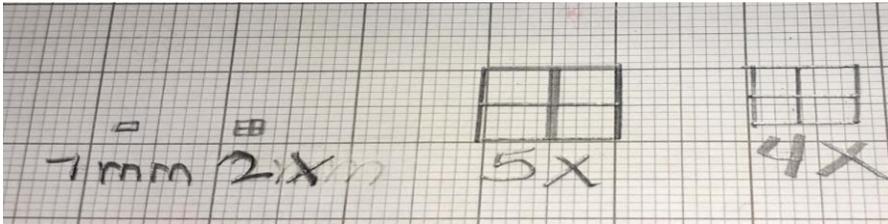
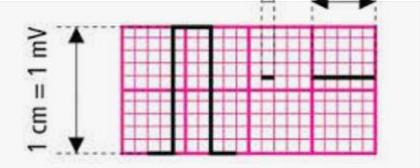
| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Pues si vienen de ella tendrían características similares no, porque vienen del ajo y la cebolla, o sea si para crear una nueva planta se basan en algo, pues tendrían que tener las características similares a lo que usaron anteriormente. ● Tienen un crecimiento similar, las raíces crecen hacia abajo y el tallo para arriba, aunque en el ajo yo vi que se demora un poquito más en crecer y en la cebolla si me creció rápidamente. Las raíces y el tallo si se desarrollaron rápidamente, pero el desarrollo también fue similar, por eso creo que puede dar origen a una planta de ajo con estructuras semejantes. ● Si, raíz, tallo y hojas. ● Son familiares por lo cual gracias a las semillas, sí le podría sacar otra planta con características similares. ● Sí puede dar origen a una nueva planta y con las mismas características porque no hubo | <p>tanto, concluyen que de una planta de ajo no se pueden obtener plantas de cebollas.</p> <p>Identifica que existen ciertas características morfológicas semejantes entre cada especie (tamaños, forma de las hojas y el tallo), además resaltan las diferencias entre especies cercanas como el ajo (tallo delgado y hojas planas) y la cebolla (tallo grueso y hojas redondas).</p> <p>Afirma que una planta de ajo puede dar origen a una planta de ajo similar, porque proviene de ella, "o sea si para crear una nueva planta se basan en algo, pues tendría que tener las características similares a lo que usaron anteriormente".</p> <p>Deduce que una planta de ajo puede dar origen a una planta de ajo porque son familiares, entonces el</p> |
|--|--|--|

| | | |
|--|---|---|
| | <p>interferencia por parte mía en su crecimiento, excepto los cuidados necesarios para que crezca.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Da origen a una planta con estructuras semejantes porque para hacer la germinación seguían los mismos pasos. Dejar en agua, después plantarla y pues iban creciendo similar. | <p>desarrollo de la nueva planta a partir de la semilla va a ser similar (tiempo y estructuras), las raíces crecen hacia abajo y el tallo para arriba y finalmente desarrollan hojas. Afirman que el crecimiento y desarrollo de las plantas de ajo y cebolla fueron en tiempos distintos, el ajo se demora mucho más, por eso son especies distintas.</p> <p>Reconoce que, a partir del proceso de reproducción en la planta de ajo y cebolla, se origina una nueva planta y que esta va a tener características similares a sus progenitores.</p> <p>Las similitudes de la nueva planta de ajo serian que poseen raíz, tallo y hojas.</p> <p>Reconoce la semilla como la estructura que da origen a una nueva planta.</p> |
|--|---|---|

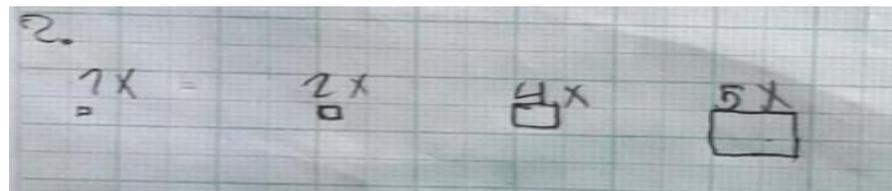
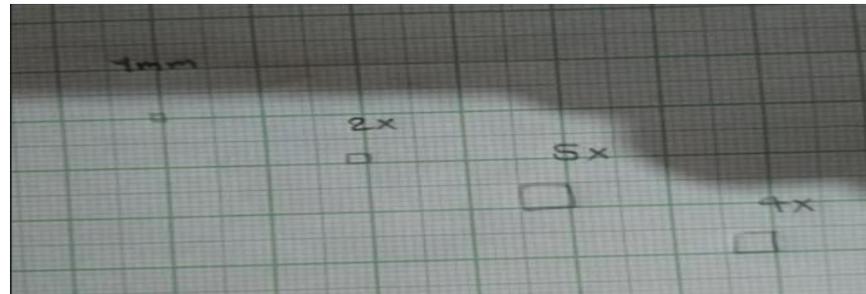
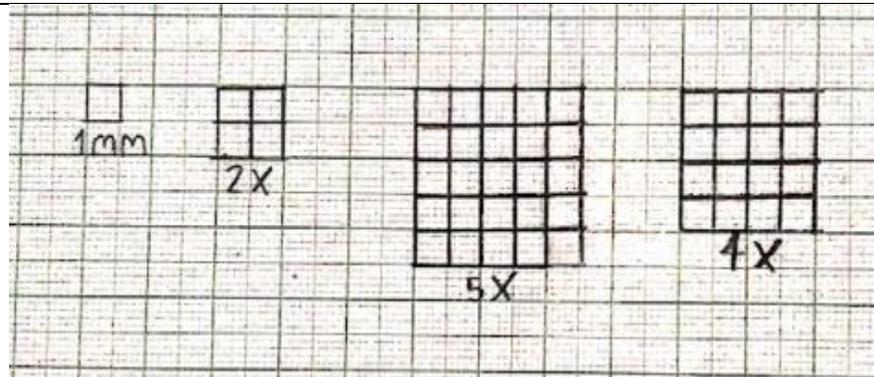
| | | |
|--|--|---|
| | | <p>Relaciona las similitudes en sus estructuras con sus orígenes, estableciendo relaciones morfológicas con cercanías familiares de dichos seres vivos, al afirmar que provienen de la misma familia.</p> <p>Concluye que ambas plantas la raíz creció hacia abajo y el tallo hacia arriba. También que necesitan sol y agua para vivir.</p> <p>Identifica que en el proceso de desarrollo primero se forma la raíz, luego el tallo y finalmente las hojas.</p> |
|--|--|---|

FASE 2 AMPLIANDO EL MUNDO MICROSCÓPICO.

Actividad 2. Camino a la exploración de mundos microscópicos

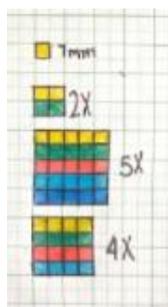
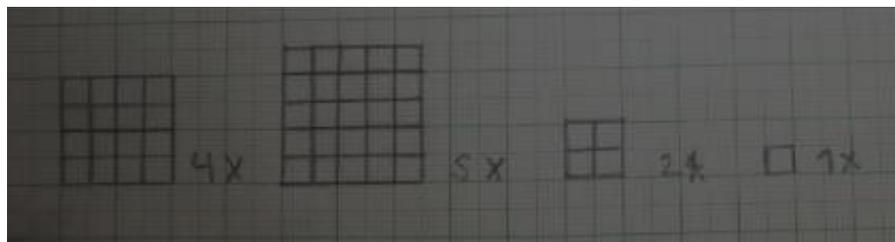
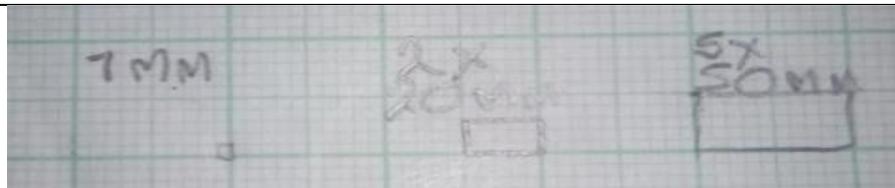
| PROPÓSITOS | REGISTRO | INTERPRETACIÓN |
|--|--|---|
| <p>Que los estudiantes comprendan las técnicas de microscopía a partir de instrumentos como la lupa y el microscopio óptico que permiten aumentar el tamaño de las muestras biológicas a observar.</p> <p>Que los estudiantes comprendan cómo enfocar muestras biológicas a partir del</p> | <p>1. Con la ayuda de una hoja milimetrada dibuje un cuadrado de un milímetro, represente como se verá el cuadrado en una lupa con un aumento de 2x, 4x y 5x.</p>  |  <p>1 cm = 1 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inicia el cuadrado con 1 mm, aumentando el tamaño al doble en un aumento de 2x, sin embargo, para aumentarlo al del 5x no parte del objeto inicial sino del que estaba aumentado al doble, por lo que aumenta cinco veces, lo mismo hace para el aumento de 4x, parte desde el que estaba aumentado a 2x, aumentando este 4 veces. ● Toma 5 mm de la hoja milimetrada como si valiera 1 mm, cuando realiza el aumento |

uso del microscopio óptico, relacionando el tamaño de la imagen observada con el tamaño real.



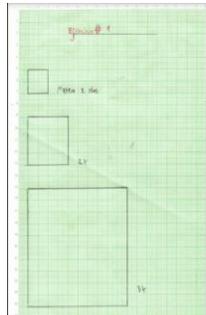
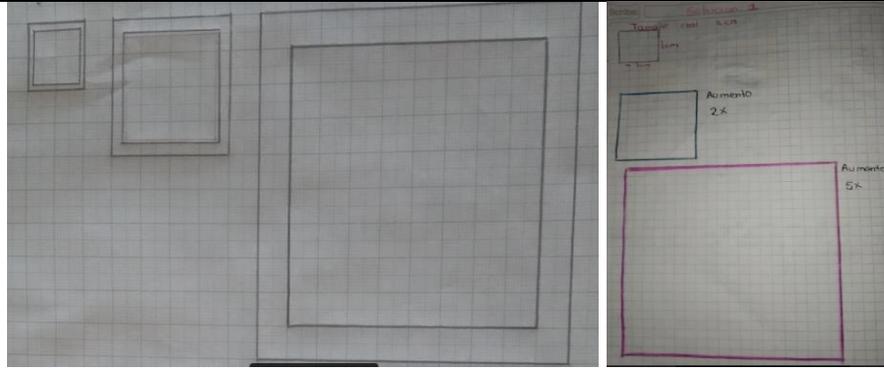
a 2x lo aumenta al doble, a 4x lo aumenta cuatro veces, a 5x lo aumenta cinco veces.

- Dibuja un cuadrado de 1 mm^2 , cuando lo aumenta a 2x lo duplica, a 4x lo aumenta 4 veces y a 5x lo aumenta cinco veces.
- Dibuja un cuadrado de 1 mm^2 , cuando lo aumenta a 2x lo duplica, a 4x lo aumenta cuatro veces y a 5x lo aumenta 9 veces.
- Dibuja un cuadrado de 1 mm^2 , cuando lo aumenta a 2x lo hace con un tamaño 5 veces mayor, a 5x un tamaño 10 veces mayor.
- Dibuja un cuadrado de 5 mm^2 , cuando lo aumenta a 2x lo duplica, a 5x lo aumenta cinco veces, a 4x lo aumenta cuatro veces.



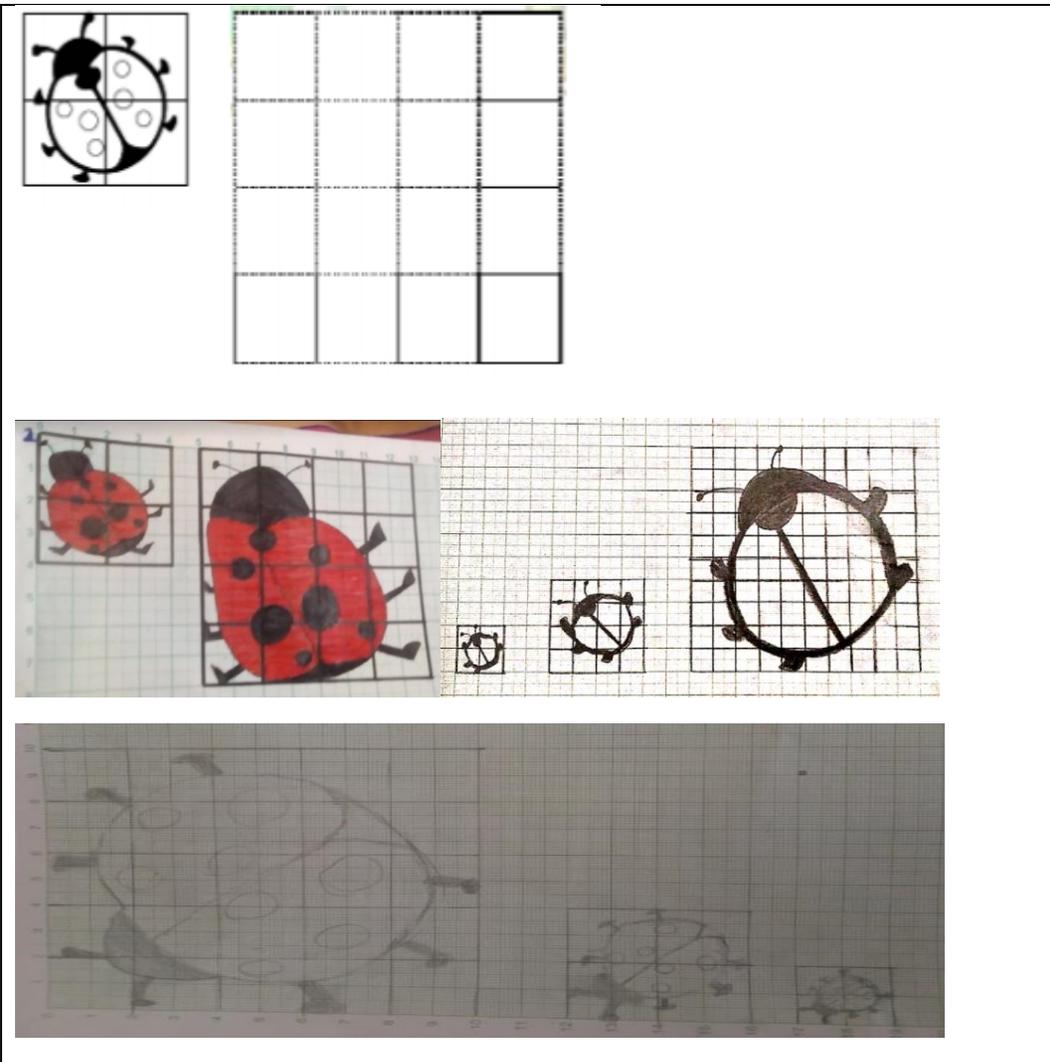
- Dibuja un cuadrado de 1 mm^2 , a un aumento de 2x lo duplica, a 4X lo aumenta cuatro veces y a 5x lo aumenta cinco veces.

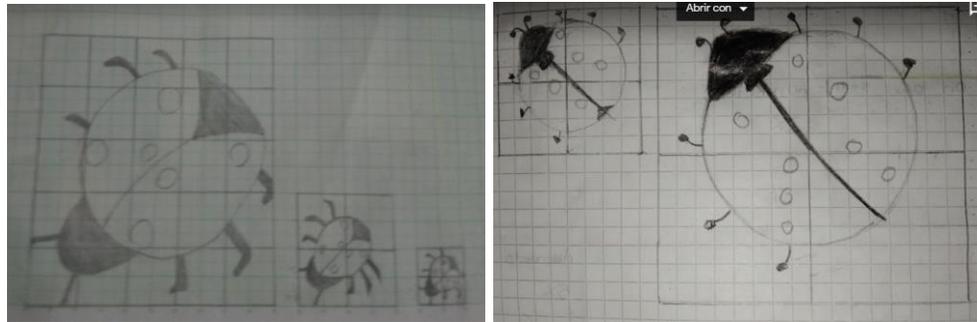
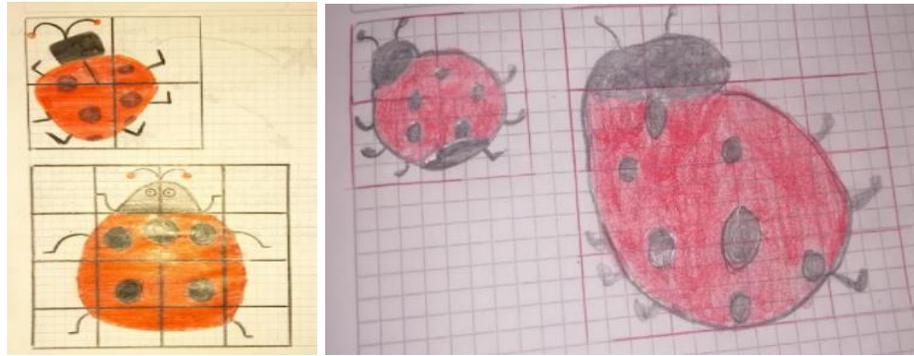
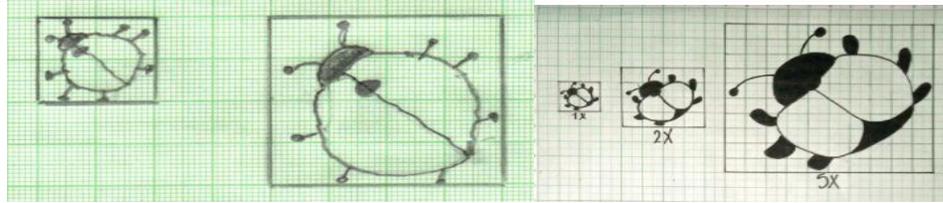
2. Si se tiene un marco de una foto con forma cuadrada, cuyos lados miden 2cm, dibuje como se vería en el tamaño real, con un aumento de 2x y 5x.



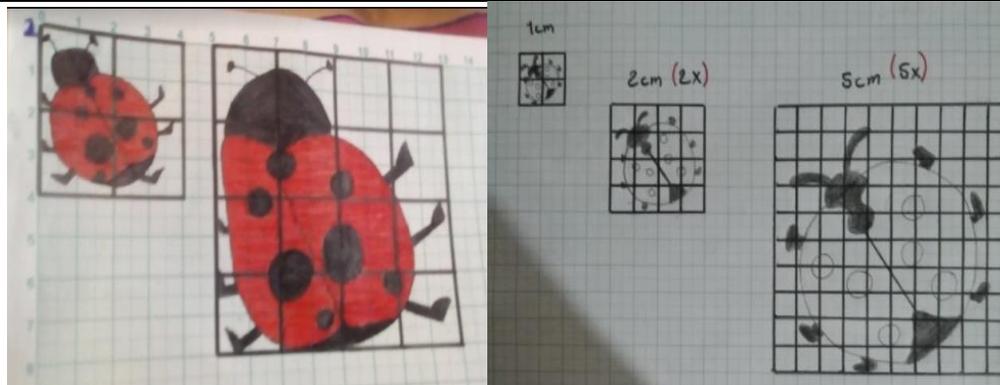
- Toma un cuadrado de una hoja de cuaderno cuadriculado como si valiera 1 cm, lo que lo lleva a dibujar un cuadrado de 1 cm², relaciona el aumento 2x como si se aumentara al doble el tamaño del marco y 5x cinco veces.
- Dibuja un cuadrado de 2 cm², cuando lo realiza a un aumento de 2x lo dibuja al doble, a 5x lo aumenta cinco veces.
- Dibuja un cuadrado de 2 cm², cuando lo realiza a un aumento de 2x lo dibuja al doble, a 5x lo aumenta 5 veces.

3. Amplie el escarabajo a 2X

| | | |
|--|---|--|
| |  | <ul style="list-style-type: none"> ● Dibuja el escarabajo al doble en un aumento de 2x, sin embargo, las proporciones a escala no coordinan, terminando el dibujo del escarabajo más ancho por el lado izquierdo que por el derecho. ● Dibuja el escarabajo a un aumento de 2x donde lo duplica, a 5x al cual lo aumenta cinco veces, sin embargo, lo dibuja con solo dos patas en el costado izquierdo y además la pata izquierda inferior del escarabajo queda en distinta ubicación cuando lo amplia. ● Dibuja el escarabajo a un aumento de 2X aumentándolo el doble, a 5X a un aumento de cinco veces más, manteniendo la escala y dibujándole un círculo en el caparazón de más. ● Dibuja el escarabajo a un aumento de 2X manteniendo las proporciones y escalas. |
|--|---|--|



- Dibuja el escarabajo a un aumento de 2X y 5X, manteniendo las proporciones y escalas.
- Dibuja el escarabajo a un aumento de 2x, cambia la posición del escarabajo cuando lo aumenta, además le realiza un círculo en el caparazón y ojos que no tenían inicialmente.
- Realiza el dibujo a un aumento de 2X sin embargo no mantiene las proporciones, le dibuja círculos el caparazón de más.
- Dibuja el escarabajo a un aumento de 2x duplicando su tamaño, a un aumento de 5X ampliándolo cinco veces más, mantiene las proporciones a escala.
- Dibuja el escarabajo a un aumento de 2X duplicando su tamaño, mantiene las proporciones, causa curiosidad que cuando lo amplía le dibuja más círculos en el caparazón.



- Dibuja el escarabajo a un aumento de 2X, duplicando su tamaño, en la parte inferior derecha pierde las proporciones del círculo del caparazón y cambia su ubicación.
- Dibuja el escarabajo a un aumento de 2X duplicando su tamaño, a 5X aumentando cinco veces el tamaño y mantiene las proporciones.

4. ¿Qué ocurre con el campo óptico a medida que aumenta el valor del objetivo?

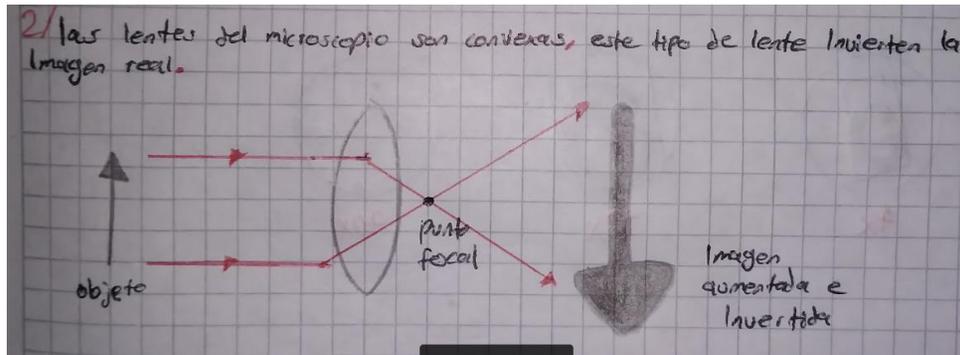
- Se hace más pequeño, como se puede ver en las imágenes de la gota de agua, la mancha roja y la letra e, es evidente como el objetivo se va acercando más y más a la muestra, cada vez mas cambiando de lentes haciendo que estos nos permitan ver de forma más detallada esas cosas tan pequeñas, mucho más grandes.
- Disminuye.
- El objeto se vuelve más grande y el microscopio se enfoca solo en un mismo lugar y el objeto cada vez que se haga más grande se puede ver más enfocadamente lo que lo conforma.

- La mayoría de los estudiantes contestan que el campo óptico a medida que aumenta el valor del objetivo tiende a disminuir, centrándose la imagen en un punto específico, permitiéndola ver más detallada.
- Uno de los argumentos de que esto sucede es por que los

| | | |
|--|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Se incrementa el objetivo y llega a tal punto donde no se ve. ● El poder de aumento de un lente esta determinado por el grado de curvatura de su superficie y la distancia focal. ● El campo óptico disminuye cada vez que aumento el objetivo. | <p>objetivos se van acercando a la muestra.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Otro de los argumentos de la disminución del campo óptico es que el objeto se vuelve más grande y el microscopio se enfoca solo en un lugar. ● Los estudiantes establecen que, si se sigue aumentando el aumento de los objetivos, llegara un punto donde no se ve el campo óptico, sino solo una parte especifica de la muestra. ● Reconocen que el poder de aumento de una lente de un microscopio, esta determinado por el grado de curvatura y la distancia focal. |
| | <p>5. ¿Explique desde el punto de vista de la física por qué se invierten las imágenes en el microscopio óptico?</p> | |

| | | |
|--|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● La distancia es el factor principal, la distancia entre el lente determina como se reflejará la imagen al obsérvala nosotros. Primero si tenemos una imagen mayor a el doble de la distancia focal, la imagen se refracta en el lente y obtenemos una imagen invertida, real y de un tamaño más pequeño. Segundo, si tenemos una imagen que está en la distancia de el doble de la distancia focal. Obtenemos una imagen invertida, real y de un tamaño igual. Tercero, cuando la distancia es mayor a la distancia focal y menor al doble de la distancia focal, se obtiene una imagen real, invertida y de mayor tamaño. Cuarto, cuando la distancia esta justo en la distancia focal no obtendríamos ninguna imagen. ● Las imágenes se invierten por el lente objetivo, este lente es muy especial, ya que con la luz del microscopio hace una ilusión que permite ver inversa la imagen. ● Se invierte por que los rayos que se proyectan a través de la luz se cruzan haciendo que la imagen se aparezca al revés. ● La imagen de un microscopio se forma por la transmisión de los rayos provenientes de una fuente de luz. ● La lente produce una imagen mayor, real e invertida. Y la lente ocular, actuando sobre ella la hace más grande, pero deja invertida y virtual. ● La imagen se invierte por el lente objetivo, este lente es muy especial ya que con la luz del microscopio hace una llamada que permite ver hacia a la imagen. | <ul style="list-style-type: none"> ● Los estudiantes reconocen que la distancia influye en la formación de la imagen, si se aleja se ve invertida y pequeña, si se aleja más se desenfoca. ● El estudiante interpreta que, si se coloca una imagen que esta al doble de la distancia focal, se obtiene una imagen invertida, real del mismo tamaño. ● El estudiante deduce que cuando la distancia es mayor a la distancia focal y menor al doble de la distancia focal, se obtiene una imagen real, invertida y de mayor tamaño, que seria la del microscopio óptico. ● El estudiante interpreta que la imagen se invierte por el lente objetivo, puesto que, junto con la luz, hace una ilusión que permite ver la imagen de esa manera. ● Reconocen la luz como fuente principal para la formación de imágenes, mediante la |
|--|---|---|

- El objetivo recoge la luz que atraviesa el objeto examinado y proyecta una imagen real, invertida y aumentada que se forma dentro del tubo y que es recogida por el ocular que es la segunda lente.
- Por que los lentes del ocular lo invierte creo.

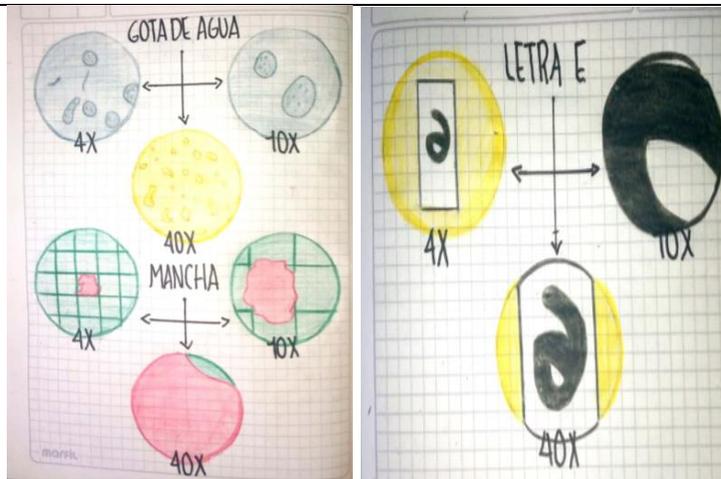


- **6. Elabora los dibujos por cada una de las muestras observadas colocando el aumento y lo que se observa.**

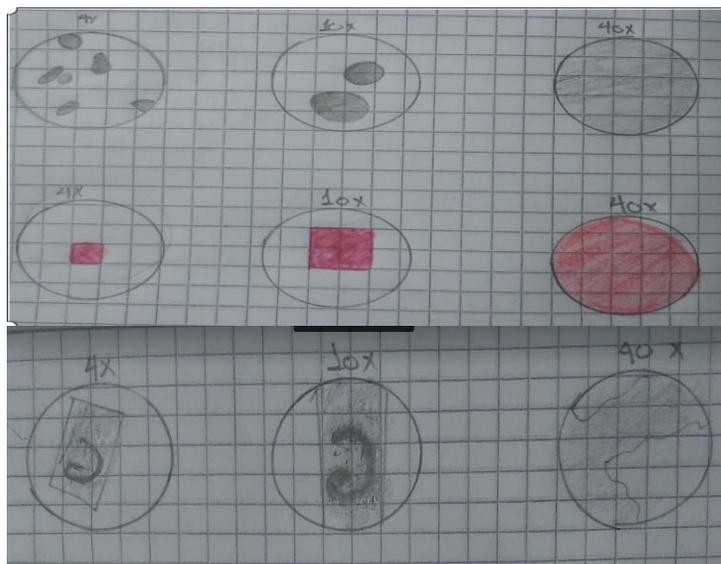
transmisión de rayos y asumen que es el objetivo es quien la recoge después de atravesar el objeto examinado y de esta manera se proyecta una imagen real e invertida y que finalmente el ocular es una segunda lente que lo amplía.

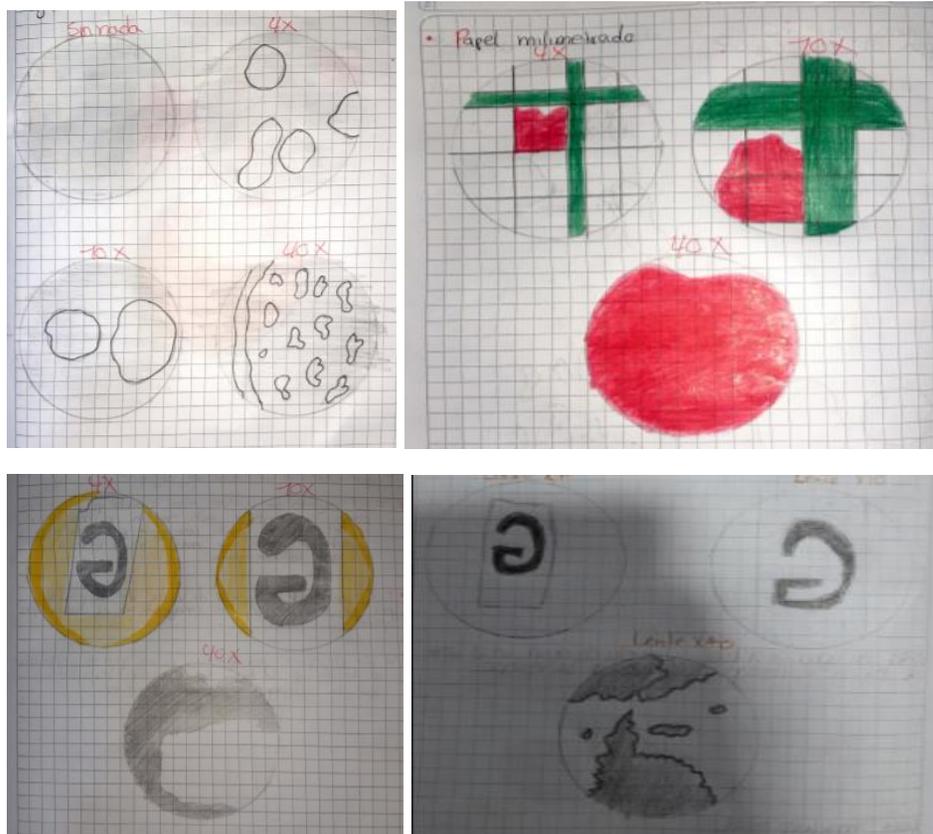
- Reconocen que para que la imagen se forme los rayos de luz se deben cruzar.

- Los estudiantes logran reconocer que las imágenes que produce el microscopio son reales e invertidas, sin embargo, hay algunos que creen que son una ilusión. Además establecen que a medida que se cambian los objetivos a los de mayor aumento el campo óptico disminuye, puesto que se



enfoca en un área específica de la muestra.





FASE TRES RECONOCIENDO EL NÚCLEO CELULAR EN LAS CÉLULAS DE LAS PLANTAS GERMINADAS.

Actividad 3. Reconociendo el núcleo de la célula

| PROPÓSITOS | REGISTRO | INTERPRETACIÓN |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Que los estudiantes reconozcan estructuras semejantes a nivel celular entre las plantas de ajo y cebolla, mediante el uso de la lupa, el microscopio, y algunas técnicas de tinción. ● Que los estudiantes construyan explicaciones sobre las características del núcleo como son: ubicación, forma, | <p>1. De acuerdo con la lectura realice una descripción detallada de las características físicas del núcleo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Es el organelo más grande dentro de la célula y su forma puede ser circular o ovoide, esta presente solo en células eucariotas como las que conforman a animales, plantas y hongos, almacena toda la información genética del individuo. Es el centro operativo de la célula. ● Presencia de huecos que se ubican separados en el centro de las células vegetales (núcleo). ● El núcleo de las células no existe solo en una planta, sino en muchos mas organismos. ● En casos muy raros de modo excepcional y tan solo la mayor parte ofrecían un núcleo simple, he encontrado dos... incluso tres. Tan pronto como los núcleos han alcanzado su pleno tamaño, surge en ellos una fina y transparente vesícula. ● El núcleo tiene una forma de areola o anillo opaco. | <p>La revisión histórica -crítica, permitió tomar apartados de Albarracín, 1993, "Teoría celular del siglo XIX", que permitiera a los estudiantes construir explicaciones sobre el núcleo como: es el organelo más grande de la célula, posee formas (circulares, ovoides, huecos, areola, anillo opaco, globo vacío), se encuentra en células eucariotas como por ejemplo animales y plantas, almacena la información genética del individuo, es el centro operativo de la célula y se ubica en el centro de las células.</p> |

| | | |
|--|---|---|
| <p>tamaño y comprendan la importancia de esta estructura en la generación de nuevas células.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● En las células de la planta de lino se observa todavía en el centro un hueco en donde el interior reposa un pequeño cuerpo bien delimitado, que parece representar un anillo o un globo vacío de paredes gruesas. ● Según Leewenhoek son huecos que se ubican separados en el centro de las células vegetales. | |
| | <p>2. De acuerdo con la lectura identifique las características del núcleo como son: su ubicación, forma y en que células se encuentra.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● En cada hoja de la familia de plantas observadas, se encuentran células epidérmicas, en donde se observa una areola simple, o núcleo de la célula. ● Se encuentra separado en el centro de las células (núcleo celular). Tiene una forma convexa en la parte trasera y una parte plana que sería la parte de la cara del núcleo. Se encuentra en células eucariotas, o sea en animales, plantas y hongos. ● Franz Raver en su libro “Delimitaciones de las plantas Exotick”, realiza una descripción de la presencia de huecos que se ubican separados en el centro de las células vegetales, que él denomina núcleo celular. ● Se ubica en el centro de la célula, su forma es ovalada y se encuentra en las células eucariotas. | <p>Los estudiantes a partir de la lectura interpretan que el núcleo se encuentra separado en el centro de la célula y algunas veces más hacia la periferia. Su forma es convexa en la parte trasera y una parte plana que sería la parte de la cara del frente del núcleo y se encuentra en células eucariotas como plantas y animales.</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Se ubica por lo general en el centro de la célula en algunos casos se puede encontrar en la periferia y su forma puede ser circular o ovoide, es el organelo más grande dentro de la célula, esta presente solo en células eucariotas. ● Se ubica en el centro de la célula, su forma es variada pueden ser más o menos esféricos u ovalados, el núcleo se encuentra normalmente en las células eucariotas. | |
| | <p>3. ¿Cuál es la importancia del núcleo en las células?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Según Brown el núcleo celular debía estar en relación muy inmediata con el origen de la propia célula. ● El núcleo posee una información genética sin eso no se puede reproducir la célula. ● El núcleo celular esta relacionado fuertemente con el origen de la propia célula. ● El núcleo da origen a las células, podemos decir esto gracias a el párrafo donde dice, que primero existe el núcleo y a partir del núcleo se van formando las células, así que el núcleo es la parte más importante para la existencia de una célula. ● Facilita la división celular y posee en su interior unas sustancias gelatinosas que da lugar a nuevas células. | <p>Reconocen que desde los postulados de Brown el núcleo celular está relacionado con el origen de la propia célula, además lo identifican como el poseedor de una información genética que permite que las células se reproduzcan, facilitando la división celular.</p> <p>También identifica la función del núcleo como el encargado de controlar las funciones de las células y mantener la integridad de las células.</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Controla las funciones de la célula ● Posee la capacidad de dar lugar al nacimiento de las células, se forma primero el núcleo y luego su entorno a el. ● El núcleo garantiza la integridad de las células. ● El núcleo es el organelo más importante de una célula Eucariota, vegetal y animal por que lleva el ADN, dentro de los cromosomas y que se encarga de la transmisión de las características hereditarias de padres a hijos. | <p>Reconoce que adentro del núcleo se ubica el ADN y le atribuyen la función de la transmisión de las características hereditarias de padres a hijos.</p> |
| | <p>4. Complete las siguientes tablas</p> | <p>Realizan una tabla comparativa entre las muestras observadas, las cuales fueron tomadas de la raíz y la hojas, en donde se refieren a la célula como una forma extraña y delineada, muy similar a cuadros, los cuales se van uniendo, hasta tomar diferentes formas, afirma que lo observado son líneas que se van uniendo.</p> |

| MUESTRA | AZUL DE METILENO | ROJO NEUTRO | |
|---------|------------------------------|--|--|
| AJO | PARTES OBSERVADAS EN LA RAÍZ | En 4X se puede ver un color azul difuminado muy bonito, en 10X una forma extraña delineada con negro y en 40X cuadros unidos con diferentes formas. | Se nota en todos los aumentos un color café rojizo o un color madera en la última imagen, con algunas líneas. |
| | PARTES OBSERVADAS EN LA HOJA | En 4X se puede ver una línea gruesa de color azul, en 10X como barritas de color amarillo verde y azul, en 40X los mismos cuadros unidos, pero más pequeños. | En el 4X y 10X se puede observar la forma de la hoja de color marrón, en 40X se logran ver unos puntos en la hoja. |

| MUESTRA | AZUL DE METILENO | ROJO NEUTRO | |
|------------------|------------------------------|---|--|
| CEBOLLA CABEZONA | PARTES OBSERVADAS EN LA RAÍZ | En 4X y 10X se observa como una tira de color azul y en 40X líneas largas de color azul unidas con puntos azules en medio de ellos. | En 4X se nota una especie de pared, en 10X se notan como unas escamas, y en 40X se ven los cuadros unidos. |
| | PARTES OBSERVADAS EN LA HOJA | En 4X veo la forma de la hoja color azul, en 10X y 40X las líneas con manchas azules, en 40X se ve más a detalle como formas largas unidas. | En 4X no tengo muy claro lo que veo, en 10X como madera con manchas verdes rojizas, en 40X solo color café y ya. |

Describe las células como líneas largas unidas, las cuales presentan puntos azules y rojos, dependiendo del colorante en el medio.

Describe la pared celular con expresiones como “se nota una especie de pared”.

| CÉLULAS DE LA CEBOLLA Y AJO | DIFERENCIAS | SEMEJANZAS |
|-----------------------------|--|--|
| RAÍZ | Como primera diferencia el color, en la cebolla se hacen más notables las células, en aumento 40x con azul y rojo, y en el ajo solo se ven colores. | En ambas las células son casi iguales, la forma y los puntos, y las líneas, también la absorción de colorante en unas zonas más que otras. |
| HOJAS | Los colores en el ajo cambian bastante, y en la cebolla se ven los puntos en mayor cantidad que en el ajo, también la absorción notable en la cebolla. | En ambas están los puntos y se logran ver los compartimientos de manera clara, también en ambas absorben en más partes que otras. |

| muestras | Azul de metileno | Rojo Neutro |
|----------------|--|--|
| AJO | partes aceras de la raíz se tornan como unas capas a raíz. | se ve como los al fondo de la raíz como manchas que los azules que el color cada de la raíz = pared celular. |
| | partes observadas en la hoja se ve pared celular. | se ve núcleo. |
| cebolla cabeza | partes que observadas en la raíz se ve núcleo. | se ve pared celular núcleo. |
| | en la hoja se ve pared celular y núcleo. | se ve núcleo. |

Afirma que en tanto la raíz como en las hojas las células son iguales, sin embargo, hacen énfasis en que varían sus tamaños. Reconocen que tienen estructuras en común como cuadros, celdas, pared de ladrillo, dedos, rectángulos, manchas o compartimientos (células), puntos, huecos, o círculos (núcleos) y línea que delimitan o capas (pared y membrana celulares).

Reconoce que de acuerdo con el colorante hay unas estructuras que absorben mayor cantidad como por ejemplo el rojo neutro en el núcleo y el azul de metileno en pared celular, citoplasma y membrana celular.

complete las siguientes tablas:

| Muestra | AZUL de metileno | Rojo neutro |
|---|--|---|
| Ajo Partes observadas en la raíz | Se ven un tipo de líneas y puntos azules y las células epidérmicas | Se ven las células epidérmicas y líneas y puntos |
| Partes observadas en la hoja | se ve color verde y azul y las células epidérmicas en 40X | se ven varias líneas y puntos rojos |
| Cebolla cabeza na Partes observadas en la raíz | Se logra observar varios puntos y líneas y las células de la epidérmis | se ven las células de la epidérmis y algo que parecen dedos de una mano |
| Partes observadas en la hoja | se ven las células epidérmicas y puntos azules y algunas líneas | se ve un tipo de rojo con verde y varios puntos y líneas |

| Celulas DE La cebolla y AJO | RAIZ | HOJAS | Estructuras en común |
|-----------------------------|------|-------|---|
| | | | Puntos y líneas además de las células de la epidérmis |
| | | | las células de la epidérmis y puntos un poco pequeños |

| Celulas de la cebolla y Ajo | Diferencias |
|-----------------------------|--|
| RAIZ | colores diferentes, formas y lineas mas gruesas o delgadas |
| HOJAS | colores diferentes, puntos mas grandes y pequeños y lineas separadas |

| Criterio | | Ajo y Cebolla | |
|--------------------------|-------------------------------|--|--|
| Similitudes | RAIZ | tiene lineas y tiene puntos dentro | tiene lineas verticales como con nucleos e celulas con rayas de lado con puntos dentro |
| | TALLO | es como pared celular con puntos dentro | son rayas de lado con puntos dentro |
| Diferencias | RAIZ | los dos tienen celulas nucleos y lineas | tienen celulas nucleos y lineas |
| | TALLO | son lineas horizontales y tiene puntos | son lineas oizas y tienen puntos dentro |
| Celulas de Cebolla y ajo | | Estructura en comua | |
| RAIZ | | la cebolla y el ajo tienen en comua lineas con nucleos | |
| TALLO | | se podria decir que es como un pared celular con nucleos | |
| Muestra | | | |
| AJO | puntos observados en la raiz | Azul de metileno tiene lineas verticales con puntos | Ajo neutro es como una pared celular con puntos |
| | puntos observados en el tallo | tiene rayas con puntos dentro | tiene lineas con puntos alargados se ve mas claro |
| CEBOLLA CABEZONA | puntos observados en la raiz | tiene lineas verticales con puntos dentro | |
| | puntos observados en el tallo | tiene lineas con puntos dentro | tiene lineas horizontales y con puntos dentro |

| Células de la cebolla y ajo | Estructuras en común |
|-----------------------------|---|
| raíz | Forman celdas que parecen muros o paredes de ladrillo |
| hojas | Estructuras que imitan un panel y los puntitos |

| Muestra | | Azul de Metileno | Bojo Negro |
|------------------|------------------------------|--|--|
| Ajo | partes observadas en la raíz | Puntos azules y limpios $40\times$ y en el de $40\times$ veo la epidermis (células) | $40\times$ líneas rojas $40\times$ líneas forma de rectángulo unida con otras en líneas y núcleo |
| | partes observadas en la hoja | $40\times$ una línea pequeña $40\times$ pequeños cubitos unidos de color blanco y núcleo | $40\times$ una delgada $40\times$ líneas muy finas muchos núcleos |
| Cebolla Cabezona | partes observadas en la raíz | $40\times$ Rectángulos unidos entre sí en forma de línea y algunos núcleos | $10\times$ una línea y dentro de ella rectángulos pequeños $40\times$ Más rectángulos grandes |
| | partes observadas en la hoja | $10\times$ líneas muy delgadas $40\times$ Rectángulos con unos puntos dentro | $30\times$ líneas muy delgadas $40\times$ Estructura alargadas y aspecto melnchado |

| CRITERIO | AJO Y CEBOLLA | | |
|-------------|---------------|------------------|----------|
| SIMILITUDES | RAÍZ | tamaño ubicación | |
| | TALLO | forma | |
| DIFERENCIAS | RAÍZ | color | longitud |
| | TALLO | color | grosor |

Actividad 2

| Muestra | Azul de Metileno | Royo Neutro |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| A partes observadas en la raíz | celulas y nucleos celulares | celulas y nucleos celulares |
| J partes observadas en el tallo | celulas y nucleos celulares | celulas y nucleos celulares |
| C partes observadas en la raíz | celulas y nucleos celulares | celulas y nucleos celulares |
| E partes observadas en el tallo | celulas y nucleos celulares | celulas y nucleos celulares |

| Celulas de la Cebolla y Ajo | Estructuras en Común |
|-----------------------------|--------------------------|
| R A I Z | celulas y nucleo celular |
| H O J A S | celulas y nucleo celular |

| Células de la cebolla y ajo | Estructuras en común |
|-----------------------------|--|
| Raíz | Cebolla: con azul de metileno se ven los núcleos y la forma de los rectángulos. |
| Hojas | Ajo: con azul neutro se ven los núcleos. Cebolla con rojo neutro se ven más cosas (paredes, fibras) y núcleos grandes y formas de rectángulos. |

| MUESTRA | | PARTE AZUL DE METILENO | ROJO NEUTRO |
|---------|----------------------------|--|---|
| AJO | PARTE OBSERVADA EN LA RAIZ | PARED VEGETAL Y SI SE AGRANDA LA IMAGEN DEL "40X" SE VE ALGUNAS CELULAS. | LA PARED VEGETAL ES MUY POCO RECONOCIBLE, PERO SE ALCANZA A DISTINGUIR |
| | PARTE OBSERVADA EN LA HOJA | PARED CELULAR, Y NINGUN OTRA PARTE SE DISTINGUE POR LA CALIDAD | LA PARED VEGETAL ES IMPORTANTE PERO LO QUE MÁS RESALTA SON LA CALIDAD EN QUE SE VE LOS NUCLEOS. |
| CEBOLLA | PARTE OBSERVADA EN LA RAIZ | PARED VEGETAL Y CÉLULAS (SIN NECESIDAD DE AGRANDAR LA IMAGEN) | LA PARED VEGETAL ES RECONOCIBLE, MÁS QUE TODO EN EL "4X" |
| | PARTE OBSERVADA EN LA HOJA | PARED VEGETAL Y CÉLULAS, TAMBIÉN VEO ALGUNOS CIRCULOS DE COLOR OSCURO QUE NO SE QUE SON... | LO QUE LLAMA MÁS DE LA IMAGEN ES EL COLOR VERDE DEL CUAL DUDO DE SU PROCEDENCIA, LA PARED VEGETAL SIEMPRE SE NOTA |

| | | |
|---|--|--|
| CÉLULAS DE LA CEBOLLA Y EL AJO | ESTRUCTURAS EN COMÚN | |
| RAÍZ | LA PARED ES LO QUE MÁS TIENEN EN COMÚN, PORQUE SE NOTA DEMASIADO. | <p>Reconoce estructuras en común como células, describiéndola como compartimientos de forma cuadrada y alargada, en los cuales se encuentran algunos puntos indicando que son núcleos. Además aceptan la presencia de membrana celular, citoplasma y pared celular en todas las muestras observadas.</p> |
| HOJA | LA PARED ES LO QUE MÁS TIENEN EN COMÚN, PORQUE SE NOTA DEMASIADO. (MÁS ES LA DE CEBOLLA) | |
| CÉLULAS DE LA CEBOLLA Y EL AJO | DIFERENCIAS | |
| RAÍZ | A PESAR DE QUE LA PARED SEA LO QUE MÁS RESALTE EN AMBOS CASOS, SU FORMA DE COMO SE DISTRIBUYE ES MUY DIFERENTE, APARTE LOS NUCLEOS SE NOTAN MÁS EN LA MUESTRA DE RAÍZ EN LA CEBOLLA. | |
| HOJA | POR LA DIFERENCIA DE CALIDAD LA CEBOLLA ES LA MUESTRA DONDE MÁS APARECEN NUCLEOS Y SE VE CON MÁS NITIDES. | |
| <p>5. ¿Observo alguna estructura en común en las células de la raíz y el tallo en ambas plantas (ajo y cebolla)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el ajo como en la cebolla es notable los núcleos, los compartimientos en formas largas y cuadradas. La forma de la célula es casi la misma y los núcleos aparecen en casi todas las células, que vendrían siendo esos puntos en medio de los cuadros. • Pared celular, núcleo, célula, membrana celular y citoplasma. • Que se hace como una pared celular. • Las líneas parecidas a una maya y las formas. | | |

| | | |
|--|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● En la cebolla y el ajo tiene en común que las dos tienen como rayas, tienen como puntos, que parecen un núcleo y están dentro de células. ● Si hay estructuras en común como celdas. ● Epidermis en forma de ladrillos. ● Si células y núcleos. ● Se ven formas de rectángulos y núcleos. ● La nitidez de los núcleos | <p>Identifica formas de unión de las células al indicar que las líneas se unen formando una maya.</p> |
| | <p>6. A partir de los distintos tintes utilizados para colorear la muestra ¿Qué estructuras pudiste observar en la raíz y tallo de la cebolla cabezona y ajo?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Con azul de metileno se hace más notable el núcleo, o núcleos. Que vendrían siendo esos puntos de un tono más oscuro de azul, en rojo neutro, se hacen más notables, esos espacios como líneas con cuadros, se ven mucho mejor con rojo neutro ya que es un color que aclara esos espacios, pero los puntos o sea los núcleos no se notan tanto. ● Con rojo neutro se observaban las vacuolas, núcleos y pared celular, con el azul mire el citoplasma, pared celular y núcleo. ● Pues como una estructura como de la pared, cuadritos de color azul. ● Las células de la epidermis y varias líneas y formas raras. | <p>Establece que con el azul de metileno es más notable el núcleo, al indicar que son puntos con color azul oscuro.</p> <p>Identifica que el rojo neutro hace más evidente las líneas que forman los cuadrados, haciendo referencia a las células.</p> <p>Reconoce que el rojo neutro permite teñir más las estructuras</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● En el ajo con azul de metileno noto de que tiene puntos también, tiene como líneas o rayas, con el rojo neutro se ve más claro y también tiene rayas con puntos. ● Se observa que cada tinte refleja estructuras diferentes, por ejemplo el azul de metileno me permitió ver la pared celular, citoplasma y núcleo y el rojo neutro vacuolas y núcleos. ● Todas son totalmente diferentes respecto a tamaños. ● Se pueden observar celdas. ● Pared celular y núcleos. | <p>de la célula como son vacuolas y núcleos y con azul de metileno el citoplasma, pared celular, puesto que se tenían más de azul oscuro.</p> |
| | <p>7. Elabore una descripción de lo que observa: ¿Cuál es su forma? ¿Cómo estas celdas están unidas?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Las formas son como en forma hexagonales o cuadradas, con líneas largas, a veces las formas son muy pequeñas como en los ajos y por lo tanto se vera mejor o por otro lado será de una forma larga sin tantos cuadros. Pienso que estarían unidas porque las células siempre se mantienen unidas para conformar un organismo vivo, no creo que en los seres vivos las células se separen de si mismas. ● Es una maya similar a mi dedo, que en su interior contiene círculos. ● Las uniones celulares o intercelulares ● Son como rayas con puntos, como celdas, creo que son las células con núcleos. | <p>Reconoce las células con formas hexagonales, cuadradas, rectangulares o de celda. Algunos las identifican como líneas largas. Además, afirman que conforman los seres vivos.</p> <p>Relaciona la forma de la célula con la forma de los dedos, en donde afirman que en el interior posee círculos.</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Las células están muy juntas pero dentro de ellas hay punticos que creo que son el núcleo, la forma depende del corte que se le realiza. • Células y núcleos. • Yo observo formas regulares en el ajo y la cebolla. • Su forma es en forma de rectángulos unidos entre si y de círculos para los núcleos, a cada lado del rectángulo están unidos como una pared de ladrillos. • Se ven como cuadrados con puntos, los cuadrados son células y los puntos núcleos. • La forma de las células son largas y en algunos casos cuadradas. Debido a sus tamaños chocan entre si para poder formar un tejido. | <p>Los núcleos la mayoría de los estudiantes los relaciono con punticos.</p> <p>Reconoce la regularidad de todas las células observadas en cuanto a la presencia de núcleos.</p> <p>Identifica la unión de las células similar a la unión de los ladrillos a una pared.</p> |
| | <p>8. En que se parecen los dibujos realizados (tenga en cuenta forma, tamaño, ubicación, partes, etc. ¿Son todas iguales?</p> <ul style="list-style-type: none"> • El parecido se hace notable en los aumentos de 10X y 40X donde todo se ve más a detalle, como la forma cuadrada hexagonal de las células, los puntos en la mitad de estas, las líneas que hacen notar las divisiones entre estas, y no, no todas son iguales, en los seres vivos es muy difícil que existan cosas idénticas, pero en este caso son bastante similares. • En el tejido, núcleo, pared celular y membrana celular. | <p>Identifica similitudes en la forma hexagonal de las células y puntos en la mitad haciendo referencia a los núcleos.</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Tienen partes similares como las células, pero al menos en mi opinión no todas llegan a ser iguales. ● Se parecen los dibujos en que tienen líneas o rayas como celdas, tienen puntos, tienen células algunas verticales y otras horizontales. ● Tienen mucho parecido en las celdas, las líneas estriadas regulares que forma. ● Se diferencia en el color y tamaño, se parecen en la ubicación y forma. ● Se parecen demasiado en la forma que da las paredes y en los núcleos, pero la diferencia es que en el tallo del ajo los núcleos son huecos. | <p>Reconoce estructuras similares como núcleo, pared celular, membrana celular y citoplasma.</p> <p>Diferencia líneas o rayas que forman celdas (algunas verticales otras horizontales) y que en la mitad poseen círculos.</p> |
| | <p>9. Señale nombre y partes de las estructuras que se pueden diferenciar.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Los puntos (núcleos), cuadros (células), líneas (divisiones que serían la pared celular) y los colores. ● Líneas, formas raras o circulares, las células de la epidermis. ● Algunas son verticales y otras horizontales, en el ajo se observan más puntos que la cebolla. ● Se evidencia el núcleo, la membrana y las células. ● Núcleo celular ● Células, pared celular, membrana celular y núcleos. | <p>Definen que los puntos son núcleo, los cuadros células, líneas que dividen serían la pared celular. Estas últimas pueden ser verticales y horizontales.</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>10. ¿A partir de las diferentes observaciones realizadas, a que conclusiones puede llegar con respecto al núcleo celular? Justifique su respuesta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que el núcleo es el punto de origen para dar origen a la célula, sin el no hay células, también su aspecto se puede denominar de muchas maneras, un punto, un anillo, un círculo, una mancha, etc. El núcleo es sin duda la parte más importante de las células, logre llegar a esta conclusión gracias a la lectura de la guía anterior. • Es el lugar en donde se desarrolla el ADN. • Por lo que he visto tiene varias formas y líneas parecidas a una maya, además es un elemento importante de la célula aunque algunas no lo tengan. • Son muy importantes por que le permite el paso de moléculas dentro y fuera del núcleo. • El núcleo es el que controla las células y se hereda de padres a hijos, tiene sus propias características. • El núcleo es muy importante por que da lugar al nacimiento de nuevas células. • Lo que puedo concluir es que hay algunos núcleos más oscuros que otros y de igual manera hay una sola muestra en la cual se puede ver los núcleos huecos sin relleno. | <p>Reconoce la importancia del núcleo como la estructura que da origen a las células.</p> <p>Atribuye diferentes formas al núcleo como manchas, círculo, anillo y puntos. Además, reconocen que dentro de él se encuentra el material genético.</p> <p>Diferencia algunas funciones del núcleo como el paso de moléculas dentro y fuera de él, ente que controla las funciones de la célula.</p> |
|--|---|--|

| | | |
|--|--|--|
| | | Reconoce tonalidades más oscuras en algunos núcleos, formas huecas y sin relleno. |
| | <p>11. ¿Qué función cumple la gota de solución de Rojo Neutro y Azul de metileno?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Creo que el punto de eso es hacer más claras las partes de la célula, para sacar una observación detallada. También para ver las diferencias y similitudes y claro observar el núcleo. ● Sirve para aumentar la resolución de la muestra. ● Teñir las estructuras que no podemos ver como por ejemplo los núcleos de las células. ● La función de esos tintes es la de hacer que las estructuras de las muestras se noten mucho más que lo que la simple muestra lo haría por si sola. ● Para que se vea diferente por que con el azul de metileno se ve más oscuro y con el rojo neutro más claro. ● Son técnicas que permiten mejorar el contraste de una imagen. ● El rojo neutro tiñe núcleo y lisosomas de color rojo. Es uno de los colorantes más usados en experimentos de toxicidad puesto que solo las células vivas lo incorporan. | <p>Establecen algunas funciones de los colorantes utilizados durante la experimentación como rojo neutro y azul de metileno, como afirmando que sirven para hacer más claras las partes de la célula y así lograr una observación más detallada. Aumenta la resolución de la muestra. Cada tinte tiñe diferentes estructuras para que se puedan observar. Para que la muestra tenga más tonalidades por ejemplo con el azul se ve más oscuro y con el rojo más claro. Son técnicas que mejoran el contraste de una imagen.</p> <p>Concluye que con el rojo neutro se tiñen más los núcleos y</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • El azul de metileno se usa como tinte para teñir ciertas partes de la célula. • Su función es resaltar las partes de las células. | lisosomas. Además solo tiñe células vivas. |
|--|--|--|

FASE 4 Y 5. EXTRAYENDO LA NUCLEÍNA Y DIALOGANDO CON KOSSEL

| PROPÓSITOS | REGISTRO | INTERPRETACIÓN |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Que los estudiantes reconozcan la composición química de la sustancia presente en el núcleo celular que permite la generación de nuevas células. • Que los estudiantes se familiaricen con las técnicas y sustancias utilizadas para extraer la nucleína. | <p>1. ¿Cuál cree que es la composición química de la nucleína?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uno determina eso a partir de las pruebas que se realizan para saber la composición, ósea si es carbohidrato, proteína, lípido o fosfato. <p>Que vienen de las pruebas Fehling A y B (Carbohidratos), Biuret (proteínas) y sudan III (lípidos) y la de fosfatos. En donde la única que dio positivo fue la de fosfato que indica que tiene fósforo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fósforo • Hidrógeno, carbono, oxígeno, fósforo y nitrógeno. • Tiene cuatro bases nitrogenadas, adenina, guanina, citosina y timina, el azúcar desoxirribosa y un grupo fosfato. • Esta formado por unos componentes químicos básicos denominados nucleótidos. | <p>La mayoría de los estudiantes reconocieron que durante la experimentación se realizaron unas pruebas químicas cualitativas, en donde la única que dio positivo fue la de identificación de fosfatos. Por lo tanto, afirman que la composición química de la nucleína es fosfatos y fosforo.</p> <p>Se encuentra que hicieron relación con la lectura de Kossel y Meischer, puesto que atribuye a la composición otros elementos químicos que no fueron identificados en el laboratorio como, por ejemplo: hidrógeno,</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • La nucleína está formada por una pentosa, bases nitrogenadas y ácido fosfórico. • Creo que la nucleína está fuertemente relacionada con el núcleo, puesto que se extrae de las células de la cebolla y el ajo, específicamente del núcleo y según lo que vimos su composición era de fosfatos, por lo tanto el núcleo contiene fósforo. Así que creo que el ajo y la cebolla tiene fósforo en su interior. | <p>carbono, oxígeno, fósforo y nitrógeno.</p> <p>Establecen los nucleótidos como la estructura esquelética de los nucleótidos, además de identificar sus componentes como azúcar, bases nitrogenadas y grupo fosfato.</p> |
| | <p>2. ¿De qué parte se extrajo la sustancia y cómo se logró?</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sustancia proviene del núcleo, y se logró a partir de unos ingredientes y unos pasos a seguir, siendo de primeras machacar los bulbos de ajos y la cebolla, de segundas filtrar estos ingredientes a un frasco, y por último agregar los demás ingredientes que serían, la sal, el detergente, el jugo de piña y alcohol, estos ingredientes fueron elegidos gracias a las funciones y reacciones que tenían frente a las células y núcleo de las semillas. • Se sacó del núcleo de la célula a base del piño del jugo de piña, la sal y el detergente. | <p>Los estudiantes se familiarizaron con algunas técnicas utilizadas por Miescher en la extracción de la nucleína, como por ejemplo la maceración, la filtración, el uso de sustancias para romper las membranas como detergente, alcohol y cloruro de sodio.</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Se saco del núcleo y se logró: Triturar la semilla: Se trituran para poder filtrarlos. Filtrar: Se filtra para obtener una sustancia sin grumos. Añadir sal, detergente, zumo de piña y alcohol. Se añade para romper las membranas. ● Se extrajo del núcleo y se logro gracias a la investigación de Friedrich Miescher. ● Se trituro la cebolla y se saco la sustancia, después se colo cinco veces y se le añadió otras sustancias químicas y sumo de piña y se dejo reposar cinco minutos y en cada tubo de ensayo se añadió soluciones de la nucleína, se añadió reactivo de Fehling, Biuret y Sudan, de acuerdo a esto daba positivo y negativo y se sabia cual era su composición. ● De la parte del núcleo y se pudo gracias a la extracción de los líquidos de las partes del ajo y cebolla y también gracias a la sal, detergente y jugo que servía para romper las membranas y separar las proteínas. ● Del núcleo se logro a partir de líquidos de ajo, cebolla, sal, detergente, jugo de piña, etc. Que permitió romper membranas y separar la nucleína de las proteínas. ● Del núcleo de la célula se logro viendo a través de un microscopio. | <p>Falto plantear en la actividad experimental, alguna estrategia que los llevara a pensar en la funcionalidad de las enzimas, como la bromelina en la piña que le permite separar las proteínas del ADN.</p> <p>Los estudiantes identifican que la nucleína se encuentra en el núcleo y que su nombre se debe a su ubicación.</p> <p>Los estudiantes reconocieron la funcionalidad de algunos instrumentos de laboratorio como Probetas, Pipetas, Erlenmeyer, Mortero, Papel filtro, Tubos de ensayo y Reactivos como Fehling, Biuret y Sudán. También del microscopio al afirmar que con este se observó el núcleo de la célula.</p> |
| | <p>3. ¿La sustancia extraída puede ser considerada una proteína o carbohidrato? Argumente su respuesta.</p> | |

| | | |
|--|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● No, el procedimiento realizado nos demuestra, con las pruebas que la muestra era negativa para proteínas, carbohidratos y lípidos, haciendo las pruebas de Biuret, Fehling y Sudan III. Pero era positivo para fosfatos, haciendo esta prueba, entonces podemos concluir que la sustancia contiene fosforo. ● No había proteína y tampoco carbohidratos, tampoco había lípidos solo había fosfato. ● La nucleína es considerada una proteína por que los carbohidratos tienen composición muy específica. ● No se considera ninguna de las dos la sustancia es lo que se encuentra en el núcleo y contiene fosforo. Se observo flotando en el tubo de ensayo. ● No, esta sustancia es nucleína de acuerdo a las pruebas dio positiva para fosfatos. ● No es positivo para ninguna de las dos, ya que de acuerdo a lo realizado en el experimento dio positivo para fosfatos. ● Ninguna de los dos, la sustancia contenía fósforo según el procedimiento. Mientras que las proteínas y carbohidratos no lo poseen. ● No tiene proteínas ni carbohidratos, la sustancia extraída tiene es fosfatos. | <p>Relacionan las pruebas realizadas con la composición de la nucleína al afirmar que no son ni proteínas ni carbohidratos, por que solo dio positiva para la prueba de fosfatos.</p> <p>Se presenta una dificultad entre entender la diferencia entre el fósforo y los fosfatos.</p> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| | <p>4. ¿Describa cómo es la sustancia extraída (Color, forma, textura, etc.)?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● La sustancia era de color blanco, con forma de hélice de un ventilador, flotaba encima de el liquido acuoso y se lograba ver como se condensaba y su textura era sólida. ● La sustancia era de color blanco, con forma de hélice, o sea como enrollada, flotaba encima de la solución acuosa, se veía como en tiras que se condesaban, y luego a esta sustancia se le hacen pruebas bioquímicas, para determinar si tenían carbohidratos, proteínas, lípidos y fosfatos, para eso se utilizaron sustancias como Feling, biuret, etc. ● Su forma es en cadena, su textura es blanda. ● La sustancia era de color blanco, forma de hélice, se veía como enrollada, flotaba encima de la solución acuosa, se veía como en tiras que se condesaban. ● Tiene una coloración pálida y blanca, su estructura tiene forma de hilos finos y su textura es solida. | <p>Los estudiantes describen algunas cualidades de la sustancia extraída al afirmar que presentaba color blanco o gris, su forma era de hélice de un ventilador, posee flotabilidad en el líquido acuoso en el que se encontraba, se observa condensado como enrollado, su estado es sólido, cuando se desarma se ven tiras o hilos finos.</p> |
| | <p>5. ¿Explique principalmente de que está compuesta la sustancia extraída?</p> | <p>Reconocen que la composición química de la nucleína es a base</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Esta compuesta por elementos químicos y la mezcla de todos los ingredientes mencionados anteriormente, o sea de las semillas de ajo y cebolla con todos esos componentes. ● Principalmente se usaron semillas de ajo y cebolla más el jugo de piña, detergente, alcohol, tubos de ensayo, probeta y pruebas bioquímicas. ● Está compuesta principalmente de fosforo. ● Esta compuesta de fosfato. ● Oxígeno, hidrogeno, nitrógeno y carbono. | <p>de elementos químicos como carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo. En donde este último es el principal componente.</p> |
| | <p>6. A partir de las diferentes observaciones realizadas sobre la composición química de la nucleína. ¿A que conclusiones puede llegar sobre las diferentes actividades experimentales? Realice al menos tres conclusiones justificando su respuesta.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Creo que es importante concluir la importancia gigante de la química, la química nos ayuda a descubrir componentes de las cosas, como los elementos de la tabla periódica, que a partir de eso se descubren muchas cosas, como en esta actividad que se vieron algunos elementos que conforman las biomoléculas. ● También el como hay cosas con propiedades increíbles, que sirven para muchas cosas de las que creemos, como las frutas, algunos alimentos, químicos y objetos que se usan en nuestra vida cotidiana. | <p>Concluyen que el estudio de la química es importante porque les permite entender la composición de las cosas y biomoléculas.</p> <p>Reconoce que los elementos químicos de la tabla periódica</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | <p>Creo que esta demás decir como aprendimos de una parte importante de los seres vivos, las células y el núcleo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Que esta actividad se baso en una sustancia llamada nucleína que es una parte del núcleo, que se encuentra dentro de el y tiene una composición característica. ● La química es un tema importante ya que varias cosas que usamos en nuestra vida cotidiana se componen de elementos químicos. ● Gran parte de la composición de la nucleína es fosforo. ● La nucleína esta relacionada con el ADN. ● La nucleína se considera una proteína porque cumple con las características de una proteína. ● La experimentación permite analizar las propiedades físicas y químicas de las sustancias. ● La experimentación requiere tener medidas de bioseguridad para evitar accidentes. ● La experimentación permite obtener, procesar y analizar la información para tomar acciones. ● En estas actividades logramos comprender demasiadas cosas nueva en los seres vivos, como puede estar compuesta la sustancia que se encuentra en las células de una semilla de ajo y cebolla. ● Podemos comprender la química y como nos ayuda a comprender componentes estructurales en los seres vivos. | <p>componen las cosas que están alrededor como se evidencia en las siguientes afirmaciones “Creo que es importante concluir la importancia gigante de la química, la química nos ayuda a descubrir componentes de las cosas, como los elementos de la tabla periódica” y “La química es un tema importante ya que varias cosas que usamos en nuestra vida cotidiana se componen de elementos químicos”.</p> <p>Define que la nucleína es parte del núcleo, se encuentra dentro de él y posee una composición química característica como poseer fósforo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● A partir de las respuestas de los estudiantes se encuentra que la actividad experimental permite desarrollar habilidades en el manejo y utilización de instrumentos, para analizar, procesar e interpretar datos, generación de hábitos dentro |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● También podemos saber como son núcleo, estructura, composición, etc, ya que es importante para conocer como funciona la célula. ● Es importante primero que todo concluir la importancia del núcleo ya que es una parte de la célula y dirige sus funciones. ● También es importante saber la gran importancia de la química en estos temas, los cuales nos ayuda descubrir componentes de las sustancias por medio de la experimentación. ● La sustancia que más compone la nucleína es el fosforo. ● Sin las pruebas bioquímicas es difícil saber de que se compone. ● Pues que la nucleína es una sustancia del núcleo de la célula que creo que sirve para el proceso de la mitosis y meiosis. ● Pues esta actividad me enseñó sobre el mundo microscópico. ● El núcleo es una parte importante ya que a base de el se forma la célula, esto quiere decir que sin el no hay células y sin células no hay seres vivos, además garantiza la integridad de los genes y regula su expresión, siendo parte central, controlando las funciones de la célula, al organizar las cadenas de ADN en cromosomas lo cual facilita la división celular. ● El núcleo garantiza la integridad de los genes y regula su expresión, es la parte central controladora de la célula, al organizar las cadenas de ADN en cromosomas se facilita la división celular. | <p>de la experimentación. Además de comprender que la química permite estudiar la estructura y composición de las sustancias, de los seres vivos y en este caso de la nucleína. Por otro lado reconocen la importancia del estudio de la composición y estructura para entender la funcionalidad, como se evidencia en la siguiente afirmación “También podemos saber cómo son núcleo, estructura, composición, etc, ya que es importante para conocer cómo funciona la célula”.</p> <p>Se empiezan a formar luces sobre la funcionalidad de la nucleína como se evidencia en esta frase “Pues que la nucleína es una sustancia del núcleo de la célula que creo que sirve para el proceso de la mitosis y meiosis”.</p> <p>Se reconoce el núcleo como estructura fundamental que</p> |
|--|--|---|

| | | |
|--|---|--|
| | | <p>interviene en la formación de células, garante de la integridad de los genes y regulador de su expresión, siendo quien controla la célula.</p> |
| | <p>¿Cuál es la importancia del reconocimiento químico de la nucleína?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Son necesarios para el almacenamiento y la expresión genética. ● Descubrir que sale del núcleo, saber que es la parte vital de las células, en cada ser vivo los núcleos son diferentes, puede servir para prevenir cosas malas para el material químico de los núcleos. ● El reconocer sus componentes, su textura, su color, lo que almacena el ADN. ● El ADN fue aislado por primera vez en 1869 por el médico suizo Friedrich Meischer, quien realizaba experimentos acerca de la composición química de las células de pus. Al experimentar con ellas noto un precipitado de una sustancia desconocida la cual llama nucleína, debido a que la había extraído a partir del núcleo. Determinando que en su composición posee fósforo, lo cual lo lleva a pensar que sirve como reserva para la célula. ● La nucleína o cromatina está compuesta de cromosomas, que son ADN condensado y este su principal componente son los fosfatos. | <p>Los estudiantes aseveran que la importancia del reconocimiento químico de la nucleína permite, conocer cómo se almacena la nucleína, reconocer la importancia del núcleo al albergar el material genético, reconocer los componentes del núcleo, como se organiza la nucleína dentro del núcleo, conocer cómo funcionan las células, lo cual permitiría entender la vida y sus funciones vitales como crecer, reproducirse, nutrirse y respirar.</p> <p>Se intenta establecer una relación entre la nucleína y la información</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Conocer como se almacena, su organización, su composición y textura. ● La nucleína es importante por que es vital para el funcionamiento de las células y por lo tanto para la vida. Tienen relación con la información hereditaria de una célula de modo que pueda mantenerse, crecer, crear descendencia y realizar sus funciones como nutrirse y respirar. ● La importancia es que esta dentro del núcleo celular. ● La importancia del reconocimiento químico es que sino sabemos su reconocimiento químico no podemos saber su función. ● Para el almacenamiento y para poder codificar el ADN. ● La importancia de la nucleína se debe a que proviene del núcleo compartiendo sus características en los animales y vegetales y a su vez forma la base del ADN. | <p>hereditaria que se encuentra en ella al afirmar “La nucleína es importante por que es vital para el funcionamiento de las células y por lo tanto para la vida. Tienen relación con la información hereditaria de una célula de modo que pueda mantenerse, crecer, crear descendencia y realizar sus funciones como nutrirse y respirar”. Sin embargo, es muy superficial.</p> <p>Se define que la química es importante porque permite definir la ubicación de la nucleína (Dentro del núcleo), establecer en qué seres vivos se encuentra (animales y plantas) y para entender cómo funcionan las células y los seres vivos.</p> |
| | <p>¿Cómo se organiza la nucleína en el núcleo celular?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Esta organizado en cromosomas. ● Se organiza a partir de três componentes básicos: azucar, nitrogeno y fosforo. | <p>En cuanto a cómo se organiza la nucleína dentro del núcleo celular</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Esta se encuentra dentro del núcleo celular y es una sustancia rica en fosforo según los estudios que realizamos. ● El núcleo guarda la nucleína y lo organiza para que quede en su interior. Cuando lo sacamos en el laboratorio se vio como una sustancia de color transparente o gris, con forma de hélice y textura que se deshace fácilmente con solo tocarlo. ● Se encuentra condensada en el núcleo celular. ● Primero vimos la germinación del ajo y la cebolla, para luego observar su epidermis en el microscópico, o sea esas formas de cuadros y líneas que llamaron células y dentro de ellas se podía observar un punto que vendría siendo el núcleo y dentro del núcleo sacamos la nucleína que era blanca y se veía condensada. Luego se le hace procedimientos llegando a la conclusión que tiene fosforo. ● Esta dentro del núcleo. ● Nucleína por encontrarse dentro del núcleo años más tarde se fragmento esta nucleína separándola de un componente proteico y un grupo prostético a este ultimo por ser acido se le llamo ácidos nucleicos. ● La nucleína está dentro del núcleo que es una estructura que distingue a la célula eucariota ya que contiene el material genético condensado que es ADN. | <p>los estudiantes dan las siguientes explicaciones: está organizado en cromosomas, se organiza en tres componentes (azúcar, nitrógeno y fósforo), se encuentra condensado en el núcleo celular y contiene un alto contenido de fósforo, esta no se encuentra sola sino unida a proteínas.</p> <p>Los estudiantes empiezan a construir explicaciones sobre la organización de los seres vivos como se evidencia en esta afirmación: “Primero vimos la germinación del ajo y la cebolla, para luego observar su epidermis en el microscópico, o sea esas formas de cuadros y líneas que llamaron células y dentro de ellas se podía observar un punto que vendría siendo el núcleo y dentro del núcleo sacamos la nucleína que era blanca y se veía condensada. Luego se le hace procedimientos llegando a la conclusión que tiene fósforo”.</p> |
|--|---|---|

| | | |
|--|---|--|
| | <p>¿Qué fue lo que más le llamo la atención de la actividad “Dialogando con Kossel”?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Los procesos generales de la vida. ● Todo lo que puede tener un núcleo dentro de el y su importancia para la célula, además de entender que este interviene en los procesos de división celular. ● Entender que los procesos químicos se relacionan con los seres vivos. ● Me impresiono como este hombre junto con Meischer estudian la nucleína y también el núcleo, nunca me puse a pensar sobre las células, nucleos, sustancias y sus composiciones, estos hombres descubren cosas que el ser humano no puede ver a simple vista, saber que montones de células están en tu cuerpo y que dentro de ellas existe un núcleo que da origen a la existencia de estas y por lo tanto a nosotros. ● Hacer evidente la importancia del núcleo en los procesos de división celular. ● Lo que más me llamo la atención fue los descubrimientos que hicieron en esa época con instrumentos como microscopios y sustancias químicas. | <p>A partir de la lectura dialogando con Kossel encontramos que los estudiantes empiezan a comprender que la sustancia aislada interviene en los procesos de división celular, entender que los procesos químicos se relacionan con los seres vivos, despertarles la curiosidad por el mundo microscópico y cómo estudiarlo, como se evidencia en la siguientes afirmaciones: “Me impresionó como este hombre junto con Meischer estudian la nucleína y también el núcleo, nunca me puse a pensar sobre las células, nucleos, sustancias y sus composiciones, estos hombres descubren cosas que el ser humano no puede ver a simple vista, saber que montones de</p> |
|--|---|--|

| | | |
|--|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Lo que mas me llamo la atención fue saber que el ácido nucleico es la base de nuestra información personal. | <p>células están en tu cuerpo y que dentro de ellas existe un núcleo que da origen a la existencia de estas y por lo tanto a nosotros” y “Lo que más me llamo la atención fue los descubrimientos que hicieron en esa época con instrumentos como microscopios y sustancias químicas”. Además les permitió establecer relaciones como se observa en la siguiente respuesta “Lo que más me llamó la atención fue saber que el ácido nucleico es la base de nuestra información personal”.</p> |
| | <p>¿En qué problemática o problemáticas de las discutidas en clase les gustaría profundizar?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composición y estructura de la nucleína. • La química de la composición de los seres vivos, según lo que entiendo estos están compuestos de cuatro bioelementos fundamentales: Carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno. • Importancia del núcleo para la división celular. • Composición y estructura del ADN. | <p>A partir del desarrollo de las distintas actividades experimentales los estudiantes desean profundizar en las siguientes problemáticas: composición y estructura de la nucleína, la química de la composición de los seres vivos, la</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● La química de la composición de los seres vivos. Poder saber de que están compuestos los seres vivos. Investigar desde el animal más pequeño al más grande, viendo sus células y núcleos, que conforman todos los seres vivos y el origen de su existencia, a lo mejor si se domina y maneja este tema de las células y núcleos se puede dar origen a criaturas creadas por el hombre. ● La composición de todos los seres vivos, como se puede descubrir de que están compuestos los animales, las plantas y los seres humanos. ● Prefiero discutir la composición y estructura de la nucleína ese tema me gusta en la clase. ● Composición y estructura de la nucleína ya que en los laboratorios me intereso y me gusto más que todas. ● No estoy muy seguro, por un lado me agrada la idea de saber sobre la química de los seres vivos, pero opino que para saber acerca de algo tan masivo como son los seres vivos necesito primero saber de las cosas tan pequeñas pero importantes que los componen, y me refiero desde la interfase hasta la formación de un organismo. | <p>importancia del núcleo para la división celular.</p> <p>Las actividades experimentales despiertan el interés de los estudiantes como se evidencia en la siguiente afirmación “Composición y estructura de la nucleína ya que en los laboratorios me interesó y me gusto más que todas”.</p> <p>El interés más profundo es en el estudio de la química de los seres vivos en donde algunos de sus argumentos son: poder saber de qué están compuestos los seres vivos, investigar desde un animal pequeño al más grande, ver sus células y núcleos que los conforman, conocer el origen de su existencia, a partir de estos estudios podría ser posible que el hombre cree criaturas, entender la formación de un ser vivo desde la</p> |
|--|---|---|

| | | |
|--|--|--|
| | | interfase de la división celular hasta su formación. |
| | <p>¿Qué preguntas nuevas genero a partir de las seis actividades desarrolladas?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Si el ADN se pudiera manipular ¿Se podría crear un ser humano a elección? ● ¿Por qué mueren los seres vivos? ● ¿Por qué a veces las plantas no crecen? ● ¿Por qué el núcleo esta en las plantas y animales? ● ¿Por qué a mi ajo le salía hongos y se demoró más en crecer las raíces a comparación de la cebolla? ● ¿Se podría crear un ser vivo usando los núcleos de diferentes seres vivos? ● ¿Qué tiene que comer una célula para mantenerse? ● ¿La reproducción es necesaria? ● ¿Por qué no crecen las plantas a veces? ● ¿De que nos sirven las células? | <p>Analizando las preguntas planteadas por los estudiantes empieza a hacer evidente que ellos la asemejan con el ADN y lo relacionan con avances tecnológicos como crear un ser humano a elección. Además, aparece la curiosidad por el estudio de otros fenómenos como crecimiento de las plantas, muerte de los seres vivos, composición de los seres vivos, crecimiento de hongos, desarrollo de las plantas, nutrición celular, reproducción de los seres vivos, funcionalidad de las células, origen de los seres vivos, funcionalidad de la nucleína, técnicas de laboratorios y composición de los alimentos.</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• ¿Podemos investigar todas las células del mundo?• ¿Por qué el humano se interesa en la biología y la química?• ¿Cómo sabemos exactamente como se originaron los seres vivos?• ¿Cómo sabemos exactamente que sucede en la mayoría de los seres vivos?• ¿Para que sirve la nucleína?• ¿Cómo las células pueden hacer la nucleína?• ¿Qué otros químicos diferentes al azul de metileno, rojo neutro y la solución salina podemos utilizar para observar las células?• ¿De qué están compuestos los alimentos que consumimos diariamente?• ¿Por qué cuando se daña la comida le salen hongos?• ¿Cómo la información personal de un individuo de como es y cómo será; la tiene el ADN? | |
|--|--|--|