



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

# **MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“DISEÑO DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS  
CONSTRUCTIVISTAS PARA EL TEMA DE MUTACIONES  
RELACIONADAS CON LA GENÉTICA Y LA EVOLUCIÓN,  
DEL PLAN DE ESTUDIOS DEL COLEGIO DE CIENCIAS  
Y HUMANIDADES”**

## **TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA  
SUPERIOR (BIOLOGÍA)**

**PRESENTA:  
BIOL. BASILIO LUIS RÍOS RAMÍREZ**

**DIRECTORA DE TESIS: DRA. PATRICIA RAMOS MORALES**

**MÉXICO, D. F.**

**MARZO, 2009**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **Agradecimientos.**

A mí esposa, Enf. Juana Pérez Venero.

Por su cariño y apoyo en todas las actividades que he realizado en mi vida personal y profesional.

A mis hijos, Lic. PDA. Juan Luis, Lic. en Pedagogía Anny Edith y Biol. Hugo Alberto.

Por su apoyo, cariño y paciencia durante la realización de mis actividades académicas.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ciencias y al Colegio de Ciencias y Humanidades.

Por darme la oportunidad de desarrollarme académicamente.

A la Dra. Patricia Ramos Morales.

Por su paciencia, orientación y la aportación de su valiosa experiencia que enriquecieron el desarrollo de mi Tesis.

A la Maestra en Psicología Milagros Figueroa Campos.

Por sus orientaciones y sugerencias que ayudaron en la elaboración de mi trabajo.

Dra. Martha Juana Martínez Gordillo.

Por sus observaciones y sugerencias en el desarrollo de mi Tesis

Maestro en Pedagogía Porfirio Morán Oviedo.

Por sus valiosas orientaciones y comentarios que enriquecieron mi Tesis.

Dr. Rodolfo de la Torre Almaraz.

Por sus comentarios realizados en el presente trabajo.

A mis hermanos.

Isabel, Noé, Enrique (+), Esther, María de la Luz, Guadalupe.

De los cuales siempre he recibido apoyo en todas mis actividades.

A todos mis amigos y compañeros de la MADEMS.

Por compartir las experiencias durante el tiempo que estuvimos en el desarrollo de la Maestría.

A mis Profesores de la MADEMS.

Que me proporcionaron los instrumentos necesarios para mi formación.

Al MADEMS, Alejandro Anaya Soto.

Por su confianza, apoyo y cooperación en el desarrollo de este proyecto.

Al Biol. Luis D. Spíritu Alarcón.

Por su amistad y confianza en mis actividades docentes.

A todos los compañeros y amigos del CCH Naucalpan.

## RESUMEN:

La concepción constructivista del aprendizaje y la intervención educativa está basada en que aprender y enseñar no deben ser procesos de repetición y acumulación de conocimientos, sino que implica transformar los conceptos de quien aprende, se deben reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos (Pozo y Gómez Crespo, 2004).

Por lo tanto, los alumnos deben lograr un aprendizaje significativo, el cual implica una reestructuración activa de las percepciones y conceptos que el aprendiz posee en su estructura cognitiva. La interacción entre los conocimientos nuevos y las ideas previas da lugar a significados reales o psicológicos, debido a que la estructura cognoscitiva de cada alumno es única, todos los significados nuevos que se adquieren son únicos en sí mismos (Ausbel, 2003).

Uno de los temas de Biología en donde se han detectado dificultades y confusiones en el aprendizaje es el de Mutaciones, cuyo concepto y aplicación es básico en genética, evolución y biodiversidad. Tomando en cuenta lo anterior, se elaboraron estrategias y recursos didácticos de enseñanza–aprendizaje basados en el constructivismo, dichas estrategias comprenden una práctica de mutaciones en la mosca de las frutas, lectura de tres artículos, un ejercicio de regulación de la expresión genética y un biodisco sobre la síntesis de proteínas.

Para evaluar la validez de las estrategias aplicadas se utilizó un instrumento de evaluación constituido con 20 pregunta de opción múltiple, el que se aplicó como pretest y postest a dos grupos de Biología I, un grupo fue designado como testigo y el otro fue el experimental. Al grupo experimental se le aplicaron las estrategias, los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente.

Al comparar los resultados obtenidos en el pretest y el postest, se obtuvieron 17 preguntas que fueron contestadas acertadamente por el grupo experimental en relación al grupo control, pero al realizar el análisis estadístico se encontró que en 11 de dichas preguntas existen **diferencias significativas** lo que nos indica que las estrategias utilizadas tuvieron una efectividad de un 55% por lo que se cumplió la hipótesis de investigación.

## ÍNDICE

	Páginas
Resumen.....	i
Introducción.....	1
<b>Capítulo 1. Educación media superior.....</b>	<b>4</b>
1.1 Personal académico.....	6
1.2 MADEMS.....	8
1.3 Bachillerato universitario (CCH).....	10
<b>Capítulo 2. Constructivismo.....</b>	<b>15</b>
2.1 Proceso activo.....	20
<b>Capítulo 3. ¿Por qué los alumnos no aprenden ciencias?.....</b>	<b>24</b>
3.1 Como lograr que los alumnos aprendan ciencia.....	28
3.1.1 Contenido conceptual.....	29
3.1.2 Contenido procedimental.....	31
3.1.3 Contenido actitudinal.....	33
3.2 La enseñanza y el aprendizaje de genética.....	35
<b>Capítulo 4. Mutaciones.....</b>	<b>44</b>
4.1 Clasificación de las mutaciones.....	49
4.2 Mecanismos.....	52
<b>Capítulo 5. Método.....</b>	<b>55</b>
5.1 Planteamiento del problema.....	56
5.1.1 Preguntas de investigación.....	57
5.1.2 Objetivos.....	58
5.1.3 Hipótesis.....	58
5.2 Instrumento de evaluación.....	59
<b>Capítulo 6. Planeación.....</b>	<b>62</b>
6.1 Aprendizaje.....	65
6.2. Instrumentación didáctica.....	68
<b>Capítulo 7. Estrategias.....</b>	<b>72</b>
7.1 Actividades.....	74

7.1.1 Actividad 1.....	74
7.1.2 Actividad 2.....	78
7.1.3 Actividad 3.....	79
<b>Capítulo 8 Resultados.....</b>	<b>84</b>
<b>Capítulo 9. Análisis de resultados.....</b>	<b>109</b>
10 Discusión.....	120
11 Conclusiones.....	127
Referencias bibliográficas.....	129
Anexos.....	138

## INTRODUCCIÓN

**La educación media superior** ofrece a los egresados de la educación básica la posibilidad de continuar sus estudios y así enriquecer su proceso de formación; sin embargo, cunde entre los profesores de ciencias, una creciente sensación de desasosiego y frustración, al comprobar el limitado éxito de sus esfuerzos docentes, ya que los alumnos cada vez aprenden menos y se interesan poco por lo que aprenden (Pozo y Gómez Crespo, 2004). Esto nos indica la existencia de un creciente distanciamiento entre la ciencia que se enseña y los alumnos, reflejando una auténtica crisis en la cultura educativa, que requiere adoptar no sólo nuevos métodos, sino sobre todo nuevas metas, una nueva cultura educativa, por lo que una opción es adoptar las estrategias constructivistas. La idea básica del enfoque constructivista es que aprender y enseñar, lejos de ser meros procesos de repetición y acumulación de conocimientos, implican transformar la mente de quien aprende, que debe reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos.

Los profesores deben alejarse de la enseñanza expositiva, que al parecer es la que aún prevalece en las aulas, así lo demuestran los altos índices de reprobación en la asignatura de Biología I, materia en la que se desarrollan los temas de genética, temas en los que se han encontrado muchas dificultades en su aprendizaje. De manera específica, existe confusión en su enseñanza, debido a su complejidad, ya que se encuentra relacionada con las matemáticas, la resolución mecánica de problemas, la confusión de conceptos tales como mutaciones, gen/alelo, células somáticas/gametos, haploide/diploide, meiosis/mitosis y composición de los cromosomas (Ayuso y Banet, 2002).

El presente trabajo pretende que los alumnos se familiaricen con las mutaciones y con ello que comprendan la gran importancia que tienen éstas como uno de los principales procesos genéticos responsables de la aparición de nuevas especies y su diversificación, utilizando para ello modelos y estrategias didácticas

constructivistas con el objetivo de que comprendan su aparición, fijación y la transmisión a los descendientes.

Las estrategias didácticas fueron las siguientes: una práctica para observar mutaciones en la mosca de la fruta, tres lecturas sobre mutaciones, un ejercicio sobre la regulación de la expresión genética en eucariontes y un biodisco de síntesis de proteínas.

Para determinar si las estrategias empleadas lograron el aprendizaje significativo en los alumnos, se utilizó como instrumento de evaluación un cuestionario de 20 preguntas de opción múltiple, el cual se aplicó a dos grupos de alumnos de biología I, antes (postest) y después (pretest) de aplicar las estrategias. Un grupo fue utilizado como testigo y el otro grupo fue el experimental al cual se aplicaron las estrategias.

Para su análisis se realizaron pruebas estadísticas como la t de Student, chi cuadrada, ANOVA y comparación múltiple de Bonferroni, encontrándose que once de dichas preguntas presentaron diferencias significativas en las respuestas correctas, mientras que en nueve de las preguntas no hay diferencias significativas.

Al aplicar la prueba de t de Student en el postest, con las respuestas correctas e incorrectas del grupo testigo y experimental, se obtuvo una t de Student de 3.39 con una probabilidad de 0.001, lo cual indica que la diferencia es significativa.

La prueba de chi cuadrada ( $\chi^2$ ) se aplicó al pretest y postest del grupo testigo y experimental con las respuestas correctas e incorrectas de las 20 preguntas utilizadas en el instrumento de evaluación, encontrándose un valor de 7.81 con un valor de alfa de 0.05, se encontraron diferencias significativas en 11 preguntas.

Cuando se utilizó la prueba de ANOVA se encontró que existen diferencias significativas en el promedio de respuestas correctas entre grupos ( $P < 0.05$ ) ya

que al calcular el valor crítico tabulado de F fue de  $2.73 < 11.19$ , por lo tanto la diferencia es significativa y se rechaza la  $H_0$  para  $\alpha = 0.05$ .

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Bonferroni en donde se encuentran las diferencias positivas obtenidas de las medias muestrales, con seis comparaciones medias apareadas, que son mayores a la diferencia crítica (DC) calculada que es de 3.86, por lo tanto existen diferencias significativas entre el posttest del grupo experimental ( $\bar{X}=14$ ) con respecto a las demás medias con  $P < 0.05$ .

Los análisis realizados permiten concluir que las estrategias aplicadas lograron el aprendizaje significativo, ya que aunque no existe una gran diferencia entre el grupo control y el grupo experimental (55% de efectividad), se cumplió la hipótesis de investigación, así mismo se pudo observar que las estrategias fueron novedosas y abiertas para los alumnos ya que lograron despertar su interés y curiosidad por las mutaciones, asimismo se logró la participación activa de los alumnos logrando que percibieran la importancia de las mutaciones en la genética, la evolución y la biodiversidad.

## **CAPÍTULO 1. EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

La educación media superior (**EMS**) ofrece a los egresados de la educación básica la posibilidad de continuar sus estudios y así enriquecer su proceso de formación. En la actualidad, de cada 100 jóvenes que concluyen la secundaria, 93 ingresan a las escuelas de educación media superior para adquirir conocimientos, destrezas y actitudes que les permitan construir con éxito su futuro, ya sea que decidan incorporarse al mundo del trabajo o seguir con su preparación académica, realizando estudios superiores.

En el transcurso de la última década, la matrícula de la educación media superior creció en 41%. Este crecimiento acelerado contribuyó a elevar el nivel de escolaridad de la población; proporcionó nuevos horizontes a los egresados de la educación secundaria al multiplicarse las oportunidades de acceso a un mayor número de planteles y modalidades educativas y, mediante su diversificación, respondió a las necesidades de personal calificado de una parte del sector productivo en diferentes momentos de crecimiento económico del país y sus regiones (Programa nacional de desarrollo educativo 1995-2000).

A pesar del crecimiento notable de la matrícula, la participación de la población mexicana entre los 16 y 18 años en este tipo educativo es aún relativamente baja (46.8%) y se compara desfavorablemente con la de la mayoría de los países que forman parte del Proyecto Internacional para la Producción de Indicadores de Rendimiento de los Alumnos (Programme for Indicators of Student Achievement – PISA), el cual es el resultado de la aplicación de la estrategia de actuación encargada del área de los resultados educativos, dependiente de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que tiene como objetivo la producción de indicadores educativos sobre los sistemas de sus países miembros, que incluyen niveles comparativos internacionales del rendimiento escolar de los alumnos (Evaluación de las ciencias, Proyecto PISA, 2000).

Uno de los mayores retos de este nivel educativo es garantizar el buen funcionamiento de los planteles y la buena calidad de los programas educativos que ofrecen. El aseguramiento de la buena calidad es indispensable para avanzar en el logro de la equidad educativa y para que los estudiantes puedan ingresar a escuelas en las cuales existan ambientes para el aprendizaje y el trabajo en grupo, y en las que adquieran una sólida formación y las habilidades y destrezas requeridas para incorporarse al mundo laboral o para continuar sus estudios. La heterogeneidad curricular también tiene expresiones más allá de las estrictamente académicas al convertirse en un obstáculo serio para la movilidad de estudiantes entre las diferentes opciones educativas y constituirse en uno de los componentes del fenómeno de la deserción escolar.

El reto es reformar el currículo de la Educación media superior (EMS) para que responda a las exigencias de la sociedad del conocimiento y del desarrollo social y económico del país, incorporando enfoques educativos centrados en el aprendizaje y el uso intensivo de las tecnologías de la información y la comunicación.

A pesar de los avances, persisten deficiencias en los programas de formación y actualización de profesores, los estímulos a su desempeño aún son insuficientes y su nivel académico todavía no es el óptimo. En relación con los egresados, existen numerosos indicadores obtenidos mediante evaluaciones previas, de que una proporción elevada no tiene una preparación adecuada para realizar sus estudios profesionales. Como problemas más serios se señalan el insuficiente dominio del lenguaje, las matemáticas y las ciencias naturales.

En este capítulo iniciamos con la importancia que tiene la EMS en el desarrollo educativo del país, por lo que es necesario impulsar la formación y actualización de los profesores para lograr el aprendizaje significativo de los alumnos.

## **1.1. PERSONAL ACADÉMICO**

Para atender el crecimiento acelerado de la matrícula pública de la EMS fue necesario contratar profesores que no siempre reúnen el perfil idóneo para impartir los programas de este nivel educativo, lo que limita las posibilidades de asegurar la calidad de la enseñanza. El reto es diseñar y operar un programa de formación de profesores de carácter nacional que les permita actualizar sus conocimientos y desarrollar nuevas competencias y habilidades para propiciar experiencias de aprendizaje significativos que susciten el mayor interés y la participación de los estudiantes.

Esta formación y actualización de profesores debe incorporar en sus contenidos los avances de las humanidades, la ciencia, la tecnología y las innovaciones pedagógicas y didácticas de la enseñanza, fundamentada en el aprendizaje y la formación basada en competencias laborales, así como la utilización de la instrumentación didáctica dentro de una perspectiva crítica, combate al mecanicismo, al dogmatismo y el autoritarismo en el aula, con el reconocimiento de las implicaciones políticas, ideológicas que tales posiciones imprimen al proceso de enseñanza-aprendizaje.

Considerando la cooperación entre instituciones para socializar las mejores propuestas sobre formación docente en las distintas áreas del conocimiento, y el intercambio de los recursos humanos entre las escuelas, para generar redes que impulsen el desarrollo docente y la capacidad de innovación, y así garantizar un amplia cobertura de atención, logrando impactos formativos que se incorporen en la impartición de las clases.

La EMS debe proporcionar una formación de buena calidad, desarrollando en el alumno habilidades de investigación, de comunicación y de pensamiento que enriquecerán su capacidad para tomar decisiones responsables y resolver problemas de acuerdo con las necesidades del desarrollo sustentable. La escuela

media superior será para sus alumnos un espacio de convivencia juvenil ordenada, plural y respetuosa, que fomentará el aprendizaje en conjunto y la discusión en un ambiente de libertad y rigor académico. Los planes y programas de estudio serán flexibles, permitirán la movilidad de estudiante entre ellos y se actualizarán periódicamente conforme lo establezcan los parámetros aceptados.

Mejorar la calidad de la educación media superior exige diseñar y operar políticas dirigidas a resolver los problemas estructurales que afectan a este nivel educativo. Dichas políticas se complementan con las que corresponden al objetivo estratégico de ampliación de la cobertura con equidad y persiguen el buen funcionamiento de las escuela para que puedan responder oportunamente a las exigencias del desarrollo nacional, para lo cual se promueven las siguientes acciones:

- Una EMS de buena calidad
- La reforma del currículo
- Una educación integral articulada y flexible
- El aprendizaje significativo
- El uso de materiales didácticos
- Se fortalecerá la escuela pública de EMS
- Se impulsará la formación y actualización de profesores

Varias investigaciones han comprobado que los profesores influyen sobre la vida de los alumnos; sus ideas y sus valores, intervienen en la formación y enriquecimiento de las actividades que éstos realizan. Las investigaciones concluyen que la calidad de la relación profesor-estudiante influye en los resultados académicos y conductuales, especialmente en estudiantes con problemas de conducta, por lo que la asociación entre la calidad de las relaciones y el desempeño escolar son fuertes y persistentes. Las habilidades del profesor se relacionan directamente con el aprovechamiento del estudiante, principalmente si el docente cuenta con una certificación completa y especialidad en su campo de enseñanza; por lo tanto hay evidencia de que los profesores más calificados

marcan una diferencia en cuanto al aprendizaje del estudiante (Desarrollo Educativo, 2001-2006).

## **1.2. MADEMS;**

Tomando en cuenta lo anterior, se creó la Maestría en Docencia para Enseñanza Media Superior (MADEMS). El plan de estudios de esta maestría, tiene como objetivo formar profesionales altamente calificados para ejercer la docencia en este nivel. La calidad del programa se garantiza mediante mecanismos para el seguimiento y evaluación de la funcionalidad de la organización académico-administrativa de la maestría; la designación de tutores, profesores, supervisores y la selección de alumnos. Los criterios de integración de las actividades académicas asociadas a la docencia general y a las diferentes disciplinas, la incorporación de nuevos campos de conocimiento y la evaluación bianual del funcionamiento de la Maestría, en particular del cumplimiento de responsabilidades de tutores y supervisores académicos.

Ningún individuo puede aprender por otro; los estudiantes crean sus propios conocimientos y habilidades, en ese sentido la función del profesor consiste en orquestar materiales, tareas, ambientes, conversaciones y exploraciones que alienten y apoyen tanto el aprendizaje como la creciente independencia de los alumnos. Para convertirse en un profesor experto se necesita conocer a los estudiantes, el aprendizaje, la motivación, la enseñanza y la evaluación. Los educadores que adoptan esta perspectiva suelen interesarse en la planeación, resolución de problemas y en la toma de decisiones, ser guías-compañeros de los alumnos.

Lo anterior nos muestra la importancia del desempeño docente en donde es necesario encontrar nuevas formas de trabajar y de planear las actividades, para hacer más eficiente el proceso de enseñanza aprendizaje. Esta es la función de la MADEMS en donde se proporciona información para mejorar el desempeño docente entre los que se pueden citar: la importancia de tener una relación

adecuada con los alumnos y así promover y facilitar el aprendizaje significativo; conocer las estrategias de enseñanza para desarrollar los diferentes temas y ajustarlos a un modelo de enseñanza; conocer y comprender el desarrollo psicosocial del adolescente; conocer los diferentes métodos de evaluación y ajustarlos a cada uno de los temas que comprenden la materia de estudio. De tal suerte que todo este proceso metacognitivo permita un mejor desarrollo individual y que a la vez influya en los alumnos a que hagan frente a cualquier problema que se les presente y así ser personas críticas; que el conocimiento no sea únicamente a nivel de salón de clases, sino que se relacione con su vida cotidiana y puedan solucionar diversos problemas y le permita desarrollarse de una manera armónica.

Al docente se le han asignado diversos papeles: el de transmisor de conocimientos, el de supervisor o guía del proceso de aprendizaje, así como el de investigador educativo. La función de maestro no puede reducirse a la de simple transmisor de la información ni a la de facilitador del aprendizaje, en el sentido de concretarse tan solo a arreglar un ambiente educativo enriquecido, esperando que los alumnos por sí solos manifiesten una actividad constructiva. Antes bien, el docente se constituye en un organizador y mediador en el encuentro del alumno con el conocimiento. El profesor es mediador entre el alumno y la cultura a través de su propio nivel cultural, por la significación que asigna al currículum general y al conocimiento que transmite en particular y por las actividades que tiene hacia el conocimiento. Entender cómo los profesores median en el conocimiento que los alumnos aprenden en las instituciones escolares es un factor necesario para que se comprenda mejor por qué los estudiantes difieren en lo que aprenden, las actitudes hacia lo aprendido y hasta la misma distribución social de lo que se aprende (Pozo, 2004).

La actividad docente y los procesos de su formación deben plantearse con la intención de generar un conocimiento didáctico e integrador para llegar a propuestas concretas que permitan una transformación positiva de la misma.

Enseñar no es sólo proporcionar información, sino ayudar a aprender y para ello el docente debe tener un buen conocimiento de sus alumnos: cuáles son sus ideas previas, qué son capaces de aprender en un momento determinado, su estilo de aprendizaje, los motivos intrínsecos y extrínsecos que los animan o desalientan, sus hábitos de trabajo, las actitudes y valores que manifiestan frente al estudio concreto de cada tema, etc. La clase no puede ser ya una situación unidireccional, sino interactiva, donde el manejo de la relación con el alumno y de los alumnos entre sí forma parte de la calidad de la docencia misma.

El profesor debe planear de manera adecuada los temas, elegir los contenidos y organizar la secuencia de los mismos, diseñar las actividades a realizar, así como las tareas extraescolares, detectar las dificultades que se pueden presentar, utilizar las estrategias de enseñanza adecuadas para facilitar el aprendizaje de los alumnos, cuidando de que exista coherencia entre los objetivos curriculares, los contenidos y la metodología, así mismo debe tomar en cuenta los procesos de evaluación, con la finalidad de promover el aprendizaje significativo en los alumnos.

Por lo tanto la MADEMS tiene como finalidad lograr que los profesores adquieran las herramientas didácticas, generando estrategias que favorezcan la enseñanza-aprendizaje y así lograr la superación académica del bachillerato universitario.

### **1.3. BACHILLERATO UNIVERSITARIO (CCH)**

La Universidad Nacional Autónoma de México cuenta con dos subsistemas de Educación Media Superior; la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), cada uno tiene sus propios programas de estudio, el de la ENP es un programa anual y el del CCH es semestral, ambos se cursan en tres años.

El proyecto del CCH fue aprobado por el Consejo Universitario de la UNAM el 26 de enero de 1971, durante el rectorado del Dr. Pablo González Casanova, quien consideró tal acción como “la creación de un motor permanente de innovación de la enseñanza universitaria y nacional, y deberá ser complementado con esfuerzos sistemáticos que mejoren a lo largo de todo el proceso educativo, nuestros sistemas de evaluación de lo que enseñamos y de lo que aprenden los estudiantes”.

El CCH fue creado para atender una creciente demanda de ingreso a nivel medio superior en la zona metropolitana y al mismo tiempo para resolver la desvinculación existente entre las diversas escuelas y facultades y los institutos y centros de investigación de la UNAM, así como para impulsar la transformación académica de la propia universidad con una nueva perspectiva curricular y nuevos métodos de enseñanza, para lo cual era necesario constituir una planta docente “con una juventud no exenta de madurez y una madurez no exenta de juventud”, González Casanova (<http://www.cch.unam.mx/antecedentes>).

El CCH fue la expresión concreta de una política de expansión para absorber a una mayor población en la modalidad del bachillerato universitario con la creación de cinco planteles, organizados en cuatro áreas: matemáticas, ciencias experimentales, histórico-sociales y talleres. La organización de los contenidos pretendió la interdisciplinariedad, adoptándose ideas pedagógicas modernas, en síntesis, se intentaba que los jóvenes aprendieran a aprender. Esta forma de organización estuvo vigente hasta mediados de los años noventa, pues desde entonces se han llevado a cabo modificaciones en este nivel.

En la actualidad, el Colegio atiende a una población estudiantil de 60 000 alumnos, con una planta docente de aproximadamente 2 800 profesores. Cada año ingresan 18 000 alumnos a sus aulas, y han pasado por las mismas cerca de 700 000 alumnos. Su plan de estudios sirve como modelo educativo a más de mil sistemas de bachillerato de todo el país, incorporados a la UNAM. Actualmente

cada plantel cuenta con dos turnos, con aproximadamente 5 500 alumnos cada uno (Comisión Especial para el Congreso Universitario, 2003).

El CCH es un bachillerato de cultura básica y tiene la característica de ser propedéutico, pero a su vez general, es una institución de enseñanza media superior, que ocupa una posición intermedia entre los estudios de licenciatura y la enseñanza básica secundaria.

Una de las características que distinguen al CCH es su modelo educativo innovador, con métodos pedagógicos actualizados y que comprende una cultura básica orientada a la formación intelectual ética y social de los alumnos, que fomenta actitudes y habilidades necesarias para que, por sí mismos, se apropien de los conocimientos racionalmente fundados, asuma valores y opciones personales. Actitudes y valores como postura de investigación, aprecio por el rigor intelectual, la exigencia o crítica y el trabajo sistemático, así como dimensiones éticas derivadas de la propia adquisición del saber, no está fuera del modelo educativo, al contrario, constituye una vértebra fundamental que le permitirá tener posiciones éticas y humanas más adecuadas para la sociedad.

Vinculados a lo anterior, en el Colegio se aprende a observar, experimentar, modificar, aplicar tecnologías, a ser capaz de elaborar productos materiales útiles, hacer encuestas, discutir, llegar a acuerdos o disentir con respeto y tolerancia. Los principios básicos en los que se basa el CCH y que a la vez fueron tomados de los postulados de la UNESCO, son:

- Aprender a aprender, significa que el alumno sea capaz de adquirir nuevos conocimientos por su propia cuenta.
- Aprender a hacer, se refiere a que los estudiantes desarrollen habilidades que le permitan poner en práctica sus conocimientos.
- Aprender a ser, enuncia el propósito que el cecehachero, además de adquirir conocimientos, desarrolle valores humanos, particularmente los éticos, los cívicos y de sensibilidad artística.

- Formar estudiantes críticos, esto es que los alumnos sean capaces de analizar y valorar los conocimientos adquiridos, de forma tal que les permitan afirmarlos cuestionarlos o proponer otros diferentes.
- Tener una educación de cultura básica.

El modelo educativo del CCH se ha caracterizado por ofrecer a los alumnos los conocimientos integrados, lo cual ha logrado a través de la organización de su plan de estudios por áreas, en ellas se agrupan disciplinas coincidentes epistemológicamente en sus principios, teorías y conceptos, así como en las metodologías utilizadas para constituir sus objetivos de estudio, de las que se derivan actitudes características de sus egresados, la responsabilidad individual y social, la autonomía, el ser crítico y creativo, participativo, cooperativo y honesto.

La metodología científica basada en los métodos aplicados en las ciencias experimentales es uno de los grandes pilares que unen a las ciencias naturales: física, química y biología, ya que se ocupan de resolver problemas a partir de diseños que permiten observar el objeto de estudio de manera controlada. Por ello, es necesario determinar de manera explícita las habilidades comunes que los alumnos deben aprender para tener oportunidad de acceder al conocimiento:

- Buscar, seleccionar y procesar información.
- Plantear problemas, delimitarlos e identificar variables.
- Plantear hipótesis fundamentadas.
- Diseñar estrategias de búsqueda de validación de las hipótesis planteadas.
- Diseñar instrumentos para registrar y procesar los datos obtenidos.
- Diseñar modelos que faciliten la obtención de conclusiones.
- Comunicar de forma oral y escrita los resultados de la investigación realizada.

El Colegio persigue en sus egresados que sean sujetos y actores de su propia formación, adquisición de la cultura básica y del conocimiento de su medio, que sean capaces de obtener, jerarquizar y validar información, utilizando instrumentos clásicos y tecnologías actuales, resolver nuevos problemas y que tengan las

bases para cursar con éxito sus estudios de nivel superior ejerciendo una actitud permanente de formación autónoma.

Además de esa formación como bachilleres universitarios, busca que sus estudiantes se desarrollen como personas dotadas de valores y actitudes éticas sólidas; con sensibilidad e intereses variados en las manifestaciones artísticas, humanísticas y científicas, capaces de tomar decisiones, de ejercer liderazgo con responsabilidad y honradez y de incorporarse al trabajo con creatividad, para que sean al mismo tiempo ciudadanos dispuestos al diálogo y solidarios en la solución de problemas sociales y ambientales.

El Colegio de Ciencias y Humanidades recibe actualmente a más de 18,000 alumnos anualmente, que corresponde al 53% de la población estudiantil de los dos subsistemas de bachillerato de la UNAM. El 95% de los alumnos, cursó sus estudios de nivel secundaria en tres años, en secundarias públicas, con un promedio de 7 a 9 . La mayoría tienen una edad entre los 15 y 18 años, aunque el porcentaje de alumnos con menos de 15 años ha ido en aumento en estos últimos años. (Dirección general del CCH, 2005)

Por todo lo anterior el CCH representa una innovación educativa, ya que cuenta con principios que están basados en el constructivismo, sin embargo algo está fallando, ya que existe un alto porcentaje de reprobación.

Las materias con mayor índice de reprobación en el CCH son: matemáticas, historia de México, física y biología. Aunado a esto, se observa que si un alumno no aprueba más de dos materias en el primer semestre es más improbable que egrese en sus tres años, hay muchos casos que ocurre esto y peor aún, al segundo semestre ya se observan alumnos que no acreditaron cinco o más materias. En el quinto y sexto semestre hay una notable mejoría, pero lamentablemente no lo suficiente, pues la eficiencia terminal en tres años llega a casi 40% (Dirección general del CCH, 2005).

## **CAPÍTULO 2. CONSTRUCTIVISMO**

El constructivismo postula que los alumnos deben ser los que elaboren sus propios conocimientos a partir de sus ideas previas, y el profesor es solo una guía y orientador del aprendizaje, por lo tanto las estrategias propuestas en este trabajo están orientadas a que los alumnos participen en las estrategias sobre las mutaciones participando activamente en todas las actividades para que ellos construyan sus propios conocimientos.

El constructivismo está basado en que aprender y enseñar no deben ser procesos de repetición y acumulación de conocimientos, sino que implica transformar los conceptos de quien aprende, se deben reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos. Esta idea no es desde luego nueva, ya que tiene detrás una larga historia cultural y filosófica, pero debido a los cambios habidos en la forma de producir, organizar y distribuir los conocimientos en la sociedad, entre ellos los científicos, sí resulta bastante novedosa la necesidad de extender esta forma de aprender y enseñar a casi todos los ámbitos formativos, y desde luego en las ciencias (Pozo y Gómez Crespo,2004).

El constructivismo tiene como fundamento que el conocimiento no es el resultado de una mera copia de la realidad preexistente, sino de un proceso dinámico e interactivo por medio del cual la información externa se interpreta por la mente, la cual construye progresivamente modelos explicativos cada vez más complejos y potentes. Conocemos la realidad a través de los modelos que construimos para explicarla, siempre susceptibles de ser mejorados o cambiados (Gómez-Granell y Coll, 1994. Citado por Quesada 2003).

En sentido estricto, una teoría constructivista es aquella que defiende la génesis del conocimiento como resultado de un proceso de reconstrucción de los hechos del mundo que llevan a cabo las personas a lo largo de su vida en interacción con los objetos del conocimiento. Ello comporta considerar que el conocimiento no es

la descripción de la realidad sino una modelización (reconstrucción) de la misma (Marín, Solano y Jiménez, 1999).

El constructivismo se está convirtiendo en una palabra de uso común entre psicólogos, filósofos y educadores. El término se refiere, de alguna forma, a la idea de que las personas, tanto desde el punto de vista individual como colectivo, construyen sus ideas sobre su medio físico, social y cultural. Se admite también que los individuos varían ampliamente en el modo en que extraen sus significados y que tanto las concepciones individuales como las colectivas cambian con el tiempo (Marín, Solano y Jiménez, 1999).

Los principios del constructivismo son consecuentes con la idea de que el conocimiento es activamente construido por los alumnos, pero precisa que no se pueden transmitir significados o ideas al alumno, ya que es el sujeto el que en última instancia los construye (los significados del emisor son diferentes a los que son evocados en el receptor) y, por otro lado, afirma que la cognición tiene una función adaptativa (construir explicaciones viables de nuestra experiencia) y no es la de descubrir la realidad ontológica o la verdad de la realidad (Marín, Solano y Jiménez, 1999).

Aunque actualmente existe un consenso casi total a nivel mundial al plantear que las propuestas de enseñanza de ciencias sean constructivistas, tomando en cuenta el planteamiento anterior se asume una concepción constructivista sociocultural en la que se concibe que el conocimiento debe ser construido por alumnos, pero no solamente a partir de la actividad experimental o de la reflexión sobre los fenómenos naturales, sino a través de estos procesos en articulación con la información que sea aportada por la comunidad, por el maestro, los libros de texto u otras fuentes de información, en un proceso de construcción de sentido que permita a los alumno acercarse y comprender lo que han sido las concepciones y los modelos elaborados por la ciencia a lo largo de la historia, sus alcances, limitaciones y su capacidad predictiva en comparación con otros

modelos de explicación del mundo. De la misma manera se pretende analizar junto con la comunidad la forma de construcción del conocimiento y de resolución de los problemas se ha desarrollado tradicionalmente en cada grupo local (Alonso, 2005).

El sistema educativo debe formar a los futuros ciudadanos para que sean aprendices más flexibles, eficaces y autónomos, dotándoles de capacidades de aprendizaje y no sólo de conocimientos o saberes específicos que suelen ser menos duraderos. “Aprender a aprender” constituye una de las demandas esenciales que debe satisfacer el sistema educativo. Así, la recuperación de los que aprendemos, tiene un carácter dinámico y constructivo: a diferencia de un ordenador somos muy limitados en la recuperación de información literal, pero dotados para la interpretación de esa misma información.

No se trata de que la educación proporcione a los alumnos conocimientos como si fueran verdades acabadas, sino de que les ayuden a construir su propio punto de vista, su verdad particular a partir de tantas verdades parciales (Díaz-Barriga, 2004).

Desde la psicología cognitiva se ha propuesto que las ideas de las personas están organizadas en algún tipo de estructura cognitiva y que la incorporación de información nueva depende de esa estructura. En otras palabras, el aprendizaje es un proceso activo, en el que los estímulos y las informaciones interaccionan con las ideas y las estructuras que ya existen en la mente de cada persona.

No cabe duda de que un objetivo de la enseñanza de las ciencias es que los alumnos lleguen a interpretar los fenómenos físicos y naturales, pero algunas dificultades a este respecto podrían resumirse indicando que, por una parte los estudiantes no pueden ser considerados como páginas en blanco, en los que se inscriben los conocimientos, sino que ya tienen ideas o explicaciones sobre cómo funciona el mundo antes de la instrucción escolar; por otra parte, estas ideas, que

no siempre coinciden con las aceptadas por la comunidad científica, se muestran resistentes al cambio, persistiendo después de la instrucción (Gómez-Moliné, 1996).

Un discurso correctamente construido, transmite información que puede ser recibida y asimilada por los estudiantes. Sin embargo, se ha demostrado que la información que transmite el profesorado es recogida en muy diferentes formas, ya que parte de ella es comprendida parcialmente por el estudiante, otra es mal interpretada, y otra, simplemente no es ni aceptada. También es difícil que puedan resultar significativos los conocimientos que no respondan a problemas que los estudiantes se hayan planteado anteriormente.

La transmisión de conocimientos ya elaborados impide un proceso activo de integración con conceptos ya existentes y limita el tiempo necesario para que el estudiante pueda trabajar los conceptos y ligarlos con su estructura cognoscitiva. Caso contrario atribuir un papel activo al estudiante hace necesario que él mismo sea consciente de la validez de sus conceptos, entrelazados entre sí, formando redes para captar el mundo exterior: esta perspectiva constructivista considera al alumno como producto de una construcción propia en la que influyen aspectos sociales, afectivos y cognitivos. El maestro pasa de ser un emisor de conocimientos o habilidades a constituirse en un mediador del aprendizaje del alumno (Díaz-Barriga, 2004).

En cuanto a su aplicación, el constructivismo, pone en marcha un compendio de actividades y decisiones educativas que involucran no sólo una adquisición de conocimientos por parte de los alumnos, sino también la formación de ciudadanos con mayor capacidad crítica y de solución de problemas. En la postura constructivista convergen las aportaciones de diversas corrientes psicológicas, asociadas genéricamente a la psicología cognoscitiva: la teoría de los esquemas cognoscitivos, la teoría de la asimilación y el aprendizaje significativo, la psicología y algunas teorías instruccionales, entre otras. A pesar de esta diversidad, todas

ellas se sitúan en encuadres teóricos distintos, comparten en principio de la importancia de la actividad constructiva del alumno en la organización de los aprendizajes (Díaz-Barriga, 2004).

Han sido muchos los trabajos que se han desarrollado en el ámbito del constructivismo. Algunos han analizado las circunstancias que favorecen el cambio conceptual en los estudiantes, otros han propuesto o implementado diferentes modelos didácticos en las aulas de ciencias, en consecuencia cuando se señala que las evidencias empíricas disponibles en relación con el constructivismo como modelo de aprendizaje (no como una teoría de la educación) constituye un aval importante para orientar la investigación y la práctica de los profesores en las aulas. Desde esta perspectiva, se concibe el aprendizaje como un proceso adaptativo a través del cual los alumnos amplían o reestructuran (con distinto grado de profundidad según las circunstancias) sus esquemas de conocimiento, proceso que requiere, necesariamente, su implicación mental en las tareas de enseñanza (Driver, 1989. citado por Ayuso y Banet, 2002).

Aunque se puede discutir la oportunidad de abrir un debate de los fundamentos filosóficos y epistemológicos del constructivismo, desde la didáctica de las ciencias no se puede negar la legitimidad y conveniencia de hacerlo, por dos motivos esencialmente: en primer lugar, para participar en la construcción de un contexto transdisciplinar que favorezca el desarrollo de la didáctica de las ciencias, dotado de unidad a la misma, ahora que, como resultado de su consolidación y crecimiento, comienza a experimentar procesos de diferenciación y en segundo lugar, para justificar el papel que ha de ocupar la ciencia en la educación que asume como objetivo “la ciencia para todos” pero que, al mismo tiempo, se halla desorientada por la marejada postmoderna y relativista que nos envuelve y que cuenta con ardorosos partidarios en el seno mismo del movimiento constructivista (Luffiego, 2001).

## 2.1. PROCESO ACTIVO

El constructivismo postula la existencia de procesos activos en la construcción del conocimiento, hace referencia de un sujeto cognoscitivo, que claramente rebasa a través de su labor constructiva lo que le ofrece su entorno. De esta manera se explica la génesis del comportamiento y el aprendizaje, lo cual puede hacerse énfasis en los mecanismos de influencia sociocultural o fundamentalmente intelectuales y endógenos. La concepción constructivista se organiza en torno a tres ideas fundamentales:

1.- El alumno es el responsable de su propio proceso de aprendizaje. Él es quien construye (o más bien reconstruye) los saberes de su grupo cultural, que puede ser un sujeto activo cuando manipula, explora, descubre o inventa, incluso cuando lee o escucha las exposiciones de los otros.

2.- La actividad mental constructiva del alumno se aplica a contenidos que poseen ya un grado considerable de elaboración. Lo que significa que el alumno no tiene en todo momento que "descubrir" o "inventar" en un sentido literal todo el conocimiento escolar. Dado que el conocimiento que se enseña en las instituciones escolares es en realidad el resultado de un proceso de construcción a nivel social, los alumnos y profesores, encontrarán una buena parte los contenidos curriculares ya elaborados y definidos. En este sentido se dice que el alumno más bien reconstruye un conocimiento preexistente en la sociedad, pero lo construye en el plano personal, desde el momento en que se acerca en forma progresiva y comprensiva a lo que significan y representan los contenidos curriculares como saberes culturales.

3.- La función del docente es engarzar los procesos de construcción del alumno con el saber colectivamente organizado. Esto implica que la función del profesor no se limitará a crear condiciones óptimas para que el alumno despliegue una actividad mental constructiva, rica y diversa, llevándolo a que la construcción se acerque de forma progresiva a lo que significan y representan los contenidos como saberes culturales. Para ello, juega un papel de suma importancia el conocimiento de los procedimientos o estrategias implicadas en

el saber aprender (Coll,1990. citado en Díaz-Barriga, 2004).

El alumno construye formas propias de ver y explicar el mundo, a través de imágenes o proposiciones verbales, o bien elabora una especie de teoría o modelo mental como marco explicativo de dicho conocimiento. Lo interesante es que sea el alumno quien lo haga y modifique su propio modelo. Los fundamentos psicológicos de este modelo se encuentran en los enfoques cognitivos, en cuanto a que construir significados nuevos implica un cambio en las estructuras de conocimiento que se poseen previamente, introduciendo nuevos elementos o estableciendo nuevas relaciones entre dichos elementos. Así el alumno podrá ampliar o ajustar dichas estructuras o bien reestructurar a profundidad, como resultado de su participación en un proceso instruccional. En todo caso, la idea de construcción de significados refiere a la teoría del aprendizaje significativo o ausubeliano (Díaz-Barriga, 2004).

El individuo incorpora la realidad a sus esquemas mentales de asimilación. Cuando la nueva información no puede asimilarse en ningún esquema previo, el sujeto desiste o lo modifica. Al modificarlo, se produce la acomodación, es decir, se reestructuran sus esquemas de asimilación ya existentes. Sin embargo, todo proceso de asimilación siempre crea un conflicto individual, pues requiere efectuar una actividad mental para ubicarla en el esquema adecuado. A esta condición, por la que se atraviesa al conocer el mundo físico, Piaget la denominó conflicto cognitivo, que al ser resuelto, lleva a un equilibrio que es de carácter temporal, ya que al conocer más profundamente el objeto se vuelve a caer en un conflicto cognitivo, comenzando nuevamente el proceso de asimilación y acomodación. Si este conflicto es compartido, vivido y con la intención de resolverlo en grupo se le denomina conflicto sociocognitivo (Gómez-Moliné, 1996).

Es necesario reconocer el papel fundamental que tiene el docente en el conflicto cognitivo, porque según Piaget constituye la ayuda para solucionarlo, a través de preguntas y actividades, no dando la respuesta correcta sino orientándolo en su

búsqueda (Díaz-Barriga, 2004).

El interés principal recae en la posibilidad real de que el alumno transforme sus ideas previas por conocimientos de carácter más profundo o científico. Además, la aplicación constante de los aprendizajes adquiridos en situaciones reales, el estudiante tendrá mayores posibilidades de resolver problemas aún en aspectos de la vida cotidiana; considerando la importancia de este aspecto, relacionado con la Zona de Construcción del Conocimiento, en la que también se va cediendo paulatinamente la responsabilidad, logrando así que alcance mayores niveles de autonomía. El aprendizaje con otros, favorece la socialización y participación acorde con las demandas de las tareas en que se impliquen, generando con ello una visión propia de su alcance personal en la toma de decisiones y elevar su autoestima. Evidentemente, la relación con otros en la construcción del conocimiento va cimentando la posibilidad de negociar sus propios puntos de vista y contrastarlos con respecto a los de otros, para alternar sus ideas y conformar productos comunes y a tomar decisiones por sí mismo y llegar a acuerdos. Una de las limitaciones de la aportación de Piaget es que si bien ayuda a explicar la información de estructuras para seleccionar, organizar y almacenar la información, sólo permite entender que ésta se encuentra organizada desde los conceptos más inclusivos y descendiendo a los menos inclusivos (Gómez-Moliné, 1996).

Para que se produzca un aprendizaje significativo debe darse lo siguiente: el material a aprender debe poseer significatividad lógica y psicológica, es decir, la nueva información debe relacionarse de modo no arbitrario y sustancial para poder ser relacionada con las ideas previas de los alumnos, dependiendo también de la disposición (desarrollo intelectual, motivación, actitud e interés) de éste por aprender, así como de la naturaleza de los materiales y contenidos de aprendizaje. La nueva información por aprender, contenida en los materiales de aprendizaje debe ser lo suficientemente sustantiva, con una coherencia lógica y no azarosa ni arbitraria, así como tener una intencionalidad definida, de tal manera que permita que el estudiante pueda relacionarlo con las ideas pertinentes que los

seres humanos son capaces de aprender. Con respecto al criterio de la relacionabilidad sustancial (no al pie de la letra), significa que si el material no es arbitrario, un mismo concepto o proposición puede expresarse de manera sinónima y seguir transmitiendo exactamente el mismo significado. Hay que aclarar que ninguna tarea de aprendizaje se realiza en el vacío cognoscitivo, aún tratándose de aprendizaje repetitivo o memorístico, puede relacionarse con la estructura cognoscitiva, aunque sea arbitrariamente y sin adquisición de significado (Parolo y Barbieri, 2004).

Cuando la intencionalidad del alumno es escasa se limitará a memorizar lo aprendido de forma mecánica y repetitiva, por el contrario, cuando ésta es elevada, el alumno establecerá múltiples relaciones entre lo nuevo y lo que ya conoce (Coll, 1988, citado por González-Pumariega, 2002).

Durante el proceso del aprendizaje significativo, el alumno relaciona de manera no arbitraria y sustancial, la nueva información con algún aspecto ya existente en la estructura cognitiva. De hecho, es necesario mencionar que Ausubel reconoce la importancia de los esquemas como forma de organización de la estructura cognitiva, al igual que Piaget. Por ello, el significado será potencial o lógico, cuando se trate del significado inherente que posee el material simbólico, dada su propia naturaleza, y sólo podrá convertirse en significado real o psicológico cuando se haya convertido en un contenido cognoscitivo nuevo, diferenciado e idiosincrásico dentro de un individuo en particular, relacionado de modo sustantivo con las ideas y haber interactuado con éstas. (Ausebel, 1976, citado por González-Pumariega, 2002).

Es importante resaltar la importancia de que el alumno tiene que poseer en su estructura cognoscitiva, antecedentes acerca de la información nueva que ha de aprender, de tal forma que ésta pueda "anclarse" de la primera (Díaz-Barriga, 2004).

## **CAPÍTULO 2. CONSTRUCTIVISMO**

El constructivismo postula que los alumnos deben ser los que elaboren sus propios conocimientos a partir de sus ideas previas, y el profesor es solo una guía y orientador del aprendizaje, por lo tanto las estrategias propuestas en este trabajo están orientadas a que los alumnos participen en las estrategias sobre las mutaciones participando activamente en todas las actividades para que ellos construyan sus propios conocimientos.

El constructivismo está basado en que aprender y enseñar no deben ser procesos de repetición y acumulación de conocimientos, sino que implica transformar los conceptos de quien aprende, se deben reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos. Esta idea no es desde luego nueva, ya que tiene detrás una larga historia cultural y filosófica, pero debido a los cambios habidos en la forma de producir, organizar y distribuir los conocimientos en la sociedad, entre ellos los científicos, sí resulta bastante novedosa la necesidad de extender esta forma de aprender y enseñar a casi todos los ámbitos formativos, y desde luego en las ciencias (Pozo y Gómez Crespo,2004).

El constructivismo tiene como fundamento que el conocimiento no es el resultado de una mera copia de la realidad preexistente, sino de un proceso dinámico e interactivo por medio del cual la información externa se interpreta por la mente, la cual construye progresivamente modelos explicativos cada vez más complejos y potentes. Conocemos la realidad a través de los modelos que construimos para explicarla, siempre susceptibles de ser mejorados o cambiados (Gómez-Granell y Coll, 1994. Citado por Quesada 2003).

En sentido estricto, una teoría constructivista es aquella que defiende la génesis del conocimiento como resultado de un proceso de reconstrucción de los hechos del mundo que llevan a cabo las personas a lo largo de su vida en interacción con los objetos del conocimiento. Ello comporta considerar que el conocimiento no es

la descripción de la realidad sino una modelización (reconstrucción) de la misma (Marín, Solano y Jiménez, 1999).

El constructivismo se está convirtiendo en una palabra de uso común entre psicólogos, filósofos y educadores. El término se refiere, de alguna forma, a la idea de que las personas, tanto desde el punto de vista individual como colectivo, construyen sus ideas sobre su medio físico, social y cultural. Se admite también que los individuos varían ampliamente en el modo en que extraen sus significados y que tanto las concepciones individuales como las colectivas cambian con el tiempo (Marín, Solano y Jiménez, 1999).

Los principios del constructivismo son consecuentes con la idea de que el conocimiento es activamente construido por los alumnos, pero precisa que no se pueden transmitir significados o ideas al alumno, ya que es el sujeto el que en última instancia los construye (los significados del emisor son diferentes a los que son evocados en el receptor) y, por otro lado, afirma que la cognición tiene una función adaptativa (construir explicaciones viables de nuestra experiencia) y no es la de descubrir la realidad ontológica o la verdad de la realidad (Marín, Solano y Jiménez, 1999).

Aunque actualmente existe un consenso casi total a nivel mundial al plantear que las propuestas de enseñanza de ciencias sean constructivistas, tomando en cuenta el planteamiento anterior se asume una concepción constructivista sociocultural en la que se concibe que el conocimiento debe ser construido por alumnos, pero no solamente a partir de la actividad experimental o de la reflexión sobre los fenómenos naturales, sino a través de estos procesos en articulación con la información que sea aportada por la comunidad, por el maestro, los libros de texto u otras fuentes de información, en un proceso de construcción de sentido que permita a los alumno acercarse y comprender lo que han sido las concepciones y los modelos elaborados por la ciencia a lo largo de la historia, sus alcances, limitaciones y su capacidad predictiva en comparación con otros

modelos de explicación del mundo. De la misma manera se pretende analizar junto con la comunidad la forma de construcción del conocimiento y de resolución de los problemas se ha desarrollado tradicionalmente en cada grupo local (Alonso, 2005).

El sistema educativo debe formar a los futuros ciudadanos para que sean aprendices más flexibles, eficaces y autónomos, dotándoles de capacidades de aprendizaje y no sólo de conocimientos o saberes específicos que suelen ser menos duraderos. “Aprender a aprender” constituye una de las demandas esenciales que debe satisfacer el sistema educativo. Así, la recuperación de los que aprendemos, tiene un carácter dinámico y constructivo: a diferencia de un ordenador somos muy limitados en la recuperación de información literal, pero dotados para la interpretación de esa misma información.

No se trata de que la educación proporcione a los alumnos conocimientos como si fueran verdades acabadas, sino de que les ayuden a construir su propio punto de vista, su verdad particular a partir de tantas verdades parciales (Díaz-Barriga, 2004).

Desde la psicología cognitiva se ha propuesto que las ideas de las personas están organizadas en algún tipo de estructura cognitiva y que la incorporación de información nueva depende de esa estructura. En otras palabras, el aprendizaje es un proceso activo, en el que los estímulos y las informaciones interaccionan con las ideas y las estructuras que ya existen en la mente de cada persona.

No cabe duda de que un objetivo de la enseñanza de las ciencias es que los alumnos lleguen a interpretar los fenómenos físicos y naturales, pero algunas dificultades a este respecto podrían resumirse indicando que, por una parte los estudiantes no pueden ser considerados como páginas en blanco, en los que se inscriben los conocimientos, sino que ya tienen ideas o explicaciones sobre cómo funciona el mundo antes de la instrucción escolar; por otra parte, estas ideas, que

no siempre coinciden con las aceptadas por la comunidad científica, se muestran resistentes al cambio, persistiendo después de la instrucción (Gómez-Moliné, 1996).

Un discurso correctamente construido, transmite información que puede ser recibida y asimilada por los estudiantes. Sin embargo, se ha demostrado que la información que transmite el profesorado es recogida en muy diferentes formas, ya que parte de ella es comprendida parcialmente por el estudiante, otra es mal interpretada, y otra, simplemente no es ni aceptada. También es difícil que puedan resultar significativos los conocimientos que no respondan a problemas que los estudiantes se hayan planteado anteriormente.

La transmisión de conocimientos ya elaborados impide un proceso activo de integración con conceptos ya existentes y limita el tiempo necesario para que el estudiante pueda trabajar los conceptos y ligarlos con su estructura cognoscitiva. Caso contrario atribuir un papel activo al estudiante hace necesario que él mismo sea consciente de la validez de sus conceptos, entrelazados entre sí, formando redes para captar el mundo exterior: esta perspectiva constructivista considera al alumno como producto de una construcción propia en la que influyen aspectos sociales, afectivos y cognitivos. El maestro pasa de ser un emisor de conocimientos o habilidades a constituirse en un mediador del aprendizaje del alumno (Díaz-Barriga, 2004).

En cuanto a su aplicación, el constructivismo, pone en marcha un compendio de actividades y decisiones educativas que involucran no sólo una adquisición de conocimientos por parte de los alumnos, sino también la formación de ciudadanos con mayor capacidad crítica y de solución de problemas. En la postura constructivista convergen las aportaciones de diversas corrientes psicológicas, asociadas genéricamente a la psicología cognoscitiva: la teoría de los esquemas cognoscitivos, la teoría de la asimilación y el aprendizaje significativo, la psicología y algunas teorías instruccionales, entre otras. A pesar de esta diversidad, todas

ellas se sitúan en encuadres teóricos distintos, comparten en principio de la importancia de la actividad constructiva del alumno en la organización de los aprendizajes (Díaz-Barriga, 2004).

Han sido muchos los trabajos que se han desarrollado en el ámbito del constructivismo. Algunos han analizado las circunstancias que favorecen el cambio conceptual en los estudiantes, otros han propuesto o implementado diferentes modelos didácticos en las aulas de ciencias, en consecuencia cuando se señala que las evidencias empíricas disponibles en relación con el constructivismo como modelo de aprendizaje (no como una teoría de la educación) constituye un aval importante para orientar la investigación y la práctica de los profesores en las aulas. Desde esta perspectiva, se concibe el aprendizaje como un proceso adaptativo a través del cual los alumnos amplían o reestructuran (con distinto grado de profundidad según las circunstancias) sus esquemas de conocimiento, proceso que requiere, necesariamente, su implicación mental en las tareas de enseñanza (Driver, 1989. citado por Ayuso y Banet, 2002).

Aunque se puede discutir la oportunidad de abrir un debate de los fundamentos filosóficos y epistemológicos del constructivismo, desde la didáctica de las ciencias no se puede negar la legitimidad y conveniencia de hacerlo, por dos motivos esencialmente: en primer lugar, para participar en la construcción de un contexto transdisciplinar que favorezca el desarrollo de la didáctica de las ciencias, dotado de unidad a la misma, ahora que, como resultado de su consolidación y crecimiento, comienza a experimentar procesos de diferenciación y en segundo lugar, para justificar el papel que ha de ocupar la ciencia en la educación que asume como objetivo “la ciencia para todos” pero que, al mismo tiempo, se halla desorientada por la marejada postmoderna y relativista que nos envuelve y que cuenta con ardorosos partidarios en el seno mismo del movimiento constructivista (Luffiego, 2001).

## 2.1. PROCESO ACTIVO

El constructivismo postula la existencia de procesos activos en la construcción del conocimiento, hace referencia de un sujeto cognoscitivo, que claramente rebasa a través de su labor constructiva lo que le ofrece su entorno. De esta manera se explica la génesis del comportamiento y el aprendizaje, lo cual puede hacerse énfasis en los mecanismos de influencia sociocultural o fundamentalmente intelectuales y endógenos. La concepción constructivista se organiza en torno a tres ideas fundamentales:

1.- El alumno es el responsable de su propio proceso de aprendizaje. Él es quien construye (o más bien reconstruye) los saberes de su grupo cultural, que puede ser un sujeto activo cuando manipula, explora, descubre o inventa, incluso cuando lee o escucha las exposiciones de los otros.

2.- La actividad mental constructiva del alumno se aplica a contenidos que poseen ya un grado considerable de elaboración. Lo que significa que el alumno no tiene en todo momento que "descubrir" o "inventar" en un sentido literal todo el conocimiento escolar. Dado que el conocimiento que se enseña en las instituciones escolares es en realidad el resultado de un proceso de construcción a nivel social, los alumnos y profesores, encontrarán una buena parte los contenidos curriculares ya elaborados y definidos. En este sentido se dice que el alumno más bien reconstruye un conocimiento preexistente en la sociedad, pero lo construye en el plano personal, desde el momento en que se acerca en forma progresiva y comprensiva a lo que significan y representan los contenidos curriculares como saberes culturales.

3.- La función del docente es engarzar los procesos de construcción del alumno con el saber colectivamente organizado. Esto implica que la función del profesor no se limitará a crear condiciones óptimas para que el alumno despliegue una actividad mental constructiva, rica y diversa, llevándolo a que la construcción se acerque de forma progresiva a lo que significan y representan los contenidos como saberes culturales. Para ello, juega un papel de suma importancia el conocimiento de los procedimientos o estrategias implicadas en

el saber aprender (Coll,1990. citado en Díaz-Barriga, 2004).

El alumno construye formas propias de ver y explicar el mundo, a través de imágenes o proposiciones verbales, o bien elabora una especie de teoría o modelo mental como marco explicativo de dicho conocimiento. Lo interesante es que sea el alumno quien lo haga y modifique su propio modelo. Los fundamentos psicológicos de este modelo se encuentran en los enfoques cognitivos, en cuanto a que construir significados nuevos implica un cambio en las estructuras de conocimiento que se poseen previamente, introduciendo nuevos elementos o estableciendo nuevas relaciones entre dichos elementos. Así el alumno podrá ampliar o ajustar dichas estructuras o bien reestructurar a profundidad, como resultado de su participación en un proceso instruccional. En todo caso, la idea de construcción de significados refiere a la teoría del aprendizaje significativo o ausubeliano (Díaz-Barriga, 2004).

El individuo incorpora la realidad a sus esquemas mentales de asimilación. Cuando la nueva información no puede asimilarse en ningún esquema previo, el sujeto desiste o lo modifica. Al modificarlo, se produce la acomodación, es decir, se reestructuran sus esquemas de asimilación ya existentes. Sin embargo, todo proceso de asimilación siempre crea un conflicto individual, pues requiere efectuar una actividad mental para ubicarla en el esquema adecuado. A esta condición, por la que se atraviesa al conocer el mundo físico, Piaget la denominó conflicto cognitivo, que al ser resuelto, lleva a un equilibrio que es de carácter temporal, ya que al conocer más profundamente el objeto se vuelve a caer en un conflicto cognitivo, comenzando nuevamente el proceso de asimilación y acomodación. Si este conflicto es compartido, vivido y con la intención de resolverlo en grupo se le denomina conflicto sociocognitivo (Gómez-Moliné, 1996).

Es necesario reconocer el papel fundamental que tiene el docente en el conflicto cognitivo, porque según Piaget constituye la ayuda para solucionarlo, a través de preguntas y actividades, no dando la respuesta correcta sino orientándolo en su

búsqueda (Díaz-Barriga, 2004).

El interés principal recae en la posibilidad real de que el alumno transforme sus ideas previas por conocimientos de carácter más profundo o científico. Además, la aplicación constante de los aprendizajes adquiridos en situaciones reales, el estudiante tendrá mayores posibilidades de resolver problemas aún en aspectos de la vida cotidiana; considerando la importancia de este aspecto, relacionado con la Zona de Construcción del Conocimiento, en la que también se va cediendo paulatinamente la responsabilidad, logrando así que alcance mayores niveles de autonomía. El aprendizaje con otros, favorece la socialización y participación acorde con las demandas de las tareas en que se impliquen, generando con ello una visión propia de su alcance personal en la toma de decisiones y elevar su autoestima. Evidentemente, la relación con otros en la construcción del conocimiento va cimentando la posibilidad de negociar sus propios puntos de vista y contrastarlos con respecto a los de otros, para alternar sus ideas y conformar productos comunes y a tomar decisiones por sí mismo y llegar a acuerdos. Una de las limitaciones de la aportación de Piaget es que si bien ayuda a explicar la información de estructuras para seleccionar, organizar y almacenar la información, sólo permite entender que ésta se encuentra organizada desde los conceptos más inclusivos y descendiendo a los menos inclusivos (Gómez-Moliné, 1996).

Para que se produzca un aprendizaje significativo debe darse lo siguiente: el material a aprender debe poseer significatividad lógica y psicológica, es decir, la nueva información debe relacionarse de modo no arbitrario y sustancial para poder ser relacionada con las ideas previas de los alumnos, dependiendo también de la disposición (desarrollo intelectual, motivación, actitud e interés) de éste por aprender, así como de la naturaleza de los materiales y contenidos de aprendizaje. La nueva información por aprender, contenida en los materiales de aprendizaje debe ser lo suficientemente sustantiva, con una coherencia lógica y no azarosa ni arbitraria, así como tener una intencionalidad definida, de tal manera que permita que el estudiante pueda relacionarlo con las ideas pertinentes que los

seres humanos son capaces de aprender. Con respecto al criterio de la relacionabilidad sustancial (no al pie de la letra), significa que si el material no es arbitrario, un mismo concepto o proposición puede expresarse de manera sinónima y seguir transmitiendo exactamente el mismo significado. Hay que aclarar que ninguna tarea de aprendizaje se realiza en el vacío cognoscitivo, aún tratándose de aprendizaje repetitivo o memorístico, puede relacionarse con la estructura cognoscitiva, aunque sea arbitrariamente y sin adquisición de significado (Parolo y Barbieri, 2004).

Cuando la intencionalidad del alumno es escasa se limitará a memorizar lo aprendido de forma mecánica y repetitiva, por el contrario, cuando ésta es elevada, el alumno establecerá múltiples relaciones entre lo nuevo y lo que ya conoce (Coll, 1988, citado por González-Pumariega, 2002).

Durante el proceso del aprendizaje significativo, el alumno relaciona de manera no arbitraria y sustancial, la nueva información con algún aspecto ya existente en la estructura cognitiva. De hecho, es necesario mencionar que Ausubel reconoce la importancia de los esquemas como forma de organización de la estructura cognitiva, al igual que Piaget. Por ello, el significado será potencial o lógico, cuando se trate del significado inherente que posee el material simbólico, dada su propia naturaleza, y sólo podrá convertirse en significado real o psicológico cuando se haya convertido en un contenido cognoscitivo nuevo, diferenciado e idiosincrásico dentro de un individuo en particular, relacionado de modo sustantivo con las ideas y haber interactuado con éstas. (Ausebel, 1976, citado por González-Pumariega, 2002).

Es importante resaltar la importancia de que el alumno tiene que poseer en su estructura cognoscitiva, antecedentes acerca de la información nueva que ha de aprender, de tal forma que ésta pueda "anclarse" de la primera (Díaz-Barriga, 2004).

### **CAPÍTULO 3. ¿POR QUÉ LOS ALUMNOS NO APRENDEN CIENCIA?**

La enseñanza de las ciencias no se debe basar en presentar a los alumnos los conocimientos de manera definitiva y acabados, sino como conocimientos provisionales sujetos de modificación, en donde ellos pueden participar en el proceso de elaboración del conocimiento científico. Despertar en los alumnos la capacidad para organizar e interpretar la información científica en base a sus conocimientos previos para lograr el aprendizaje significativo y puedan aplicar los conocimientos adquiridos a su realidad cotidiana. Es necesario desarrollar en los alumnos los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales en el tema de mutaciones, ya que es uno de los temas en donde se presentan confusión y dificultades en su aprendizaje.

La ciencia avanza apoyada en los conocimientos y experiencias, de aquí que el conocimiento científico sea un producto histórico, resultado de la evolución del conocimiento de la naturaleza a través del tiempo. Esta evolución ha sido determinada por el medio social, económico y cultural de la época, la estructura de los conocimientos científicos siempre está abierta a las modificaciones que resulten de los avances que la humanidad alcance en cualquier esfera del pensamiento, de donde se desprende su carácter antidogmático. El postulado aprender a aprender que sintetiza el propósito de formación que se pretende alcanzar en el Colegio, se propone la búsqueda de respuestas a interrogantes por medio de la investigación, como la metodología de aprendizaje que permitirá al estudiante aprender cómo se alcanza el conocimiento en las ciencias que integran el área de Ciencias Experimentales.

Cunde entre los profesores de ciencias una creciente sensación de desasosiego, de frustración, al comprobar el limitado éxito de sus esfuerzos docentes. En apariencia los alumnos cada vez aprenden menos y se interesan poco por lo que aprenden. Esa crisis de la educación científica, que se manifiesta no sólo en las aulas sin también en los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias tiene causas profundas y remotas (Pozo y Gómez Crespo, 2004).

Muchas veces los alumnos no logran adquirir las destrezas que se requieren, ya sea para elaborar una gráfica a partir de unos datos o para observar correctamente a través de un microscopio, para otros el problema se debe más bien a que saben hacer cosas pero no entienden lo que hacen, y consiguientemente no logran explicarlas ni aplicarlas a nuevas situaciones. Este es un déficit muy común, incluso cuando los profesores creen que sus alumnos han aprendido algo (y de hecho comprueban que es así mediante una evaluación) lo aprendido se diluye o difumina rápidamente en cuanto se trata de aplicarlo a un problema o situación nueva o en cuanto se pide al alumno una explicación de lo que está haciendo. Estas dificultades se ponen de manifiesto sobre todo en la resolución de problemas, que los alumnos tienden a afrontar de un modo repetitivo, como simples ejercicios rutinarios, en vez de como tareas abiertas que requieren reflexión y toma de decisiones por su parte (Pozo y Gómez Crespo, 1994).

Esta pérdida de sentido del conocimiento científico no sólo limita su utilidad o aplicabilidad por parte de los alumnos, sino también su interés o relevancia. De hecho, como consecuencia de la enseñanza recibida, los alumnos manifiestan actitudes inadecuadas o incluso incompatibles con los propios fines de la ciencia, que se traducen sobre todo en una falta de motivación o interés por su aprendizaje, además de una escasa valoración de sus saberes, muchas veces tienden a creer en formas de conocimiento (como la astrología o la quiromancia) escasamente compatibles con el discurso científico. Además de esa falta de interés, los alumnos tienden a asumir actitudes inadecuadas con respecto al trabajo científico, adoptando posiciones pasivas, esperando respuestas en lugar de formularlas, y mucho menos hacerse ellos mismos las preguntas, concebir los experimentos como “demostraciones” y no como investigaciones; asumir que el trabajo intelectual es una actividad individual y no de cooperación y búsqueda conjunta; considerar la ciencia como un conocimiento neutro, desligado de sus repercusiones sociales; asumir la superioridad del conocimiento científico con

respecto a otras formas de saber culturalmente más “primitivas, etc. (Campanario, 2000).

El problema es precisamente que el currículo de ciencias apenas ha cambiado, mientras que la sociedad a la que va dirigida esa enseñanza de la ciencias y las demandas formativas de los alumnos sí que se han modificado. El desajuste entre la ciencia que se enseña y los propios alumnos es cada vez mayor, reflejando una auténtica crisis en la cultura educativa, que requiere adoptar no sólo nuevos métodos, sino sobre todo nuevas metas, una nueva cultura educativa que de forma vaga e imprecisa, podemos vincular al llamado constructivismo (Pozo y Gómez Crespo, 2004).

Aprender ciencia debe ser por tanto una tarea de comparar y diferenciar modelos, no de adquirir saberes absolutos y verdaderos. El llamado cambio conceptual, necesario para que el alumno progrese desde sus conocimientos intuitivos hacia los conocimientos científicos, requiere pensar en los diversos modelos y teorías desde los que se puede interpretar la realidad. Además, la ciencia es un proceso, no sólo un producto acumulado en forma de teorías o modelos, y es necesario trasladar a los alumnos ese carácter dinámico y perecedero de los saberes científicos (Campanario, 2000).

Enseñar ciencia no debe tener como meta presentar a los alumnos los productos de la ciencia como saberes acabados, definitivos (la materia es discontinua, la energía no se consume sino que se conserva, es la tierra la que gira en torno al sol y no al revés). Al contrario, se debe enseñar la ciencia como un saber histórico y provisional, intentando hacerles participar de algún modo en el proceso de elaboración del conocimiento científico, con sus dudas e incertidumbres. Lo cual requiere de ellos también una forma de abordar el aprendizaje como un proceso constructivista, de búsqueda de significados e interpretación, en lugar de reducir el aprendizaje a un proceso repetitivo o reproductivo de conocimientos “precocinados”, listos para el consumo (Pozo y Gómez Crespo, 2004).

Los alumnos son bombardeados por distintas fuentes, que llegan incluso a producir una saturación informativa; ni siquiera deben buscar la información, es ésta la que, en formatos casi siempre más ágiles y atractivos que los escolares, les busca a ellos. Como consecuencia, los alumnos cuando van a estudiar un tema determinado suelen tener ya información procedente del cine, la televisión u otros medios de comunicación, pero se trata de información fragmentada y deformada. Lo que necesitan los alumnos no es tanto más información, que pueden sin duda necesitarla, como sobre todo la capacidad de organizarla e interpretarla, de darle sentido. Y, de modo muy especial, lo que van a necesitar como futuros ciudadanos son, ante todo, capacidades para buscar, seleccionar e interpretar la información (Pozo y Gómez Crespo, 2004).

Si se pregunta a profesores de ciencias por los problemas que más les inquietan en su labor docente, raramente citan la carencia de conocimientos, sino que más bien suelen mencionar la falta de disciplina, falta de educación y el poco interés que muestran por la ciencia y su aprendizaje. Al ritmo de cambio tecnológico y científico en que vivimos, nadie puede prever qué tendrán que saber los ciudadanos dentro de diez o quince años para poder afrontar las demandas sociales que se les planteen.

Nos quejamos de que los alumnos son pasivos, pero apenas les dejamos espacio de participación autónoma, de que no tienen sensibilidad por los problemas sociales, científicos y tecnológicos que les rodea, pero la ciencia se enseña como una realidad propia, un conjunto de conocimientos formales que constituyen una torre de cristal aislada del mundanal ruido. Nos lamentamos de que se limitan a repetir como loros lo que nosotros decimos, pero no valoramos sus propias ideas o las consideramos “errores conceptuales” (Pozo y Gómez Crespo, 2004).

Diversas investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias han puesto de manifiesto, por un lado, un elevado grado de fracaso escolar y, por otro, un

creciente rechazo de los estudiantes hacia la ciencia que se incrementa con su edad. Aunque la enseñanza de las ciencia plantea dificultades, algunas inherentes a su propia naturaleza, también es cierto que la ciencia que se enseña está alejada de la ciencia emergente que avanza vertiginosamente y que el alumno ve reflejada en los medios de comunicación y en su vida diaria. Si a la propia dificultad del conocimiento científico le añadimos que la ciencia escolar muchas veces se reduce a una descripción de eventos sin relevancia en la vida diaria del alumno, nos encontramos con una situación que favorece la falta de motivación en los estudiantes (Martínez Aznar e Ibáñez-Orcajo,2006).

Uno de los grandes problemas al que se enfrenta la enseñanza de las ciencias es la existencia en los alumnos de fuertes concepciones alternativas a los conceptos científicos, que resultan muy difíciles de modificar y, en algunos casos, sobreviven a largos años de instrucción científica. Esto indica que la enseñanza tradicional de la ciencia no promueve cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales en los estudiantes, porque no se lo propone, e incluso es cuestionable que las nuevas estrategias didácticas surgidas bajo el impulso del llamado constructivismo hayan logrado esos cambios, en parte porque los profesores no toman en cuenta dichas concepciones o ideas previas, ni llevan a cabo estrategias didácticas centradas en los mecanismos del cambio conceptual que generen una mayor comprensión de los conceptos científicos y puedan aplicarse en la realidad cotidiana, los cuales son únicamente aplicados en los exámenes. Recordemos que la comprensión da sentido a las cosas, los datos dejan de ser arbitrarios y por lo tanto son más fáciles de retener (Pozo y Gómez Crespo, 2004).

### **3.1. CÓMO LOGRAR QUE LOS ALUMNOS APRENDAN CIENCIA**

La eficacia de la educación científica deberá medirse por lo que los alumnos aprendan realmente, y para ello es necesario que las metas, los contenidos y los métodos de la enseñanza de la ciencia tengan en cuenta no sólo el saber

disciplinario que debe enseñarse sino también las características de los alumnos a los que esa enseñanza va dirigida y las demandas sociales y educativas para las que esa enseñanza tiene lugar.

Los fines o metas de la educación científica son los que propone Jiménez Aleixandre y Sanmarti (1997):

- a) El aprendizaje de conceptos y la construcción de modelos
- b) El desarrollo de destrezas cognitivas y de razonamiento científico
- c) El desarrollo de destrezas experimentales y de solución de problemas
- d) El desarrollo de actitudes y valores
- e) La construcción de una imagen de la ciencia

Al traducir estas metas en contenidos concretos de la enseñanza de la ciencia, a través de los cuales se desarrollarían en los alumnos las capacidades correspondientes a esas finalidades, encontramos tres tipos de contenidos, que corresponden con los tres tipos de dificultades de aprendizaje que son: **conceptual, procedimental y actitudinal**, los cuales deben guardar un cierto equilibrio, es decir el aprendizaje es un proceso integral en el que actitudes, procedimientos y conceptos se aprenden conjuntamente y son necesarios para que el aprendizaje sea duradero y transferible.

### **3.1.1 CONTENIDO CONCEPTUAL**

El proceso de enseñanza ha de llevarse a cabo en el contexto de la percepción cognitiva, la cual se refiere a la adaptación de los métodos de la percepción a la enseñanza y aprendizaje de destrezas cognitivas. Esto requiere la externalización de procesos que generalmente se llevan a cabo internamente. Los métodos de enseñanza en el contexto de la percepción cognitiva deben “abrir” estos procesos tácitos y ayudar a los alumnos a observarlos , establecerlos y utilizarlos (Sigüenza Molina, 2000).

El aprendizaje de un dominio debe insertarse en la cultura de ese dominio. Cada uno de nosotros tiene sus propios pensamientos, pero los conceptos los compartimos con nuestros semejantes, y tienen relación con la atención prestada desde las perspectivas **constructivistas** a la persona que aprende, proporcionando un punto de vista original, se pretende enfrentarse a las dificultades de aprendizaje de las ciencias en comparación con otros aprendizajes, como la lengua materna o un oficio, que sí tienen éxito. Para ellos la diferencia se encuentra en el contexto en que se aprende, y al hablar de cognición situada quieren subrayar que el conocimiento conceptual no puede abstraerse de las situaciones en las que se aprende y se utiliza. Así, las palabras nuevas y sus usos se aprenden a la vez en un contexto de comunicación, de ahí el éxito del proceso. Del mismo modo los aprendices de un oficio adquieren los conocimientos (en un taller mecánico, de carpintería, etc.) para qué sirven las herramientas viendo cómo se usan y usándolas, inmersos en la cultura del oficio.

Sin embargo se indica que una de las razones de las dificultades experimentada por los estudiantes para utilizar el conocimiento, para resolver un problema, es que se les pide que usen las herramientas de una disciplina sin que hayan adoptado su cultura. Proponen considerar el conocimiento conceptual como una caja o juego de herramientas, pues tanto conocimiento como herramientas no son comprendidos por completo hasta que son usados, y usarlos conlleva cambios en la visión del mundo, adoptar la cultura en la que se usan (Jiménez-Aleixandre, 2003).

La cultura de una comunidad, sea científica, profesional, técnica u oficio manual, son tanto los conocimientos teóricos, como los conocimientos prácticos acerca de cómo usar las herramientas cognitivas, por ejemplo ajustar una reacción, predecir el resultado de un cruce de híbridos, interpretar un corte geológico o manejar aparatos e instrumentos (Jiménez-Aleixandre, 2003).

Las actividades escolares arquetípicas no suelen estar enmarcadas en la cultura de la disciplina científica sino en lo que se llaman cultura escolar, y que nosotros preferimos denominar cultura escolar estereotipada, para subrayar que existe también una cultura científica escolar. Por ello, en muchas ocasiones, el objetivo teórico de la instrucción no llega a realizarse, estas actividades no producen un aprendizaje que pueda ser utilizado en otros contextos. La alternativa a las actividades arquetípicas son las actividades auténticas, que si están enmarcadas en la cultura de los profesionales. Por ello proponen planificar una formación en la cultura científica, una inmersión como la experimentada por los aprendices de un oficio que trabajan junto a personas expertas hasta llegar a dominar su lenguaje, su comportamiento, inmersión que estos autores denominan enculturación. En resumen, se trata de diseñar la enseñanza de las ciencias de un modo semejante a las que son efectivas, como las de un oficio, y para subrayar dicha semejanza se habla de aprendizaje cognitivo (Jiménez-Aleixandre, 2003).

### **3.1.2 CONTENIDO PROCEDIMENTAL**

Transformar las clases de ciencias en lugares donde se resuelvan problemas auténticos depende no sólo del diseño de las tareas o unidades didácticas, sino también de las estrategias a seguir, de la forma de concebir las interacciones entre profesorado y alumnado, de lo que se conoce como el clima del aula, relacionado con la forma de organizar la clase, observando que una diferencia entre las estrategias de los estudiantes que no tenían dificultades de aprendizaje y los que sí las tenían se encontraba en que los primeros, espontáneamente, hacen preguntas sobre lo que leen o se les explica, son capaces de predecir, reflexionar sobre lo que entienden y lo que no, diseñando una forma de abordar la enseñanza teniendo como objetivo organizar la clase como una comunidad de aprendizaje. El aprendizaje deja de ser una cuestión individual y se convierte en una tarea del grupo o equipo, en el que los alumnos y alumnas se enseñan unos a otros, se ayudan a aprender en un proceso denominado enseñanza recíproca: los estudiantes resuelven o discuten problemas, buscan información en la biblioteca o

Internet, se redistribuyen en grupos para compartir lo que han aprendido y elaboran informes sobre las cuestiones tratadas (Jiménez-Aleixandre, 2003).

Se propone modificar no sólo la enseñanza o el currículo sino también la evaluación, el papel del alumnado y el del profesorado y el ambiente o clima del aula, puesto que todos ellos interaccionan en los complejos sistemas que son las clases. Como resultado se crea una pequeña comunidad intelectual, con el objetivo de preparar a los alumnos para aprender de forma activa, no sólo en ese momento, sino a lo largo de su vida.

En una comunidad de aprendizaje, los alumnos realizan actividades variadas, leen y escriben resúmenes para enseñar a sus compañeros, diseñan experiencias, argumentan sus posturas. No sólo aprenden ciencias, sino también aprenden cómo aprenden. Podemos decir que están aprendiendo mucho más que conceptos, procedimientos o actitudes: aprenden a pensar científicamente, a pensar con los modelos de las ciencias.

Una dimensión de la clase a la que cabe prestar atención en una perspectiva cooperativa es la que corresponde a las expectativas de alumnado y profesorado, los objetivos, las reglas y los valores que perciben para las clases. Es lo que se ha llamado el contrato didáctico. El problema es que, en la mayor parte de los casos, estos objetivos y reglas son implícitos y si el profesorado no hace explícitos estos o no promueve una negociación sobre ellos, se dan por supuestos los tradicionales. Se proponen, distintas formas de construir conjuntamente, las “reglas de juego” de la clase: pactar contratos didácticos explícitos, organizar el aula en grupos cooperativos, o bien en aprendizaje grupal (Campanario y Moya, 1999).

Hacer explícitos los objetivos de aprendizaje es uno de los elementos que puede contribuir a que los estudiantes controlen su propio aprendizaje, a que puedan regularlo, proponiendo una evaluación cuya finalidad sea reguladora, dirigida a

detectar los puntos débiles del proceso, a comprender la forma en que los estudiantes se enfrentan a las tareas, más que a los resultados. Para que los estudiantes puedan regular su aprendizaje, reflexionar sobre sus propias capacidades y su forma de aprender consideran importantes tres elementos: la comunicación de objetivos, el dominio por parte de quien aprende de las operaciones de planificación de las acciones y la apropiación por los estudiantes de los criterios e instrumentos de evaluación del profesorado.

En conjunto, estas ideas apuntan a la clase de ciencias como un lugar donde se producen y se usan conocimientos (nuevas “herramientas”), donde circulan ideas, donde se aplican de forma activa los conocimientos construidos, donde los alumnos no son receptores o consumidores de información sino protagonistas de su propio aprendizaje, donde piensan científicamente (Jiménez-Aleixandre, 2003).

### **3.1.3 CONTENIDO ACTITUDINAL**

Cuando se habla del aprendizaje de las ciencias en muchas ocasiones se entiende que únicamente hace referencia a conceptos y modelos (el qué). Sin embargo, aprender ciencias debe ser entendido más ampliamente, y debe incluir además la práctica en alguna medida del trabajo científico (el cómo). Es decir, se trata que “hacer ciencias” sea parte de saber ciencias, aprender procedimientos –y actitudes- al mismo tiempo que conceptos. Los objetivos relacionados con procedimientos han encontrado dificultades en la práctica, por un lado debido a visiones empiristas que minimizan el papel de las hipótesis y teorías, prestando más atención a la observación. Por otro lado, se ha reducido a veces el desarrollo de procedimientos al contexto de los trabajos prácticos en el laboratorio, cuando debería hacerse en las diferentes situaciones que pueden darse en las clases de ciencias (Pozo y Gómez Crespo, 2004).

Sin embargo, el aprendizaje de las ciencias no puede ser concebido sólo en términos cognitivos; hay que contar con el desarrollo afectivo, la educación debe

proponerse un desarrollo completo y armónico de las personas, que incluya, por ejemplo, un pensamiento crítico que capacite para formarse opiniones propias, tomar opciones o adoptar decisiones en relación con cuestiones científicas o técnicas. Para la teoría crítica esa dimensión es la más relevante de la educación, encaminada a que las personas sean conscientes de las implicaciones sociales de la ciencia y contribuyan a construir un mundo más justo (Pozo y Gómez Crespo, 2004).

Las actitudes son muy difíciles de evaluar, ya que presentan una naturaleza difusa o gaseosa, son contenidos generales y transversales que comprenden las normas y los valores. De hecho los valores suelen ser un reflejo bastante fiel de los valores de la sociedad adulta en la que quieren ingresar, los valores no se desarrollan en el vacío, a través de consignas más o menos bienintencionadas o ni siquiera por la imitación de modelos adecuados, sino que deben estar fundamentados en los conocimientos relevantes. Por ejemplo, el respeto hacia el medio ambiente o hacia el paisaje adopta formas más sofisticadas y efectivas en alumnos que poseen más conocimientos de ecología, mostrando cómo los estudiantes con mayores conocimientos son capaces de elaborar propuestas para ahorrar agua o para mejorar el medio ambiente de su ciudad que los que poseen menos conocimientos. La toma de decisiones y el pensamiento crítico no operan en contextos abstractos, sino que deben fundamentarse en criterios razonados (Jiménez Aleixandre, 2003).

Existe una gran variedad de definiciones de actitudes; como son el estado de preparación o la predisposición ante ciertos objetos o situaciones, así como las predisposiciones que han sido consideradas como una de las condiciones para que se produzca el aprendizaje, más que “ser enseñadas”, las actitudes se desarrollan gradualmente y se transfieren de modo sutil. Es decir, a este respecto, el papel del profesor consiste en crear un ambiente de aprendizaje o clima de aula que estimule el interés del alumnado, crear situaciones y diseñar tareas que resulten motivadoras, o que promuevan la reflexión. Otros autores precisan qué

actitud predispone a pensar y actuar en consonancia con unos valores determinados, distinguiendo entre los valores (la apreciación, interés o utilidad atribuida a algo); las normas implícitas o explícitas de actuación (que se establecerían sobre la base de los valores), y las actitudes (disposición a comportarse de acuerdo con ellos). Hay quien va aún más allá y establece una relación entre las actitudes y un comportamiento consistente con ellas, puesto que de poco vale, por ejemplo, que una persona asegure tener una gran preocupación por el medio ambiente si no hace nada por reciclar o ahorrar agua y energía en su conducta diaria (Vázquez y Manassero, 1995).

En conjunto, todo esto quizá sea parte del camino que pueda remediar la progresiva pérdida de interés de los estudiantes en ciencias (o en algunas ramas) a medida que avanza la escolarización, llevando a las clases de ciencias los problemas de tamaño real que ocurren fuera de clase, en la vida. Porque las ciencias, como toda la enseñanza, deben ser parte de la preparación para la vida real, y nuestro objetivo en clase es que el alumnado aprenda a usar los conocimientos científicos, en otras palabras, que aprenda a pensar científicamente (Vázquez y Manassero, 1995).

### **3.2 LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA GENÉTICA**

Las ciencias han experimentado intensas transformaciones a lo largo del siglo XX, y la biología lo ha hecho en tal medida que algunos hablan del siglo de la biología. Algunos autores colocan a la biología como una ciencia blanda, lo que equivale a menos científica, ya que muchas de sus teorías no pueden expresarse como ecuaciones, y la realización de experimentos en dominios como la genética es compleja (Jiménez-Aleixandre, 2003).

Pocas personas negarían que el desarrollo de la genética, además de cambiar las ciencias de la vida, y originar fructíferas líneas de investigación teóricas, ha afectado y está afectando nuestra forma de vivir, la genética es uno de los temas más tratados en la didáctica de la biología debido a su importancia y a que es un

área de rápida expansión con importantes implicaciones económicas, éticas y sociales. Está ampliamente reconocida como la base conceptual para la comprensión de la evolución y, por lo tanto, de la propia biología (Bugallo Rodríguez, 1995).

Los trabajos realizados en la enseñanza de la genética han mostrado la necesidad de investigar con mayor profundidad su dificultad e importancia, la investigación en didáctica y la relación entre conocimiento conceptual y la resolución de problemas. Sobre la dificultad e importancia es necesario realizar el análisis de las concepciones previas de los alumnos, principalmente sobre la mitosis, meiosis, genética mendeliana y teoría cromosómica. Algunas de las principales fuentes de concepciones alternativas y de dificultades para el aprendizaje de la genética son: el uso de terminología, por ejemplo gen y alelo se emplean indistintamente, sin establecer su significado, confusión en términos como mutation/mutación. Las relaciones entre conceptos, cuando se enseña meiosis es esencial relacionarla con la fertilización, los ciclos de vida y la alternancia de generaciones, falta de claridad entre los siguientes conceptos: alelo, gen, DNA, cromosoma, rasgo, gameto, cigoto (Bugallo Rodríguez, 1995).

La investigación en didáctica ha indicado la posible existencia de una estrecha conexión entre los conocimientos de genética y las dificultades en el aprendizaje de la evolución. Es necesario desarrollar estrategias didácticas que faciliten el desarrollo cognitivo de los alumnos para desarrollar el pensamiento de operaciones formales elaborando una secuencia didáctica. La importancia de comprender este tema parece cada vez mayor a medida que los alumnos encuentren razones éticas en temas como elaboración de armas genéticas, ingeniería genética, reserva genética, elaboración tecnológica sobre tipos de mutágenos, etc. (Bugallo Rodríguez, 1995).

Los alumnos comprenden mejor el tema cuando se abordan problemas basados en experiencias concretas y familiares y se ilustran las características no

perceptibles resaltando la importancia social y científica del tema. Los estudiantes deben trabajar en grupos de investigación para diagnosticar problemas, construir modelos para explicar fenómenos. Cuando los alumnos aprenden significativamente responden a los nuevos problemas cuestionándose a si mismos y relacionado nuevas ideas (Bugallo Rodríguez, 1995).

Diferentes estudios (Ayuso y Banet, 2002), coinciden en señalar mayores dificultades de aprendizaje en los temas de genética, incluyendo la resolución de problemas y la comprensión de algunos conceptos que provocan confusión como son el de mutaciones, gen y alelo, determinismo versus probabilismo, atribución del origen del fenotipo sólo al genotipo, confusión células somáticas y gametos; significado haploidía, diploidía, cromosoma, cromátida, carácter dominante, herencia ligada al sexo, meiosis y mitosis. Suele pensarse en la herencia como un mecanismo que conserva las semejanzas y no las diferencias y que los caracteres de los individuos dependen de factores ambientales más que de hereditarios.

La enseñanza de la genética se enfrenta en la actualidad a nuevos desafíos en relación con investigaciones de gran impacto social, tanto en términos de transformación (reales o potenciales) de las condiciones de la vida humana, como en términos de percepción social. Esto ocurre con el proyecto Genoma, con las aplicaciones de la biotecnología (incluyendo clonación e ingeniería genética) y con otras líneas. Se han dedicado varios libros a refutar el determinismo, no todo lo que somos está en los genes (Jiménez-Aleixandre, 2003).

Para algunos autores, los libros de texto pueden causar o reforzar los errores de los alumnos, destacando que dichos manuales incurren en los siguientes puntos;

1. No relacionan adecuadamente genética y meiosis.
2. No establecen una relación clara entre algunos conceptos básicos (alelo, gen, ADN, cromosomas y carácter).
3. Utilizan términos de forma confusa (alelo, gen, mutación).

4. No toman en cuenta la dificultad en el empleo de algunos elementos matemáticos (probabilidades, uso inadecuado de la tabla de Punnett)
5. No siguen una secuencia adecuada en la presentación de los contenidos.  
(Banet y Ayuso, 1995).

La complejidad del estudio de la genética en la enseñanza deriva, en buena medida, de la naturaleza de sus conceptos, pero se ve notablemente incrementada por la necesidad de aplicarlos a estrategias de aprendizaje, complejas en sí mismas, como la resolución de problemas. Esta clase de actividades puede servir para comprender mejor la estructura conceptual de la genética y la naturaleza de la ciencia como actividad intelectual y para desarrollar algunas destrezas propias de esta disciplina, como el ensayo de determinadas hipótesis y uso de algoritmos adecuados, y otras de carácter más general, como redescubrir datos de un problema, búsqueda de información, análisis de datos y resultados (Banet y Ayuso, 1995).

En el campo de la biología, la genética constituye uno de los bloques más difícil de comprender, tanto por la complejidad de sus contenidos (mayoritariamente abstractos) como por las dificultades que caracterizan sus estrategias de enseñanza, en particular a las actividades de resolución de problemas. Aprender a partir de los problemas en la enseñanza de la herencia biológica no es tarea fácil. Algunas de las causas responsables de ello residen en los estudiantes y otras, en las características de los problemas y en su forma de resolverlos. En general se pueden mencionar las siguientes dificultades que se presentan en la enseñanza de la genética:

1. Dificultades de tipo conceptual, en las que incluyen la incapacidad de algunos alumnos para encontrar el significado o interpretar las palabras-concepto o los procesos que intervienen en el problema. De este modo, su percepción ante una misma situación será distinta de la de sus profesores.
2. Dificultades relacionada con el nivel de desarrollo cognitivo.

3. Dificultades relacionadas con el enfoque de los problemas y las estrategias de resolución. Los planteamientos causa-efecto, que proporcionan el genotipo de los progenitores y el modelo de herencia a seguir para averiguar el fenotipo de la descendencia, no suelen requerir un análisis detallado de los datos iniciales, resolviéndose generalmente mediante la aplicación de algoritmos. Por el contrario, los problemas efecto-causa, en los que se parte de fenotipos conocidos, requieren del estudiante establecer el modelo de herencia (causa o conjunto de causas) y determinar los genotipos de los individuos haciendo uso de determinadas reglas. Esto podría contribuir a mejorar la construcción y aplicación del conocimiento propio de este dominio.
4. Finalmente, los estudiantes podrían tener dificultades de tipo operatorio, como una noción errónea de la probabilidad y, por tanto, de las proporciones fenotípicas y genotípicas.

Todo ello nos lleva a considerar los problemas de genética como un aspecto relevante en las dificultades del aprendizaje de la biología, de forma que cualquier intento de clarificación de los procesos mentales que los estudiantes desarrollan a la hora de resolver estos problemas y de las causas que impiden su éxito puede resultar de gran ayuda para el profesor que imparte esta asignatura, al tiempo que puede contribuir a un mejor conocimiento del pensamiento del alumno (Singüenza Molina, 2000).

Hace ya dos décadas, algunos autores, mostraron la importancia que los profesores de ciencias atribuían a la enseñanza de la genética; desde entonces, se ha producido un notable incremento en las investigaciones que han analizado las dificultades que tienen los estudiantes para aprender en relación con estos contenidos. Son diversas las razones que, en la actualidad, pueden justificar este interés educativo:

- Dotar a los estudiantes de un marco conceptual elemental sobre la localización, la transmisión y los cambios de las características hereditarias

contribuirá a que éstos comprendan mejor el significado de ciertos fenómenos biológicos importantes, como la división celular, o la reproducción de los seres vivos.

- Habría que destacar la importancia que las estrategias de resolución de problemas tienen en la enseñanza de la genética, y su incidencia en el desarrollo de ciertas capacidades intelectuales y hábitos de trabajo que caracterizan la actividad científica
- También podría contribuir a que los estudiantes perciban el conocimiento científico, como producto, en continua revisión, del trabajo colectivo de una comunidad de investigadores y a fomentar actitudes personales de tolerancia y respeto hacia otras personas. (Ayuso y Banet, 2002).

Llevar a cabo la planificación y el desarrollo de un programa sobre la enseñanza de la genética, requiere:

1. Considerar que los estudiantes aprenden a partir de los conocimientos que ya poseen: aun teniendo en cuenta las críticas que ha recibido y está recibiendo el constructivismo, cuando estas orientaciones se intentan trasladar al ámbito educativo, compartimos, en lo fundamental, la idea de que aprender supone un proceso de construcción de conocimientos. Por tanto, identificar lo que piensan los estudiantes sobre la herencia biológica debe constituir una referencia de interés para la enseñanza de la genética. En este sentido, estamos de acuerdo con Resnick (1983), cuando afirmaba:  
a) quienes aprenden construyen conocimientos; b) comprender requiere establecer relaciones; y c) todo aprendizaje depende de los conocimientos previos. Traducidas al ámbito escolar, estas afirmaciones sugieren que, en cualquier programa educativo, en nuestro caso sobre la herencia biológica, las ideas que los estudiantes ya poseen pueden orientar la selección de contenidos de enseñanza y de objetivos de aprendizaje, así como las decisiones sobre la naturaleza y la secuencia de actividades.

2. Identificar criterios para seleccionar y secuenciar los contenidos de enseñanza y los objetivos de aprendizaje que contribuyan al estudio de la herencia biológica e intervengan en la formación de los estudiantes. Tomar decisiones sobre qué deberían aprender los estudiantes en relación con la genética requiere considerar dos cuestiones importantes: ¿cuál puede ser la contribución de estos contenidos a la educación de los ciudadanos?; ¿en qué orden deberíamos desarrollarlos para favorecer el aprendizaje? Responder a estas preguntas aconseja contemplar la educación en distintos ámbitos (conceptos, procedimientos y actitudes) y apostar por secuencias de aprendizaje que permitan construir un conocimiento escolar adecuado al nivel educativo en que se encuentran los estudiantes y que sea relevante desde el punto de vista personal y social.
3. Tomar decisiones sobre la selección y secuencia de las tareas de aprendizaje: Articular un programa de enseñanza sobre la herencia biológica, que contribuya a la construcción de aprendizajes más que a la memorización, requiere que el planteamiento y el desarrollo de las distintas actividades respondan a unas intenciones, científicas y didácticas, suficientemente explícitas. También habrá que considerar que la resolución de problemas debe constituir una referencia importante para desarrollar estos contenidos (Ayuso y Banet, 2002).

Realizar el seguimiento del desarrollo del programa de enseñanza y de los aprendizajes de los estudiantes: De esta manera, los profesores podemos conocer en qué medida nuestra práctica educativa resulta eficiente para lograr los objetivos que nos hubiéramos propuesto, información que nos permitirá reorientar o potenciar las distintas tareas que se desarrollan en el aula. Sin olvidarnos de la planificación de la enseñanza (un análisis detenido del nivel cognitivo de los estudiantes y su relación con las capacidades para aprender, así como de la

evaluación), se espera que los profesores puedan encontrar en nuestro análisis referencias de utilidad para llevar a cabo la enseñanza de la genética.

Puesto que no podemos esperar que el desarrollo de los contenidos de genética entusiasmen a nuestros estudiantes, debemos aprovechar algunas circunstancias favorables para que las tareas de clase aumenten o, al menos, mantengan su interés, por ejemplo, mejor que utilizar los guisantes de Mendel para comenzar el estudio de la genética, sería conveniente utilizar situaciones más próximas a los estudiantes como la diversidad de la clase, caracteres hereditarios familiares como las diferencias entre hermanos o las similitudes de los gemelos, los procesos de clonación y genoma humano, así mismo sustituir los símbolos que se utilizan para representar los genes (letras mayúsculas o minúsculas, encerradas en un círculo) por modelos que sitúen los genes en los cromosomas. Por último debemos tener presente que si queremos lograr cambios sustanciales en los conocimientos de los estudiantes sobre la herencia biológica y en sus habilidades intelectuales o en sus actitudes requiere su tiempo (Ayuso y Banet, 2002).

En el caso de la biología tenemos la ventaja de que muchos conocimientos son cercanos al alumno (enfermedad, alimentación, etc.) y, aun así, es fácil encontrar libros de texto donde el estudio de la herencia se centra más en plantas y animales que en el ser humano. Por otra parte, la transmisión tradicional de los conocimientos sobre genética son muy descriptivos, el conocimiento es teórico y definitivo sin presentar la evolución del mismo (secuencia lógica desde el punto de vista de la disciplina sin considerar la lógica del estudiante) y los problemas que lo originaron y cómo se buscaron soluciones. En resumen, no se están teniendo en cuenta los aspectos cognitivos y afectivos que inciden en las actitudes como: la implicación personal del alumno en la tarea, el tipo de tarea y su utilidad, la posibilidad de que el alumno controle y evalúe su propio conocimiento y la satisfacción personal de resolver una situación (Martínez-Aznar e Ibáñez, 2006).

Diversos trabajos indican que los estudiantes presentan más interés por el estudio de la biología que por la física o química; y en especial por temas relacionados con la biología humana. En nuestro caso la genética es uno de los contenidos

biológicos que permite desarrollar temas muy interesantes para el alumno relacionados con sus vivencias y su realidad, por ejemplo la transmisión de enfermedades genéticas. Por otra parte, los nuevos avances biotecnológicos se introducen con juegos de simulación que permiten su comprensión (Martínez-Aznar e Ibáñez, 2006).

## CAPÍTULO 4. MUTACIONES

Diferentes estudios coinciden en señalar que existen muchas dificultades de aprendizaje en los temas de genética, incluyendo la resolución de problemas y la comprensión de algunos conceptos que provocan confusión como son el de **mutaciones**, gen y alelo (Ayuso y Banet, 2002). Además que la comprensión del tema de las mutaciones es fundamental para entender la genética, los procesos evolutivos y la biodiversidad, razón por la cual es necesario analizar el tema con profundidad ya que este tema se encuentra en el programa de Biología I, II y III, por lo que se presenta a continuación la información básica y general de las mutaciones.

La mutación es un error en el almacenaje de la información genética, si se produce un cambio en la molécula de ADN, éste puede quedar reflejado en la expresión de esta información y puede propagarse por replicación. Históricamente, la palabra mutación incluía tanto los cambios cromosómicos como los cambios en un solo gen, el cambio puede ser la sustitución de un solo nucleótido o puede implicar la adición o delección de uno o más nucleótidos en la secuencia del ADN. Hugo De Vries (botánico Holandés) acuñó el término mutación en 1901, para explicar la variación que observó en los cruzamientos de la hierba del asno, *Oenothera lamarckiana*, en la cual ocasionalmente aparecían variantes que no estaban presentes en los progenitores. De Vries conjeturó que estas variantes surgían como resultados de cambios súbitos en los genes y que la variante producida por un gen cambiado se transmitía a la progenie, como lo hace cualquier otra característica hereditaria. De Vries denominó mutaciones a estos cambios hereditarios repentinos y a los organismos que exhibían estos cambios, mutantes. Más tarde se descubrió que sólo dos de los 2000 cambios observados en la hierba del asno por De Vries eran mutaciones, la inmensa mayoría de las variantes se debían, en realidad, a nuevas combinaciones de los alelos originadas por recombinaciones y no a cambios reales en algún gen determinado.

Ahora se sabe que las mutaciones son causadas por cambios en la secuencia de nucleótidos del DNA, de un gen o una alteración en los cromosomas, estos cambios son heredables. En el sentido más amplio, las mutaciones comprenden todos los cambios inesperados y al azar, se presentan de manera espontánea o inducida en el material genético de una célula, incluyendo tanto las alteraciones en las partículas submicroscópicas que forman las estructuras genéticas de los cromosomas, como las visibles, estructurales y numéricas de los mismos.

Dentro de cada cromosoma se encuentran numerosos factores hereditarios, llamados genes, los cuales corresponden a un segmento de DNA que sirve como unidad de información hereditaria; incluye una secuencia de nucleótidos susceptible de ser transcrita, de donde se obtiene un producto proteínico o un RNA con una función específica. Cada gene es diferente del resto, con la misión de controlar uno o más caracteres hereditarios. Los genes son entidades químicas que no pueden ser observadas y comparada directamente, consideradas como la unidad de la herencia y localizadas en un lugar fijo en un segmento de la molécula del DNA. El orden en que están las bases nitrogenadas en un gen determinan la información genética y son consideradas el determinante hereditario del fenotipo ya que cuando corre alguna alteración fenotípica debe estar asociada con el cambio del gene. En 1970, los genetistas moleculares descubrieron que la mayor parte de los genes estructurales eucarióticos tienen mucho más DNA del necesario para codificar los aminoácidos de las proteínas, Cada gene consta de dos o más secuencias de bases que codifican una proteína, interrumpidos por otras secuencias de bases que no son traducidas en una proteína. Los segmentos codificantes reciben el nombre de **exones** debido a que son expresados en la proteína. Los segmentos no codificantes reciben el nombre de **intrones** debido a que se interponen entre los exones. Cada gen eucariótico tiene su propio promotor y una región llamada aumentador, las cuales indican el inicio de un gen que son reconocidas por las enzimas para dar inicio a la transcripción del RNA para la síntesis de una proteína. El cromosoma está formado por genes y subgenes ordenados en series estructurales, que se hallan relacionados funcionalmente en

diversos grados, existe una escala de unidades funcionales (nucleótidos básicos, subgenes, genes, sistemas seriales de genes y material total del genoma), los cambios que ocurren en cualquiera de estos planos estructurales y funcionales que tienen efectos genéticos son definidos como mutaciones.

Los cambios en el DNA se originan cuando se modifican las secuencias de bases que pueden ocurrir durante la replicación de manera espontánea, debido a que la información en un gen se codifica en las secuencias específicas de bases, y se caracterizan por alterar el código de instrucciones que pueden dar como resultado una proteína diferente o defectuosa, o bien la interrupción de la síntesis de proteínas. No obstante cuando el polipéptido es alterado en grado suficiente para modificar sus funciones, la mutación suele ser nociva. El mismo mecanismo se presenta cuando los cromosomas son alterados en su forma o en su número generando un error en el almacenaje de la información genética. Si se produce un cambio en la información almacenada, éste puede quedar reflejado en la expresión de esta información y puede propagarse durante la replicación. La aparición de las mutaciones es rara en la naturaleza, pero al ocurrir, los cambios se perpetúan en las siguientes generaciones produciendo variabilidad genética. La variación se introduce en un acervo génico, que son la fuente de nuevos alelos y son resultado de un cambio en los pares de bases nucleotídicas de un gen.

Al avanzar las investigaciones de las mutaciones, pronto se hizo evidente que las mutaciones génicas son el origen de la mayoría de los alelos y por tanto de muchas de las variaciones existentes entre las poblaciones. Los nuevos alelos que surgen constituyen la materia prima para el proceso evolutivo de la selección natural, que determinará si estos son perjudiciales, neutros o benéficos.

Las mutaciones son cambios espontáneos o inducidos en la molécula de ADN, estos cambios alteran el código de instrucciones y pueden dar como resultado una proteína diferente o defectuosa, o bien la interrupción de la síntesis de proteínas. Con frecuencia el resultado neto de una mutación es un cambio en la apariencia

física de un individuo o en algún otro atributo medible del organismo al que se denomina carácter o rasgo.

La variación se introduce en un acervo génico a través de mutaciones, que son la fuente de nuevos alelos y son resultado de un cambio en los pares de bases nucleotídicas de un gen, o una transposición de genes en los cromosomas, de modo que sus interacciones producen diferentes efectos, o un cambio en los cromosomas. Las mutaciones ocurren de manera impredecible y espontánea, al parecer la frecuencia de mutaciones es relativamente estable para un gen específico, pero varía en diversos órdenes de magnitud entre genes de una especie determinada y entre diferentes especies.

No todas las mutaciones pasan de una generación a la siguiente, las que ocurren en células somáticas no son heredables, cuando un individuo con una mutación somática muere, la mutación muere con él, sin embargo algunas mutaciones ocurren en las células reproductoras, estas mutaciones pueden afectar a la descendencia de manera evidente, o no hacerlo porque la mayor parte del ADN celular es silencioso y no codifica polipéptidos o proteínas específicas encargadas de producir características físicas, incluso si ocurre una mutación en el ADN que codifica un polipéptido, puede tener escaso efecto sobre la estructura o el funcionamiento de éste. No obstante cuando el polipéptido es alterado en grado suficiente para modificar sus funciones, la mutación suele ser nociva. Al actuar contra fenotipos gravemente anormales, la selección natural elimina las mutaciones más adversas o reduce sus frecuencias.

Los neodarwinistas señalan que las mutaciones son el principal agente de cambio y que la selección natural favorece su dispersión en la población o bien actúa como un agente purificador al eliminar las mutaciones desfavorables para la población. Sin embargo, Motoo Kimura, propuso en 1968 su teoría que se conoce como la teoría Neutralista de la Evolución Molecular o comúnmente llamada Neutralismo, la cual menciona que la mayoría de los genes mutantes son

selectivamente neutros, es decir, no tienen alguna ventaja selectiva y que más bien su permanencia depende del azar, proceso llamado deriva genética, su frecuencia fluctuará incrementándose o disminuyendo fortuitamente con el tiempo, porque sólo un número relativamente pequeño de gametos, durante el amplio número de gametos masculinos y femeninos, participa en la formación de nuevos organismos. En el curso de esta deriva aleatoria, la inmensa mayoría de los alelos mutantes se pierden al azar, pero la fracción restante terminara fijándose en la población, en el nivel molecular, la evolución se da sólo en términos de deriva génica y mutación: la selección natural como una fuente purificadora elimina la variación dañina. Kimura llegó a esta conclusión al considerar que un gen o proteína son relojes moleculares, ya que la tasa de sustitución es relativamente constante a lo largo de períodos largos y toma valores semejantes en distintas especies.

No todas las mutaciones son detectadas inmediatamente, ya que la gran mayoría son **recesivas** y deben ser homocigóticas para que puedan expresarse, el efecto **fenotípico** es la única evidencia realmente observable de la mutación. Con frecuencia el resultado neto de una mutación es un cambio en la apariencia física de un individuo o en algún otro carácter o rasgo.

En general podemos decir que las mutaciones presentan varias características las cuales son:

- 1) **Discontinuidad;** No podemos prever su aparición, y entre el carácter antiguo y el nuevo existe una clara distinción
- 2) **Estabilidad;** Una vez que se ha producido una mutación se manifiesta perfectamente estable en la descendencia
- 3) **Son al azar;** Se presentan en la naturaleza accidentalmente sin causa aparente.
- 4) **Amplitud variable;** Pueden afectar rasgos o funciones de poca importancia, producir cambios extremos o llegar a ser mortales para el sujeto afectado.

**5) Heredabilidad;** Ocurren en el DNA y por consiguiente en los cromosomas que se transmiten a las células hijas.

Las mutaciones **inducidas** son provocadas por diversas sustancias conocidas como **mutágenos** que pueden ser como las radiaciones ambientales, sustancias químicas, rayos ultravioletas y los retrovirus. Muller en 1927 y Stadler en 1928 demostraron los efectos mutagénicos de los rayos X en *Drosophila*, Maíz y cebada. Todas estas sustancias responsables de causar mutaciones, reciben el nombre de mutágenos.

Las mutaciones proporcionan la base para las investigaciones en genética, la **variabilidad** fenotípica resultante permite investigar los genes que controlan las características que se han modificado, en este sentido las mutaciones sirven de marcadores para identificar los genes, de manera que puedan seguirse durante la transmisión de padres a hijos.

Gracias a la posibilidad de que los genes presenten formas alternativas, tanto la **evolución** como la **diversidad** biológica existente hoy en día no se habría desarrollado. La diversidad de las especies y las interrelaciones complejas que los mantienen quedan comprendidas con el término de **biodiversidad**.

Por lo que se ha mencionado, las mutaciones son importantes para realizar estudios sobre genética, evolución y biodiversidad, por lo que es necesario **clasificarlas** en base a diferentes criterios, todos ellos son arbitrarios y superficiales.

#### **4.1 CLASIFICACIÓN DE LAS MUTACIONES:**

Las mutaciones pueden organizarse de distintas maneras, que no son excluyentes, sino que dependen de los aspectos que se están investigando o exponiendo, por lo que se distinguen varios tipos de mutaciones en función de los cambios que sufre el material genético:

I.- Por la cantidad de material que modifican:

a) **De punto;** Implica un cambio en uno o varios nucleótidos o de manera más específica representa el cambio en las bases alterando a la molécula de DNA causando efectos catastróficos en un gen, porque todos los codones que siguen serán mal leídos y la proteína resultante puede ser no funcional. Se dividen en tres tipos que son:

**Inserción.-** Se presenta cuando se adicionan nuevos pares de nucleótidos en gen durante la replicación del DNA o por efectos de un mutágeno.

**Supresión.-** En esta mutación se eliminan pares de nucleótidos en la cadena de DNA, con las mismas consecuencias del caso anterior.

**Transposición.-** Mutación de punto en donde se presenta un giro en los nucleótidos de la cadena de DNA.

a) **Aberraciones cromosómicas:**

**1.- Estructurales;** Provocan la alteración de segmentos o partes de un cromosoma, modificando la agrupación de los genes. Estas se dividen en:

- **Delección.-** Eliminación de uno o varios genes
- **Duplicación.-** Adición de genes a la dotación básica
- **Desplazamiento.-** Dos cromosomas intercambian partes de sus genes
- **Inversión.-** Un bloque de genes dentro de un mismo cromosoma cambia mediante una rotación de  $180^\circ$
- **Transposición.-** Uno o varios genes cambian de posición dentro de un mismo cromosoma.
- **Translocación.-** Intercambio de fragmentos entre dos cromosomas no Homólogos.

**2.- Cambios numéricos;** Se modifica el número de cromosomas y se presenta en dos formas:

**a)– Aneuploidía.-** Se presenta cuando se pierde o se gana un cromosoma completo en el número normal de cromosomas, tanto en los autosomas como en los cromosomas sexuales, por ejemplo las **trisomías** que presentan un cromosoma de más en el cariotipo  
47,XXY Complejo masculino conocido como síndrome de Klinefelter.  
47,XX+21 o 47,XY+21 Síndrome de Down.  
47, XX+18 o 47,XY+18 Síndrome de Edward  
Las **monosomías** presentan un cromosoma de menos en el cariotipo  
45,X Complejo femenino conocido como síndrome de Turner

**b)– Euploidías .-** Tienen complementos cromosómicos en donde se duplica toda la serie del genomio y pueden dar lugar a triploides (3n), tetraploides (4n) y poliploides. Son comunes en los vegetales como el trigo, el tabaco, algodón, manzanas, sandías y uvas

**II.-** Por su efecto:

- a) Letales
- b) Deletéreas (desventajosas)
- c) Benéficas

**III.-** Por el tipo de células donde ocurren:

- a) Somáticas; Se presentan en cualquier célula del cuerpo de un organismo, a menudo producen una alteración en sólo una parte del individuo.
- b) Germinales (sexuales); Se presentan principalmente en el cromosoma sexual X y son importantes porque se transmiten a los descendientes. Existen varios ejemplos como son los ojos blancos en las moscas de las frutas, la hemofilia, el daltonismo y la calvicie.

**IV.-** Por la forma de manifestarse:

- a) Dominantes
- b) Recesivas

**V.-** Por el tipo de cromosomas donde ocurren:

- a) Sexuales
- b) Autosómicas; Como ejemplo esta la diabetes, el albinismo y la miopía.

**VI.- Por su origen:**

- a) Espontáneas
- b) Inducidas

**VII.- Casos especiales:**

- a) Pleiotropía (un gene influye en varios caracteres)
- b) Genes mutables y mutadores
- c) Transposones o genes saltarines. Son regiones del genoma que se pueden desplazar de un sitio a otro.

**4.2 Mecanismos:**

La herencia a diferencia de la evolución, es conservadora. Conduce a las semejanzas en la descendencia familiar, en tanto que la evolución denota cambios. La variación en un linaje se manifiesta sólo cuando ha ocurrido una desviación en la herencia total, o sea cuando algún descendiente no es una copia perfecta de sus progenitores.

La información hereditaria se halla en secuencias particulares de los pares de bases que existen a lo largo de la cadena de ADN que se encuentra en los cromosomas. La molécula de ADN tiene la capacidad de lograr una reproducción (replicación) precisa durante generaciones sucesivas de células, en ello radica lo esencial de la herencia.

La variación original sólo es posible cuando el orden del proceso reproductivo pierde firmeza, en realidad los cambios ocurren en la estructura molecular del ADN, una parte de la cual produce nuevas secuencias de pares de bases que pueden iniciar acciones metabólicas específicas distintas de la acción de la estructura original. Casi siempre la nueva molécula es tan estable como la original y también se replica de manera precisa y ordenada a través de las generaciones. Estas alteraciones se denominan mutaciones génicas y cada mutación afecta la sección de la molécula de ADN llamada mutón o gen. Sin embargo, todo cambio discontinuo con efecto genético (Mayr, 1963) puede ser considerado como una mutación. Aunque vaga, esta definición es suficientemente general para abarcar

no sólo los cambios químicos que ocurren en el plano molecular, sino también las aberraciones cromosómicas.

La cantidad de variación genética que hay en una población depende de la información genética disponible, que está en función de los tipos de alelos de todos los loci, sus frecuencias entre los individuos y sus combinaciones particulares como genotipos. Es casi indudable que la mutación génica, que forma los diferentes estados alélicos, es la fuente de la variación original. Sin embargo, la forma en que los alelos se combinan en los cromosomas también es fuente importante de otras diferencias.

Fue clásico considerar que la información genética cifrada es un sistema completo de genes discretos, ordenados en serie a lo largo de los cromosomas y definidos simplemente como las secciones del cromosoma que se pueden separar de las demás por el entrecruzamiento. Además de ser definidos estructuralmente, el gen lo fue también como unidad funcional que dirige una secuencia de desarrollo prescrita que produce algún aspecto discernible del fenotipo, o sea un carácter. Actualmente se conserva mucho de este concepto, los genes están ordenados en una serie a lo largo del cromosoma, aún se aceptan los datos del entrecruzamiento y se sigue creyendo que los sitios genéticos tienen una función primaria (dirigir la formación de secuencias de aminoácidos que componen las enzimas, las que a su vez guían específicamente las reacciones químicas en una secuencia del desarrollo).

Sin embargo, el concepto se viene abajo cuando se considera que las unidades funcional y estructural son una sola, con el descubrimiento del pseudoalelismo en las formas superiores y en los microorganismos se ha comprendido que el gen funcional es divisible por un raro entrecruzamiento. El gen definido funcionalmente está compuesto por subgenes, que han sido descubiertos en la prueba *cis-trans* de complementación. Además, los estudios bioquímicos han demostrado que los genes se hallan combinados en sistemas génicos de orden superior (supergén).

Los genes como entidades distintas actúan por pasos, siguiendo un proceso biosintético secuencial particular. Cada gen actúa independientemente en los correspondientes pasos de una reacción, pero se cree que todos los que intervienen en una secuencia del desarrollo lo hacen juntos, colaboran para fabricar un producto final. El conjunto de genes que están funcionalmente relacionados muestra una interacción y se dice que forma un sistema serial de genes. Los genes que componen este sistema pueden estar repartidos en todo el genoma o ligados por contigüidad en una sección del cromosoma, se ha demostrado con precisión que ciertos genes se encuentran enracimados en sus manifestaciones secuenciales de biosíntesis, este agrupamiento es semejante al de los subgenes múltiples de un solo locus pseudoalélico.

El cromosoma está formado por genes y subgenes ordenados en series estructurales, que se hallan relacionados funcionalmente en diversos grados, existe una escala de unidades funcionales (nucleótidos básicos, subgenes, genes, sistemas seriales de genes y material total del genoma), los cambios que ocurren en cualquiera de estos planos estructurales y funcionales que tienen efectos genéticos son por definición mutaciones.

## CAPÍTULO 5. MÉTODO

La finalidad de este trabajo es diseñar y aplicar estrategias didácticas para el desarrollo del tema de mutaciones teniendo como base el constructivismo, con la finalidad de lograr el aprendizaje significativo y a partir de este aprendizaje favorecer la comprensión de las mutaciones que se encuentra en la tercera unidad ¿cómo se transmite y modifica la información genética en los sistemas vivos?, de acuerdo al programa indicativo de Biología-I del Colegio de Ciencias y Humanidades.

Dadas las características de la investigación en la que las variables independientes constitutivamente no son manipulables, se ha optado por un diseño de orientación empírico-analítica y una metodología no experimental de tipo explicativo-causal. La variable independiente no puede ser manipulada directamente sino que se seleccionan tareas que deben desencadenar, a través de dicho proceso constructivo, variaciones en las diferentes explicaciones, interpretaciones y predicciones que el alumno realiza. El método elegido es de tipo descriptivo. La descripción sistemática del comportamiento del alumno observado durante el desarrollo de las actividades y de la forma en que él mismo expresa verbalmente su pensamiento permite analizar la estructura del proceso cognitivo y explorar las características que lo definen (Sigüenza Molina, 2000).

Se han presentado una serie detallada de recomendaciones para el diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales que incluyen cinco componentes: **análisis científico, análisis didáctico, selección de objetivos, selección de estrategias didácticas y selección de estrategias de evaluación.** Para el análisis científico se requiere un proceso de selección de contenidos y de delimitación de los esquemas conceptuales, de los procedimientos científicos y de las actitudes. En el análisis didáctico hay que averiguar las ideas previas de los alumnos, analizar las exigencias cognitivas de los contenidos y delimitar las implicaciones para la enseñanza. Para la selección de estrategias didácticas se tiene que elaborar el diseño de una secuencia global de enseñanza, la selección

de actividades de enseñanza y la elaboración de materiales de aprendizaje (Campanario y Moya,1999).

### **5.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El presente trabajo se adaptó a los puntos propuesto (análisis científico, análisis didáctico, selección de objetivos, selección de estrategias didácticas y selección de estrategias de evaluación.) ya que se realizó una selección de contenidos del programa de Biología I del CCH. y se encontró que el tema de mutaciones es complejo y difícil de entender por los alumnos, por lo que presentó el problema a resolver, para lo cual se utilizaron estrategias de enseñanza-aprendizaje sobre este tema, tomando como base el aprendizaje significativo. Para evaluar estas estrategias se utilizó un instrumento de evaluación de opción múltiple sobre mutaciones, el cual se aplicó como pretest y postest a dos grupos de alumnos.

El tipo de investigación que se presenta está clasificado con base en el periodo en que se capta la información, la evolución del fenómeno estudiado, la comparación de poblaciones y la interferencia del investigador en el estudio. Tomando en cuenta lo anterior, el presente trabajo se clasifica como **prospectivo, longitudinal, comparativo y experimental** (Méndez, 2006):

**Prospectivo:** estudio en el que toda la información se recogerá, de acuerdo con los criterios del investigador y para los fines específicos de la investigación, después de la planeación de ésta.

**Longitudinal:** estudio en que se mide en varias ocasiones la o las variables involucradas, implica el seguimiento para estudiar la evolución de las unidades en el tiempo.

**Comparativo:** estudio en el cual existen dos o más poblaciones y donde se quieren comparar algunas variables para contrastar una o varias hipótesis.

**Experimental:** estudio en el que el investigador modifica a voluntad una o algunas variables del fenómeno estudiado, generalmente se modifican las variables consideradas como causa-efecto.

En este sentido el estudio realizado se denomina un **cuasiexperimento** ya que el investigador puede introducir algo similar al método científico experimental, pero carece de control total de las variables, por lo que es imprescindible que el investigador tenga un conocimiento a fondo de cuáles son las variables específicas que no se pueden controlar. Este tipo de estudio es útil en la investigación educativa para verificar adelantos en el campo pedagógico y es único método para acumular un saber al cual puedan introducirle mejoras sin correr el peligro de que se descarten caprichosamente los conocimientos ya adquiridos a cambio de novedades de inferior calidad (Campbell, 1978). Las pruebas que se realizan, si llegan a tener éxito, exigirán repetición y validación antes de convertirse en adquisición estable para el acervo científico y ser susceptibles de una interpretación teórica.

#### **5.1.1. Preguntas de investigación:**

- 1.- ¿Al aplicar el pretest a los dos grupos de alumnos de Biología I, ambos tendrán los mismos conocimientos previos antes de iniciar el tema de mutaciones?
- 2.- ¿Se observarán diferencias en las respuestas correctas en el postest, entre el grupo testigo y experimental una vez que se aplicaron las estrategias?
- 3.- ¿Existen diferencias significativas en el grupo experimental después de aplicar un análisis estadístico a las respuestas correctas?

### **5.1.2. Objetivos propuestos:**

- Diseñar y aplicar estrategias didácticas para el tema de mutaciones. (Observación de mutaciones en la mosca de las frutas, lectura de tres artículos, regulación de la expresión genética y síntesis de proteínas)
- Utilizar el constructivismo en la aplicación de las estrategias como uno de los principios básicos del CCH, el cual corresponde a Aprender a Aprender.
- Utilizar un instrumento de evaluación de opción múltiple con veinte reactivos para evaluar las estrategias.
- Aplicar las estrategias a un grupo de alumnos a los cuales también se les evalúa los contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales.
- Aplicar pruebas estadísticas para comprobar la validez de los resultados obtenidos en el instrumento de evaluación.

### **Se formularon las siguientes hipótesis:**

Hipótesis nula ( $H_0$ ): No existen diferencias entre el número de respuestas correctas y el tipo de estrategias utilizadas para el tema de mutaciones en el grupo testigo y experimental

Hipótesis de investigación ( $H_1$ ): Existen diferencias significativas entre el número de respuestas correctas y el tipo de estrategias utilizadas para el tema de mutaciones en el grupo testigo y experimental.

## 5.2 INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN

Sin la actividad evaluativa difícilmente podríamos asegurarnos de que ocurriera algún tipo de aprendizaje, cualquiera que éste fuera, o nos costaría mucho saber apenas nada sobre los resultados y la eficacia de la acción docente y de los procedimientos de enseñanza utilizados. Sin la información que nos proporciona la evaluación, tampoco tendríamos argumentos suficientes para proponer correcciones y mejoras.

Se deben utilizar determinados criterios para realizar la evaluación, estos criterios deben tomar como fuente principal las intenciones educativas predefinidas en la programación del plan de clase o del programa. Existen dos tipos de criterios: de realización (nombran los actos concretos que se esperan de los alumnos) y de resultados (contemplan aspectos tales como: pertinencia, precisión, originalidad, volumen de conocimientos utilizados, etc.). Evidentemente, es este caso, lo que interesa saber es si para un objeto de evaluación dado se han alcanzado los conocimientos correspondientes y en que grado.

En algunas ocasiones la toma de decisiones y la búsqueda de mejoras estarán más dirigidas a los procesos de aprendizaje, en otras, a las acciones o estrategias educativas, aunque lo ideal es que sean contempladas ambas dimensiones y las complejas relaciones que establecen. Se evalúa para obtener información que permita, en un momento determinado, saber qué pasó con las estrategias de enseñanza y cómo es que están ocurriendo los aprendizajes de los alumnos, para que en ambos casos sea posible realizar las mejoras y ajustes necesarios (Díaz-Barriga, 2004).

Las conductas que demuestran la existencia de aprendizaje están respaldadas por un proceso de actividad constructiva (la aplicación de una serie de procesos y operaciones cognitivas) que finaliza en la elaboración de determinados tipos de representaciones (esquemas, significados, etc.) sobre los contenidos curriculares. En este sentido, el profesor puede considerar todos aquellos recursos cognitivos y

afectivos que los alumnos utilizan durante el proceso de construcción de los aprendizajes (Díaz-Barriga, 2004).

La información aportada por la actividad evaluativa le permite al docente realizar observaciones continuas sobre la situación didáctica “hacia atrás y hacia adelante”. La primera, para valorar la eficacia lograda al aplicar las estrategias didácticas; la segunda para replantear las prácticas didácticas. Ambas actividades, por supuesto, encaminadas hacia la negociación de sistemas de significados compartidos y el logro del traspaso del control y la responsabilidad a los alumnos (Díaz-Barriga, 2004).

El instrumento de evaluación que se utilizó para comprobar la validez de las estrategias empleadas en el tema de mutaciones fue elaborado con 20 preguntas de opción múltiple, el cual se utilizó como pretest y postest. Cada pregunta presenta cuatro posibles respuestas (**Anexo No.1**), este instrumento fue validado en cuatro ocasiones aplicándolo a grupos diferentes.

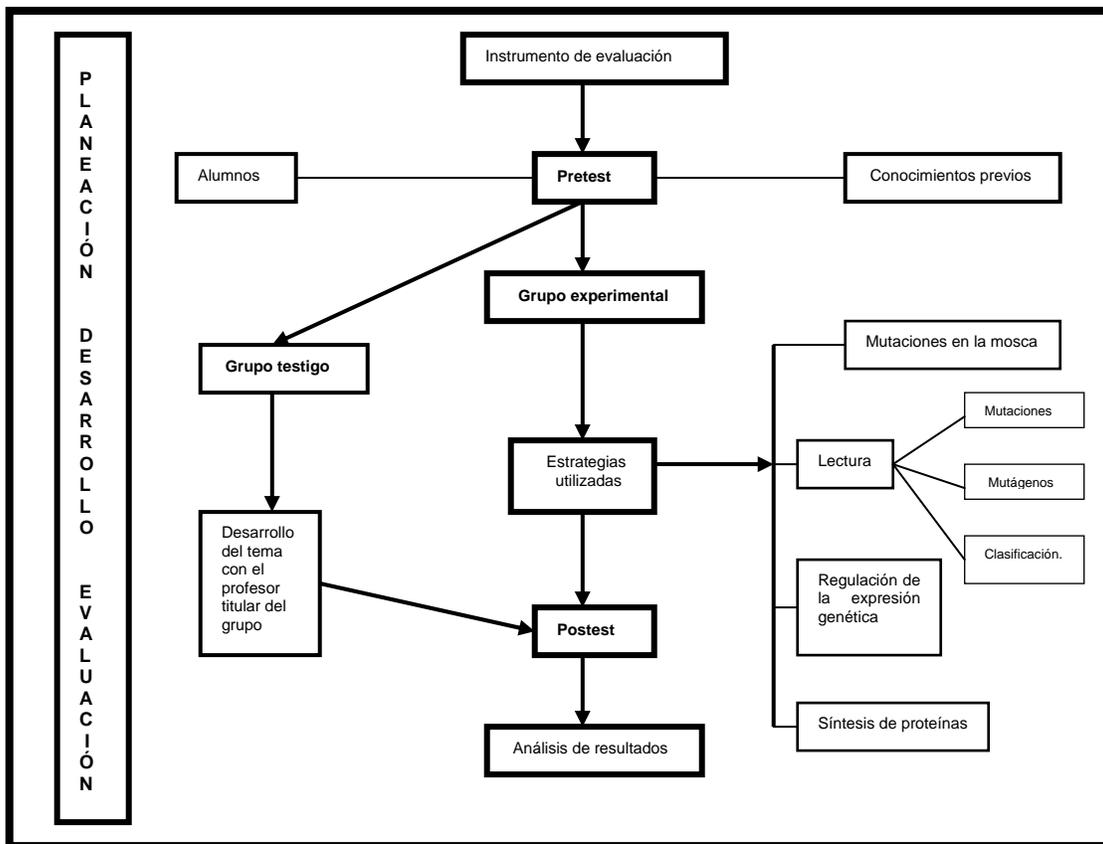
En cada una de las ocasiones en que se piloteó el examen diagnóstico, se realizaron ajustes y correcciones de los reactivos propuestos, de acuerdo a las respuestas de los alumnos, de tal manera que la quinta versión fue la que se les aplicó a los alumnos del grupo testigo y del grupo experimental en el pretest y postest. Los resultados obtenidos en el pretest y postest del grupo testigo y experimental, fueron sometidos a un análisis estadístico.

Los grupos Experimental y Testigo fueron de biología-I, tercer semestre en el CCH Naucalpan, turno Matutino, en el periodo 2008-I. Ambos grupos estaban constituidos por 23 alumnos, a estos grupos se les aplicó el instrumento de evaluación como un pretest antes de iniciar el tema de mutaciones.

El grupo testigo desarrolló el tema de manera normal con su profesor titular y al grupo **experimental** se le aplicaron las estrategias de enseñanza-aprendizaje propuestas para el tema de mutaciones durante seis horas/clase. Durante la aplicación y desarrollo de las estrategias al grupo experimental, se evaluaron los contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales.

Al terminar de revisar el tema en ambos grupos se aplicó el instrumento de evaluación como un postest y los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente.

En general las actividades realizadas en el grupo testigo y experimental se presentan en el cuadro 1; las cuales se enmarcan en; planeación, desarrollo y evaluación, así como las estrategias utilizadas.



**Cuadro 1. Diagrama general de las actividades desarrolladas en el grupo testigo y experimental.**

## **CAPÍTULO 6. PLANEACIÓN**

La planeación es un aspecto fundamental para llegar a ser un maestro competente, y consiste en desarrollar estrategias para organizar las lecciones, es necesario decidir qué y cómo se va a enseñar antes de hacerlo, es decir se debe planear con sumo cuidado. La planeación centrada en el maestro incluye la creación de objetivos conductuales, análisis de tareas y desarrollo de taxonomías instruccionales.

Tal vez resulte tedioso el hecho de invertir mucho tiempo en planear las lecciones, sin embargo el hacerlo nos dará confianza, nos guiará para cubrir los temas más importantes y evitará que perdamos tiempo en la clase. El desarrollo sistemático de los planes implica precisar lo que se necesita hacer y cuándo hacerlo, o bien enfocarse en la tarea y en el tiempo. Aunque la planeación es una dimensión clave para la enseñanza exitosa, hay que cuidar de no sobreplanear hasta el punto de volverse un autómatas, hay que desarrollar planes bien organizados y tratar de llevarlo a cabo, pero se debe ser flexible y adaptarse a las circunstancias.

Cuando se planea de manera efectiva no se tiene que mantener en mente todos los detalles de una lección todo el tiempo, los planes le permiten enfocarse en el diálogo inmediato que se mantiene con los alumnos y guían los aspectos interactivos de la instrucción.

La planeación centrada en el maestro incluye la creación de objetivos conductuales, análisis de tareas y desarrollo de taxonomías instruccionales ; los objetivos conductuales son enunciados que expresan cambios propuestos y esperados en la conducta de los estudiantes para alcanzar los niveles de desempeño deseados, deben ser muy específicos y deben expresarse claramente. El análisis de la tarea consiste en dividir una tarea compleja para que los estudiantes la aprendan en partes y se debe determinar las destrezas y conceptos que necesita el estudiante para aprender la tarea, es decir enseñar a los estudiantes las estrategias básicas para la solución de tareas.

En el planeamiento didáctico se toman las previsiones necesarias, en relación con la forma en que se van a enfocar y desenvolver los diversos elementos que entran en juego al desarrollar la práctica pedagógica en las instituciones educativas y en cada una de sus aulas.

Un elemento esencial en la planeación es el contenido de un tema ya que representa el núcleo y la esencia de las propuestas curriculares. En una visión academicista se le considera como la tarea fundamental en el proceso educativo, la transmisión efectiva de una serie de conocimientos específicos catalogados como fundamentales en determinado momento y para un grupo social específico. Se trata de planificar lo que se va a enseñar a partir del conocimiento acumulado en diversas áreas (Molina, 1997).

La planeación didáctica se entiende como la organización de los factores que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje, a fin de facilitar en un tiempo determinado el desarrollo de las estructuras cognoscitivas, la adquisición de habilidades y los cambios de actitud en el alumno.

La planeación didáctica, así concebida, pudiera parecer como una actividad de carácter estático, fundamentalmente previa al proceso de enseñanza-aprendizaje, pero muy por el contrario, es un quehacer docente en constante replanteamiento, susceptible de continuas modificaciones, producto de revisiones de todo un proceso de evaluación. Esto nos lleva a considerar tres situaciones básicas en las que se desarrolla:

- Un primer momento, que es cuando el maestro organiza los elementos o factores que incidirán en el proceso, sin tener presente al sujeto (alumno), relativamente, más allá de las características genéricas del grupo.
- Un segundo momento, en el que se detecta la situación real de los sujetos que aprenden y se comprueba el valor de la planeación como propuesta teórica, tanto en sus partes, como en su totalidad.

- Un tercer momento, en el que se rehace la planeación a partir de la puesta en marcha concreta de las acciones o interacciones previstas.

Con la visión de estos tres momentos el maestro puede estar en condiciones de emprender la tarea de planeación didáctica en forma de unidades, cursos, seminarios, etc., pero, lógicamente, esta acción será más congruente si se inserta en el contexto del plan de estudios de la institución (Moran, O. P. 2007 ).

El concepto de planeación didáctica, a juzgar por las evidencias de la práctica docente, es un concepto que se presta a interpretaciones de acuerdo con el marco teórico desde el cual se enfoca y, claro está, la forma específica como se haga operativo, dependerá de la postura que se adopte. Con mucha frecuencia a la práctica docente, y más concretamente, a la instrumentación didáctica, suele ubicársele en los límites estrechos del aula por lo cual no se abre la posibilidad de un análisis que contemple otros aspectos sustantivos inherentes a la instrumentación didáctica, como lo pueden ser los esquemas referenciales de los alumnos, su importancia en la dinámica interna del grupo, la problemática específica de la institución, la del plan de estudios, la de la organización académico-administrativa, etc.

En la planeación sobre el tema de mutaciones se tomaron en cuenta los siguientes aspectos: especificar la unidad correspondiente, elaborar una pregunta generadora relacionada con el tema de toda la unidad, elaborar claramente el propósito o los objetivos que se desean alcanzar al finalizar el tema, especificar los aprendizajes que se desean alcanzar por parte de los alumnos en la apertura, desarrollo y cierre de la unidad, plantear las estrategias a seguir para presentar el tema y lograr la motivación de los alumnos, así como señalar las actividades a realizar en cada uno de los aprendizajes, es necesario señalar los recursos que se utilizarán durante el desarrollo del curso, sobre todo se debe de presentar de manera desglosada la temática o temas que comprende la unidad, finalmente es necesario presentar la evaluación ya sea diagnóstica, formativa o sumativa para

que el alumno la conozca desde un principio y el profesor se ajuste a ella misma, es necesario incluir una bibliografía básica para el alumno (Anexo No. 2).

Dentro de la concepción de la Didáctica Crítica, la tarea de elaborar programas de estudio adquiere una dimensión diferente a la de los modelos educativos anteriores (Didáctica Tradicional y Tecnología Educativa). Esta diferencia se observa tanto en el marco teórico que sustenta dicha concepción, como en la interpretación y aplicación que los profesores hacen de los programas en su práctica cotidiana. En esta perspectiva los planes y programas de estudio son considerados como eslabones fundamentales de todo el engranaje que constituye el plan de estudios del que forman parte. Son, asimismo, propuestas de aprendizaje mínimos que el estudiante debe alcanzar en un determinado tiempo, pero que de ninguna manera se considerarán como documentos exhaustivos y menos aún como proposiciones acabadas y definitivas. Más bien se trata de una herramienta básica de trabajo del profesor, cuyo carácter es indicativo, flexible y dinámico. Se subraya que los programas de estudio representan a su nivel, un reflejo fiel de los grandes propósitos que persigue un plan de estudios.

La Didáctica Crítica rechaza definitivamente que el docente se convierta en un reproductor o ejecutor de modelos de programas rígidos y prefabricados por departamentos de planeación o por expertos tecnológicos educativos. Es decir, que los maestros tienen la obligación de elaborar su programa personal y su planeación, partiendo de la interpretación de los lineamientos generales. Esta práctica, que para algunos pudiera parecer de excesiva libertad, constituye, a nuestro juicio, el rescate de una de las atribuciones esenciales de todo profesor.

## **6.1. APRENDIZAJE**

El aprendizaje es un proceso dialéctico, ya que el movimiento que recorre el alumno al aprender no es lineal, sino que implica crisis, paralizaciones, retrocesos,

resistencias al cambio, etc. Estas crisis surgen porque la apropiación y transformación del objeto de conocimiento no está determinada sólo por la mayor o menor complejidad del objeto de conocimiento, sino también por las características del sujeto de conocimiento. El sujeto que inicia un determinado aprendizaje, no es sujeto abstracto sino un ser humano en el que todo lo vivido, su presente, su pasado y su futuro, aún para ser negado, está en juego la situación. Asumimos que el ser humano participa siempre íntegramente en toda situación en la cual interviene; por eso decíamos que cuando se opera sobre un objeto de conocimiento no sólo se está modificando el objeto sino también el sujeto, y ambas cosas ocurren al mismo tiempo. Además, es importante tener en cuenta de acuerdo a la idea de proceso cada una de las siguientes fases: apertura al problema, análisis y síntesis parcial y síntesis final (Moran, O. P. 2007 ).

Concebimos el aprendizaje como la modificación de pautas de conducta (la conducta es molar, es decir total, integral del ser humano).

El aprendizaje es un proceso dialéctico, como algo que se construye, en el cual es necesario seleccionar las experiencias idóneas para que el alumno realmente opere sobre el conocimiento y en consecuencia, el profesor deje de ser el mediador entre el conocimiento y el grupo, para convertirse en un promotor de aprendizaje a través de una relación cooperativa.

Lo anterior no implica desplazamiento o sustitución del profesor como tal: por el contrario, la responsabilidad del profesor y el alumno es extraordinariamente mayor, pues les exige, entre otra cosa: investigación permanente, momentos de análisis y síntesis, de reflexión y de discusión, conocimiento del plan y el programa de estudios conforma al cual realizar su práctica y un mayor conocimiento de la misma práctica profesional.

Las actividades de aprendizaje son una conjunción de objetivos, contenidos, procedimientos, técnicas y recursos didácticos. Dado este carácter integrador de las actividades de aprendizaje, su selección debe apegarse a ciertos criterios. Los siguientes son algunos de ellos:

- Determinar con antelación los aprendizajes que se pretenden desarrollar a través de un plan de estudios en general y de un programa en lo particular.
- Tener claridad en cuanto a la función que deberá desempeñar cada experiencia de aprendizaje.
- Que promuevan aprendizajes de ideas básicas o conceptos fundamentales.
- Incluir en ellas diversos modos de aprendizaje: lectura, redacción, observación, investigación, análisis, discusión, etc. y diferentes tipos de recursos; bibliográficos, audiovisuales, modelos reales, etc.
- Incluir formas metódicas de trabajo individual alternando con el de pequeños grupos y sesiones plenarios.
- Favorecer la transferencia de la información a diferentes tipos de situaciones que los estudiantes deberán enfrentar en la práctica profesional.
- Ser apropiadas al nivel de madurez, experiencias previas, características generales del grupo, etc.
- Que generen en los alumnos actitudes para seguir aprendiendo, sobre todo.

Toda situación de aprendizaje es la que realmente educa, con todos los que intervienen en ella, en la cual nadie tiene la última palabra, ni detenta el patrimonio del saber. Todos aprenden de todos y, fundamentalmente, de aquello que realizan en conjunto. Somos conscientes de que las modificaciones en el terreno didáctico no se pueden realizar por decreto, burocráticamente, aceptando irrestrictamente, sino que las mismas deben ser producto del análisis y la reflexión. La Didáctica Crítica supone desarrollar en el docente una auténtica actividad científica, apoyada en la investigación, en el espíritu crítico y en la autocrítica, es necesario tener presentes dos consideraciones:

- Que las renovaciones o alternativas en el terreno didáctico no pueden ser vistas ya como una instrumentación puramente tecnológica, factible de ser aplicada sin grandes trastornos, en un contexto educativo previamente organizado cuya estructura no es objeto de modificaciones.
- Que las actitudes aisladas carecen de valor, resultan inoperantes tanto no se encuadren en un sistema de actitudes congruentes, que respondan a

objetivos claros y a valores asumidos conscientemente. Las actitudes no se pregonan se llevan a la práctica y no afectan un aspecto aislado de la actividad docente, sino que comprenden todos los ámbitos, áreas y campos en que ésta tiene lugar.

En la perspectiva de la Didáctica Crítica, donde el aprendizaje es concebido como un proceso que manifiesta constantes momentos de ruptura y reconstrucción, las situaciones de aprendizaje cobran una dimensión distinta a los planteamientos mecanicistas del aprendizaje, pues el énfasis se centra más en el proceso que en el resultado; de aquí la gran importancia de las situaciones de aprendizaje como generadoras de experiencias que promueven la participación de los estudiantes en su propio proceso de conocimiento.

Las actividades de aprendizaje se organizan de acuerdo a tres momentos metódicos, los que a su vez se relaciona con toda forma de conocimiento:

1. Una primera aproximación al objeto de conocimiento
2. Un análisis del objeto para identificar sus elementos, pautas e interrelaciones.
3. Reconstrucción del objeto de conocimiento producto del proceso seguido.

Correspondiendo a estas distintas fases del conocimiento diferentes procedimientos de investigación o actividades elementales: observación, descripción, experimentación, comparación, inducción, deducción, análisis, síntesis y generalización. Estos tres momentos metódicos aplicados a la organización de situaciones de aprendizajes son denominados de apertura, de desarrollo y de culminación (Moran, O. P. 2007 ).

## **6.2. INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA**

Cuando hablamos de instrumentación didáctica se hace necesario partir de un concepto de aprendizaje que nos sirva como marco de referencia. Esta claridad teórica sobre el aprendizaje será condición necesaria para aprovechar otros

conceptos consustanciales a la instrumentación didáctica, tales como: objetivos, contenidos, actividades o situaciones de aprendizaje, evaluación, etc. En una palabra la concepción de aprendizaje determina el manejo que se haga de todos los componentes de una planeación o programación didáctica.

Por ello intentaremos evitar caer en reduccionismos que descontextualicen la Instrumentación Didáctica de la complejidad de la práctica educativa y enfocando su análisis en tres niveles fundamentales: aula, institución y contexto. Ya que para desarrollar la Instrumentación Didáctica con mayor sustento teórico es necesario contemplar aspectos generales sobre planes y programas de estudio, ya que en este punto es donde se concreta la práctica docente, ello no nos impide reconocer que tal concreción reviste una serie de determinaciones que favorecen o interfieren esta práctica y cuyos efectos trascienden el mundo del aula para influir y ser influida por la dinámica de la institución y las particularidades del entorno social en que se inserta.

Se ha realizado una búsqueda de opciones que resuelvan los problemas que se presentan en la enseñanza, debido a la fragmentación del conocimiento, por lo que se ha propuesto la realización de planes de estudio por áreas de conocimiento, tal y como ocurre en el Colegio de Ciencias y Humanidades en donde la organización de planes de estudio por áreas se plantea como idea fundamental la integración del conocimiento, pero esto no pasa de ser un mero propósito de planeación formal, porque en la práctica, es decir en el proceso de desarrollo, no se cumple con esta pretensión, dado que el profesor continúa trabajando su materia y su programa de manera independiente, haciendo caso omiso de esta nueva organización curricular. Por lo antes expuesto; la organización curricular por áreas se encuentra todavía en una etapa de transición entre el modelo lineal o por asignaturas y el modelo integral o modular, por lo que es necesario hacer una replanteación para la elaboración de programas basándose en la Didáctica Crítica (Moran, O. P. 2007 ).

También apuntamos que concebimos a la instrumentación didáctica, no únicamente como el acto de planear, organizar, seleccionar, decidir y disponer todos los elementos que hacen posible la puesta en marcha del proceso de enseñanza-aprendizaje, sino que entendemos el acontecer en el aula como una actividad circunstanciada, con una gama de determinaciones tanto institucionales como sociales.

Asimismo, al desarrollar el tema de instrumentación didáctica, no se abordará de manera específica ninguno de sus aspectos, como objetivos, contenidos, actividades o situaciones de aprendizaje o evaluación, sino que estos temas se analizarán a través de la óptica particular de cada uno de los enfoques educativos. Los docentes se han preocupado más por renovar y perfeccionar su instrumentación, que por indagar sus supuestos teóricos. Esta postura apunta más a cómo ser técnicamente mejor docente que a cuestionar y replantear problemas fundamentales de la didáctica. La Didáctica Crítica es una propuesta que no trata de cambiar una modalidad técnica por otra, sino que plantea analizar críticamente la práctica docente, la dinámica de la institución, los roles de sus miembros y el significado ideológico que subyace en todo ello.

Estas reflexiones nos hacen ver que la instrumentación didáctica no puede, en ninguna circunstancia, asumirse como aséptica, descargada de connotaciones políticas. En este contexto, las propuestas didácticas instrumentalistas han dejado fuera intencionalmente el factor humano, las interrelaciones personales, el manejo del conflicto y la contradicción en el acto de aprender, promoviendo así una visión individualista del aprendizaje, es decir contemplan al grupo únicamente como objeto de enseñanza y no como sujeto de aprendizaje. Estas son algunas consideraciones que es preciso llevar a cabo si en verdad se desea replantear el enfoque de la didáctica.

Estamos seguros de que dejar las cosas como están no contribuye en nada al mejoramiento de la práctica educativa, muy por el contrario, actitudes

conformistas, pusilánimes y carentes de compromiso y de entusiasmo son el mejor aliciente para promover en el educando sentimientos de sumisión y acatamiento pasivo. (Moran, O. P. 2007 ).

La posición constructivista pretende centrar su núcleo de acción en el alumno y en el desarrollo de sus posibilidades y potencialidades en lo personal y lo social en donde se pone énfasis en la creatividad, al descubrimiento y a la construcción como elementos esenciales en el proceso de aprendizaje. Así señalan la preponderancia de la actividad del alumno en el proceso de construcción del conocimiento y relativizan el valor de los contenidos por sí mismos, esta posición conlleva también a una reconceptuación del papel del docente, que se perfila como un facilitador u orientador del proceso de aprendizaje, un mediador entre el contenido y la estructura cognitiva del alumno.

Uno de los principales problemas en la enseñanza de las ciencias es la dificultad que tienen los docentes de encontrar y diseñar estrategias de enseñanza adecuadas para que sus alumnos se apropien del conocimiento científico. Esto provoca que los docentes, a partir de su experiencia y conocimiento en la materia, traten de transformar sus estrategias de enseñanza, en este sentido y con la finalidad de mantener la calidad que exige la educación en nuestro país, es fundamental realizar esta planeación para llevar a cabo la conducción y evaluación de los temas de un curso para ejercitar las fortalezas y corregir las debilidades, para lo cual se deben poner en práctica los diferentes modelos educativos, el diseño de estrategias y recursos didácticos, así como el manejo de los conocimientos disciplinares necesarios para desarrollar con éxito un tema del programa de la asignatura (Santrock, 2001).

## **CAPÍTULO 7. ESTRATEGIAS**

Las estrategias son empleadas como procedimientos flexibles, heurísticos (nunca como algoritmos rígidos) y adaptables, dependiendo de los distintos dominios de conocimiento, contextos o demandas de los episodios o secuencias de enseñanza de que se trate para lograr que el aprendizaje sea autónomo y reflexivo. Las estrategias promueven el aprendizaje significativo en los alumnos y los docentes deben poseer un bagaje amplio de estrategias, conociendo qué función tienen y cómo pueden utilizarse o desarrollarse apropiadamente. Dichas estrategias de enseñanza se complementan con las estrategias o principios motivacionales y de trabajo cooperativo.

Las estrategias consisten en realizar modificaciones o arreglos en el contenido o estructura del material de aprendizaje, sea por vía escrita u oral y a entrenar o promover en los alumnos el manejo de procedimientos que les permita aprender significativamente (Díaz-Barriga, 2004).

La enseñanza y utilización de estrategias corren a cargo del profesor como su originador; pero tomando en cuenta que la enseñanza es una construcción conjunta con los alumnos y el contexto instruccional, que a veces toma caminos no necesariamente predefinidos en la planificación. Asimismo, se afirma que en cada aula donde se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje, se realiza una construcción conjunta entre enseñante y aprendices única e irreplicable. Por ésta y otras razones se concluye que es difícil considerar que existe una única manera de enseñar o un método infalible que resulte efectivo y válido para todas las situaciones de enseñanza y aprendizaje. De hecho, puede aducirse a lo anterior que aun teniendo o contando con recomendaciones sobre cómo llevar a cabo unas propuestas o estrategias, la forma en que éstos se concreten u operen siempre será diferente y singular en todas las ocasiones (Díaz-Barriga, 2004).

Las estrategias que se utilizaron para desarrollar el tema de mutaciones se aplicaron al grupo experimental y consistieron en:

1.- Realización de una práctica de laboratorio para observar diversas mutaciones en la mosca de las frutas *Drosophila melanogaster*. Esta práctica sirvió como introducción al tema y despertar el interés de los alumnos al observar en el microscopio las mutaciones, su origen y sus características (**Anexo 3**). Tomando como base los resultados obtenidos se realizó un ejercicio sobre el papel que juegan las mutaciones en la selección natural (**Anexo 4**).

2.- Lectura y análisis de tres artículos; en el primer artículo se encuentra la información bibliográfica general sobre las mutaciones, el panorama histórico, sus características y su importancia en la evolución (**Anexo 5**). El segundo artículo titulado “¿Un error de Einstein sobre el viaje espacial?, está relacionado con la acción de las sustancias mutagénicas como inductoras de las alteraciones en los cromosomas (**Anexo 6**). El tercer artículo presenta la clasificación de las mutaciones, en donde se encuentran siete tipos diferentes, principalmente las mutaciones de punto y las aberraciones cromosómicas (**Anexo 7**).

3.- Regulación de la expresión genética; constituido por un esquema general de la estructura del cromosoma eucarionte en donde se indica el corte y empalme de los intrones y exones en el RNAm. Este esquema se complementa con un modelo del DNA y fichas de diversos colores con tripletes diferentes, con estas fichas los alumnos forman una nueva cadena de DNA, en base a la cual forman la cadena de RNAm, las fichas de color rojo son los exones y las otras fichas son los intrones (**Anexo 8**). Finalmente forman la cadena de RNA cistronico la cual interviene en la síntesis de proteínas.

4.- Biodisco de síntesis de proteínas; este disco fue elaborado para realizar con facilidad la síntesis de proteínas tomando en cuenta el RNA cistronico que se obtuvo en la estrategia anterior. Este material consta de tres discos: el primero

representa la carátula con una abertura que señala la molécula del DNA, RNAm, RNAt y los aminoácidos. El segundo disco contiene la secuencia de las bases que forman los tripletes del DNA, los tripletes del RNAm (codones), los tripletes del RNAt (anticodones), así como la abreviatura del aminoácido correspondiente. En el tercer disco se encuentran los nombres completos y las abreviaturas de los 20 aminoácidos que forman parte de los seres vivos. Así mismo se encuentra representado el ribosoma (RNAr) en donde se unen los tres tipos de RNA con el codón y anticodón, en otra lámina se encuentra especificado el código genético (**Anexo 9**).

A continuación se presenta el desglose de los recursos con la apertura, desarrollo y cierre.

## **7.1 ACTIVIDADES REALIZADAS**

### **ACTIVIDAD 1. Práctica de laboratorio, observación de mutaciones en la mosca *Drosophila melanogaster* y la selección natural.**

Propósitos de aprendizaje:

- Observar las características normales de la mosca silvestre
- Identificar algunas mutaciones morfológicas en la mosca de las frutas *Drosophila melanogaster*.
- Descripción de las mutaciones observadas y su localización en el mapa cromosómico de la mosca.
- Motivar a los alumnos al analizar en el microscopio diversas mutaciones, así como determinar su aparición.
- Utilizar los resultados obtenidos para la realización de un ejercicio sobre la selección natural.

Material:

- Tubo con moscas de tipo silvestre
- Tubo con moscas mutantes

- Microscopio de disección
- Caja petri
- Aguja de disección
- Cuadro sobre un ejercicio de selección natural

**Apertura:**

Se organizaron a los alumnos en seis equipos de cuatro integrantes para observar mutaciones en la mosca de las frutas *Drosophila melanogaster*, realizando las anotaciones correspondientes y resolver un cuestionario, así como una discusión grupal con los resultados obtenidos. Los alumnos entregaron el reporte con la V de Gowin y con estos resultados realizan un ejercicio sobre la selección natural.

**Desarrollo:**

Anestesiarse a las moscas de tipo silvestre y observar sus características morfológicas, anotar las diferencias del macho y las hembras. Anestesiarse las moscas mutantes y describir las características de cada uno de los mutantes en la hoja de registro. Para la evaluación se resolvió el cuestionario propuesto, así como entregar un reporte utilizando la V de Gowin, la cual representa una manera sencilla de entregar un reporte e interviene el razonamiento y la interpretación de los resultados. Los resultados obtenidos en la práctica se utilizaron para realizar un ejercicio sobre la selección natural.

**Cierre:**

Se describieron las mutantes observadas, especificando sus características, se entregó el reporte utilizando la V de Gowin, se realizó un ejercicio sobre la selección natural (anexo 4) y se respondió un cuestionario que se encuentra en la práctica y cuyas respuestas se encuentran analizadas en los siguientes cuadros:

1.- Suponga que estas moscas mutantes se encuentran en la naturaleza. ¿Consideras que estos mutantes estarían en ventaja o desventaja con respecto a las de tipo silvestre?

Respuestas	Equipos
Desventaja	4
Ventaja/desventaja	2

2.- ¿Qué relevancia tienen las mutaciones en la genética?

Respuestas	Equipos
Ayudan al avance científico	6

3.- ¿Qué relación encuentras entre mutación y diversidad?

Respuestas	Equipos
La diversidad depende de las mutaciones	3
La diversidad no tiene relación con las mutaciones	3

4.- Menciona tres factores que favorezcan la expansión de estas mutaciones

Respuestas	Equipos
Reproducción, herencia y genes	3
Reproducción, herencia y agentes Físico-químicos	2
Rayos gama, rayos X, radiación solar	1

5.- Si la mutación de alas regordetas se representa con II – 13.0 dp. ¿qué representa esta clave?

Respuestas	Equipos
Ubicación en los genes y el cromosoma	5
Alas regordetas	1

**Tabla para representar la diversidad de las especies y el proceso de la selección natural.**

No.de eventos	Fecundación (Genotipo)	F-1 (Suma de los Genotipos)	Fenotipos (híbridos de F-1)	E/S
1	1 - 2	3	Alas curvadas Ojos rugosos	S
2	1 - 5	6	Alas curvadas Ojos sepia	E
3	4 - 5	9	Cuerpo negro Ojos sepia	E
4	5 - 5	10	Ojos sepia	E
5	3 - 5	8	Ojos reducidos Ojos sepia	E
6	1 - 4	5	Ojos rugosos Cuerpo negro	E
7	3 - 4	7	Ojos reducidos Cuerpo negro	E
8	1 - 5	6	Alas curvadas Ojos sepia	E
9	2 - 4	6	Ojos rugosos Cuerpo negro	E
10	2 - 2	4	Ojos rugosos	S

## **ACTIVIDAD 2. Lectura y análisis de tres artículos relacionados con las mutaciones.**

Propósitos de aprendizaje:

- La lectura del primer artículo tiene como objetivo que los alumnos valoren la importancia que tienen las mutaciones en la evolución y en la variabilidad biológica.
- En el segundo artículo explicaran la relación que existe entre los mutágenos y la aparición de mutaciones.
- El tercer artículo tiene como finalidad que comprendan que existen varios tipos de mutaciones.

Material:

- Artículo sobre información general de las mutaciones para determinar la importancia que tienen como responsables de la evolución y la biodiversidad.
- Artículo de mutágenos (¿Un error de Einstein sobre el viaje espacial?) con el objetivo de analizar la función de los mutágenos como responsables de la aparición de las mutaciones.
- Artículo de clasificación de las mutaciones, con esta información los alumnos comprenderán que existen varios tipos de mutaciones, principalmente las de punto y las aberraciones cromosómicas.

### **Apertura:**

Las lecturas fueron realizadas de manera separada por los alumnos organizados en seis equipos con cuatro integrantes cada uno y en cada una de las lecturas se realizaron varias actividades como fueron la elaboración de un mapa conceptual, contestar un cuestionario y realizar un ejercicio sobre los diferentes tipos de mutaciones.

**Desarrollo:**

La estrategia comprende la lectura de tres artículos; el primero está relacionado con la información general de las mutaciones, el segundo menciona el papel de los mutágenos y el tercero nos proporciona información sobre la clasificación de las mutaciones.

**Cierre:**

- 1.- En la primera lectura, los alumnos organizados en equipo, elaboraron un mapa conceptual el cual pasaron a exponer en el pizarrón utilizando un acetato y realizándose una discusión grupal.
- 2.- En la segunda lectura se contestó un cuestionario el cual fue discutido por todo el grupo.
- 3.- En la clasificación de las mutaciones la lectura se realizó en todo el grupo y se hicieron dos ejercicios de autoevaluación por equipos para discutirlo en forma grupal (anexo 7).

**ACTIVIDAD 3. Regulación de la expresión genética y síntesis de proteínas.**

Estos recursos están muy relacionados por lo que se desarrollaron de manera secuencial en una misma sesión.

Propósitos de aprendizaje:

- Analiza el papel del material genético en las mutaciones.
- Comprende que los sistemas vivos se perpetúan y mantienen debido a que el DNA tiene la capacidad de replicar su información, transcribirla para producir el RNA y traducirla en la síntesis de proteínas.
- Relaciona que la información genética está controlada por los genes y que un gen controla la producción de una proteína.

- Explicar que cuando se presenta un cambio en la secuencia de bases de un gen, se presenta una mutación y por lo tanto se puede formar una proteína completamente diferente a la original.
- Analizar la importancia que tienen las mutaciones en la variabilidad genética y por consiguiente en la alteración del genotipo.

**Material:**

- Esquema general para presentar la estructura del cromosoma eucarionte, así como los procesos de replicación, transcripción y traducción.
- Lámina de la molécula de DNA ( de 1.45 m.) formada por 66 pares de bases (23 tripletes).
- Fichas de colores, cada una con un triplete diferente; las de color rojo representan a los exones y las de otros colores son los intrones.
- Biodisco (síntesis de proteínas).
- Ribosoma (esquema).
- Código genético.

**Apertura:**

Se organizó al grupo en seis equipos con cuatro integrantes cada uno, proporcionando el material utilizado a cada equipo. La estrategia está dividida en dos partes; la primera corresponde a la regulación de la expresión genética en la cual se analiza el proceso de la transcripción del RNA y la segunda al proceso de traducción o síntesis de proteínas.

**Desarrollo:**

**Primera parte. Regulación de la expresión genética**

Se presenta a los alumnos un acetato en donde se encuentra la estructura del cromosoma eucarionte, la molécula de DNA y la del RNA. Los alumnos analizan cada una de las figuras, poniendo atención a las etapas de replicación, transcripción y traducción; así como al procesamiento del RNA premensajero en donde se cortan los intrones y se unen los exones para formar el RNA cistrónico.

Posteriormente se les presenta a los alumnos una lámina de la molécula de DNA que corresponde a la misma, localizada en el acetato para analizarla con mayor detenimiento, principalmente en su centro control en donde interviene la enzima RNAPolimerasa.

Se organizan los alumnos en seis equipos de cuatro integrantes y se les reparten 14 fichas (tripletes) de diversos colores al azar, para formar la cadena de DNA, escriben esta secuencia y en base a ella obtienen la molécula de RNAm, en la cual eliminan los intrones (fichas de color azul, verde y amarillo) y unen los exones (fichas rojas) para obtener el RNAm cistrónico que sale del núcleo y cuyos tripletes nos indican el codón, cada equipo de alumnos obtiene una molécula de DNA diferente de la original y por lo tanto obtendrán una molécula mutante (Anexo 8)

### **Segunda parte. Síntesis de proteínas**

Para obtener una proteína, se utiliza un biodisco formado por tres discos: el primero presenta una abertura que señala los tripletes del DNA, el RNAm (codón), el RNAt (anticodón) y al final se señalan los aminoácidos correspondientes.

El segundo disco tiene impresos todos los tripletes del código genético: de color azul el DNA, de color rojo el RNAm (codón), de color verde el RNAt (anticodón) y de color fiusa se encuentran señalados las abreviaturas de los aminoácidos. En el tercer disco se encuentran los nombres y abreviaturas de los 20 aminoácidos

Se inicia el proceso tomando como base la secuencia de tripletes del RNAm cistrónico (codón) que obtuvieron los alumnos del DNA y posteriormente localizar en el biodisco la secuencia del RNAt (anticodón) y finalmente obtener los aminoácidos correspondientes (Anexo 9)

Con la ayuda del esquema del ribosoma se van colocando los codones y anticodones con sus aminoácidos correspondientes hasta formar una proteína de acuerdo a la información genética del DNA, analizar los resultados obtenidos comparándolos con el código genético.

Como cada equipo tiene secuencias de DNA diferentes, las proteínas obtenidas serán completamente diferentes.

**Cierre:**

- 1.- Presentar la cadena de DNA y RNAm señalando los colores de las fichas (tripletes) que indican los intrones y exones, representar el corte y empalme para obtener el RNAm cistrónico.
- 2.- Utilizar el biodisco para obtener los aminoácidos correspondientes (síntesis de proteínas) tomando como base la información del RNAm cistrónico, que al final queda formada por 10 tripletes.
- 3.- Escribir en su cuaderno la secuencia de tripletes del DNA, RNAm, RNAt y los aminoácidos (Anexo 11).
- 3.- Utilizando el esquema del ribosoma; colocar los codones y anticodones, así como los aminoácidos correspondientes y auxiliándose del código genético.
- 4.- Contestar por equipo un cuestionario relacionado con la estrategia y discutirlo por todo el grupo. Las respuestas presentadas por los alumnos de las seis preguntas se encuentran en los siguientes cuadros:

1.- ¿Explica cual es la función del DNA y en que consiste la duplicación?.

Respuesta	Equipos
Regular la síntesis de proteínas	6
Conservar la información genética	6

2.- ¿Cuántos tipos de RNA se forman y en que consiste la replicación?

Respuesta	Equipos
RNAm, RNAt y RNAr	6
El DNA forma al RNA	1
Sin respuesta	5

3.- ¿En que consiste la regulación de la expresión genética?

Respuesta	Equipos
Se quitan segmentos del DNA	5
Maduración del RNA	1

4.- ¿Cómo se realiza la síntesis de proteínas?

Respuesta	Equipos
Se unen los aminoácidos en el ribosoma	4
Se forman nuevas proteínas	2

5.- ¿Qué es el código genético?

Respuesta	Equipos
Cada triplete del ARNm corresponde a un aminoácido	2
La relación del codón con el aminoácido	1
Secuencia de las bases con los aminoácidos	1
Los tripletes están en relación con el individuos	1
Los tripletes del DNA y sus aminoácidos	1

6.- ¿Cómo se relaciona esta actividad con las mutaciones?

Respuesta	Equipos
Cambios del DNA forman proteínas diferentes	3
Cambios en el DNA provoca mutaciones	2
Los genes generan proteínas	1

## CAPÍTULO 8. RESULTADOS:

Para evaluar las estrategias de enseñanza-aprendizaje se utilizó el instrumento de evaluación constituido con veinte reactivos de opción múltiple, así como la resolución de cuestionarios, reporte con la **V** de Gowin, ejercicio sobre selección natural, ejercicio sobre la descripción de mutantes, elaboración de un mapa conceptual, ejercicios de autoevaluación, elaboración de una cadena de DNA señalando los intrones y exones. También se formó una secuencia de aminoácidos utilizando el biodisco.

Los veinte reactivos de opción múltiple se aplicaron a dos grupos de alumnos que fueron catalogados como grupo testigo y grupo experimental. El instrumento de evaluación fue aplicado como un pretest y postest a los dos grupos de alumnos y los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente con el objeto de tener valores cuantitativos que especifiquen las diferencias significativas que puedan existir en las respuestas correctas. Los resultados cualitativos se obtuvieron al constatar el trabajo grupal y la participación en la realización de los diversos ejercicios que se realizaron durante la aplicación de las estrategias utilizadas.

Las pruebas estadísticas utilizadas para realizar los resultados cuantitativos obtenidos al aplicar el pretest y el postest fueron: Prueba de **t** de Student, chi cuadrada, media, error estándar, ANOVA y prueba de Bonferroni.

Los resultados obtenidos fueron analizados en nueve etapas; en la primera etapa se aplicó el cuestionario de opción múltiple como un pretest a los grupos testigo y experimental **antes** de la revisión del tema de mutaciones, al analizar los resultados de las repuestas correctas que contestaron los alumnos de los dos grupos en este **postest** se encontró que los respuestas eran muy similares, lo que nos indica que el grupo testigo y experimental no presentan diferencias en el grado de conocimientos.

Para obtener un dato cuantitativo sobre estos resultados, se les aplicó la prueba estadística de **t** de Student y la chi cuadrada, cuyos resultados se presentan en la tabla I.

**Tabla I;** Prueba de **t** de Student y  $X^2$  aplicadas a los resultados obtenidos en el **Pretest**, con las respuestas correctas e incorrectas del grupo Testigo y Experimental.

Pregunta	Pretest				
	Testigo		Experiment.		Diag.
	Corr.	Inco.	Corr.	Inco.	$X^2$
1	8	15	9	14	ns
2	4	19	9	14	ns
3	13	10	15	8	ns
4	5	18	6	17	ns
5	6	17	10	13	ns
6	7	16	14	9	*
7	2	21	1	22	ns
8	3	20	7	16	ns
9	5	18	5	18	ns
10	9	14	14	9	ns
11	8	15	4	19	ns
12	0	23	3	20	ns
13	9	14	6	17	ns
14	4	19	3	20	ns
15	6	17	6	17	ns
16	12	11	11	12	ns
17	3	20	4	19	ns
18	1	22	9	14	*
19	2	21	2	21	ns
20	8	15	12	11	ns

T de Student = 1.47      gl. = 38      P = 0.1

\*  $X^2_{(1)(0.05)} = 3.84$

La diferencia encontrada entre los dos grupos es **No significativa**, lo que nos indica que ambos grupos presentan el mismo nivel de conocimientos y que por lo

tanto presentan las condiciones adecuadas para iniciar el estudio de aplicar las estrategias propuestas.

En la segunda etapa se analizaron los resultados obtenidos **después** de aplicar las estrategias de enseñanza-aprendizaje al grupo experimental, este **postest** se aplicó a los dos grupos con que se trabajó en este proyecto (testigo y experimental), los resultados obtenidos se presentan en la tabla II en donde se encuentra que existen diferencias significativas en doce preguntas cuando se aplicó la t de Student y la chi cuadrada.

**Tabla II;** Prueba de t de Student y  $X^2$  aplicadas al **Postest**, del grupo Testigo y Experimental con las respuestas correctas e incorrectas.

Pregunta	Postest				
	Testigo		Experiment.		Diag.
	Corr.	Inco.	Corr.	Inco.	$X^2$
1	11	12	12	11	ns
2	8	15	22	1	*
3	14	9	18	5	ns
4	10	13	2	21	*
5	12	11	7	16	ns
6	9	14	18	5	*
7	1	22	20	3	*
8	4	19	14	9	*
9	13	10	18	5	ns
10	18	5	15	8	ns
11	9	14	16	7	*
12	1	22	12	11	*
13	9	14	20	3	*
14	2	21	10	13	*
15	11	12	13	10	ns
16	14	9	16	7	ns
17	2	21	8	15	*
18	1	22	12	11	*
19	2	21	4	19	ns
20	13	10	23	0	*

T de Student = 3.39      gl. = 38      P = 0.001

\*  $X^2_{(1)(0.05)} = 3.84$

La diferencia encontrada entre los dos grupos **es significativa** ya que existen 12 preguntas que contestaron favorablemente los alumnos del grupo experimental. En la tercera etapa se compararon los resultados obtenidos al aplicar el instrumento de evaluación como pretest y postest al grupo **testigo**, el cual desarrolló el tema de mutaciones sin utilizar las estrategias propuestas, los resultados se presentan en la tabla III al aplicar la t de Student y la chi cuadrada.

**Tabla III;** Prueba de t de Student y chi cuadrada ( $X^2$ ) aplicadas a los resultados obtenidos en el grupo **testigo** en el Pretest y el Postest.

Pregunta	Testigo				Diag. $X^2$
	Pretest		Postest		
	Corr.	Inco.	Corr.	Inco.	
1	8	15	11	12	ns
2	4	19	8	15	ns
3	13	10	14	9	ns
4	5	18	10	13	ns
5	6	17	12	11	ns
6	7	16	9	14	ns
7	2	21	1	22	ns
8	3	20	4	19	ns
9	5	18	13	10	*
10	9	14	18	5	*
11	8	15	9	14	ns
12	0	23	1	22	ns
13	9	14	9	14	ns
14	4	19	2	21	ns
15	6	17	11	12	ns
16	12	11	14	9	ns
17	3	20	2	21	ns
18	1	22	1	22	ns
19	2	21	2	21	ns
20	8	15	13	10	ns

T de Student = 1.82      gl. = 38      P = 0.1

\*  $X^2_{(1)(0.05)} = 3.84$

La diferencia encontrada entre los dos grupos es **No significativa** ya que prácticamente los alumnos no presentaron un aprendizaje cuando concluyeron el tema de mutaciones.

En la cuarta etapa se analizaron los resultados obtenidos al aplicar el pretest y el posttest al grupo **experimental** en el cual se aplicaron las estrategias de enseñanza aprendizaje elaboradas para desarrollar el tema de mutaciones. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla IV.

**Tabla IV;** Prueba de **t** de Student y  $X^2$  aplicadas a los resultados obtenidos en el grupo **Experimental** en el Pretest y Posttest.

Pregunta	Experimental				
	Pretest		Posttest		Diag.
	Corr.	Inco.	Corr.	Inco.	$X^2$
1	9	14	12	11	ns
2	9	14	22	1	*
3	15	8	18	5	ns
4	6	17	2	21	ns
5	10	13	7	16	ns
6	14	9	18	5	ns
7	1	22	20	3	*
8	7	16	14	9	*
9	5	18	18	5	*
10	14	9	15	8	ns
11	4	19	16	7	*
12	3	20	12	11	*
13	6	17	20	3	*
14	3	20	10	13	*
15	6	17	13	10	*
16	11	12	16	7	ns
17	4	19	8	15	ns
18	9	14	12	11	ns
19	2	21	4	19	ns
20	12	11	23	0	*

T de Student = 4.07      gl. = 38      P = 0.001

\*  $X^2_{(1)(0.05)} = 3.84$

La diferencia encontrada entre los dos grupos **es significativa** lo cual indica que las estrategias aplicadas a este grupo de alumnos lograron que se presentara un aprendizaje significativo ya que se presentaron resultados favorables en 10 de las preguntas.

Como quinta etapa para el análisis de resultados se realizó la comparación de las respuestas correctas e incorrectas obtenidas por los alumnos en el grupo testigo y el grupo experimental al aplicar el pretest y el postest, también se calculó el porcentaje correspondiente. Tomando en cuenta los resultados obtenidos se utilizó la prueba de chi cuadrada ( $X^2$ ) con un valor de alfa de 0.05, probabilidad de 0.05 y  $gl = 3$ , encontrándose un valor de 7.81 por lo que se presentaron diferencias significativas en 11 preguntas, lo que nos indica que en general las estrategias propuestas si lograron que los alumnos adquirieran un aprendizaje significativo ya que en las discusiones grupales se comprobó que su conocimiento sobre las mutaciones se modifico de manera positiva.

Los resultados obtenidos se presentan en la **tabla V** en donde se encuentran todos los valores obtenidos al aplicar el instrumento de evaluación.

Con los resultados obtenidos en la tabla V se elaboró una gráfica general (**gráfica 1**) en la cual se presentan con columnas de diferentes colores los resultados que se obtuvieron en cada una de las veinte preguntas de opción múltiple al aplicar el pretest y el postest en el grupo testigo y el grupo experimental. Se utilizó un asterisco para señalar las preguntas en las cuales se presentó una diferencia significativa al aplicar la prueba de chi cuadrada ( $X^2$ ). En la gráfica 1 se utilizaron como valores el número de pregunta y las respuestas correctas.

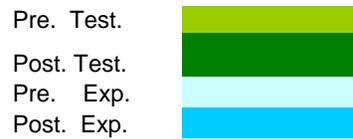
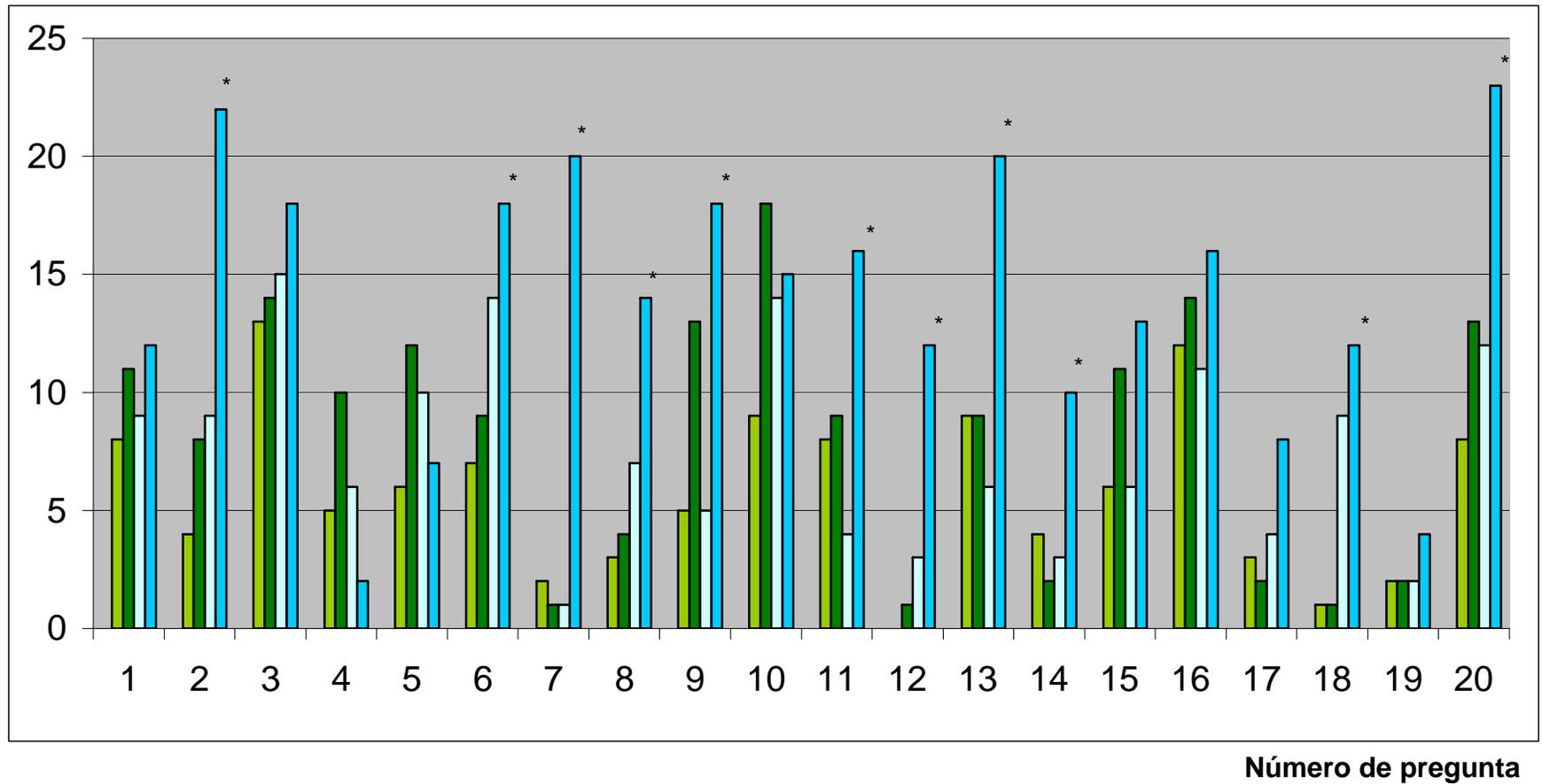
Tabla V; Prueba de  $X^2$  aplicada a los resultados obtenidos en el pretest y postest del grupo testigo y experimental.

Pregunta	TESTIGO								EXPERIMENTAL								( $X^2$ ) Diagnóstico
	Pretest				Postest				Pretest				Postest				
	Corr.	(%)	Incorr.	(%)	Corr.	(%)	Incorr.	(%)	Corr.	(%)	Incorr.	(%)	Corr.	(%)	Incorr.	(%)	
1	8	35	15	65	11	48	12	52	9	39	14	61	12	52	11	48	ns
2	4	17	19	83	8	35	15	65	9	39	14	61	22	96	1	4	p < 0.05
3	13	57	10	43	14	61	9	39	15	65	8	35	18	78	5	22	ns
4	5	22	18	78	10	43	13	57	6	26	17	74	2	9	21	91	ns
5	6	26	17	74	12	52	11	48	10	43	13	57	7	30	16	70	ns
6	7	30	16	70	9	39	14	61	14	61	9	39	18	78	5	22	p < 0.05
7	2	9	21	91	1	4	22	96	1	4	22	96	20	87	3	13	p < 0.05
8	3	13	20	87	4	17	19	83	7	30	16	70	14	61	9	39	p < 0.05
9	5	22	18	78	13	57	10	43	5	22	18	78	18	78	5	22	p < 0.05
10	9	39	14	61	18	78	5	22	14	61	9	39	15	65	8	35	ns
11	8	35	15	65	9	39	14	61	4	17	19	83	16	70	7	30	p < 0.05
12	0	0	23	100	1	4	22	96	3	13	20	87	12	52	11	48	p < 0.05
13	9	39	14	61	9	39	14	61	6	26	17	74	20	87	3	13	p < 0.05
14	4	17	19	83	2	9	21	91	3	13	20	87	10	43	13	57	p < 0.05
15	6	26	17	74	11	48	12	52	6	26	17	74	13	57	10	43	ns
16	12	52	11	48	14	61	9	36	11	48	12	52	16	70	7	30	ns
17	3	13	20	87	2	9	21	91	4	17	19	83	8	35	15	65	ns
18	1	4	22	96	1	4	22	96	9	39	14	61	12	52	11	48	p < 0.05
19	2	9	21	91	2	9	21	91	2	9	21	91	4	17	19	83	ns
20	8	35	15	65	13	57	10	43	12	52	11	48	23	100	0	0	p < 0.05

Alfa=0.05

$$X^2_{(1)(0.05)}=7.8$$

## Respuestas correctas



**Gráfica 1.** Número de alumnos con respuestas correctas obtenidas en las 20 preguntas  
 Chi cuadrada con alfa = 0.05 y P = 0.05  
 \*Diferencias Significativas.

En la sexta etapa se calculó el promedio aritmético ( $\bar{X}$ ) y el error estándar de los resultados obtenidos al aplicar el pretest y postest al grupo testigo y al grupo experimental. Estos resultados se presentan en la tabla VI.

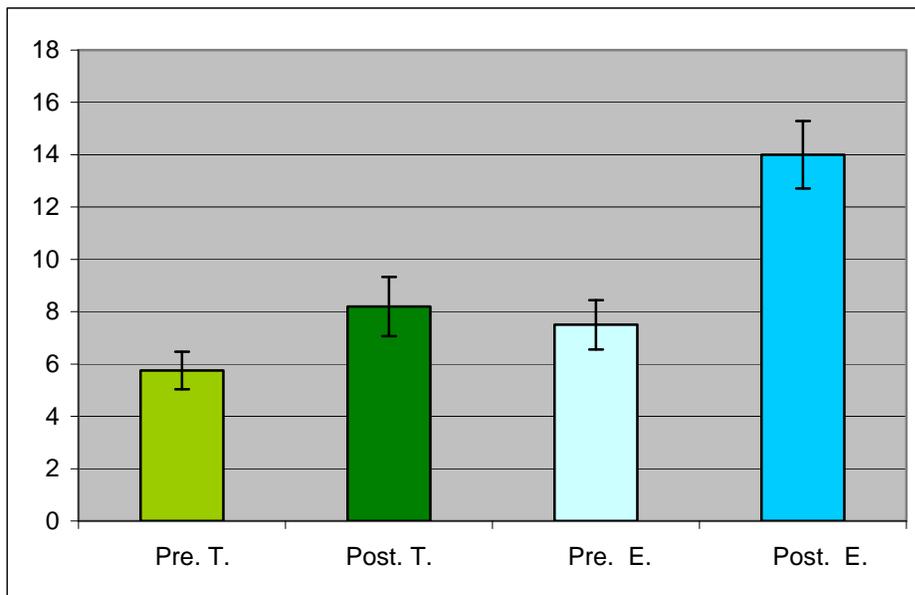
**Tabla VI;** Media y error estándar del pretest y postest de los dos grupos.

	TESTIGO		EXPERIMENTAL	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest
Media ( X )	5.75	8.2	7.5	14
E. E. ( Sx )	0.72	1.13	0.94	1.29

Promedios ( $\bar{X} \pm ee$ )

Los resultados obtenidos en la tabla VI se utilizaron para elaborar la gráfica 2 en donde se señala la media obtenida al aplicar el pretest y postest al grupo testigo (T) y al grupo experimental (E). En la parte superior de cada barra se encuentra señalado el error estándar.

$\bar{X} \pm ee$



Instrumento de Ev.

**Gráfica 2.** Se presentan los promedios ( $\bar{X} \pm ee$ ) de las respuestas correctas. La séptima etapa consistió en aplicar la prueba de ANOVA de una vía a los resultados presentados en la tabla V con el objeto de considerar la variación de los datos y comparar la estimación de la varianza al interior de las muestras. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla VII.

**Tabla VII.** Resultados del ANOVA de una vía para comparar las respuestas correctas entre los grupos testigo y experimental.

Fuente de varianza	SS	gl	MS	F
Entre muestras	767.54	3	255.85	11.19
Dentro de las muestras	1736.95	76	22.85	
<b>Total</b>	<b>2508.0</b>	<b>79</b>		

Se obtuvieron diferencias significativas con  $P < 0.05$

El valor crítico tabulado de  $2.73 < 11.19$

En la octava etapa se determinó la existencia real de las diferencias significativas en cada grupo en el que se aplicó el pretest y el postest, se utilizó la prueba de Bonferroni cuyos resultados se presentan en la tabla VIII.

**Tabla VIII.** Prueba de Bonferroni. Comparación de diferencias mínimas Significativas.

	Medias Muéstrales			
	<b>5.75</b>	<b>7.5</b>	<b>8.2</b>	<b>14</b>
<b>5.75</b>	0	1.75	2.45	<b>8.25</b>
<b>7.5</b>	- 1.75	0	0.7	<b>6.5</b>
<b>8.2</b>	- 2.45	- 0.7	0	<b>5.8</b>
<b>14</b>	- <b>8.25</b>	- <b>6.5</b>	- <b>5.8</b>	0

La diferencia crítica (DC) obtenida = 4

Existen diferencias significativas en  $\bar{X} = 14$

Por último (novena etapa) se realizó el análisis de cada una de las 20 preguntas de opción múltiple que fueron aplicadas al grupo testigo y al experimental como un pretest y postest. La respuesta correcta de cada pregunta está señalada en negritas y con un asterisco en el inciso correspondiente. A las respuestas correctas de cada pregunta se les aplicó la prueba de chi cuadrada ( $\chi^2$ ), se encontraron nueve preguntas con diferencias **no significativas** ( $p > 0.05$ ) y 11 preguntas con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), estos resultados concuerdan perfectamente con los que se presentan en la tabla V. Los resultados de las 20 preguntas se presentan en la tabla IX.

**Tabla IX.** Respuestas correctas de cada una de las opciones de las 20 preguntas durante la aplicación del Pretest y el Postest del grupo Testigo y experimental.

Pregunta 1	Grupo Testigo			Grupo Experimental		$\chi^2$
	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	5	6	5	1	
	b	8	3	8	8	
	<b>c*</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>P&gt;0.05</b>
	d	2	3	1	2	
Pregunta 2	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	5	6	5	1	
	<b>b*</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>22</b>	<b>P&lt;0.05</b>
	c	3	1	0	0	
	d	11	8	9	0	
Pregunta 3	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	3	1	2	3	
	b	4	5	6	2	
	c	3	3	0	0	
	<b>d*</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>P&gt;0.05</b>

Pregunta 4	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	<b>a*</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>P&gt;0.05</b>
	b	15	12	13	19	
	c	2	0	0	0	
	d	1	1	4	2	
Pregunta 5	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	<b>a*</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>P&gt;0.05</b>
	b	7	6	7	7	
	c	4	3	3	4	
	d	6	2	3	5	
Pregunta 6	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	5	6	2	3	
	b	6	1	1	0	
	c	5	7	6	2	
	<b>d*</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>P&lt;0.05</b>
Pregunta 7	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	16	14	14	1	
	b	4	3	5	0	
	<b>c*</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>P&lt;0.05</b>
	d	1	5	3	2	
Pregunta 8	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	12	17	6	6	
	<b>b*</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>P&lt;0.05</b>
	c	5	0	3	0	
	d	3	2	7	3	

Pregunta 9	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	11	6	7	4	
	b	4	3	10	1	
	<b>c*</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>P&lt;0.05</b>
	d	3	1	1	0	
Pregunta 10	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	2	0	1	0	
	b	2	1	2	8	
	<b>c*</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>P&gt;0.05</b>
	d	10	4	6	0	
Pregunta 11	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	<b>a*</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>P&lt;0.05</b>
	b	5	5	10	5	
	c	4	7	7	1	
	d	6	2	2	1	
Pregunta 12	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	13	10	5	7	
	b	8	12	15	4	
	<b>c*</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>P&lt;0.05</b>
	d	2	0	0	0	
Pregunta 13	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	4	7	8	0	
	b	5	2	5	0	
	c	5	5	4	3	
	<b>d*</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>20</b>	<b>P&lt;0.05</b>

Pregunta 14	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	0	1	2	1	
	<b>b*</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>P&lt;0.05</b>
	c	1	3	6	1	
	d	18	17	12	11	
Pregunta 15	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	<b>a*</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>P&gt;0.05</b>
	b	7	1	9	5	
	c	8	7	6	1	
	d	2	4	2	4	
Pregunta 16	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	2	0	4	7	
	b	6	4	5	0	
	<b>c*</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>P&gt;0.05</b>
	d	3	5	3	0	
Pregunta 17	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	6	0	0	3	
	<b>b*</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>P&gt;0.05</b>
	c	7	11	12	1	
	d	7	10	7	11	
Pregunta 18	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	8	8	4	0	
	b	10	11	9	11	
	c	4	3	1	0	
	<b>d*</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>P&lt;0.05</b>

Pregunta 19	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	a	5	5	2	1	
	b	12	15	14	17	
	c	4	1	5	1	
	<b>d*</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>P&gt;0.05</b>
Pregunta 20	Inciso	Pret.	Post.	Pret.	Post.	
	<b>a*</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>23</b>	<b>P&lt;0.05</b>
	b	5	3	2	0	
	c	2	4	3	0	
	d	8	3	6	0	

$X^2_{(1)(0.05)} = 7.81$ ,  $P < 0.05$  Diferencia Significativa,  $P > 0.05$  No Significativa

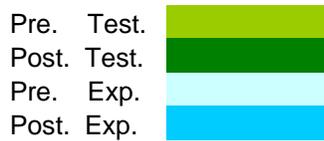
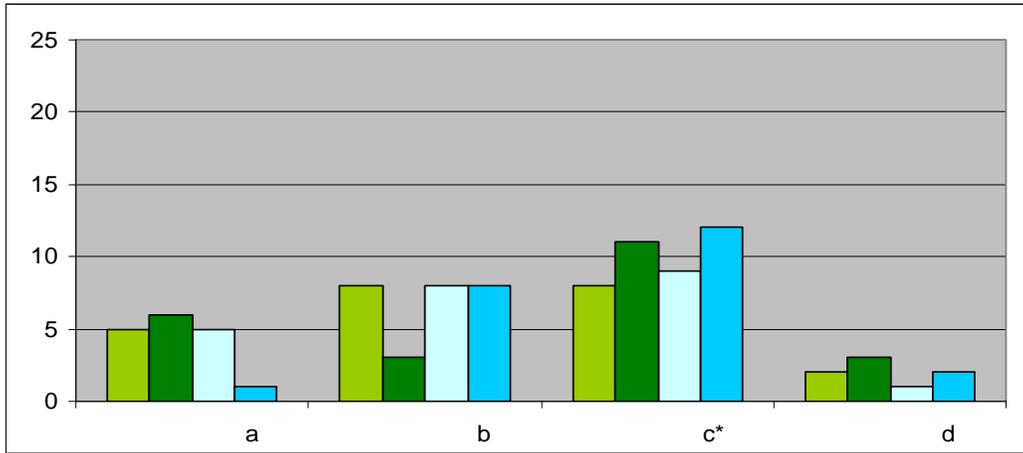
\* **Respuesta correcta**

**Las gráficas 3 – 22** corresponden a cada una de las preguntas cuyos datos se presentaron anteriormente (tabla IX), en estas gráficas se encuentra en la parte superior la pregunta con los incisos correspondientes. Cada bloque de barras indica el número de respuestas correctas que presentaron los alumnos del grupo testigo y control cuando se les aplicó el pretest y el postest, la altura de cada barra indica el número de respuestas correctas. El asterisco señala la respuesta correcta y se indica cuando se rechaza o no la hipótesis nula.

**Pregunta 1**

Uno de los factores que modifica la frecuencia de los genes en los organismos es la mutación aunque la frecuencia con que se presenta es :

- a) Constante
- b) Dependiente
- c) Muy baja
- d) Independiente



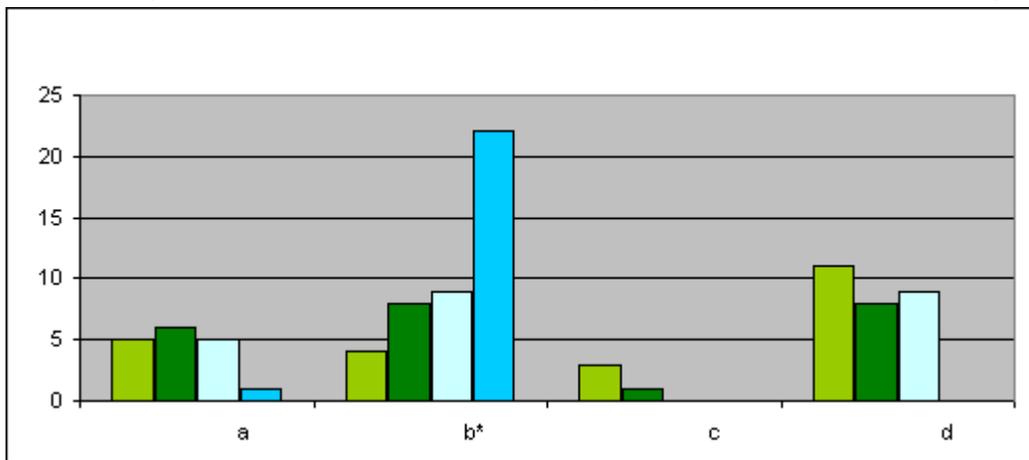
**GRÁFICA 3**

Existe aumento en el grupo experimental, pero la diferencia no es significativa ( ns )

**Pregunta 2**

Una mutación es un cambio en la secuencia de bases en el DNA, que entre otros factores, puede ser originada por:

- a) Absorción de nuevas sustancias por la célula
- b) Error en el apareamiento de bases del DNA
- c) Error en el apareamiento de fosfatos del DNA
- d) Absorción de nuevas moléculas por la célula



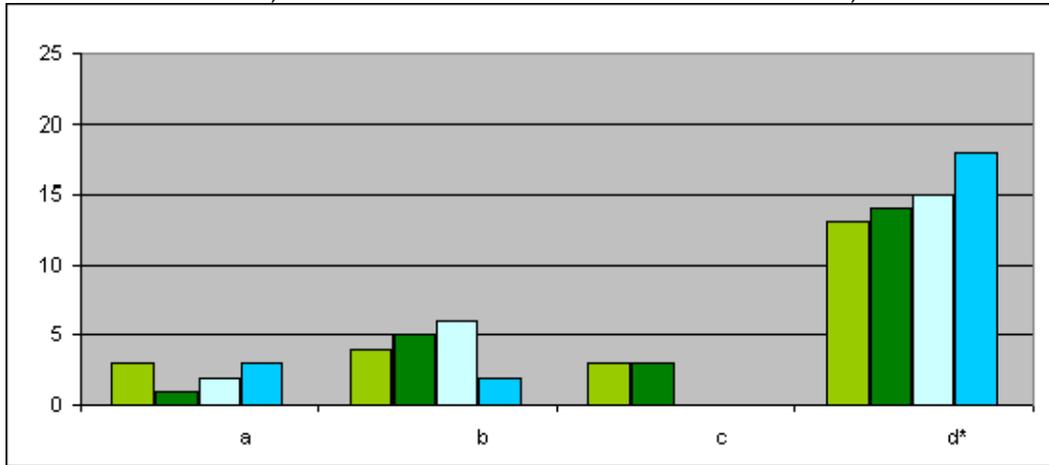
**GRÁFICA 4**

Se rechaza la Ho ( P < 0.05 ). La diferencia es significativa.

**Pregunta 3**

Los cambios en el material de la herencia que ocurren aleatoriamente, de manera espontánea o inducida que alteran la frecuencia de alelos en una población, reciben el nombre de:

- a) Mutágeno
- b) Alteración
- c) Transformación
- d) Mutación



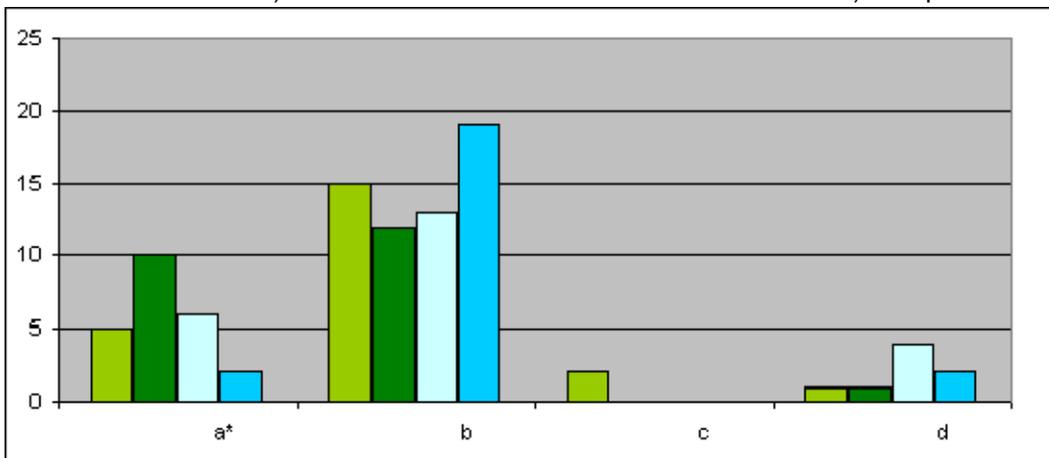
**GRÁFICA 5**

La diferencia no es significativa (ns) por lo que no se rechaza la Ho.

**Pregunta 4**

Algunas mutaciones se originan por un proceso en el cual un gen o un cromosoma sufren un cambio estructural, dando como resultado que los descendientes puedan presentar diferencias en :

- a) Un aspecto mutante
- b) El número de cromosomas
- c) El nivel de ploidía
- d) Una parte de sus células mutantes



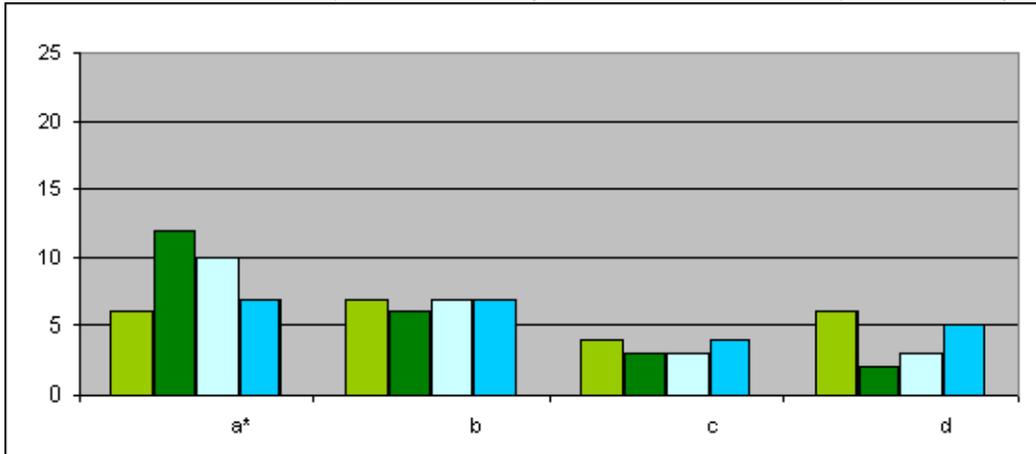
**GRÁFICA 6**

No existe diferencia significativa, por lo que no se rechaza la Ho (ns).

**Pregunta 5**

Las mutaciones presentan varias características, dos de las cuales son:

- a) Heredabilidad y continuidad
- b) Discontinuidad y heredabilidad
- c) Heredabilidad y estabilidad
- d) Intercambio y heredabilidad



Pre. Test.   
 Post. Test.   
 Pre. Exp.   
 Post. Exp.

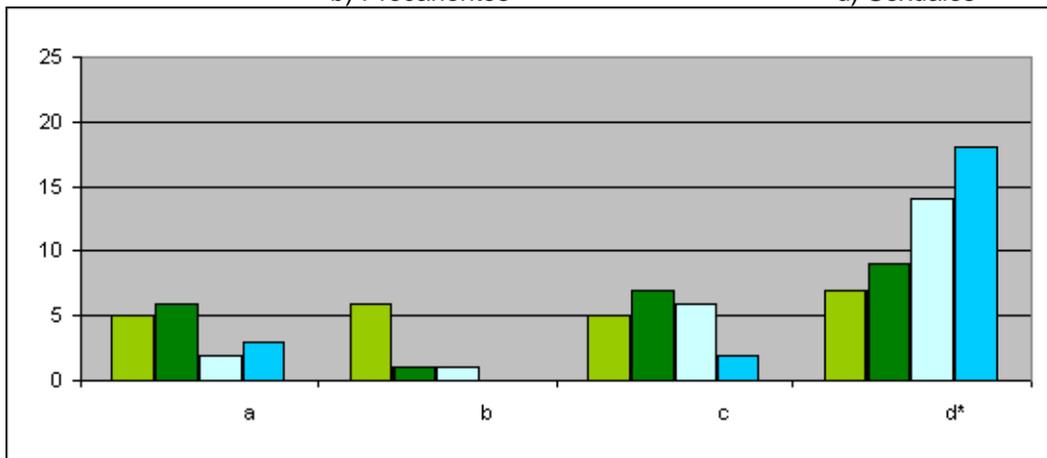
**GRÁFICA 7**

La diferencia no es significativa y por lo tanto no se rechaza la  $H_0$  (ns).

**Pregunta 6**

Las mutaciones aparecen a nivel individual, pero para que se puedan extender a todos los organismos de una especie se tienen que presentar en células:

- a) Somáticas
- b) Procariontes
- c) Eucariontes
- d) Sexuales



Pre. Test.   
 Post. Test.   
 Pre. Exp.   
 Post. Exp.

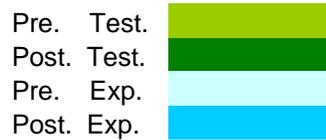
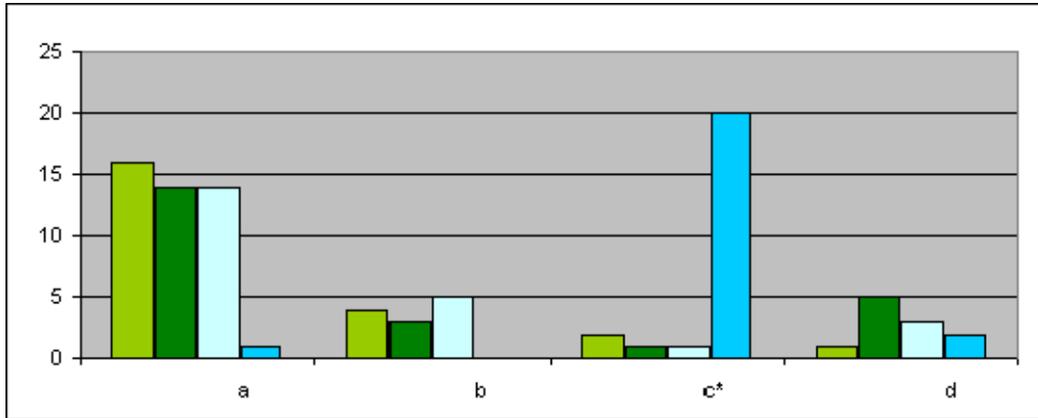
**GRÁFICA 8**

Se rechaza la  $H_0$  y por lo tanto la diferencia es significativa ( $p < 0.05$ ).

**Pregunta 7**

Un gen corresponde a un fragmento de DNA en el que se encuentra una determinada secuencia de nucleótidos los cuales tienen la información necesaria para codificar a las:

- a) Células
- b) Moléculas
- c) Proteínas
- d) Mutaciones



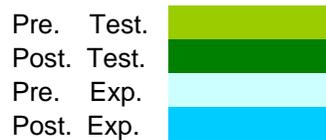
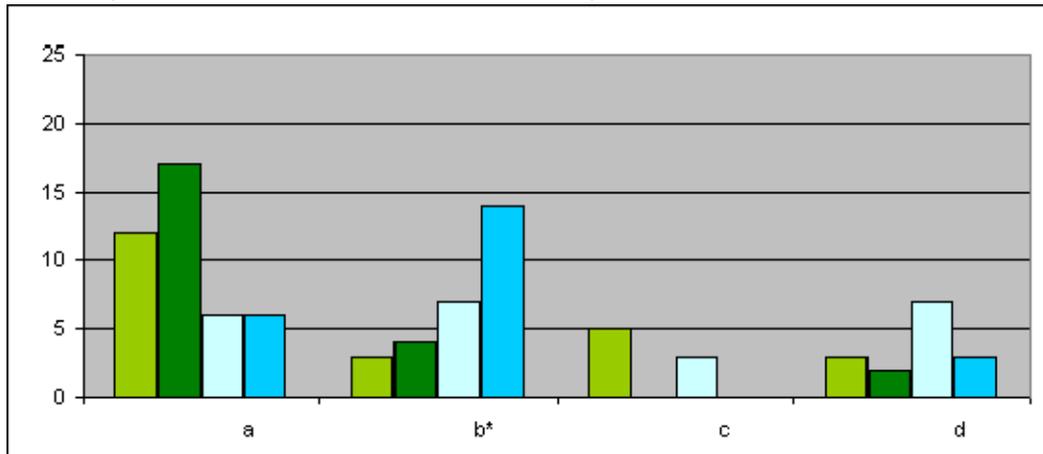
**GRÁFICA 9**

La diferencia es significativa y se rechaza la Ho ( $p < 0.05$ ).

**Pregunta 8**

Los virus que infectan a las células eucariontes alterando su DNA y produciendo mutaciones, reciben el nombre de:

- a) Protovirus
- b) Retrovirus
- c) Bacteriófago
- d) Virales



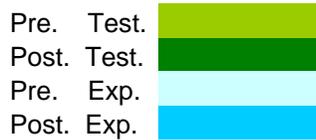
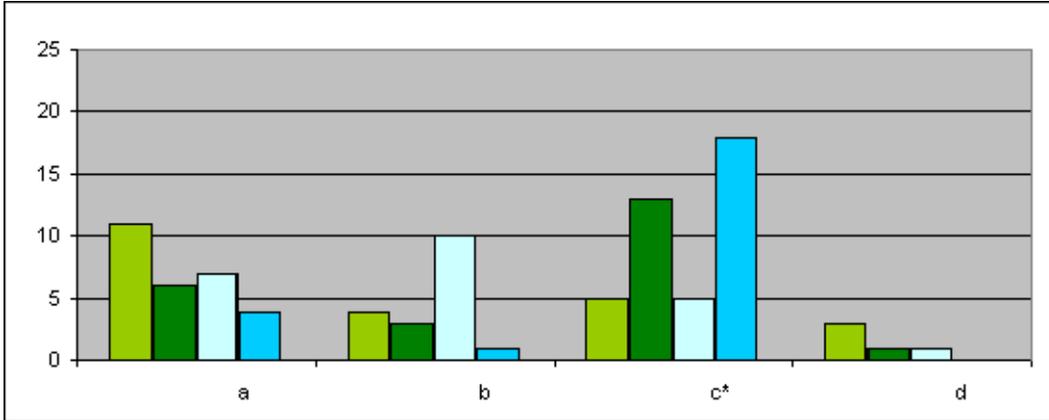
**GRÁFICA 10**

La diferencia es significativa por lo que se rechaza la Ho ( $p < 0.05$ ).

**Pregunta 9**

Proteína que participa en la reparación de los errores que se presentan durante la replicación del DNA corresponde a la:

- a) Endonucleasa
- b) Ligasa
- c) Polimerasa
- d) Polioxidasa

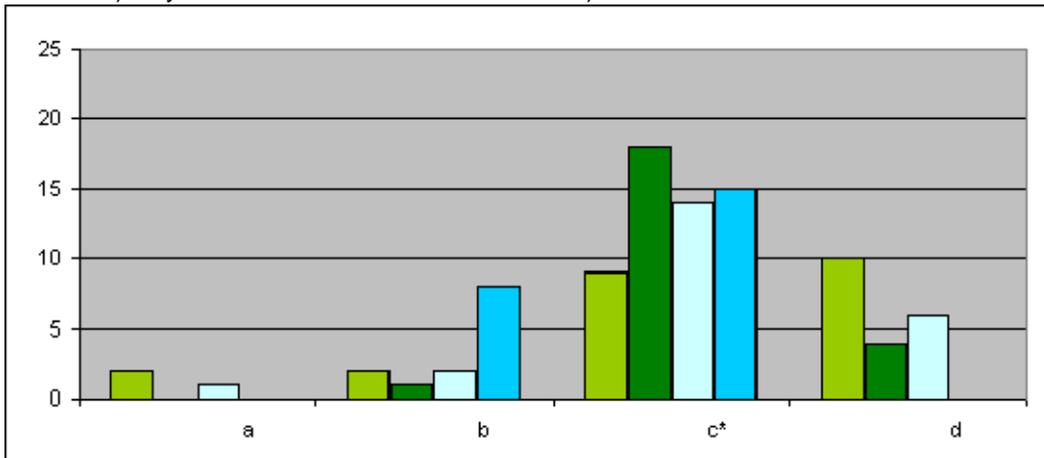


**GRÁFICA 11**  
Se rechaza la Ho, la diferencia es significativa ( $P < 0.05$ )

**Pregunta 10**

Los factores físicos, químicos o biológicos capaces de producir mutaciones corresponden a:

- a) Temperatura
- b) Rayos X
- c) Mutágenos
- d) Toxinas

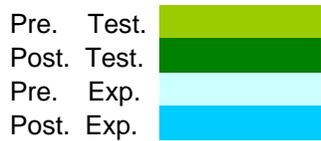
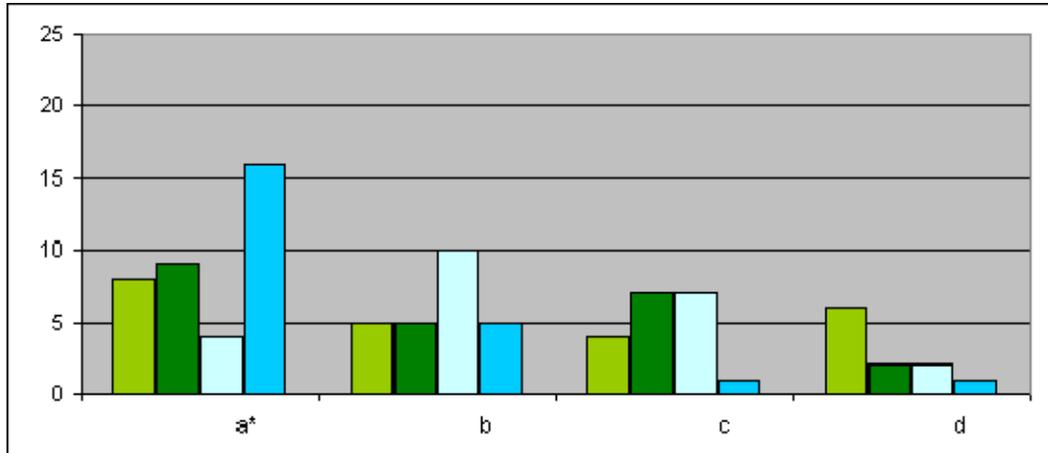


**GRÁFICA 12**  
La diferencia no es significativa por lo que no se rechaza la Ho (**ns**)

**Pregunta 11**

Las mutaciones pueden ser espontáneas o inducidas y se clasifican por el tipo de células donde ocurren en:

- a) Somáticas y germinales
- b) Sexuales y reproductoras
- c) Procariontes y eucariontes
- d) Animal y vegetal



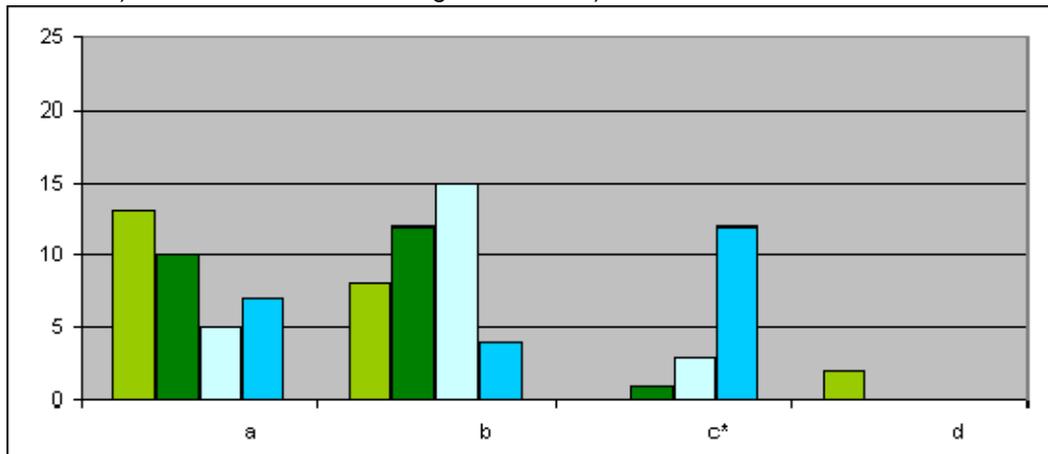
**GRÁFICA 13**

Se rechaza la  $H_0$  ( $p < 0.05$ ), por lo que la diferencia es significativa.

**Pregunta 12**

Una mutación de punto es aquella que altera a la molécula del DNA en:

- a) La secuencia de sus nucleótidos
- b) La información de varios genes
- c) Sólo una base
- d) Sólo un codón



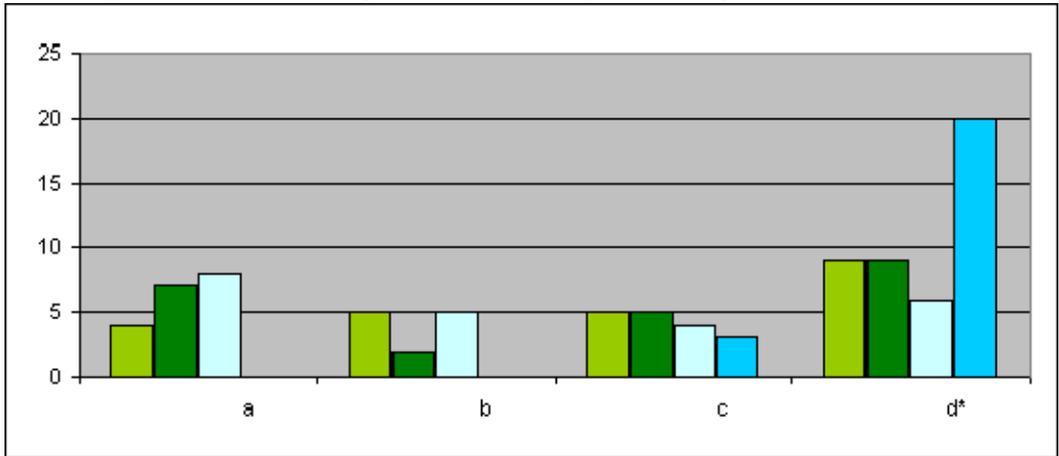
**GRÁFICA 14**

La diferencia entre los grupos es significativa por lo que se rechaza la  $H_0$  ( $p < 0.05$ ).

**Pregunta 13**

Son ejemplos de mutaciones génicas ligadas a cromosomas sexuales:

- a) Síndrome celular y polidactilia
- b) Síndrome somático y hemofilia
- c) Poliploidía y daltonismo
- d) Hemofilia y daltonismo



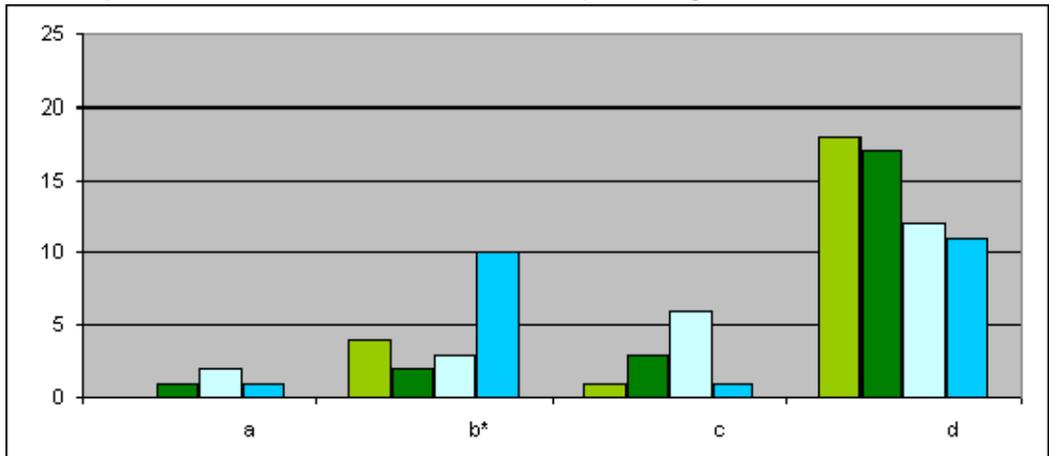
**GRÁFICA 15**

Se rechaza la  $H_0$ , la diferencia es significativa ( $p < 0.05$ ).

**Pregunta 14**

Algunas mutaciones se originan por la alteración de la forma en los cromosomas, por lo que en general reciben el nombre de:

- a) Puntuales
- b) Aberraciones
- c) Letales
- d) Morfológicas



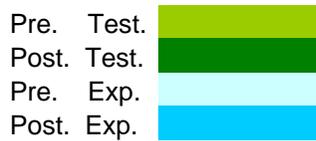
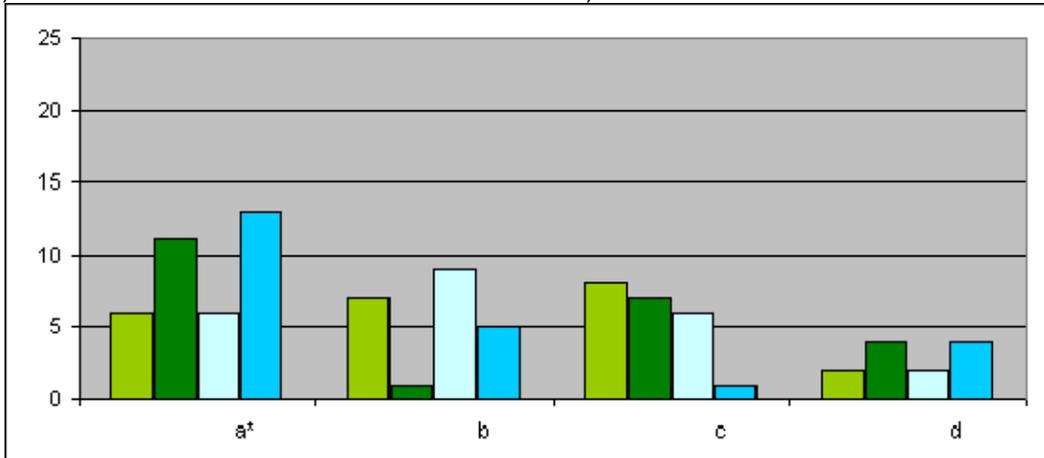
**GRÁFICA 16**

Se rechaza la  $H_0$  ( $p < 0.05$ ), la diferencia es significativa

**Pregunta 15**

Algunos síndromes se forman durante la meiosis cuando los cromosomas no se separan adecuadamente (no disyunción), dando como resultado:

- a) Variación en el número de cromosomas
- b) Alteración en la forma de los cromosomas
- c) Cambios en la secuencia del DNA
- d) Unión de varios cromosomas



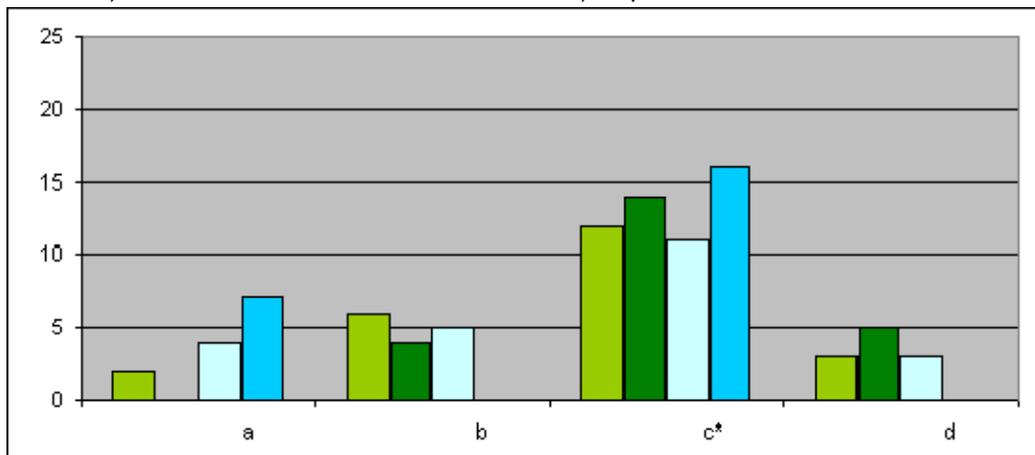
**GRÁFICA 17**

No se rechaza la  $H_0$  ya que la diferencia no es significativa (**ns**)

**Pregunta 16**

En algunos organismos se pueden presentar números cromosómicos múltiples del básico, este tipo de mutación recibe el nombre de:

- a) Aneuploidía
- b) Monosomía
- c) Poliploidía
- d) Haploidía



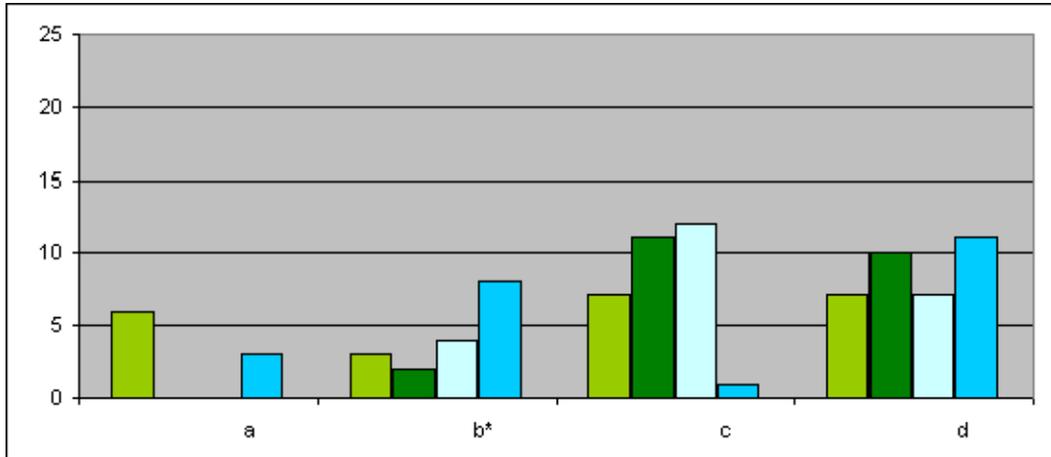
**GRÁFICA 18**

No se rechaza la  $H_0$ , por lo que la diferencia no es significativa (**ns**).

**Pregunta 17**

Mutación estructural en la que se cambia o altera el orden de la secuencia original de varios genes en un cromosoma:

- a) Delección
- b) Inversión
- c) Duplicación
- d) Translocación



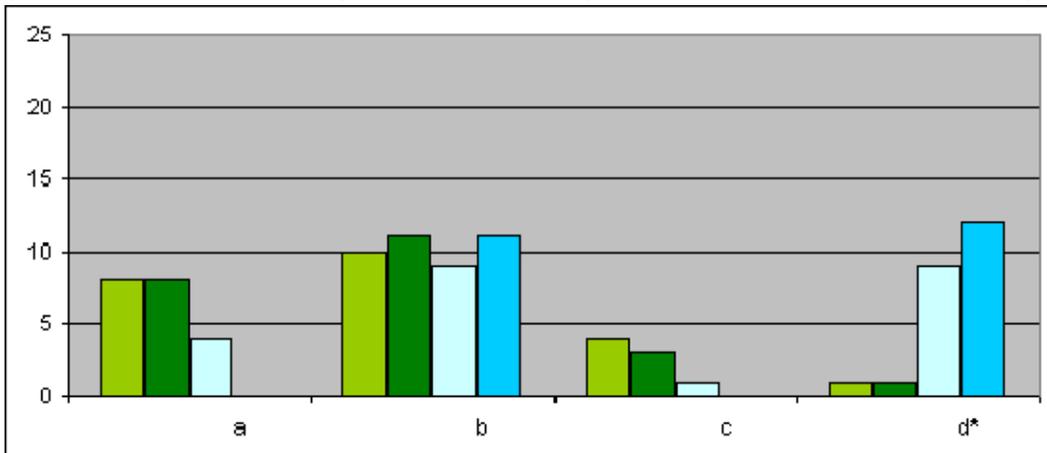
**GRÁFICA 19**

No se rechaza la  $H_0$  y la diferencia no es significativa (**ns**).

**Pregunta 18**

El Síndrome de Down se caracteriza por presentar varias alteraciones externas en un individuo y es originado por la:

- a) Falta un cromosoma en el par 18
- b) Falta un cromosoma en el par 21
- c) Existe un cromosoma de más en el par 18
- d) Existe un cromosoma de más en el par 21



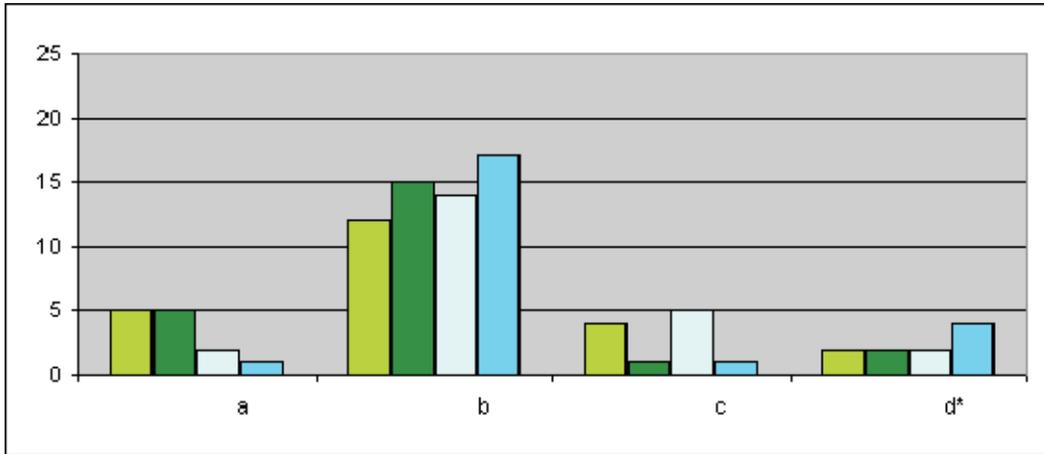
**GRÁFICA 20**

Se rechaza la  $H_0$  y la diferencia presentada es significativa, ( **$p < 0.05$** ).

**Pregunta 19**

Las fuerzas reguladoras de las variaciones genéticas en los organismos son:

- a) Mutación y selección natural
- b) Mutación y selección natural
- c) Mutación y recombinación
- d) Mutación y selección natural

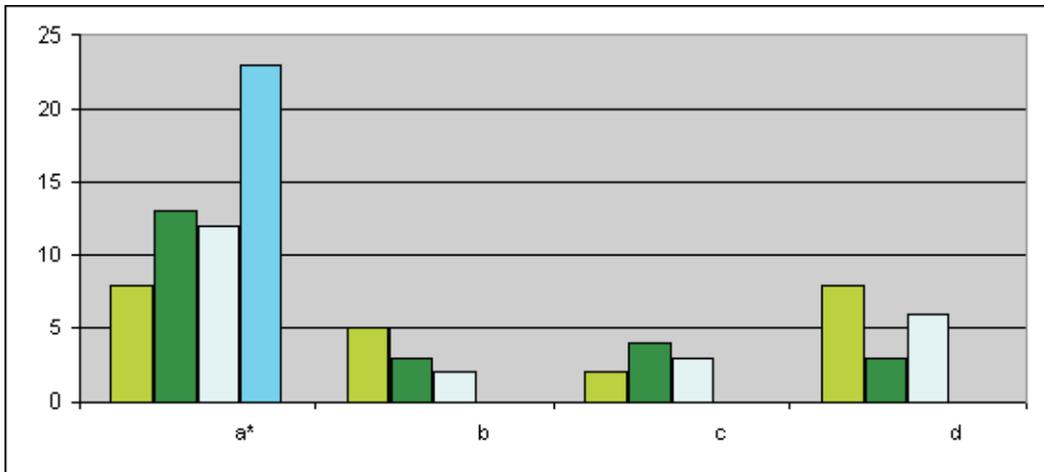


**GRÁFICA 21**  
 No se rechaza la Ho ya que la diferencia no es significativa (ns).

**Pregunta 20**

Además de que las mutaciones contribuyen para generar la variabilidad genética, también son responsables de influir en la:

- a) Diversidad de organismos resistentes
- b) Segregación de cromosomas
- c) Formación de organismos resistentes
- d) Regulación celular



**GRÁFICA 22**  
 Se rechaza la Ho, la diferencia es significativa (p < 0.05).

## **CAPÍTULO 9. ANÁLISIS DE RESULTADOS:**

Para realizar el análisis de resultados, partimos de la idea básica de que así como las estrategias de enseñanza y aprendizaje deben ser distintas para el aprendizaje de los contenidos factuales y conceptuales, las prácticas de evaluación para ambos tipos de aprendizaje declarativo requieren ser diferentes (Pozo, 1992; Blázquez, González y Montanero, 1998).

La evaluación del conocimiento factual y conceptual, facilita que se realice la cuantificación al asignar puntos a las respuestas correctas y luego éstas puedan ser contabilizadas, utilizando pruebas objetivas construidas mediante reactivos estructurados de opción múltiple los cuales pueden procesarse estadísticamente. (Díaz-Barriga, 2004).

Los resultados obtenidos se procesaron desde un punto de vista estadístico, la cual comprende un conjunto de técnicas para la reducción de datos cuantitativos a un número pequeño de términos descriptivos más adecuados y de lectura más simple para detectar y describir patrones o tendencias en las distribuciones y poder tomar decisiones acerca de la relación entre muestras y poblaciones con un alto grado de confiabilidad (Levin, 1979).

Un problema común de la inferencia estadística es determinar en términos de probabilidad, si las diferencias observadas entre dos muestras significan que las poblaciones muestreadas son ellas mismas realmente diferentes o si las diferencias observadas están dentro del rango en el que podrían parecer fácilmente por azar, o si es tan grande que significa que las dos muestras son probablemente de dos poblaciones diferentes.

Nuestro procedimiento es rechazar  $H_0$  para aceptar  $H_1$  si una prueba estadística produce un valor cuya probabilidad asociada de ocurrencia bajo  $H_0$  es igual o menor que alguna pequeña probabilidad simbolizada por alfa (0.05). Esta pequeña

probabilidad se llama nivel de significación, la hipótesis en prueba ( $H_0$ ) se rechaza siempre que ocurra un resultado significativo.

Para decidir con objetividad si una hipótesis particular es apoyada, necesitamos un procedimiento que produzca un criterio objetivo para rechazar o aceptar esa hipótesis por lo que los resultados obtenidos en los dos grupos (testigo y experimental) se organizaron en tablas y gráficas apoyadas con diferentes metodologías estadísticas.

El análisis estadístico se aplicó a los resultados obtenidos al aplicar el instrumento de evaluación antes de iniciar el tema de mutaciones (pretest), tanto al grupo Testigo como al grupo Experimental.

Las primeras pruebas estadísticas utilizadas fueron la t de Student y la chi cuadrada; La t de Student compara las medias y la desviación estándar de los resultados obtenidos para determinar si entre estos las diferencias observadas son estadísticamente significativas, o si solo son diferencias aleatorias. Se utilizó para comparar los resultados obtenidos de las respuestas correctas e incorrectas al aplicar el pretest del grupo testigo y experimental.

En la Tabla I se obtuvo una t de Student de 1.47 con 38 grados de libertad y una probabilidad de 0.1 la cual indica que la diferencia ente el testigo y el experimental no es significativa, la última columna de la tabla I indica los valores obtenidos al aplicar la prueba de chi cuadrada ( $\chi^2$ ) en donde se obtuvieron 18 respuestas no significativas. Lo que nos indica que ambos grupos presentan el mismo nivel de conocimientos previos y que podríamos utilizar cualquier grupo para aplicar las estrategias sobre el tema de mutaciones.

En la tabla II se presentan los resultados obtenidos en el postest, con las respuestas correctas e incorrectas del grupo testigo y experimental, se obtuvo una t de Student de 3.39 con una probabilidad de 0.001, lo cual indica que la diferencia

es significativa. En la prueba de  $X^2$  se obtuvieron 12 respuestas con diferencia significativa, lo que nos indica que las estrategias utilizadas tuvieron un impacto favorable en la enseñanza aprendizaje de los alumnos del grupo experimental.

En la tabla III se presentan los resultados obtenidos en el pretest y postest, con las respuestas correctas e incorrectas del grupo testigo. Al realizar la prueba de t de Student, se obtuvo un valor de 1.82 con una probabilidad de 0.1 la cual indica que la diferencia no es significativa. En la prueba de  $X^2$  se obtuvieron 18 respuestas con diferencias no significativas, por lo tanto se puede observar que los alumnos del grupo testigo que estudiaron el tema de mutaciones sin utilizar las estrategias propuestas no presentaron cambios en su aprendizaje ya que presentaron el mismo número de respuestas correctas.

En la tabla IV se presentan los resultados obtenidos en el pretest y postest, con las respuestas correctas e incorrectas del grupo experimental. Al realizar la prueba de t de Student, se obtuvo un valor de 4.07 con una probabilidad de 0.001 la cual indica que la diferencia es significativa. En la prueba de  $X^2$  se obtuvieron 10 respuestas con diferencias significativas lo que nos indica que las estrategias utilizadas para el desarrollo del tema de mutaciones fueron favorables para que los alumnos adquirieran un aprendizaje significativo.

La tabla V muestra todos los datos obtenidos al aplicar el pretest y el postest a los grupos testigo y experimental, a estos resultados se les aplicó la prueba de chi cuadrada ( $X^2$ ) a cada una de las preguntas del instrumento de evaluación, la cual se basa en la elaboración de una tabla de contingencia en la que se analizan los valores observados en la investigación y se comparan con los esperados, el resultado obtenido se compara con el valor de la tabla de distribución de  $X^2$  con *alfa* de 0.05, probabilidad de 0.05 y gl de 3. Si la diferencia entre las frecuencias esperadas y las observadas es lo suficientemente grande, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la diferencia es significativa, pero si esta diferencia no es grande, la  $H_0$  no se rechaza.

En esta tabla se presentan los resultados obtenidos en el pretest y postest del grupo testigo y experimental con las respuestas correctas e incorrectas y los porcentajes correspondientes a las 20 preguntas utilizadas en el instrumento de evaluación, así como el diagnóstico obtenido al aplicar la prueba de  $X^2$ , encontrándose un valor de 7.81 con un valor de alfa de 0.05. La última columna indica que se detectaron diferencias significativas en 11 preguntas, lo que comprueba que las estrategias utilizadas para el tema de mutaciones si lograron un aprendizaje significativo en los alumnos del grupo experimental.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la tabla V se elaboró la gráfica 1 en la cual se representan en el eje de las X cada una de las 20 preguntas utilizadas en el instrumento de evaluación y en el eje de las Y el número de alumnos que contestaron las respuestas correctas en el pretest y postest de los grupos testigo y experimental. En esta gráfica se encuentran señaladas con un asterisco las preguntas en las cuales se presentó una diferencia significativa en el grupo experimental al aplicar el postest. Estos resultados se encuentran reforzando la utilidad positiva que tuvieron las estrategias empleadas para el tema de mutaciones.

Como medidas de tendencia central se calculó la media de las respuestas correctas en el pretest y postest de los grupos testigo y experimental, así mismo se calculó el error estándar como una de las medidas de dispersión de datos. La tabla VI presenta estos valores ( $\bar{X} \pm ee$ ) en donde se observa que el mayor valor corresponde al postest del grupo experimental. Estos datos se utilizaron para elaborar la gráfica dos en la cual se observan las cuatro barras del pretest y postest del grupo testigo y experimental y que tienen como altura a las medias de cada grupo ( $\bar{X}$ ), en la parte superior de cada barra se encuentra señalado el error estándar (ee,  $S_x$ ).

A los datos que se presentan en la tabla V se les aplicó la prueba estadística del análisis de varianza (**ANOVA**) de una vía cuyos resultados se presentan en la

**tabla VII.** El ANOVA considera la variación de todas las observaciones, es un método estadístico usado para calcular la igualdad de dos o más medias y varianzas poblacionales y poner a prueba la hipótesis nula ( $H_0$ ). Para obtenerla se calcula la estimación de la varianza entre muestras y sus grados de libertad, así como la estimación de la varianza al interior de las muestras y sus grados de libertad (SS) para obtener el cuadrado de las medias (MS). Posteriormente, calcular el valor crítico de **F** utilizando las tablas respectivas para probar la razón de la varianza, utilizando el valor de alfa = 0.05. Si nuestro estadístico de prueba F excede el valor crítico tabulado, rechazamos la  $H_0$  y concluimos que las diferencias son significativas y que por lo tanto no son atribuidas al error muestral.

**La tabla VII** presenta los valores obtenidos al realizar la prueba ANOVA para los datos presentados en la tabla general (tabla V), el ANOVA considera la variación de todas las observaciones y comprende la estimación de la varianza al interior de las muestras o el cuadrado del error estándar de la media y la estimación de la varianza entre muestras o varianza de **k** medias muestrales.

Al realizar esta prueba estadística se encontró que existen diferencias significativas en el promedio de respuestas correctas entre grupos ( $P < 0.05$ ), ya que al calcular el valor crítico tabulado de F fue de  $2.73 < 11.19$  que se obtuvo en la tabla VII, por lo tanto la diferencia es significativa y se rechaza la  $H_0$  para alfa = 0.05.

**En la tabla VIII** se presentan los datos obtenidos al aplicar la prueba de Bonferroni, el cual es un procedimiento diseñado para poner a prueba las diferencias entre medias poblacionales que intenta controlar la posibilidad de error global del experimento y reducir el nivel de significancia para cada comparación, esta prueba nos permite determinar el grupo o grupos en donde se encuentran las diferencias significativas. En un estudio realizado se encontró que constituye el procedimiento más exacto y potente para detectar una diferencia si en realidad existe y rechazar la  $H_0$ . En esta prueba se obtiene una diferencia crítica (DC) que debe ser menor que los valores obtenidos al calcular las diferencias de las medias

muestrales y por lo tanto tener una diferencia significativa, reforzándose la prueba de ANOVA.

**La tabla VIII** muestra el procedimiento de comparación múltiple de Bonferroni en donde se encuentran las diferencias positivas obtenidas de las medias muestrales (tabla VI) con seis comparaciones medias apareadas marcados en negritas y son mayores a la diferencia crítica (DC) calculada que es de 3.86, por lo tanto existen diferencias significativas entre el postest del grupo experimental ( $X=14$ ) con respecto a las demás medias con  $P<0.05$ .

Los resultados obtenidos en las pruebas estadísticas utilizadas y mencionadas anteriormente, están reforzando la validez de los resultados al aplicar diversas estrategias para la enseñanza aprendizaje del tema de mutaciones ya que al presentarse diferencias significativas en once de las respuestas correctas que se presentaron en el postest del grupo experimental comprueban la existencia del aprendizaje significativo en los alumnos.

**En la tabla IX** se presenta el número de alumnos que contestaron las respuestas correctas en cada una de las opciones de todas las preguntas durante la aplicación del pretest y el postest del grupo testigo y experimental, el inciso marcado con asterisco (\*) y en negritas corresponde a las respuestas correctas.

Para determinar si el número de respuestas correctas de los alumnos varían significativamente entre ambos grupos se calculó la  $X^2$  (chi cuadrada) en cada una de las preguntas para indicar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), o cuando no existen diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el número de respuestas correctas. Once de las preguntas presentan diferencias significativas, las cuales corresponden a las que se presentan en la tabla V y que son las preguntas 2, 6,7,8,9,11,12,13,14,18 y 20 cuya información corresponde a la que se proporcionó en las estrategias propuestas para el tema de mutaciones.

**Las gráficas 3 - 22** se elaboraron tomando como base los datos obtenidos en cada una de las 20 preguntas formuladas en el instrumento de evaluación y aplicadas a ambos grupos de alumnos (tabla IX), tanto en el pretest como en el postest del grupo testigo y el grupo experimental, en donde se presentan el número de respuestas correctas obtenidas en cada una de las opciones, se elaboraron las gráficas correspondientes (gráficas de la 3 a la 22) en las cuales se indica la pregunta formulada, así como un análisis de los resultados observados en estas gráficas.

A continuación se presenta el análisis de cada una de las 20 pregunta del instrumento de evaluación, indicando si los resultados son significativos o no significativos, así como la función que realizaron las estrategias utilizadas para el tema de mutaciones (dichas descripciones corresponden al pie de figura).

**La gráfica 3.** Corresponde a las respuestas de la pregunta uno, se observa que ambos grupos mejoraron la respuesta después de la revisión del tema, aunque existe un ligero aumento en el grupo experimental, pero al aplicar la  $X^2$  se encontró que esta diferencia no es significativa ( $p > 0.05$ ), por lo que no se rechaza la  $H_0$ , esto se debe a que los alumnos presentan ideas previas muy aceptables en esta pregunta.

**La gráfica 4.** Corresponde a las respuestas de la pregunta dos, existe un aumento en la respuesta correcta del grupo experimental, esto se debe a que en los materiales proporcionados se hizo énfasis en el papel que tiene el DNA como causa principal de las mutaciones. Por lo que se rechaza la  $H_0$  ( $p < 0.05$ ) y la diferencia entre los grupos es significativa.

**Gráfica 5.** Corresponde a las respuestas de la pregunta tres, aumento de aciertos en la respuesta correcta del grupo experimental, al calcular la  $X^2$  se encontró que la diferencia no es significativa, por lo que no se rechaza la  $H_0$  ( $P > 0.05$ ), esto se

debe a que los alumnos presentan ideas previas muy aceptables en esta pregunta.

**Gráfica 6.** Corresponde a las respuestas de la pregunta cuatro en la cual se observa una disminución de aciertos correctos en el grupo experimental. Esto se debe a que el formato de la pregunta no fue claro y la opción **b** fue identificada como el resultado de las mutaciones en los genes o cromosomas, la diferencia en las respuestas no fue significativo o indicativo, por lo que no se rechaza la  $H_0$  ( $p > 0.05$ ).

**Gráfica 7.** Corresponde a las respuestas de la pregunta cinco, se muestra una disminución de aciertos en la respuesta correcta, no se rechaza la  $H_0$  ( $p > 0.05$ ) por lo que la diferencia no es significativa. El grupo testigo mejoró en la respuesta correcta y la experimental bajó debido a que no se analizó este punto por falta de tiempo.

**Gráfica 8.** Corresponde a las respuestas de la pregunta seis, se presentó un aumento de aciertos en el grupo experimental, se rechaza la  $H_0$  ( $p < 0.05$ ) por lo tanto la diferencia es significativa ya que las mutaciones deben estar en células sexuales para ser transmitidas a los descendientes a través de la reproducción.

**Gráfica 9.** Corresponde a las respuestas de la pregunta siete, en la cual se presentó un aumento de aciertos del grupo experimental, se rechaza la  $H_0$  ( $p < 0.05$ ) por lo que la diferencia es significativa, tiene como base el modelo del DNA en donde se utilizó el postulado de un gen una enzima.

**Gráfica 10.** Corresponde a las respuestas de la pregunta ocho, se presentó un aumento en las respuestas correctas del grupo experimental, se rechaza la  $H_0$  ( $p < 0.05$ ) por lo que la diferencia es significativa. Obtuvieron la información del resumen sobre mutaciones que se les proporcionó.

**Gráfica 11.** Corresponde a las respuestas de la pregunta nueve, se observa un aumento de la respuesta correcta en el grupo experimental por lo que se rechaza la  $H_0$  ( $p < 0.05$ ) y la diferencia es significativa. En el ejercicio de regulación de la expresión genética se menciona la función de las enzimas en el DNA.

**Gráfica 12.** Corresponde a las respuestas de la pregunta diez, se observa disminución de la respuesta correcta del grupo experimental y un aumento en el grupo control, la diferencia no es significativa por lo que no se rechaza la  $H_0$  ( $p > 0.05$ ), estos resultados se deben a que se proporcionó una lectura en donde se menciona el efecto de los rayos X de la opción b.

**Gráfica 13.** Corresponde a las respuestas de la pregunta 11, se presenta un aumento en la respuesta correcta del grupo experimental. Se rechaza la  $H_0$  ( $p < 0.05$ ) por lo que la diferencia es significativa, reforzando el concepto de que las mutaciones también ocurren en las células somáticas además de presentarse en las células sexuales.

**Gráfica 14.** Corresponde a las respuestas de la pregunta 12, aumento en las respuestas correctas del grupo experimental. Se rechaza la  $H_0$  ( $p < 0.05$ ) por lo que la diferencia es significativa, esto es debido a que en el ejercicio de síntesis de proteínas se utilizaron fichas con tripletes diferentes que originan proteínas diferentes.

**Gráfica 15.** Corresponde a las respuestas de la pregunta 13, aumento en el número de aciertos de la respuesta correcta del grupo experimental, se rechaza la  $H_0$ , la diferencia es significativa debido a la lectura de clasificación de las mutaciones.

**Gráfica 16.** Corresponde a las respuestas de la pregunta 14, aumento de la respuesta correcta del grupo experimental por lo que se rechaza la  $H_0$  y la diferencia es significativa, aunque se observan los mismos resultados en la opción

**d**, esto es debido a que en la lectura de clasificación de las mutaciones se realizó un ejercicio sobre alteración de los cromosomas.

**Gráfica 17.** Corresponde a las respuestas de la pregunta 15, aumento de aciertos de la respuesta correcta del grupo experimental. Sin embargo no se rechaza la  $H_0$  y la diferencia no es significativa ya que en el grupo control se obtienen resultados parecidos.

**Gráfica 18.** Corresponde a las respuestas de la pregunta 16, aumento de aciertos en el grupo experimental, sin embargo no se rechaza la  $H_0$  por lo que la diferencia no es significativa ya que el concepto de números cromosómicos múltiples si es identificado pero no lo relacionan directamente con la poliploidia.

**Gráfica 19.** Corresponde a las respuestas de la pregunta 17, disminución de aciertos de la respuesta correcta del grupo experimental por lo que no se rechaza la  $H_0$  y la diferencia no es significativa. Los alumnos optaron por las respuestas **b** y **d**, esto es debido a que durante las lecturas realizadas quedaron claros los conceptos de las respuestas **a** y **c** por lo que quedaron eliminadas.

**Gráfica 20.** Corresponde a las respuestas de la pregunta 18, aumento de aciertos de la respuesta correcta del grupo experimental, se rechaza la  $H_0$ , la diferencia presentada es significativa, sin embargo también se responde satisfactoriamente en el inciso **b**.

**Gráfica 21.** Corresponde a las respuestas de la pregunta 19, disminución de la respuesta correcta, no se rechaza la  $H_0$  por lo que la diferencia no es significativa, estos conceptos se mencionaron en las lecturas, pero no se analizaron con profundidad por lo que no se les dio la importancia requerida.

**Gráfica 22.** Corresponde a las respuestas de la pregunta 20, aumento de la respuesta correcta del grupo experimental, se rechaza la  $H_0$  por lo que la

diferencia es significativa. Este es uno de los conceptos que se mencionan en los materiales proporcionados a los alumnos y los cuales se discutieron constantemente para resaltar la importancia que tienen las mutaciones.

## 10. DISCUSIÓN:

Las ciencias han experimentado intensas transformaciones a lo largo del siglo XX, y la biología lo ha hecho en tal medida que algunos hablan del siglo de la Biología. Una de las disciplinas de la biología es la genética, la cual ha afectado y está afectando nuestra forma de vivir, además de generar fructíferas líneas de investigación, sin embargo se ha detectado que los alumnos presentan muchas dificultades de aprendizaje en esta área, principalmente en el concepto de mutación, la resolución mecánica de problemas, confusión de gen/alelo, mitosis/meiosis y composición de los cromosomas (Ayuso y Banet, 2002). Se atribuye el origen del fenotipo sólo al genotipo y hay un gran desconocimiento de las dimensiones sociales y éticas de la manipulación genética. Suele pensarse en la herencia como un mecanismo que conserva las semejanzas y no las diferencias (Jiménez Aleixandre, 2003).

Se han presentado una serie detallada de recomendaciones para el diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales que incluye cinco componentes: **análisis científico, análisis didáctico, elaboración de objetivos, selección de estrategias didácticas y selección de instrumentos de evaluación.** Estos componentes se siguieron en la realización del presente trabajo; para el análisis científico se elaboró un proceso de selección de contenidos y se delimitaron los esquemas conceptuales de los procedimientos científicos y de las actitudes. En el análisis didáctico se detectaron las ideas previas de los alumnos y se analizaron las exigencias cognitivas de los contenidos para delimitar las implicaciones de la enseñanza. Se plantearon los objetivos que se pretenden alcanzar al aplicar las estrategias de enseñanza-aprendizaje. Para la selección de estrategias didácticas se diseñó una secuencia global de enseñanza, en la cual se seleccionaron actividades de enseñanza y la elaboración de materiales de aprendizaje. Se elaboró un instrumento de evaluación que permitió concluir la validez de las estrategias empleadas (Campanario y Moya, 1999).

En el desarrollo de este trabajo se utilizaron las siguientes estrategias;

- 1.- Una práctica de observación de moscas mutantes como motivación para que los alumnos identificaran diferentes mutaciones en la mosca de la fruta.
- 2.- Lectura de tres artículos para adquirir la información general sobre las mutaciones, así como conocer los diferentes tipos.
- 3.- Ejercicio sobre la regulación de la expresión genética
- 4.- Ejercicio con un biodisco sobre la síntesis de proteínas.

Para determinar la validez de estas estrategias se utilizó como instrumento de evaluación un cuestionario de 20 preguntas de opción múltiple, el cual se aplicó a dos grupos de alumnos (testigo y experimental).

Para detectar los conocimientos previos de los alumnos se aplicó el instrumento de evaluación como un **pretest** a los grupos testigo y experimental, los resultados obtenidos se procesaron estadísticamente encontrándose que ambos grupos presentaron el mismo nivel de conocimientos, lo que nos indica que podemos detectar si existe o no una diferencia en su aprendizaje cuando se apliquen las estrategias para el desarrollo del tema de mutaciones.

Al terminar de aplicar las estrategias al grupo experimental se aplicó el instrumento de evaluación como un **postest** a los dos grupos, encontrándose diferencias en las respuestas de 17 preguntas, que favorecían al grupo experimental. El análisis estadístico estableció que solamente en once de las preguntas se encontraron **diferencias significativas**; estas preguntas están relacionadas con las estrategias didácticas utilizadas en donde los alumnos intervinieron activamente en su desarrollo.

Las preguntas que presentaron **diferencias significativas** son la 2, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 18 y 20. Para poder interpretar si las estrategias didácticas utilizadas tienen validez en el proceso de enseñanza-aprendizaje y que probablemente

despertaron el interés y motivación en los alumnos para la enseñanza de las mutaciones, se analizaron los conceptos implicados en dichas preguntas.

Las preguntas 2, 7, 8, 9 y 12 están relacionadas con las mutaciones que se presentan en la molécula del DNA, la cual codifica a proteínas diferentes, estas mutaciones pueden ser originadas por factores físicos químicos o biológicos. Estos temas se analizaron con detalle en las estrategias de regulación de la expresión genética en eucariontes y el biodisco de síntesis de proteínas, así como en la primera lectura sobre mutaciones. En estas estrategias se presentó el papel que juega el DNA cuando sufre algún cambio generando mutaciones, provocadas al azar o por algún factor externo, estos cambios son transmitidos al RNA formando proteínas diferentes que pueden alterar el fenotipo de un organismo.

Las preguntas 6 y 11 se encuentran en relación con las células reproductoras que favorecen la expansión de las mutaciones, este concepto se maneja en la primera lectura sobre la información general de las mutaciones en la cual se menciona que para que una mutación se extienda a toda la población debe ocurrir en las células sexuales.

Las preguntas 13, 14 y 18 están relacionadas con el tema de los cromosomas sexuales y la alteración de los cromosomas, información que se analizó en la segunda y tercera lectura, así como en el ejercicio didáctico sobre la clasificación de las mutaciones en donde se analizaron los tipos de alteraciones cromosómicas.

La pregunta 20 está relacionada con la función de las mutaciones en la evolución y la biodiversidad, este tema se reforzó en la práctica realizada para observar las mutaciones en la mosca *Drosophila melanogaster* en la cual se observaron varias mutaciones y el papel que juegan en la evolución y diversidad.

Las nueve preguntas restantes **no presentan una diferencia significativa**, aunque aparentemente los alumnos del grupo experimental contestaron bien (con

un ligero aumento) algunas de estas preguntas, pero al aplicar las pruebas estadísticas, los resultados no fueron significativos, estas preguntas corresponden a los números 1, 3, 4, 5, 10, 15, 16, 17 y 19.

Las preguntas 1, 3 y 16 reflejan los conocimientos previos de los alumnos ya que en general todos contestaron bien la respuesta correcta tanto en el pretest como en el postest del grupo testigo y experimental. Los conocimientos previos fueron modificados sólo ligeramente en el grupo experimental, pero al aplicar las pruebas estadísticas, su diferencia no es significativa, por lo que se puede mencionar que las estrategias utilizadas no influyeron en el conocimiento de los alumnos.

Las preguntas 4, 5, 10, 15, 17 y 19 presentan opciones confusas lo que ocasionó que los alumnos dividieran sus respuestas en dos incisos, esto fue a pesar de que la información estaba contenida en las lecturas pero en dicha información se mencionaron las diferentes respuestas lo que ocasionó que los alumnos se confundieran, además de que en las estrategias no se hizo énfasis en estos temas lo que pudo ser por falta de tiempo, por no darle la importancia requerida o por que no se analizaron adecuadamente. Se propone que se cambien estas opciones y se redacten de manera que quede solo una respuesta correcta y que se revise la estrategia utilizada.

Las estrategias utilizadas en este trabajo, demostraron ser funcionales para la enseñanza-aprendizaje del concepto de mutación ya que se observó aumento en el número de respuestas, despertaron el interés y la motivación, resultando atractivas y novedosas para los alumnos en el aprendizaje, logrando percibir a la ciencia como un producto social. En específico, reforzaron que las mutaciones se presentan con cierta frecuencia en los organismos vivos, tienen varias características, son provocadas por diferentes causas, su origen se encuentra principalmente en la molécula de DNA y son transmitidas al RNA para sintetizar proteínas.

La enseñanza corre a cargo del profesor que actúa como un intelectual, como estrategia, como guía y orientador del aprendizaje, trabajando de manera conjunta con los alumnos en la construcción de los conocimientos utilizando las estrategias adecuada a cada tema ya que es difícil considerar que existe una única estrategia o un método infalible que resulte efectivo y válido para todas las situaciones de enseñanza aprendizaje.

El aprendizaje es promovido cuando el alumno aplica el nuevo conocimiento en la resolución de nuevos problemas que fue apoyado por los resultados obtenidos, con una continua retroalimentación y supervisión, resaltando la importancia de la interacción entre el alumno, sus compañeros, el profesor, la secuencia y la variedad de actividades en donde apliquen los conocimientos y habilidades adquiridas para lograr un aprendizaje significativo de la ciencia.

Pozo y Gómez-Crespo (2004), señalan que el principal problema al que se enfrenta la enseñanza de las ciencias es la existencia en los alumnos de fuertes ideas previas que resultan muy difíciles de modificar, sobre todo si son de niveles educativos avanzados. Estas ideas previas fueron detectadas en el pretest y es necesario tomarlas en cuenta para el diseño de las estrategias y la planeación de los temas en las clases de ciencias.

El profesor tiene que hacer constantemente investigaciones en el campo de la docencia para elaborar estrategias didácticas para utilizarlas en su labor cotidiana y que de una u otra forma le ayude en una verdadera formación integral, beneficiándose con ello los alumnos. Esto requiere un gran esfuerzo de todos los actores que participamos en este complejo mundo de la enseñanza y del aprendizaje. La práctica profesional docente es un proceso de acción y reflexión cooperativa donde el profesor aprende a enseñar y enseña porque aprende (Pérez Gómez, 1999).

En este trabajo se pudo comprobar la utilidad de las estrategias para la enseñanza-aprendizaje con el fin de lograr que los alumnos participen en su aprendizaje, interviniendo activamente en la adquisición de conocimientos. La práctica de laboratorio realizada resultó ser atractiva para los alumnos, ya que lograron observar diferentes mutaciones en la mosca de las frutas, investigar sus causas y el papel que juega la selección natural, para posteriormente aplicar esta información en las mutaciones que se presentan en el humano. Al realizar las lecturas sobre las mutaciones lograron elaborar un mapa conceptual, realizar un ejercicio de autoevaluación y responder a un cuestionario. En la estrategia de la regulación de la expresión genética (tema árido y de difícil comprensión) en donde se utilizaron tripletes del DNA con diversos colores que representan a los intrones y exones, que les resultó novedosa y dinámica, los alumnos lograron procesar adecuadamente los tripletes del DNA para formar al RNAm. Cada equipo de alumnos obtuvo una secuencia diferente del DNA (mutación) por lo que al utilizar el biodisco de síntesis de proteínas obtienen proteínas diferentes, este biodisco les llamó bastante la atención logrando manipularlo con facilidad.

Los objetivos propuestos en la metodología se cumplieron en su totalidad, ya que al utilizar las estrategias didácticas para el tema de mutaciones, se detectó que despertaron el interés y motivación de los alumnos sobre el tema, aplicando sus habilidades y actitudes en base en el constructivismo, el cual corresponde a uno de los principios del CCH que es aprender a aprender. Las estrategias utilizadas se evaluaron con un pretest y postest que al aplicarles diversas pruebas estadísticas se encontraron diferencias significativas en once de las preguntas.

En cuanto a la hipótesis de investigación formulada, se encontró que si existe una asociación entre el número de respuestas correctas en el postest del grupo experimental y las estrategias utilizadas, ya que existió un aumento en las respuestas correctas.

Lo anterior indica que es conveniente utilizar estrategias que faciliten el proceso de la enseñanza-aprendizaje, ya que si se utilizan apropiadamente promueven el aprendizaje significativo en los estudiantes puesto que apoyan la enseñanza y

comprensión de los programas de estudio, principalmente cuando se emplean problemáticas reales, logrando una adecuada comprensión del tema; el empleo de materiales novedosos posibilita tener una nueva visión sobre la impartición de clases porque se alcanza la comprensión de los temas pues los estudiantes desarrollan sus habilidades para organizar e interpretar la información.

Por lo tanto los egresados de la MADEMS debemos impulsar en nuestros planteles, grupos de trabajo que intervengan en la elaboración y utilización de diversas estrategias de enseñanza-aprendizaje, estas estrategias deben ser revisadas constantemente para poder adecuarlas a los diferentes grupos de alumnos así como a los profesores.

## **11. CONCLUSIONES:**

1.- Es necesario apoyar a la Educación Media Superior para favorecer el aprendizaje significativo, por lo cual es necesario que los profesores participen en la adquisición de conocimientos didácticos y estrategias de enseñanza aprendizaje para lograr la superación académica.

2.- Tomando en cuenta lo anterior se elaboraron estrategias didácticas sobre mutaciones que consistieron en una práctica para observar mutaciones en la mosca de las frutas, la lectura de tres artículos científicos, ejercicio sobre la regulación de la expresión genética y un biodisco sobre la síntesis de proteínas.

3.- Para validar las estrategias mencionadas, se utilizó un cuestionario de opción múltiple el cual se aplicó como pretest a dos grupos de biología I. Los resultados obtenidos demostraron que ambos grupos tenían el mismo nivel de conocimientos.

4.- Al grupo experimental se le aplicaron las estrategias y al finalizarlas se utilizó el mismo instrumento de evaluación como postest, éste también se le aplicó al grupo testigo en el cual no se emplearon las estrategias.

5.- Los resultados obtenidos en el pretest y el postest, fueron procesados estadísticamente, encontrándose que existen diferencias significativas en once de las preguntas (55% de efectividad de las estrategias utilizadas). Estos resultados nos indican que se cumplió la hipótesis de investigación.

6.- Si bien es cierto que no hubo una gran diferencia entre la forma tradicional y las estrategias utilizadas, se confirmó que las estrategias utilizadas produjeron un aprendizaje significativo en los alumnos; sin embargo es necesario adecuarlas a los diferentes profesores, así como a los grupos de alumnos.

7.- Se pudo detectar que las estrategias utilizadas fueron abiertas y novedosas, permitiendo despertar el interés por las mutaciones en donde participaron con desenvolvimiento logrando percibir a la ciencia no como el estudio aislado de fenómenos, sino como un producto social.

8.- Estas actividades se ajustaron a lo propuesto por el programa indicativo del CCH, que sugiere la aplicación de habilidades y actitudes al diseñar estrategias que contribuyan a la comprensión de la transmisión y modificación de las características hereditarias.

9.-Es necesario impulsar entre los profesores la elaboración y utilización de estrategias de enseñanza-aprendizaje, así como el pensar, razonar, teorizar y reconceptualizar la educación, la docencia, el conocimiento, la enseñanza y el aprendizaje para transformar la tarea educativa en el CCH y en general en la UNAM, con el fin de lograr que las clases resulten más atractivas e interactivas y que los alumnos construyan sus propios conocimientos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, D. J. (2006). Ejemplos de preguntas de ciencias del proyecto PISA, Eureka de Enseñanza de la Divulgación Científica. 3 (1): 163-166.
- Alexander, P. D. (1992). Biología. Prentice Hall. México.
- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J. y Watson, J. (1996). Biología Molecular de la Célula. Ediciones Omega. Barcelona.
- Alonso, M. G. (2005). Bachillerato intercultural. Propuestas para contextos Indígenas y Bilingües. México, SEP.
- Audesirk, T. (2003). Biología. 5ª Edición, Prentice Hall. México.
- Ausubel, D. P. (2003). Psicología Educativa. Un Punto de Vista Cognoscitivo. Trillas. México.
- Ayuso, G. E. y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. Enseñanza de las ciencias. 20 (1): 133-157.
- Banet, E. y Ayuso, G. E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. Enseñanza de las ciencias. 13 (2): 137-153.
- Bugallo, R. A. (1995). La didáctica de la genética. Revisión bibliográfica. Enseñanza de las ciencias. 13 (3): 379-385.
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. Enseñanza de las ciencias. 17 (2): 179-192.

- Campanario, J. M. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias. Estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. Enseñanza de las ciencias. 18 (3): 369-380.
- Campanario, J. M. y Otero, J. C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje. Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. Enseñanza de las ciencias. 18 (2): 155-169.
- Campanario, J. M. (2003). Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias. Enseñanza de las ciencias. 21 (2): 319-328.
- Campbell, D. T. y Stanley, J. C. (1978). Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social. Argentina. 158 pp.
- Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Académica del Ciclo de Bachillerato. (1996). Plan de estudios actualizado. México. UNAM.
- Comisión Especial para el Congreso Universitario. (2003). Diagnóstico institucional, Colegio de Ciencias y Humanidades. UNAM.
- Coordinación General de Educación Intercultural Bilingüe. (2003). Proyecto: Bachillerato Intercultural. Dirección de Educación Media Superior y Superior. México.
- Costamagna, A. M. (2001). Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelaciones para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. Enseñanza de las ciencias. 19 (2): 309-318.
- Curtis, H. (2000). Invitación a la Biología. Panamericana. España.

- De Cudmani, L. C., Leonor, C. y Marta, A. (2000). Hacia un Modelo Integrador para el Aprendizaje de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 18 (1): 3-13.
- De La Loma, J. L. (1999). *Genética General y Aplicada*. Hispano Americana. México.
- Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2004). *Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo. Una Interpretación Constructivista*. Mc Graw Hill. México.
- Díaz-Barriga, F. (2006). *Enseñanza Situada. Vínculo entre la escuela y la vida*. Mc Graw Hill. México.
- Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades. (2005). *Informe 2004-2005*. Colegio de Ciencias y Humanidades. UNAM.
- Dobzhansky, T. (1975). *Genética del Proceso Evolutivo. Textos Extemporáneos*. México.
- Eggen, P. D. y Kauchak, D. P. (2005). *Estrategias Docentes*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Evaluación de las Ciencias en el Proyecto PISA. (2000). Secretaría General de la OCDE.
- Galagovsky, L. R. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 1: El modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias*. 22 (2): 229-240.

- Galagovsky, L. R. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 2: Derivaciones comunicacionales y didácticas. Enseñanza de las Ciencias. 22 (3): 349-364.
- García, M. (1998). Conceptos fundamentales de currículo, didáctica y evaluación para ciencias políticas y sociales. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Sistema de Universidad Abierta. UNAM.
- Gardner, E. J. (1999). Principios de Genética. Limusa. México.
- Gil-Escudero, G. (2000), El proyecto internacional para la producción de indicadores de resultados educativos de los alumnos (Proyecto PISA de la OECD).
- Gómez-Moliné, M. R. y Sanmartí, N. (1996). La didáctica de las ciencias: una necesidad. Educación Química. 7 (3): 156-185.
- Harlen, W. (2002). Evaluar la alfabetización científica en el programa de la OECD, para la evaluación internacional de estudiantes (PISA). University of Bristol. Investigación didáctica. Enseñanza de las ciencias. 20 (2): 209-216.
- Hernández, S. R. (2007). Metodología de la investigación. Mc Graw Hill. México.
- Ibáñez, V. E. y Gómez, A. I. (2005). La interacción y la regulación de los procesos de enseñanza-aprendizaje en la clase de ciencias. Análisis de una experiencia. Enseñanza de las ciencias. 23 (1): 97-110.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Col. (2003). Enseñar Ciencias. Graó, No. 176. España. 13 – 142 pp.

- Jiménez, E. y Segarra, M. P. (2001). La formación de formadores de bachillerato en sus propios centros docentes. *Enseñanza de las ciencias*. 19 (1): 163-170.
- Justi, R. (2006). La Enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*. 24 (2): 173-184.
- Klug, W. S. (1999). *Conceptos de Genética*. Prentice Hall. México.
- Levin, J. (1979). *Fundamentos de estadística en la investigación social*. Ed. Harla. México.
- Luffiego, G. M. (2001). Reconstruyendo el constructivismo: hacia un modelo evolucionista del aprendizaje de conceptos. *Enseñanza de las ciencias*. 19 (3): 377-392.
- Magnusson, D. (1981). *Teoría de los tests*. Trillas. México.
- Marín, M. N. y Solano, M. I. (1999). Tirando del hilo de la madeja constructivista. *Enseñanza de las ciencias*. 17 (3): 479-492.
- Martínez-Aznar, M. M. e Ibáñez, O. M. (2006). Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*. 24 (2): 193-206.
- Martínez, G., Gutiérrez, A. y Peña, G. (2006). Aprendizaje basado en problemas en la enseñanza de la medicina y ciencias de la salud. Facultad de Medicina. UNAM.
- Mayr, E. (2000). *Así es la Biología*. Debate. México.

- Méndez, R. I. y col. (2006). El protocolo de investigación. Lineamientos para su elaboración y análisis. Trillas. México.
- Mettler, E. L. (1990). Genética de las poblaciones y evolución. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana, S. A. de C. V. México.
- Molina, B. Z. (1997). Planteamiento Didáctico. Elementos del Planteamiento Didáctico. EUNED. San José Costa Rica.
- Monereo, C., Catello, M. y Clariana, M. (2004). Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Formación del profesorado y aplicación en la escuela. Graó. Barcelona. España.
- Morán, O. P. (2003). La docencia como actividad profesional. Gernika. México.
- Motto, K. (1990). Teoría Neutralista de la Evolución Molecular. Mundo Científico. España.
- Negrete, R. I., Ortiz, R. M. y Vázquez, H. J. (1974). Genética, Evolución y Ecología. Pueblo Nuevo. México.
- Pansza, G. M. , Pérez, J. E. y Morán, O. P. (2005). Fundamentación de la Didáctica, tomo I. Gernika. México.
- Pansza G. M., Pérez, J. E. y Morán, O. P. (2005). Operatividad de la Didáctica, tomo II. Gernika. México.
- Parolo, M. E., Barbieri, L. M. y Chrobak, R. (2004). La metacognición y el mejoramiento de la enseñanza de química universitaria. Enseñanza de las ciencias. 22 (1): 79-92.

- Pérez-Gómez, A. I. (1999). La cultura escolar en la sociedad neoliberal. Morata. Madrid, España.
- PISA, (2006). A profile of student performance in reading and science. OECD.
- Plan General de Desarrollo del CCH. (2002-2006). <http://www.Dgcch.UNAM.mx>
- Pozo, J. I. y Gómez-Crespo, M. A. (2004). Aprender y Enseñar Ciencia. Morata. Madrid, España.
- Pozo, J. I. y Monereo, C. (2000). El aprendizaje Estratégico. Aula XXI, Santillana. Madrid. España.
- Programa Nacional de Desarrollo Educativo 1995 -2000. Diario Oficial.
- Programa Nacional de Desarrollo Educativo 2001-2006. Diario Oficial.
- Quesada, C. R. ( 2003). Cómo planear la enseñanza estratégica. Limusa. México.
- Ramos, M. P. (1999). Manual de Laboratorio de Genética para *Drosophila melanogaster*. Mc Graw Hill. México. 132 pp.
- Rodríguez, A. R. y Col. (2007). Conceptos básicos de genética, Fac. Ciencias. UNAM. México. pp. 131-156.
- Roth, W. M. (2002). Aprender ciencias en y para la comunidad. Enseñanza de las ciencias. 20 (2): 195-208.

- Santrok, J. (2002). *Psicología de la Educación*. Mc Graw Hill. México.
- Siegel, S. (1988). *Estadística no paramétrica, aplicada a las ciencias de la conducta*. Trillas. México.
- Sigüenza, M. A. (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. *Enseñanza de las ciencias*. 18 (3): 439-450.
- Solomon, B. M. (2004). *Biología*. Mc Graw Hill. México.
- Stansfield, D. W. (1998). *Teoría y Problemas de Genética*. Mc Graw Hill. México.
- Tamarin, H. R. (2004). *Principios de Genética*. Reverté. México.
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las ciencias*. 13 (3): 337-346.
- UNAM. ENP. (1999), Programa de Estudios de las Asignaturas de Biología IV. México.
- UNAM. CCH. (2003). Programas de Estudio para las Asignaturas de Biología I–V. México.
- UNAM. CCH. (2005). Revisión del Plan de Estudios, Orientación y Sentido de las Áreas. México.
- UNAM. CCH. (2005). Plan General de Desarrollo 2006-2010. México.

- Velásquez, A. M. (2004). Sobre las Políticas y Contenidos del Bachillerato Universitario. Perfiles Educativos. Vol. XXVI, No. 104. México.
- Watson, D. J. (1978). Biología molecular del gen. Fondo Educativo Interamericano. México.
- Weimer, C. R. (1999). Estadística. CECOSA. México.
- White, R. T. (1999). Condiciones para un aprendizaje de calidad en la enseñanza de las ciencias. Reflexiones a partir del proyecto PEEL. Enseñanza de las ciencias. 17 (1): 3-15.
- Woolfolk, A. (2006). Psicología Educativa. Pearson. México.
- <http://www.cch.unam.mx/antecedentes>.

## Anexo 1

### Cuestionario diagnóstico sobre Mutaciones.

Escuela \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Grupo \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_

#### Marca la respuesta correcta de cada una de las siguientes preguntas

- 1.- Uno de los factores que modifica la frecuencia de los genes en los organismos es la mutación, aunque la frecuencia con que se presenta es:
  - a) Constante
  - b) Dependiente
  - c) Muy baja
  - d) Independiente
- 2.- Una mutación es un cambio en la secuencia de bases en el DNA, que entre otros factores, puede ser originada por:
  - a) Absorción de nuevas sustancias por la célula
  - b) Error en el apareamiento de bases del DNA
  - c) Error en el apareamiento de fosfatos del DNA
  - d) Absorción de nuevas moléculas por la célula
- 3.- Los cambios en el material de la herencia que ocurren aleatoriamente, de manera espontánea o inducida que alteran la frecuencia de alelos en una población, reciben el nombre de:
  - a) Mutágeno
  - b) Alteración
  - c) Transformación
  - d) Mutación
- 4.- Algunas mutaciones se originan por un proceso en el cual un gen o un cromosoma sufren un cambio estructural, dando como resultado que los descendientes puedan presentar diferencias en:
  - a) Un aspecto mutante
  - b) El número de cromosomas
  - c) El nivel de ploidía
  - d) Una parte de sus células mutantes
- 5.- Las mutaciones presentan varias características, dos de las cuales son :
  - a) Heredabilidad y continuidad
  - b) Discontinuidad y Heredabilidad
  - c) Heredabilidad y estabilidad
  - d) Intercambio y Heredabilidad
- 6.- Las mutaciones aparecen a nivel individual, pero para que se puedan extender a todos los organismos de una especie se tienen que presentar en células:
  - a) Somáticas
  - b) Procariontes
  - c) Eucariontes
  - d) Sexuales
- 7.- Un gen corresponde a un fragmento de DNA en el que se encuentra una determinada secuencia de nucleótidos los cuales tienen la información necesaria para codificar a las:
  - a) Células
  - b) Moléculas
  - c) Proteínas
  - d) Mutaciones
- 8.- Los virus que infectan a las células eucariontes alterando su ADN y produciendo mutaciones, reciben el nombre de:
  - a) Protovirus
  - b) Retrovirus
  - c) Bacteriófago
  - d) Virales
- 9.- Proteína que participa en la reparación de los errores que se presentan durante la replicación del DNA corresponde a la:
  - a) Endonucleasa
  - b) Ligasa
  - c) Polimerasa
  - d) Polioxidasa

- 10.- Los factores físicos, químicos o biológicos capaces de producir mutaciones corresponden a:
- a) Temperatura
  - b) Rayos X
  - c) Mutágenos
  - d) Toxinas
- 11.- Las mutaciones pueden ser espontáneas o inducidas y se clasifican por el tipo de células donde ocurren en :
- a) Somáticas y germinales
  - b) Sexuales y reproductoras
  - c) Procariontes y eucariontes
  - d) Animal y vegetal
- 12.- Una mutación de punto es aquella que altera a la molécula del DNA en:
- a) La secuencia de sus nucleótidos
  - b) La información de varios genes
  - c) Sólo una base
  - d) Sólo un codón
- 13.- Son ejemplos de mutaciones génicas ligadas a cromosomas sexuales:
- a) Síndrome celular y Polidactilia
  - b) Síndrome somático y hemofilia
  - c) Poliploidía y daltonismo
  - d) Hemofilia y daltonismo
- 14.- Algunas mutaciones se originan por la alteración de la forma en los cromosomas, por lo que en general reciben el nombre de:
- a) Puntuales
  - b) Aberraciones
  - c) Letales
  - d) Morfológicas
- 15.- Algunos síndromes se forman durante la meiosis cuando los cromosomas no se separan adecuadamente (no disyunción), dando como resultado:
- a) Variación en el número de cromosomas
  - b) Alteración en la forma de los cromosomas
  - c) Cambios en la secuencia del DNA
  - d) Unión de varios cromosomas
- 16.- En algunos organismos se pueden presentar números cromosómicos múltiples del básico, este tipo de mutación recibe el nombre de:
- a) Aneuploidía
  - b) Monosomía
  - c) Poliploidía
  - d) Haploidía
- 17.- Mutación estructural en la que se cambia o altera el orden de la secuencia original de varios genes en un cromosoma:
- a) Delección
  - b) Inversión
  - c) Duplicación
  - d) Translocación
- 18.- El Síndrome de Down se caracteriza por presentar varias alteraciones externas en un individuo y es originado por la:
- a) Falta un cromosoma en el par 18
  - b) Falta un cromosoma en el par 21
  - a) Existe un cromosoma de más en el par 18
  - b) Existe un cromosoma de más en el par 21
- 19.- Las fuerzas reguladoras de las variaciones genéticas en los organismos son:
- a) Mortalidad y mutación
  - b) Mutación y genética
  - c) Natalidad y mutación
  - d) Mutación y recombinación
- 20.- Además de que las mutaciones contribuyen para generar la variabilidad genética, también son responsables de influir en la:
- a) Evolución y biodiversidad
  - b) Segregación de cromosomas
  - c) Formación de organismos resistentes
  - d) Reproducción celular

## Anexo 2

Asignatura: Biología – I

Unidad: III ¿Cómo se transmite y modifica la información genética en los sistemas vivos?

Tema: I Mecanismos de la herencia

Subtema: Concepto de mutación. Importancia de las mutaciones como mecanismos de la variabilidad biológica

Propósito: Al finalizar la unidad, el alumno identificará los mecanismos de transmisión y modificación de la información genética en los sistemas vivos, a través del análisis de distintos patrones hereditarios y del conocimiento del papel de las **mutaciones**, para que valore los avances del conocimiento biológico con relación a la manipulación genética y sus repercusiones en la sociedad.

Sesión: Primera Fecha: 24 de Octubre de 2007

Duración: Dos horas

APRENDIZAJES	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS	RECURSOS	EVALUACIÓN
<p><b>CONCEPTUAL:</b> Los alumnos reconocerán que la transmisión de las características hereditarias permite la continuidad de los sistemas vivos y relacionara las <b>mutaciones</b> con la variabilidad biológica.</p> <p><b>PROCEDIMENTAL:</b> Desarrollarán la capacidad de utilizar la información previa para comprender la presencia de mutaciones en la mosca de las frutas <i>Drosophila melanogaster</i>.</p> <p><b>ACTITUDINAL:</b> Aplicarán habilidades y actitudes en el manejo del material de laboratorio, trabajo y discusión grupal.</p>	<p>Concepto de Gen y concepto de mutaciones.</p> <p>Importancia de las mutaciones como mecanismos de la variabilidad biológica.</p> <p>Realización de una práctica de laboratorio de mutaciones.</p>	<p><b>APERTURA (20 min.)</b> Ejercicio de presentación e integración grupal.</p> <p>Aplicación de un examen diagnóstico de opción múltiple y de preguntas abiertas, para detectar los conocimientos previos de los alumnos sobre el concepto de mutación.</p> <p><b>DESARROLLO (80 min.)</b> Discusión grupal sobre el concepto de mutaciones. Observar las mutaciones que presenta la mosca de las frutas <i>Drosophila melanogaster</i>. Analizar las características de cada mutación y en que cromosoma se encuentran.</p> <p><b>CIERRE (20 min.)</b> Discusión de un cuestionario relacionado con la práctica de las mutaciones en las moscas.</p>	<p>Copias fotostáticas</p> <p>Proyector de acetatos</p> <p>Acetatos</p> <p>Mosca de las frutas</p> <p>Material de laboratorio</p> <p>Gis y pizarrón</p>	<p><b>Diagnóstica:</b> Preguntas directas sobre el concepto de mutación.</p> <p><b>Formativa:</b> Capacidad para intervenir en las discusiones grupales utilizando el razonamiento y el análisis. Capacidad para utilizar el material de laboratorio y realizar observaciones en el microscopio. Reporte con la V de Gowin y ejercicio sobre selección natural. Aptitudes y actitudes para la disponibilidad del trabajo grupal.</p>

**Actividades:** Los alumnos realizarán un examen diagnóstico y una práctica de laboratorio utilizando la mosca *D. melanogaster*

Asignatura: Biología – I

Unidad: III ¿Cómo se transmite y modifica la información genética en los sistemas vivos?

Tema: I Mecanismos de la herencia

Subtema: Concepto de mutación. Importancia de las mutaciones como mecanismos de la variabilidad biológica

Propósito: Al finalizar la unidad, el alumno identificará los mecanismos de transmisión y modificación de la información genética en los sistemas vivos, a través del análisis de distintos patrones hereditarios y del conocimiento del papel de las mutaciones, para que valore los avances del conocimiento biológico con relación a la manipulación genética y sus repercusiones en la sociedad.

Sesión: Segunda Fecha: 26 de Octubre de 2007

Duración: Una hora

APRENDIZAJES	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS	RECURSOS	EVALUACIÓN
<p><b>CONCEPTUAL:</b> Los alumnos analizarán la importancia de las mutaciones utilizando información bibliográfica</p> <p><b>PROCEDIMENTAL:</b> Desarrollarán la capacidad de interpretar la información bibliográfica para comprender la importancia de las mutaciones como mecanismos de la variabilidad biológica.</p> <p><b>ACTITUDINAL:</b> Aplicarán habilidades y actitudes para analizar la información bibliográfica en forma individual y grupal.</p>	<p>Información bibliográfica sobre las características y mecanismos del desarrollo de las mutaciones.</p> <p>Mutaciones naturales e inducidas</p>	<p><b>APERTURA (10 min.)</b> Recapitulación de la práctica de laboratorio sobre las moscas de las frutas, realizada la clase anterior.</p> <p><b>DESARROLLO (40 min.)</b> Lectura de un resumen sobre las características generales de las mutaciones y de un artículo científico sobre la presencia de las mutaciones.</p> <p><b>CIERRE (10 min.)</b> Elaborar por equipo de un mapa conceptual que contenga todos los conceptos de las mutaciones. Los alumnos participaran en una discusión grupal sobre la importancia de las mutaciones.</p>	<p>Copias fotostáticas</p> <p>Pizarrón</p> <p>Gis</p>	<p><b>Diagnóstica:</b> Preguntas sobre las características de las mutaciones que presentan las moscas de las frutas.</p> <p><b>Formativa:</b> Capacidad para manejar y utilizar la información bibliográfica.</p> <p>Aptitudes y actitudes para la disponibilidad del trabajo grupal en la elaboración de un resumen, cuestionario, mapa conceptual y ejercicios didácticos.</p>

**Actividades:** Los alumnos realizarán la lectura de un resumen y un artículo científico para elaborar un mapa conceptual

Bibliografía:

- 1.- Audesirk, T. Biología, 5ª Edición, Prentice hall. México 2003
- 2.- Curtis, H. y Barnes, N. Biología, Edt. Medica Panamericana. México, 2004

Asignatura: Biología – I

Unidad: III ¿Cómo se transmite y modifica la información genética en los sistemas vivos?

Tema: I Mecanismos de la herencia

Subtema: Concepto de mutación. Importancia de las mutaciones como mecanismos de la variabilidad biológica

Propósito: Al finalizar la unidad, el alumno identificará los mecanismos de transmisión y modificación de la información genética en los sistemas vivos, a través del análisis de distintos patrones hereditarios y del conocimiento del papel de las mutaciones, para que valore los avances del conocimiento biológico con relación a la manipulación genética y sus repercusiones en la sociedad.

Sesión: Tercera Fecha: 29 de Octubre de 2007

Duración: Dos horas

APRENDIZAJES	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS	RECURSOS	EVALUACIÓN
<p><b>CONCEPTUAL:</b> Los alumnos analizarán la importancia de la regulación de la expresión genética, así como la síntesis de proteínas</p> <p><b>PROCEDIMENTAL:</b> Realizarán un ejercicio grupal para conocer la actividad del DNA en la transcripción del RNA y la traducción en la síntesis de proteínas.</p> <p><b>ACTITUDINAL:</b> Aplicarán habilidades y actitudes en el manejo de modelos didácticos en el laboratorio y el trabajo grupal.</p>	<p>Alteraciones o mutaciones de la molécula de DNA</p> <p>Molécula de DNA, RNA y síntesis de proteínas.</p> <p>Un gen produce una proteína.</p>	<p><b>APERTURA (20 min.)</b> Recapitulación de la clase anterior.</p> <p><b>DESARROLLO (80 min.)</b> Utilizar un modelo de la molécula de DNA para generar mutaciones y la formación de los tres tipos de ARN para producir proteínas diferentes (utilizando un biodisco) que intervienen en la diversidad genética.</p> <p><b>CIERRE (20 min)</b> Los alumnos participaran en una discusión grupal sobre la importancia que tiene el DNA al sufrir mutaciones y formar proteínas diferentes.</p>	<p>Proyector de acetatos</p> <p>Acetato de regulación de la expresión genética y la síntesis de proteínas.</p> <p>Modelo de una molécula de ADN</p> <p>Tripletes de nucleótidos</p> <p>Biodisco síntesis de proteínas</p>	<p><b>Diagnóstica:</b> Preguntas sobre la función que realiza el ADN y el ARN.</p> <p><b>Formativa:</b> Capacidad para manejar y utilizar modelos bioquímico y aplicarlos para generar mutaciones, las cuales son responsables de formar la diversidad genética.</p> <p>Aptitudes y actitudes para la disponibilidad del trabajo grupal.</p>

**Actividades:** Los alumnos elaborarán una proteína utilizando un biodisco y tomando como base una molécula de DNA mutante.

Bibliografía:

- 3.- Gardner, E. J. Principios de Genética, Limusa, México 1999
- 4.- Solomon, B. M. Biología, Mc Graw Hill, México, 2004

Prof. Basilio Luis Ríos Ramírez

## Anexo 3

### PRÁCTICA: MUTANTES EN *Drosophila*

En 1900, Thomas Hunt Morgan inicio sus estudios con la mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster*, descubriendo en 1901 el mutante de ojo blanco (white) en cultivos maduros de moscas silvestres. Poco después. El número de mutantes que apareció espontáneamente fue en aumento. En 1927, Herman Müller demostró que las radiaciones ionizantes son capaces de producir alteraciones genéticas en *Drosophila melanogaster* y definió a las mutaciones como los cambios en la cantidad, cualidad y arreglo de los genes. En 1942, Charlotte Auerbach demostró que el gas mostaza, utilizado como arma química durante la segunda guerra mundial, es mutagénico, Así como base en su origen, pueden ser: **espontáneas**, aquellas que ocurren en forma natural y con frecuencia extremadamente baja, e **inducidas**, que aparecen por la exposición a agentes físicos. Químicos o biológicos a los que se les denomina mutágenos ,en este caso, la frecuencia de aparición dependen del tipo de agente utilizado, la forma de exposición y la duración de ésta. Un hecho interesante derivado del uso de agentes mutagénicos (químicos, físicos o biológicos) radica en que las mutaciones que surgen de manera espontánea y las inducidas por los agentes mutagénicos son del mismo tipo.

Las mutaciones pueden ocurrir a nivel de los genes (**génicas**) o a nivel de los cromosomas (**cromosómicas**), pero en cualquier caso, para que un cambio en el material genético se considere mutación debe ser heredable. El estudio de las mutaciones es una herramienta poderosa para el análisis. De los cambios que se han presentado en los organismos a través del tiempo y su relación con el ambiente en el que estos habitan.

Por su efecto en los organismos, las mutaciones pueden ser morfológicas, si su presencia modifica el aspecto del organismo mutante, funcionales por ejemplo, aquellas que confieren una actividad metabólica diferente a, la de los organismos silvestres; detrimentales, si su presencia implica alguna desventaja para el organismo mutante; y, .letales, cuando provocan la muerte del organismo antes de que alcance la madurez reproductiva. De cualquier manera el estudio de las mutaciones contribuye a comprender el funcionamiento normal de los genes.

Objetivo: Identificar algunas mutaciones morfológicas en la mosca del vinagre, *Drosophila melanogaster*.

#### MATERIAL

Tubo con moscas de tipo silvestre  
Tubo con moscas mutantes  
Microscopio de disección  
Platina de vidrio  
Pincel  
Frasco gotero con éter  
Eterizador

Marcador indeleble

## METODO

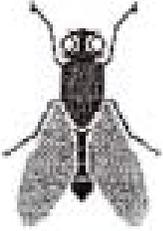
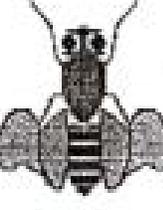
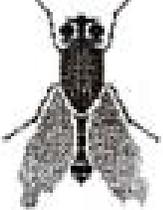
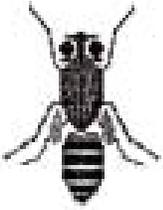
1. Anestesia a las moscas del tipo silvestre. Revise el color del cuerpo. Color de los ojos. Forma de las alas y sepárelas en dos grupos, de acuerdo con su aspecto. ¿Cuál es el aspecto de las hembras? (las hembras son ligeramente más grandes que los machos) ¿y el fenotipo de los machos? (dorsalmente, los machos tienen la parte terminal del abdomen notoriamente más oscura).
2. Anestesia a las moscas mutantes del segundo tubo. Revise el aspecto de las hembras y los machos.
3. Señale en su registro en que se diferencian con respecto a las de tipo silvestre. describa brevemente a cada uno de los cinco mutantes

## CUESTIONARIO

- 1.- Suponga que estas moscas mutantes se encuentran en la naturaleza. ¿Consideras que estos mutantes estarían en ventaja o desventaja con respecto a las de tipo silvestre?.
- 2.- Qué relevancia tienen las mutaciones en la genética y en la evolución.
- 3.- Qué relación encuentras entre mutación y biodiversidad.
- 4.- Menciona tres factores que favorezcan la expansión de estas mutaciones.
- 5.- Si la mutación de alas regordetas se representa con *ll-13.0 dp*. ¿Qué representa esta clave?
- 6.- Menciona tres ejemplos de mutaciones que conozcas en el humano.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Klug S. W and Cummings R. M (2000) Concept of Genetics. 6<sup>a</sup>. ed. Prentice Hall, Inc. 816 pp. ISBN 0- 13- 081626-4.
2. Ramos P., Abundis H., Gaytan JC., Ordaz MG., Orozco PG., Maldonado J., Hernández J.,González E., Reyes P., Galicia E., Muñoz A. (1993) Manual de Laboratorio de Genética para *Drosophila melanogaster*, McGraw-Hill, México, ISBN970-10-0222-9, 131 pp.
3. Russell J: P (2000) Genetics. 5<sup>a</sup> ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. ISBNo-321-00038-2, 900 pp.
4. Weaver RF., P. W. Hedrick (1997) Genetics, Third Edition, WBC, Dubuque, 638 pp.
5. Snustad D. P., and Simmons M. J. (2000) Principles of Genetics, 2<sup>a</sup>. ed., John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471- 29800-X, 876 pp.

	<p><i>w: white (blancos)</i></p> <p>Localización: 1-1,5  Origen: espontáneo  Descubrió: Morgan T. H.  Fenotipo: ojos color blanco puro. La respuesta optomotora está ausente pero la mosca es fototáctica.</p>
	<p><i>e: ebony (ébano)</i></p> <p>Localización: 3-70.7  Origen: espontáneo  Descubrió: Wallace E.M.  Fenotipo: cuerpo color negro brillante. Son clasificables a lo largo de todo el periodo larvario por el color oscuro. La viabilidad es del 80% de la del tipo silvestre.</p>
	<p><i>Cy: Curly (Rizado)</i></p> <p>Localización: 2-6.1  Origen: espontáneo  Descubrió: 1, Ward  Fenotipo: alas rizadas hacia arriba. La curvatura es causada por la contracción desigual de los epitelios superior e inferior durante el periodo de secado después que la mosca emerge de la pupa.  Generalmente el homocigoto es letal.</p>
	<p><i>Ser: Serrate (Serrata)</i></p> <p>Localización: 3-92.5  Origen: espontáneo  Descubrió: Spencer  Fenotipo: alas con una muesca en la punta; muesca más profunda en la segunda celda posterior.</p>
	<p><i>vg: vestigial (vestigial)</i></p> <p>Localización: 2-67.0  Origen: espontáneo  Descubrió: Morgan T. H.  Fenotipo: alas reducidas a vestigios; por lo general dispuestas en ángulo recto respecto al cuerpo. Las venas de las alas ligeramente visibles.</p>

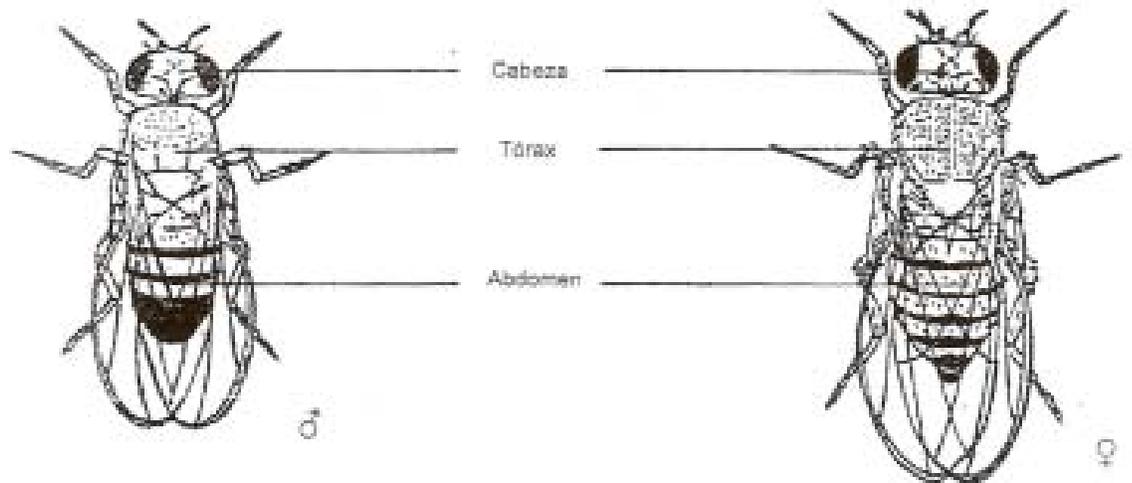


Fig. 9. Moscas adultas de *Drosophila melanogaster*: macho a la izquierda, hembra a la derecha. Segmentos del cuerpo. (Tomado de Demerec, M. Ed., *Drosophila melanogaster*, 1961, p. 11.)

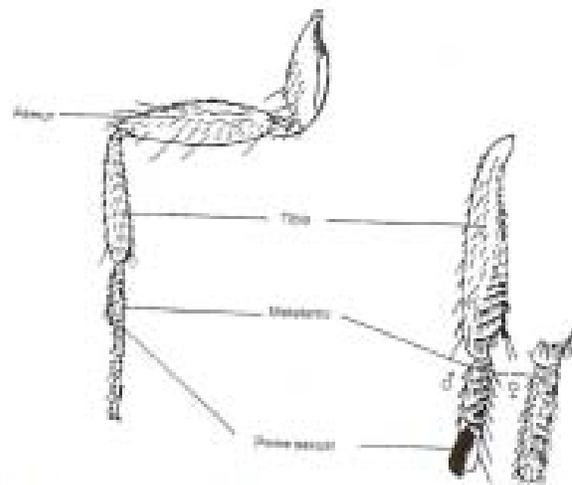
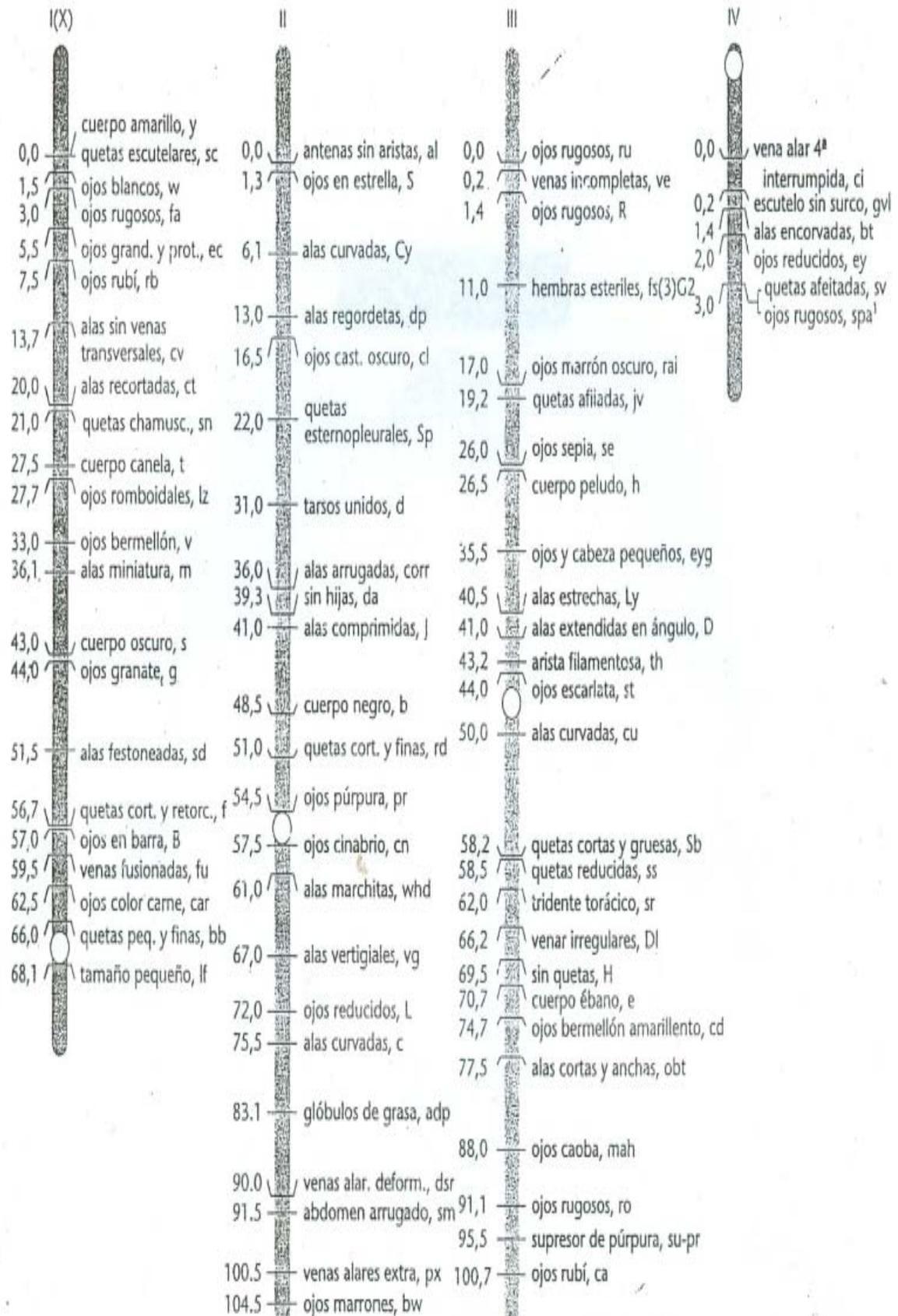


Fig. 10. Diagrama de la pata anterior del macho de *Drosophila melanogaster*. Abajo a la derecha, comparación de metatarso de la hembra y del macho. (Tomado de Demerec, M. Ed., 1963, *Biology of Drosophila*.)





## RESPUESTAS DELCUESTIONARIO

1.- Supongan que esta moscas mutantes se encuentran en la naturaleza ¿Considera que estos mutantes estarían en ventaja o desventaja, con respecto a los de tipo silvestre).

R.- En desventaja, por que al no tener alguna capacidad no tiene la misma posibilidad de alimentarse y desarrollarse normalmente.

2.- ¿Qué relevancia tienen las mutaciones en la genética?

R.- Se pueden realizar estudios acerca del por que se sufren esas alteraciones o si pueden ser benéficas o no.

3.- ¿Qué relación encuentra entre mutación y diversidad?

R.- Que gracias a las mutaciones hay grandes variaciones en una especie determinada.

4.- Menciona tres factores que favorezcan la expansión de otras mutaciones.

R.- Reproducción, factores externos, adaptación.

5.- Si la mutación a las regordetas se representa con II-13.0dp.¿Qué representa esta clave?

R.- El II es cromosoma y el 13.0 es la localización de la modificación del gen.

6.- Menciona tres ejemplos de mutaciones que conozcas en el humano

R.- El Síndrome de Down, Daltonismo, Albinismo

## REPORTE DE LA PRÁCTICA CON LA V DE GOWIN

### ¿Mutación ventaja o desventaja?

<u>Conceptos</u>	<u>¿Mutación ventaja o desventaja?</u>	<u>Metodología</u>
<p>Drosophila melanogaster: Drosophila Mosca de la fruta. Mutaciones: cambios en la cantidad, calidad y arreglo de los genes. Las mutaciones pueden ocurrir a nivel cromosomas. Para que un cambio en los genes se considere mutación debe ser heredable.</p>	<p>Las mutaciones pueden ser una ventaja cuando ayudan al organismo a adaptarse mejor a su medio, y este tiene mayor ventaja de sobrevivir y su progenie tendrá mayor ventaja al tener esta mutación, pero puede estar en desventaja sino se puede adaptar y así tener menos posibilidades de sobrevivir y de tener progenie y con esto extinguirse.</p>	<p>Algunas observaciones en mutantes de  Melanogaster 31, 0- torsos unidos, d (II) 3, 0- ojos blancos w (I) 41, 0- alas comprimidas J (II) 68,1- tamaño pequeño If (I) 26,5- Cuerpo peludo, h (III)</p>

### Mutaciones en Drosophila Melanogaster

## Anexo 4

### La diversidad de las especies y el resultado de los mecanismos evolutivos.

Objetivo: Analizaran los resultados obtenidos en la practica 1 (mutaciones en la mosca *Drosophila m*) para repasar los temas de:  
Genética; Fenotipo y Genotipo.  
Diversidad; Diferentes tipos de mutaciones.  
Evolución; Selección Natural.

Desarrollo:

1.- En 5 fichas se anotan los nombres de las mutaciones de las moscas (observadas en la practica 1), se colocan en una tómbola y se selecciona al azar. El primer nombre obtenido se le asigna el número 1, al segundo el número 2, etc.  
Ejemplo:

- 1.- White (ojos blancos)
- 2.- Ebony (cuerpo negro)
- 3.- Sepia (ojos cafés)
- 4.- Lobe (ojos reducidos)
- 5.- Miniature (alas reducidas)

2.- Se elaboran 5 fichas de cada uno de los números de las mutaciones, de tal manera que se obtienen un total de 25 fichas, las cuales se colocan en una tómbola y se van sustrayendo en pares, simulando la fecundación.

3.- Se forman tres tablas, cada una representa un medio ambiente diferente y que esta relacionado con la columna de F-1:

La tabla No. 1 representa un medio ambiente frío y el valor de la F-1 es la suma de los dos números de genotipo, si esta suma es igual o menos a 4 representa a los organismos que sobreviven, si resulta mayor de 4 el organismo se extingue.

La tabla No. 2 representa un medio ambiente templado y la suma es igual o menor a 6 para la sobrevivencia y si es mayor a 6 el organismo se extingue.

La tabla No. 3 representa un medio ambiente cálido y la suma es igual o menor a 8 para la sobrevivencia y si es mayor a 8 el organismo se extingue.

4.- Se realizan 10 tiradas y se colocan en la tabla correspondiente. En la columna del genotipo se colocan los números de las dos fichas que se sustrajeron. En la columna de F-1 se realiza la suma de los dos números anteriores y que en este caso representa el ambiente en que se realiza la fecundación, en la columna del fenotipo se colocan las características externas del híbrido obtenido (hipotéticamente).

En la ultima columna se coloca **S** si sobrevive y **E** si se extingue.

5.- Una vez que esta llena la tabla, se procede a analizar los resultados, determinando en que ambiente se presenta mayor sobrevivencia, que tipo de organismos sobreviven y por que se presentan estos resultados.

Tabla para representar la diversidad de las especies y el proceso de la selección natural.

Se elaboran tres tablas. Cada una representa un ambiente diferente determinado por la suma de los genotipos de la fecundación:

Si es menor o igual a 4 sobreviven (S), si es mayor a 4 se extinguen (E)

Si es menor o igual a 6 sobreviven (S), si es mayor a 6 se extingue (E)

Si es menor o igual a 8 sobreviven (S), si es mayor a 8 se extingue (E)

No.de eventos	Fecundación (Genotipo)	F-1 (Suma de los Genotipos)	Fenotipos (híbridos de F-1)	E/S
1	1 - 2	3	Alas curvadas Ojos rugosos	S
2	1 - 5	6	Alas curvadas Ojos sepia	E
3	4 - 5	9	Cuerpo negro Ojos sepia	E
4	5 - 5	10	Ojos sepia	E
5	3 - 5	8	Ojos reducidos Ojos sepia	E
6	1 - 4	5	Ojos rugosos Cuerpo negro	E
7	3 - 4	7	Ojos reducidos Cuerpo negro	E
8	1 - 5	6	Alas curvadas Ojos sepia	E
9	2 - 4	6	Ojos rugosos Cuerpo negro	E
10	2 - 2	4	Ojos rugosos	S

## Anexo 5

### LAS MUTACIONES

En 1901, el botánico holandés Hugo de Vries acuñó el término **mutación** para explicar las **variaciones** que observó en la hierba del asno *Oenothera lamarckiana*, en la cual ocasionalmente aparecían variantes que no estaban presentes en los progenitores. De Vries conjeturó que estas variantes surgían como resultados de cambios súbitos en los **genes** y que la variante producida por un gen cambiado se transmitía a la prole, como lo hace cualquier otra característica hereditaria.

Ahora se sabe que las mutaciones son causadas por **cambios** en la secuencia de **nucleótidos** del DNA, de un gen o un cambio en los **cromosomas**, estos cambios son heredables. En el sentido más amplio, las mutaciones comprenden todos los cambios inesperados y al azar, se presentan de manera espontánea o inducida en el material genético de una célula, incluyendo tanto las alteraciones en las partículas submicroscópicas que

forman las estructuras genéticas de los cromosomas, como las visibles, estructurales y numéricas de los mismos.

Una mutación es cualquier alteración en el DNA, puede consistir en un cambio en los pares de bases de nucleótidos en un gen o la transposición de genes dentro de los cromosomas de modo que sus interacciones producen efectos distintos al normal, alterando la frecuencia de genes en los organismos.

Dentro de cada cromosoma se encuentran numerosos factores hereditarios, llamados genes, los cuales corresponden a un segmento de DNA que sirve como unidad de información hereditaria; incluye una secuencia de nucleótidos susceptible de ser transcrita, de donde se obtiene un RNA con una función específica consistente en producir una determinada **proteína**, es decir un gene genera una proteína. Cada gene es diferente del resto, con la

misión de controlar uno a más caracteres hereditarios. Los genes son entidades químicas que no pueden ser observadas y comparadas directamente, consideradas como la unidad de la herencia y localizadas en un lugar fijo en el cromosoma. Determinante hereditario del fenotipo ya que cuando ocurre alguna alteración fenotípica debe estar asociada con el cambio del gene.

Los cambios en el DNA se originan cuando se modifican las secuencias de bases que pueden ocurrir durante la replicación de manera espontánea, debido a que la información en un gen se codifica en las secuencias específicas de bases, y se caracterizan por alterar el código de instrucciones que pueden dar como resultado una proteína diferente o defectuosa, o bien la interrupción de la síntesis de proteínas. No obstante cuando el **polipéptido** es alterado en grado suficiente para modificar sus funciones, la mutación suele ser nociva. El mismo mecanismo se presenta cuando los

cromosomas son alterados en su forma o en su número generando un

error en el almacenaje de la información genética. Si se produce un cambio en la información almacenada, éste puede quedar reflejado en la expresión de esta información y puede propagarse durante la replicación. La aparición de las mutaciones es rara en la naturaleza, pero al ocurrir, los cambios se perpetúan en las siguientes generaciones produciendo variabilidad genética. La variación se introduce en un acervo génico, que son la fuente de nuevos alelos y son resultado de un cambio en los pares de bases nucleotídicas de un gen.

Las mutaciones ocurren de manera impredecible, espontánea y al azar. No todas las mutaciones pasan de una generación a la siguiente, las que ocurren en células **somáticas** pueden provocar alteraciones en el organismo en el que se presentan, pero desaparecen en el momento en que mueren los individuos en que se originó, es decir no son heredables, sin embargo algunas mutaciones ocurren en las células **sexuales** y pueden pasar a los descendientes originando la aparición de organismos diferentes a

los progenitores los cuales pueden dar origen a nuevas especies. La variación en un linaje se manifiesta sólo cuando ha ocurrido una desviación en la herencia total, o sea cuando algún descendiente no es una copia perfecta de sus progenitores. Las mutaciones génicas son el origen de la mayoría de los diferentes **alelos** o genes y por tanto de muchas de las variaciones existentes en las poblaciones y por consiguiente representan la fuente primaria de la variabilidad genética, mientras que la recombinación es la fuente secundaria.

No todas las mutaciones son detectadas inmediatamente, ya que la gran mayoría son **recesivas** y deben ser homocigóticas para que puedan expresarse, el efecto **fenotípico** es la única evidencia realmente observable de la mutación. Con frecuencia el resultado neto de una mutación es un cambio en la apariencia física de un individuo o en algún otro carácter o rasgo.

En general podemos decir que las mutaciones presentan varias características las cuales son:

- 6) Discontinuidad;** No podemos prever su aparición, y entre el carácter antiguo y el nuevo existe una clara distinción
- 7) Estabilidad;** Una vez que se ha producido una mutación se manifiesta perfectamente estable en la descendencia
- 8) Son al azar;** Se presentan en la naturaleza accidentalmente sin causa aparente.
- 9) Amplitud variable;** Pueden afectar rasgos o funciones de poca importancia, producir cambios extremos o llegar a ser mortales para el sujeto afectado.
- 10) Heredabilidad;** Ocurren en el DNA y por consiguiente en los cromosomas que se transmiten a las células hijas.

Las mutaciones **inducidas** son provocadas por diversas sustancias conocidas como **mutágenos** que pueden ser como las radiaciones ambientales, sustancias químicas, rayos ultravioletas y los retrovirus. Muller en 1927 y Stadler en 1928 demostraron los efectos mutagénicos de los rayos X en *Drosophila*, Maíz y cebada. Todas estas sustancias

responsables de causar mutaciones, reciben el nombre de mutágenos.

Las mutaciones proporcionan la base para las investigaciones en genética, la **variabilidad** fenotípica resultante permite investigar los genes que controlan las características que se han modificado, en este sentido las mutaciones sirven de marcadores para identificar los genes, de manera que puedan seguirse durante la transmisión de padres a hijos.

Gracias a la posibilidad de que los genes presenten formas alternativas, tanto la **evolución** como la diversidad biológica existente hoy en día no se habría desarrollado. La diversidad de las especies y las interrelaciones complejas que los mantienen quedan comprendidas con el término de **biodiversidad**.

Por lo que se ha mencionado, las mutaciones son importantes para realizar estudios sobre genética, evolución y biodiversidad, por lo que es necesario **clasificarlas** en base a diferentes criterios, todos ellos son arbitrarios y superficiales.

## Cuestionario sobre las mutaciones

Contesta brevemente las siguientes preguntas:

1.- Explica que es una mutación.

R.- Es una modificación que sufre el ADN y se presenta en cambios o alteraciones visibles

Alteraciones en el ADN que produce diferencias en las características de algo

2.- ¿Cuáles son las causas por las que se presentan las mutaciones?

R.- Adaptación al medio ambiente

Mutágenos (agentes externos como Rayos X, medicamentos, etc.) alteraciones

3.- Conoces un caso de mutación en el humano. ¿Cuál es?

Síndrome de Down, Albinismo, enanismo, gigantismo, Síndrome de Alexander

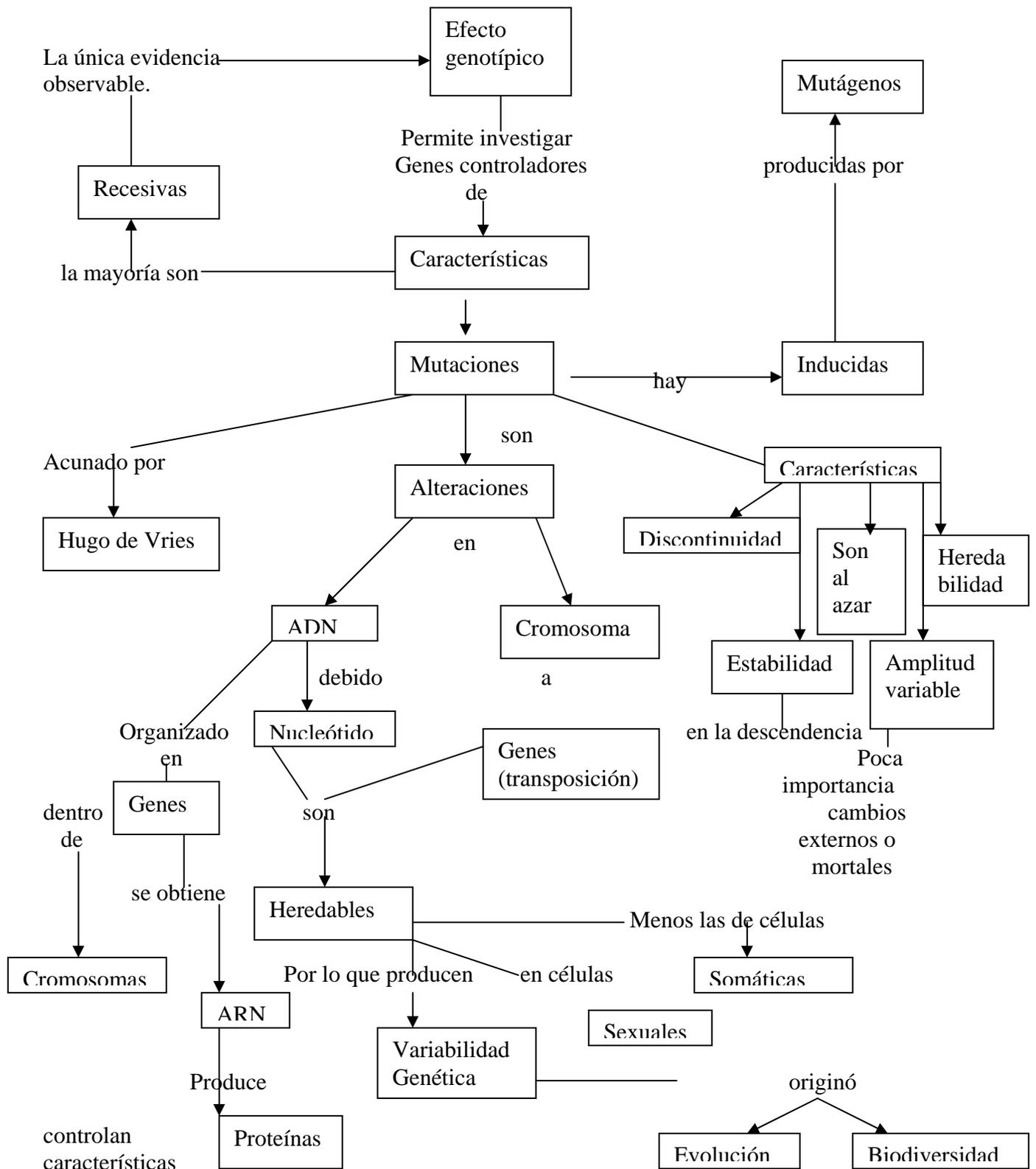
4.- Para que crees que sirven las mutaciones. ¿Son benéficas o perjudiciales?

R.- Para adaptación al medio ambiente, cuando ayudan a lo anterior son benéficas

5.- ¿Como puede expandirse una mutación a todos los organismos de una población?

Con las células sexuales (reproducción y herencia

## Mapa conceptual sobre las mutaciones



## Anexo 6

### ¿Un Error de Einstein sobre el Viaje Espacial?

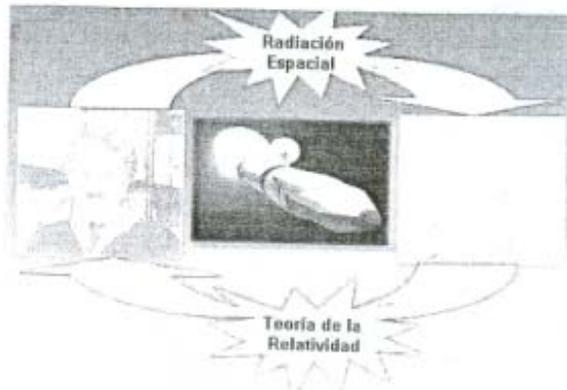
Al formular la paradoja de los gemelos, Einstein olvidó considerar los efectos de la radiación cósmica.

**Marzo 22, 2006:** Pensemos en un par de hermanos, gemelos idénticos. Uno de ellos consigue un trabajo de astronauta y se aventura por el espacio profundo. El otro permanece en la Tierra. Cuando el gemelo viajero regresa a casa, descubre que es más joven que su hermano.

Esta es la paradoja de los gemelos de Einstein, y aunque parezca extraño, es absolutamente correcta. La teoría de la relatividad nos dice que cuanto más rápido se viaje en el espacio, más lento se viaja en el tiempo. Viajar a Alpha Centauri-warp 9, por favor- es una buena manera de permanecer joven.

¿O quizás no?

Algunos investigadores comienzan a creer que el viaje espacial podría tener el efecto contrario. Podría hacerte prematuramente viejo.



**Arriba:** La teoría de la Relatividad Especial de Albert Einstein dice que el tiempo se hace más lento para los rapidísimos viajeros espaciales, de echo manteniéndolos más jóvenes. La actuación de la radiación espacial sobre los telómeros puede invertir este efecto.

“El problema de la paradoja de Einstein es que no tuvo en cuenta la biología específicamente la radiación espacial y la biología del envejecimiento”, dice Frank Cucinotta, jefe de la NASA para estudios de radiación en el Centro Espacial Jonson.

Mientras que el astronauta gemelo avanza por el espacio, explica Cucinotta, sus cromosomas estan expuestos a los penetrantes rayos cósmicos. Esto puede dañar sus telómeros- pequeñas “tapas” moleculares en los extremos de su SDN. Aquí en la Tierra la pérdida de los telómeros esta asociada al envejecimiento.

## Una mecha

Como la mecha de una bomba de tiempo, los telómeros son largas cadenas de ADN repetitivo que se acortan cada vez que una célula se divide. Cuando los telómeros se vuelven demasiado cortos, la vida de la célula se termina: No puede dividirse más, así que entra en un estado que se conoce como "senescencia replicativa".

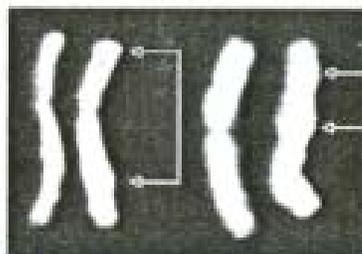
Sin esta mecha inherente, las células humanas serían capaces de continuar creciendo y dividiéndose indefinidamente. De hecho, los científicos creen que las células evolucionaron los telómeros como una forma de prevenir el crecimiento celular sin control de los tumores cancerígenos. Debido a los telómeros, la mayoría de las células humanas sólo pueden dividirse entre 50 y 100 veces antes de que la bomba de tiempo se apague.



**Derecha:** Los Telómeros (blanco) tapan los extremos de los cromosomas humanos (gris).  
Crédito de la imagen: Programa del Genoma Humano del Departamento de Energía de U.S.A. (U.S. Department of Energy Human Genome Program)

Una teoría actual sobre el envejecimiento sostiene que conforme las células del cuerpo de una persona empiezan a alcanzar el límite impuesto por los telómeros, la falta de células nuevas y frescas causa los síntomas típicos del envejecimiento: piel arrugada, órganos que fallan, depresión del sistema inmunológico, etc.

Investigaciones recientes, realizadas por Frank Cucinotta y sus colegas, muestran que la radiación de núcleos de hierro (un componente importante de los rayos cósmicos) daña los telómeros de las células humanas: [referencia bibliográfica](#).



Para probar esto, expusieron placas de laboratorio que contenían un tipo de células sanguíneas humanas llamadas linfocitos tanto a haces de rayos de núcleos de hierro como a haces de rayos gamma. Hasta hace poco, este complicado análisis del daño de los telómeros habría precisado una cantidad de tiempo prohibitiva. Pero una nueva técnica de coloración celular denominada RxFISH (Hibridación in situ con fluorescencia arcoirisada

inter-específica; en inglés Rainbow cross-species Fluorescence In Situ Hybridization) permitió a Cucinotta y a sus colegas ver varios telómeros simultáneamente.

**Izquierda:** Cromosomas humanos visibles mediante RxFISH. Crédito de la imagen: NASA/JSC. [\[Más Información\]](#)

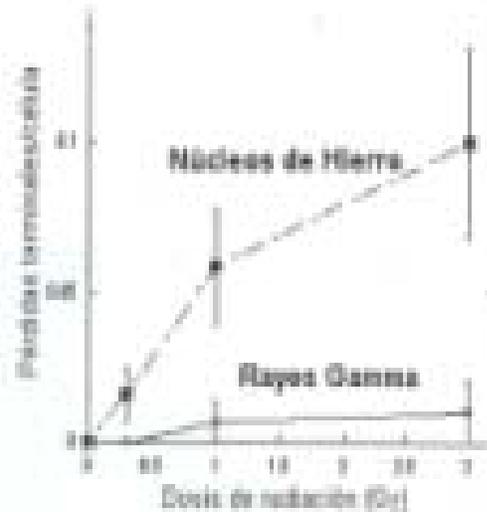
"Obtuvimos el sorprendente resultado de que las partículas de hierro son mucho más dañinas para los telómeros que los rayos gamma", dice Cucinotta, quien sugiere que esta diferencia puede obedecer a un camino de daño más ancho para los núcleos de hierro. Las hebras del telómero se pliegan en lazos alargados, como pequeños nudos en los extremos de los cromosomas. Los rayos gamma sólo pueden golpear un lado de esos lazos o el otro, pero los núcleos de hierro pueden afectar a ambos lados al mismo tiempo, infligiendo un daño duradero en el telómero —causando posiblemente su completa eliminación. No obstante esta explicación es aún especulativa.

La tarea ahora es cuantificar el riesgo de daño telomérico que pueden sufrir los astronautas, de forma que los encargados de las misiones y los propios astronautas puedan tomar decisiones bien informadas acerca de los riesgos que encaran. Con toda probabilidad, los efectos serán modestos, dice Shay.

Por ejemplo, los astronautas que han tenido la mayor exposición a la radiación espacial, como los astronautas del Apolo que viajaron a la Luna, tienden en promedio a tener cataratas alrededor de 7 años antes que otros astronautas. Las cataratas son un síntoma común de envejecimiento.

**Derecha:** Los núcleos de hierro son especialmente dañinos para los telómeros.

De mayor relevancia es el posible envejecimiento del cerebro y de la médula espinal. Experimentos con ratas han mostrado que el tejido encefálico es vulnerable al "envejecimiento" por radiación de núcleos de hierro—según investigaciones de Jim Joseph de la Universidad Tufts y Bertie Rabus en la Universidad de Maryland. (Véase las referencias abajo).



## CUESTIONARIO

- 1.- Realiza un breve resumen del artículo
- 2.- Explica por qué pueden envejecer los astronautas
- 3.- Explica qué son y de qué están formados los telómeros
- 4.- ¿Se puede decir que aquí ocurre una mutación?
- 5.- Cuales son los mutágenos que se mencionan en el artículo

## CUESTIONARIO: ¿UN ERROR DE EINSTEIN SOBRE EL VIAJE ESPACIAL?

1.- Realiza un breve resumen del artículo.

La teoría de la relatividad nos dice que cuanto más rápido se viaje en el espacio, más lento se viaja en el tiempo.

Algunos investigadores comienzan a creer que el viaje espacial podría tener el efecto contrario, podría hacerle prematuramente viejo.

2.- Explica porqué pueden envejecer los astronautas.

La teoría de la relatividad espacial de Albert Einstein dice que el tiempo se hace más lento para los rapidísimos viajeros espaciales, de hecho manteniéndolos más jóvenes la actuación de la radiación espacial sobre los telómeros puede invertir este efecto.

El problema de la paradoja de Einstein es que no tuvo en cuenta la biología (específicamente la radiación espacial y la biología del envejecimiento); dice Frank Cucinotta Jefe científico de la NASA para estudios de radiación en el centro espacial Johnson.

Mientras el astronauta avanza por el espacio, explica Cucinotta sus cromosomas están expuestos a los penetrantes rayos cósmicos, esto puede dañar sus telómeros (pequeñas “tapas” moleculares en los extremos de su ADN) aquí en la tierra la pérdida de telómeros esta asociada al envejecimiento.

3.- Explica qué son y de qué están formados los telómeros.

Los telómeros son largas cadenas de ADN repetitivo que se acortan cada vez que una molécula se divide, cuando los telómeros se vuelven demasiados cortos la

vida de la célula se termina, no puede dividirse más, así que entra en un estado que se conoce como senescencia replicativa.

Sin esta mecha inherente las células humanas serían capaces de continuar creciendo y dividiéndose indefinidamente. De hecho los científicos creen que las células evolucionaron los telómeros como una forma de prevenir el crecimiento celular sin control de los tumores cancerígenos, debido a los telómeros la mayoría de la células humanas sólo pueden dividirse entre cincuenta y cien veces antes de que la bomba de tiempo se apague.

Una teoría actual sobre el envejecimiento sostiene que conforme la células del cuerpo de una persona empiezan a alcanzar el límite impuesto por los telómeros, la falta de células nuevas y frescas, causa síntomas típicos del envejecimiento: piel arrugada, órganos que fallan, depresión del sistema inmunológico , etc.

4.-¿Se puede decir que aquí ocurre una mutación?.

Investigaciones recientes, realizadas por Frank Cucinotta y sus colegas muestran que la radiación de núcleos de hierro (un componente importante de los rayos cósmicos) daña los telómeros de las células humanas.

5.- Cuales son los mutágenos que se mencionan en el artículo.

“Las partículas de hierro son más dañinas para los telómeros que los rayos gamma”, dice Cucinotta, los rayos gamma sólo pueden un lado de esos lazos o el otro, pero los núcleos de hierro pueden afectar a ambos lados del mismo tiempo infligiendo un daño duradero en el telómero causando posiblemente su eliminación por completo

Los astronautas que han tenido la mayor exposición a la radiación espacial, tienden en promedio a tener cataratas alrededor de siete años antes que otros astronautas las cataratas son un síntoma común de envejecimiento.

## Anexo 7

### CLASIFICACIÓN DE LAS MUTACIONES

Ahora vamos a ver cómo se clasifican las mutaciones, las cuales pueden organizarse de distintas maneras, que no son excluyentes, sino que dependen de los aspectos de la mutación que se están investigando o exponiendo. Se distinguen varios tipos de mutaciones en función de los cambios que sufre el material genético:

I.- Por la cantidad de material que modifican:

- d) **De punto**; Implica un cambio en uno o varios nucleótidos o de manera más específica representa el cambio en las bases alterando a la molécula de DNA causando efectos catastróficos en un gen, porque todos los codones que siguen serán mal leídos y la proteína resultante puede ser no funcional. Se dividen en tres tipos que son:
- **Inserción**.- Se presenta cuando se adicionan nuevos pares de nucleótidos en gen durante la replicación del DNA o por efectos de un mutágeno.
  - **Supresión**.- En esta mutación se eliminan pares de nucleótidos en la cadena de DNA, con las mismas consecuencias del caso anterior.
  - **Transposición**.- Mutación de punto en donde se presenta un giro en los nucleótidos de la cadena de DNA.

e) **Aberraciones cromosómicas**:

**1.- Estructurales**; Provocan la alteración de segmentos o partes de un cromosoma, modificando la agrupación de los genes. Estas se dividen en:

- **Delección**.- Eliminación de uno o varios genes
- **Duplicación**.- Adición de genes a la dotación básica
- **Desplazamiento**.- Dos cromosomas intercambian partes de sus genes
- **Inversión**.- Un bloque de genes dentro de un mismo cromosoma cambia mediante una rotación de 180°
- **Transposición**.- Uno o varios genes cambian de posición dentro de un mismo cromosoma.
- **Translocación**.- Intercambio de fragmentos entre dos cromosomas no Homólogos.

**2.- Cambios numéricos**; Se modifica el número de cromosomas y se presenta en dos formas:

- **Aneuploidía.**- Se presenta cuando se pierde o se gana un cromosoma completo en el número normal de cromosomas, tanto en los autosomas como en los cromosomas sexuales, por ejemplo las **trisomías** que presentan un cromosoma de más en el cariotipo  
 47,XXY Complejo masculino conocido como síndrome de Klinefelter.  
 47,XX+21 o 47,XY+21 Síndrome de Down.  
 47, XX+18 o 47,XY+18 Síndrome de Edward  
 Las **monosomías** presentan un cromosoma de menos en el cariotipo  
 45,X Complejo femenino conocido como síndrome de Turner
  
- **Euploidías** .- Tienen complementos cromosómicos en donde se duplica toda la serie del genomio y pueden dar lugar a triploides (3n), tetraploides (4n) y poliploides. Son comunes en los vegetales como el trigo, el tabaco, algodón, manzanas, sandías y uvas.

II.- Por su efecto:

- f) Letales
- g) Deletéreas (desventajosas)
- h) Benéficas

III.- Por el tipo de células donde ocurren:

- c) Somáticas; Se presentan en cualquier célula del cuerpo de un organismo, a menudo producen una alteración en sólo una parte del individuo.
- d) Germinales (sexuales); Se presentan principalmente en el cromosoma sexual X y son importantes porque se transmiten a los descendientes. Existen varios ejemplos como son los ojos blancos en las moscas de las frutas, la hemofilia, el daltonismo y la calvicie.

IV.- Por la forma de manifestarse:

- c) Dominantes
- d) Recesivas

V.- Por el tipo de cromosomas donde ocurren:

- c) Sexuales
- d) Autosómicas; Como ejemplo esta la diabetes, el albinismo y la miopía.

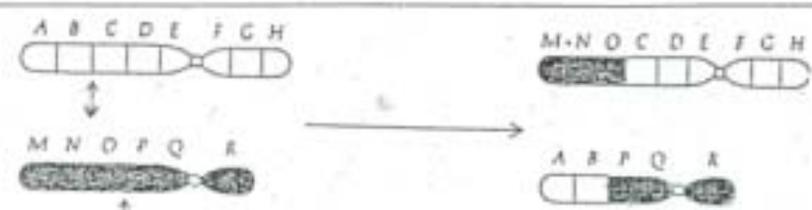
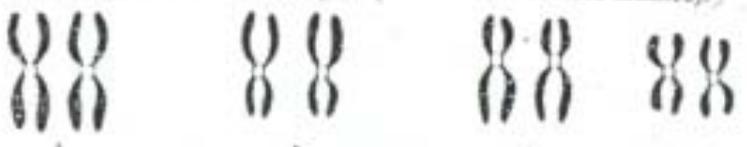
VI.- Por su origen:

- c) Espontáneas
- d) Inducidas

VII.- Casos especiales:

- d) Pleiotropía (un gene influye en varios caracteres)
- e) Genes mutables y mutadores
- f) Transposones o genes saltarines. Son regiones del genoma que se pueden desplazar de un sitio a otro.

2. Con base a las actividades de aprendizaje reconoce el tipo de mutación cromosómica de que se trate en cada caso, márcala y nómbrala.

		Tipo de mutación
		Delección
		Duplicación
		Desplazamiento
		Inversión
Número normal de cromosomas (compara éste con los dos últimos).		
		Normal
		Monosomía
		Trisomía

## ANEXO 8

### RECURSO DIDÁCTICO:

#### REGULACIÓN DE LA EXPRESIÓN GENÉTICA

##### Justificación.

La información genética esta controlada por los genes que corresponden a un fragmento de DNA y que se encuentra dentro de los cromosomas, los cuales se localizan en el núcleo (esquemas del 1 al 11), la expresión genética se lleva a cabo en diferentes espacios celulares y en tiempos distintos; la replicación y la transcripción se realizan en el núcleo, mientras que la traducción ocurre en el citoplasma. Los genes transcritos sufren antes de ser transportados al citoplasma varios procesos de corte, empalme y unión de las secuencias codificantes, la cual se presenta en cuatro niveles que son:

1. Control transcripcional
2. Procesamiento del RNA
3. Control en el transporte del RNA al citoplasma
4. Control de estabilidad del RNA (síntesis de proteínas)

**1.- Control transcripcional.** Los genes estructurales eucarióticos tienen mucho más **DNA** del necesario para codificar los aminoácidos de las proteínas, en primer lugar existen secuencias cortas de nucleótidos llamadas en conjunto **centro control** en el cual se encuentra una región llamada **augmentador** y otra llamada **promotor**, que sirven como sitio de reconocimiento **para la RNA** polimerasa y que se encuentran arriba del sitio de inicio del gen estructural que controla una característica (esquema12).

**2.- Procesamiento del RNAm.** El transcrito del pre-RNA mensajero se modifica en el núcleo antes de su transporte al citoplasma, cada gen consta de secuencias de bases que codifican una proteína, interrumpidos por otras secuencias que no son traducidas en una proteína. Los segmentos codificantes reciben el nombre de **exones**, interrumpidos por otras secuencias de bases llamadas **intrones** que no son traducidas en una proteína. Cuando se transcribe un gen, el **RNAm** es una molécula muy larga, empezando y terminando con **exones** (esquemas 12 y 13)

**3.- Control en el transporte del mensajero al citoplasma.** El RNA sufre un proceso de **corte y empalme** con la intervención de varias enzimas, los intrones son eliminados para quedar finalmente la cadena constituida por los exones, formando el **RNAm** cistrónico o maduro, que sale del núcleo y es el responsable de formar una proteína (esquemas 14 a 17)

**4.- Control de la estabilidad del RNAm.** Una vez en el citoplasma los **RNAm** cistrónicos inician la **traducción**, proceso en el cual se realiza la síntesis de proteínas, tomando como base el **código genético** (esquema 18).

Si se presenta un cambio en la secuencia de bases en un gen, se presenta una mutación, esta mutación forma una proteína completamente diferente a la original. La secuencia mutante puede diseminarse en la población y predominar; los organismos que las poseen compiten con sus rivales que albergan la secuencia de **DNA** original, dando como resultado la diversidad genética.

**Objetivos del recurso:**

- Reconocerán que la molécula de DNA controla la información genética.
- Los alumnos comprenderán que la molécula de DNA puede sufrir cambios en la secuencia de sus bases nitrogenadas llamadas mutaciones.
- Analizarán que las mutaciones pueden ocurrir durante la duplicación y pueden pasar al RNA durante la transcripción.

- Analizarán que la molécula de RNAm sufre un proceso de corte y empalme antes de iniciar la traducción.
- Utilizarán un modelo del DNA para representar la replicación, la transcripción y la traducción.
- Inducirá cambios (mutaciones) en el modelo del DNA para obtener proteínas diferentes.

### **Descripción del recurso:**

Este modelo esta formado por una molécula de DNA desenrollada que mide un metro de largo y esta formada por 66 pares de bases con 23 tripletes, para formar el ARNm durante la transcripción se utilizan tripletes marcados con colores diferentes que representan los intrones y los exones.

Este modelo se elaboró con cartoncillo y se pega en el pizarrón, los tripletes que se utilizan para formar el DNA también están en cartoncillo r recortados de forma independiente.

### **Materiales:**

- Modelo de ADN amplificado
- Tripletes independientes
- Colores
- Pegamento

### **Desarrollo.**

Este recurso consta de dos partes;

**La primera parte** esta formada por un modelo de la molécula de ADN desenrollada y amplificada que presenta 23 tripletes, con un total de 66 pares de bases, el modelo se pega en el pizarrón y se señala sus partes que consisten en la fracción aumentador y la región promotor, posteriormente se encuentra el triplete de inicio del gen, la secuencia del gen en donde se encuentran los intrones y exones para finalizar con el triplete de cierre del gen.

**La segunda parte** esta formada por fichas que representan a los triplete con varios colores, los alumnos sacarán las fichas y las irán colocando en el orden en que se sacan para representar la replicación. Las fichas rojas representarán los exones y la fichas de otro color serán los intrones. Los alumnos deberán formar la cadena complementaria del DNA.

Con la cadena formada que presentan los intrones y los exones, los alumnos formarán la transcripción de la molécula de RNA premensajera, posteriormente realizar el corte y empalme (de los intrones y exones) para formar el RNA cistrónico que sale al citoplasma y se une a los ribosomas para intervenir directamente en la síntesis de proteínas.

### **Evaluación.**

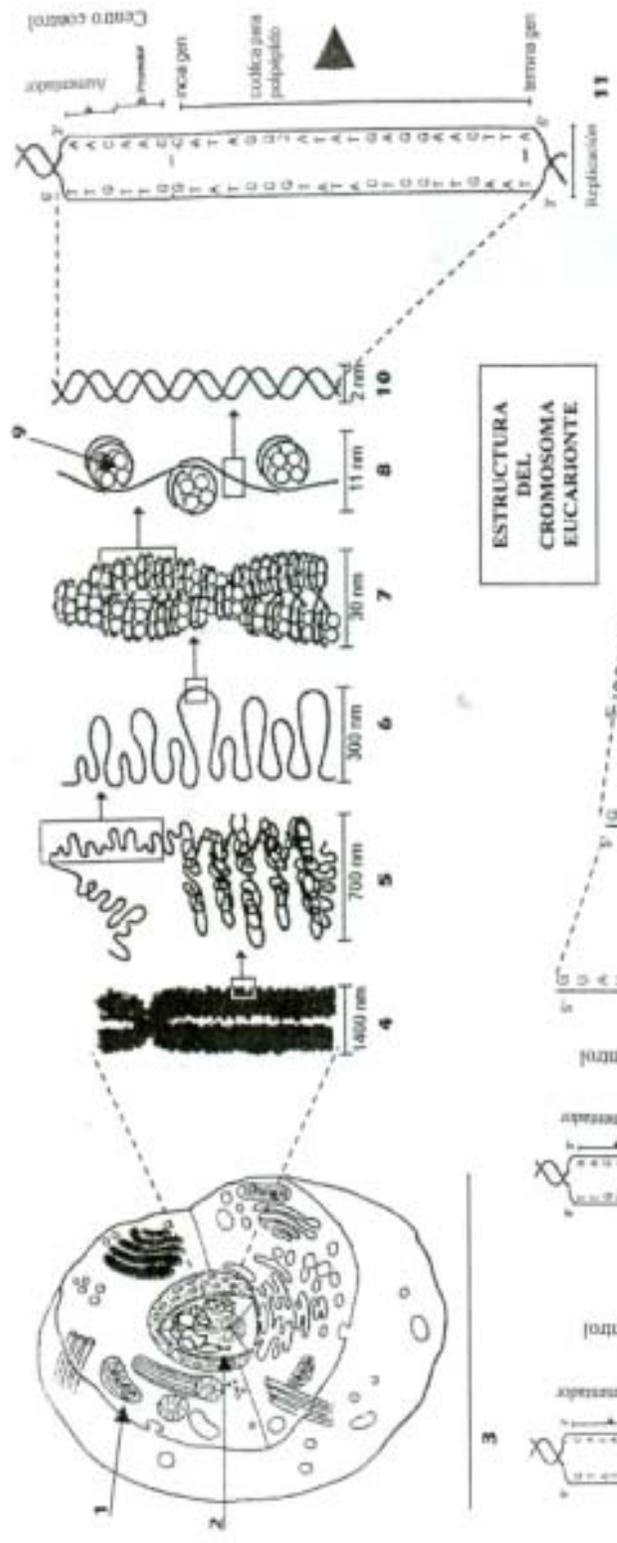
Los alumnos realizarán la replicación de la molécula de DNA (con los intrones y exones) de manera adecuada con el objetivo de analizar que se pueden formar nuevas proteínas al intercambiar los intrones y exones y por lo tanto la diversidad genética es el resultado los cambios aleatorios que se producen en el DNA.

### **Bibliografía.**

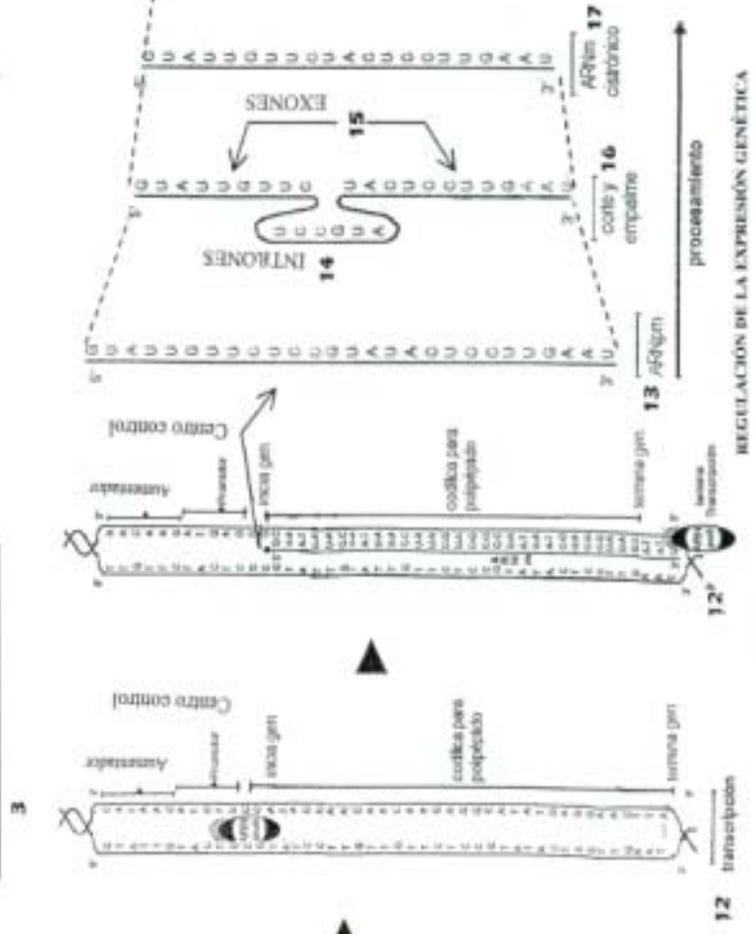
Audesirk, T. Biología uno, 5ª Edición, Prentice Hall. México, 2003. (pág. 193-215)

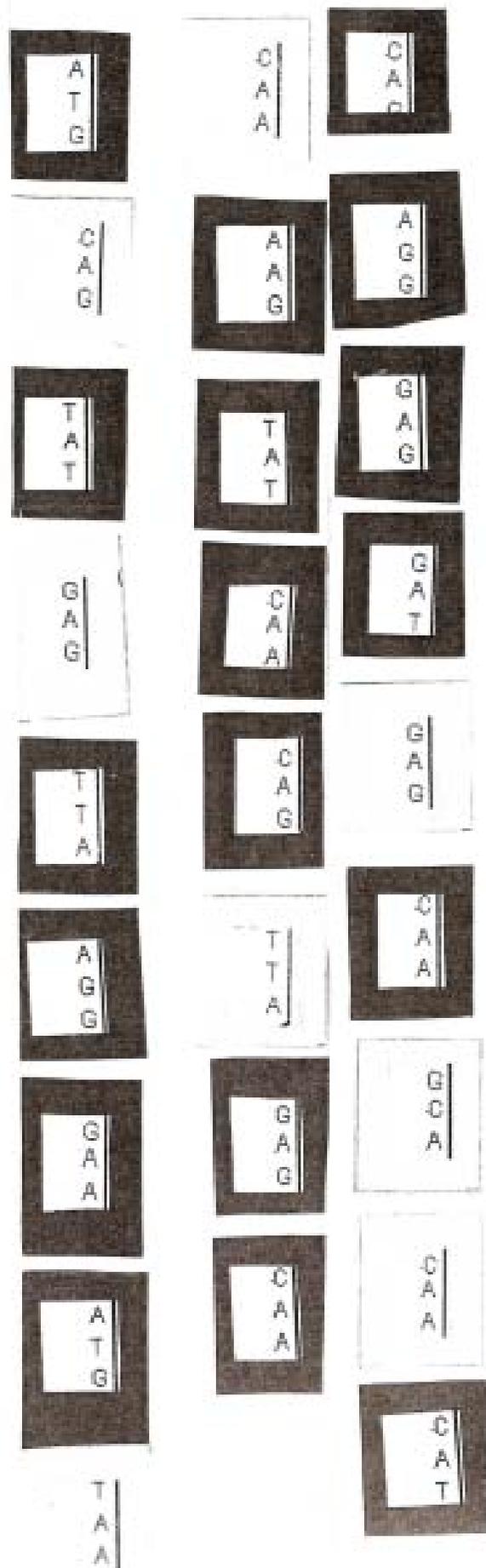
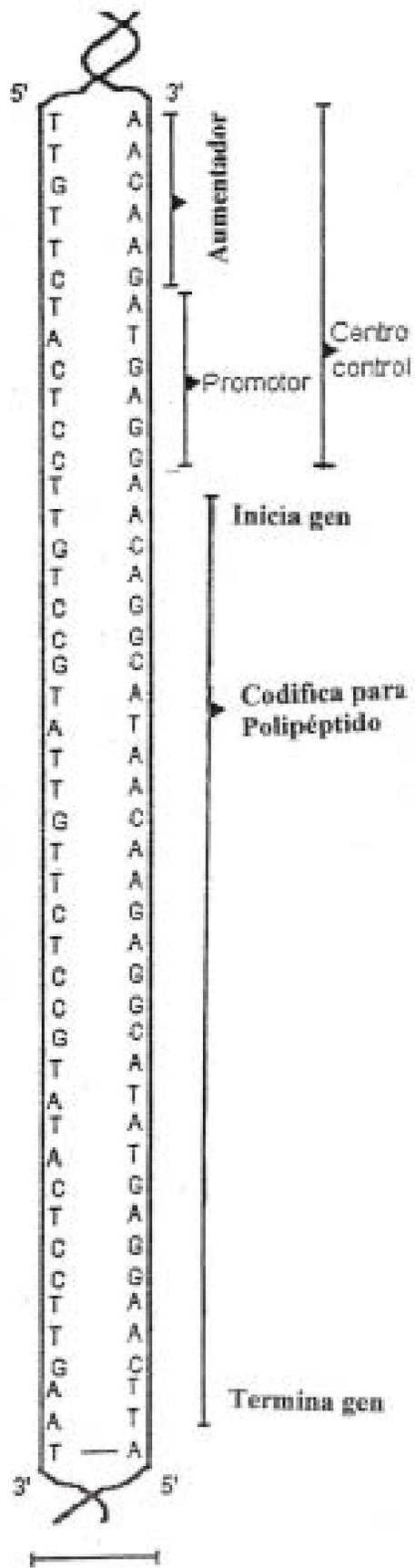
Tamarin, H. R. Principios de Genética, Edt. Reverté, S. A. México. 2004 (pág. 243-274)

Alberis, B. Biología molecular de la célula, Omega, Barcelona, 2002. (pág. 391-412)



**ESTRUCTURA DEL CROMOSOMA EUCARIOTE.**





## Anexo 9

### RECURSO DIDÁCTICO: BIODISCO

#### SÍNTESIS DE PROTEÍNAS

##### Justificación

El ADN es la molécula central que realiza varias funciones, una de las cuales es la síntesis de proteínas. El ADN se encuentra en el núcleo y la síntesis de proteínas ocurre en los ribosomas que se localizan en el citoplasma. Por lo tanto, el ADN no puede dirigir directamente la síntesis de proteínas, se tiene que auxiliar del ARN, del cual hay tres tipos: ARNm, ARNt y el ARN ribosomal.

La información contenida en el ADN se **transcribe** a la molécula de ARNm la cual lleva la información a los ribosomas (ARNr) de la secuencia de aminoácidos en la proteína que debe fabricarse.

En la **traducción** interviene el ARNt que se encarga de transportar a los aminoácidos al Ribosoma de acuerdo al **código genético** el cual utiliza tripletes convirtiendo la información del ARNm en los **aminoácidos** correctos y así formar la proteína adecuada según la secuencia de bases el que se encuentra en el ADN. El gene que se encuentra en el ADN transcribe el código genético en forma de tripletes que reciben el nombre de **codones** al ARNm, los cuales son complementarios con los **anticodones** del ARNt. Cada ARNt lleva un aminoácido, de los cuales intervienen 20 moléculas diferentes para combinarse y formar las diferentes proteínas.

##### **Objetivos del recurso**

- Los alumnos comprenderán la importancia que tiene la molécula de ADN y el ARN para controlar el metabolismo celular.

- Comprenderán que los sistemas vivos se perpetúan y mantienen debido a que el ADN tiene la capacidad de replicar su información y transcribirla para que se traduzca en proteínas.
- Analizarán el papel que juegan los diferentes tipos de ARN (ARNm, ARNt y ARNr) en la síntesis de proteínas.
- Manipulación del biodisco para sintetizar proteínas tomando como base una serie de tripletes del código genético cuyas instrucciones proceden del ADN para formar al ARN y originar las proteínas
- Analizarán que cuando existe una mutación en un gene, la proteína resultante es diferente a la inicial.

### **Descripción del recurso**

El **biodisco** esta formado por tres discos:

**El primer disco** o carátula presta una abertura que señala los tripletes del ADN, el ARNm que nos representa el codón , el ARNt con el anticodon y al final se encuentran los aminoácidos, A. A.

**El segundo disco** tiene impresos en color azul los tripletes de ADN que representan la base de todo el código genético, El ARNm esta representado de color rojo y nos indica la información de los **codones** que transcriben el código genético. El ARNt esta representado en color verde indicándonos los **anticodones**. Esta molécula se localiza en las células eucariontes en el citoplasma y esta unido a los diferentes aminoácidos, dichos aminoácidos también esta presentes en el segundo disco, escritos con color fuisa y de manera abreviada.

**El tercer disco** contiene el nombre y la abreviatura de los 20 aminoácidos que intervienen en la síntesis de proteínas, este disco tiene como objetivo que el alumno se familiarice con los nombres de los aminoácidos.

También se encuentra el esquema de un ribosoma que sirve para realizar la unión de los diferentes aminoácidos que van a formar una proteína.

Finalmente se puede consultar el código genético para comprender que un mismo aminoácido puede ser controlado por diferentes tripletes (codones) del ARNm. El biodisco es un modelo que simula como se lleva a cabo la traducción del código genético al lenguaje de las proteínas; estos tres discos giran uno sobre el otro.

### **Materiales**

- Biodiscos
- Secuencia de aminoácidos de una proteína
- Secuencia de las bases nitrogenadas que forman un gene
- Un gene mutante
- Cuaderno, lápiz y pluma

### **Desarrollo**

Con estos discos se pueden seguir paso a paso las etapas de la síntesis de proteínas; primero se debe elegir una proteína a sintetizar, como por ejemplo un péptido pequeño que puede ser la endorfina que juega un papel importante en el cerebro y cuya secuencia de aminoácidos es: Tir-Gli-Gli-Fen-Met.

Localizar el primer aminoácido (Tir) en el disco y se puede ver que la codificación corresponde al triplete UAU el cual representa al ARNm o al codón, de la misma manera se puede encontrar el anticodón que corresponde al ARNt y finalmente se puede encontrar la molécula de ADN que contiene un gene específico.

También se puede iniciar el proceso tomando como base la secuencia genética de la cadena de ADN, la cual se localiza en el biodisco para posteriormente encontrar las secuencias del codón y anticodón del ARN y finalmente los aminoácidos correspondientes.

Con la ayuda de un esquema del ribosoma se pueden ir colocando los aminoácidos correspondientes, tomando como base el codón y el anticodón hasta completar la cadena de los polipéptidos.

Con el biodisco se puede formar una proteína normal o una diferente, si ocurre una mutación en el molécula de ADN.

## **Evaluación**

Revisar cuidadosamente las actividades desarrolladas por los alumnos para verificar que formen adecuadamente una proteína, colocando los tripletes del ADN, ARNm, ARNt y los aminoácidos respectivos.

## **CUESTINARIO**

- 1.- Explica cual es la función del DNA y en que consiste la duplicación
- 2.- Cuantos tipos de RNA se forman y en que consiste la replicación
- 3.- En que consiste la regulación de la expresión genética
- 4.- Como se realiza la síntesis de proteínas
- 5.- Qué es el código genético
- 6.- Como se relaciona esta actividad con las mutaciones.

## **RESPUESTAS DEL CUESTIONARIO**

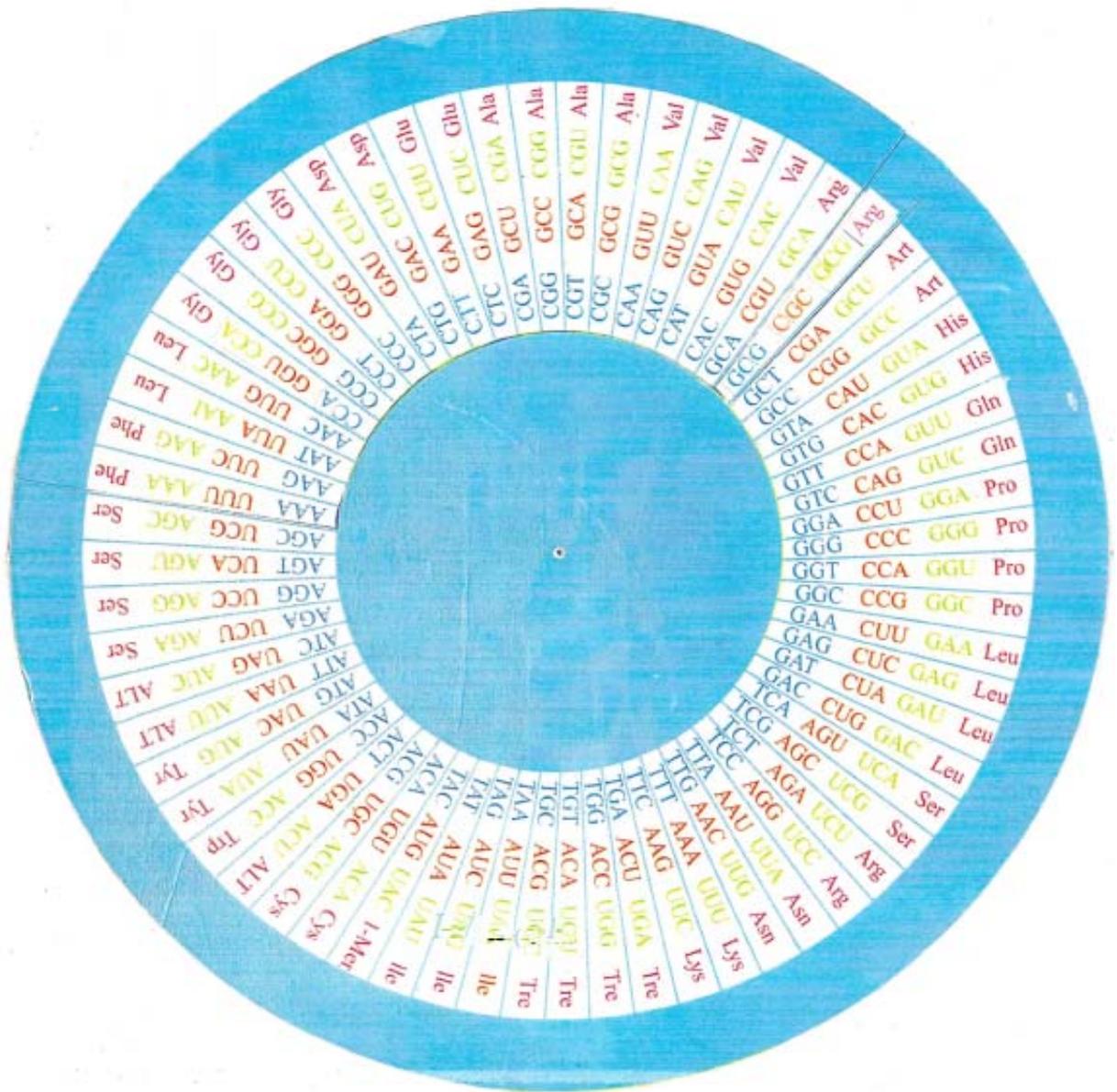
- 1.- Síntesis de proteínas (regular), guardarla información genética, duplicación conservar la información genética.
- 2.- Tres tipos ARNm, ARNE y ARN ribosoma replicación.
- 3.- Se quitan segmentos de ADN para hacerlo más pequeño. Es una maduración del ARNm.
- 4.- Se unen los aminoácidos en el ribosoma por la función del codón y el anticodón.
- 5.- Utiliza tripletes para convertir la información del ARNm en los aminoácidos correctos y así formar la proteína adecuada según la secuencia de bases en el que se encuentra el ADN.
- 6.- ¿Por que son cambios en el ADN y pasan ARN para formar proteínas diferentes.

**Elaboración de una secuencia de aminoácidos utilizando el biodisco de la síntesis de proteínas.**

ADN	ARNpm	ARNmc	ARN <sub>+</sub>	AMINOACIDO
A G G	U C C	U C C	A G G	Ser- Serina
C A T	G U A	G C A	C G U	Ala- Alanina
C G T	G C A	U U G	A A C	Les- Lucina
A A G	U U C	U C U	A G A	Ses- Serina
A A C	U U G	A C A	U G U	Tre- Treonina
A A G	U U C	U G U	A C A	Cy S Cisteina
A G A	U C U	C C G	G G C	Pro- Prolina
T G T	A C A	U C G	G G C	Pro- Prolina
A T G	U A C	U U C	A A G	Ser- Serina
A C A	U G U	C A G	G U C	Glu- Glutamina

**BIODISCO UTILIZADO PARA LA SÍNTESIS DE PROTEÍNAS:**







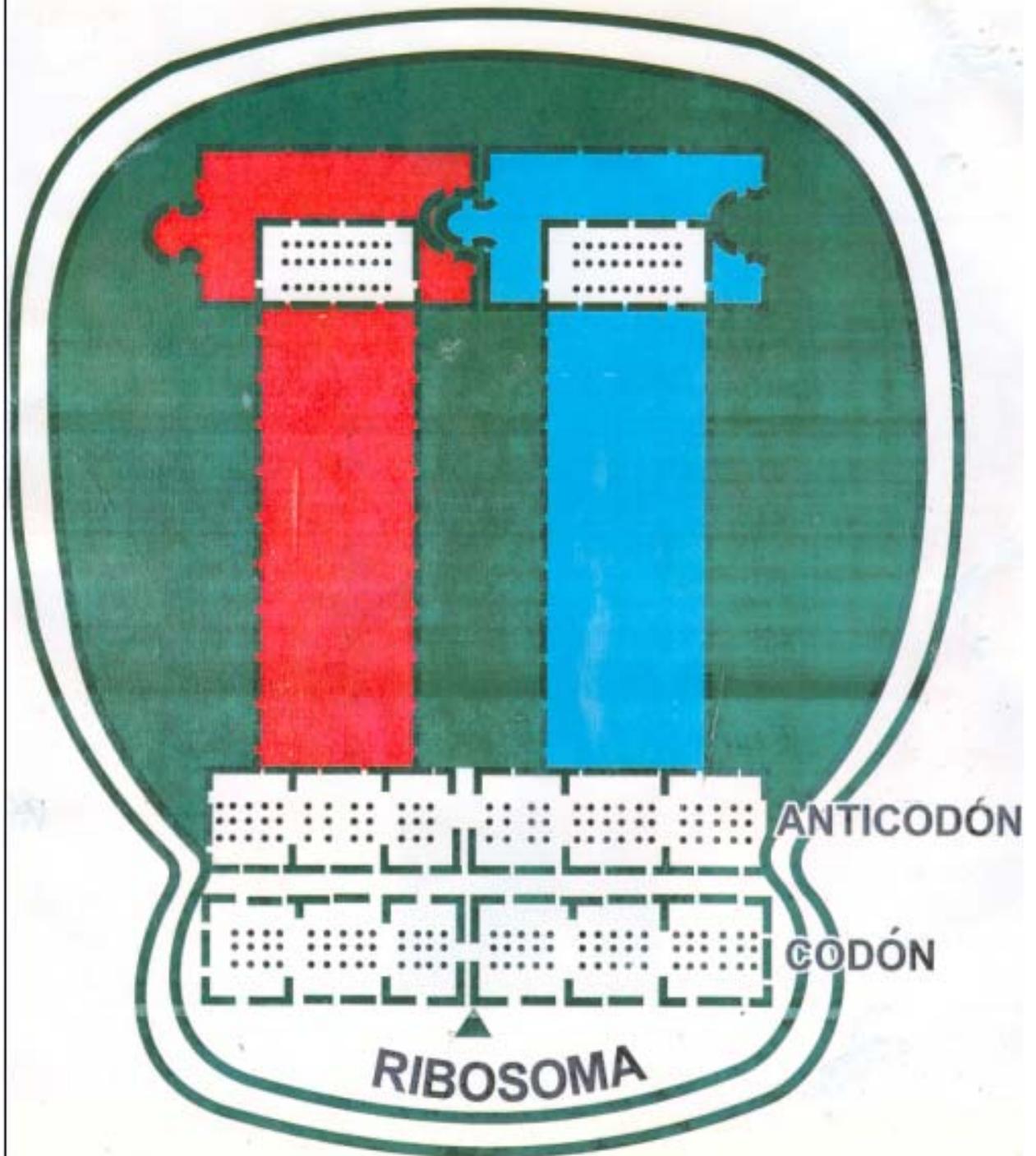


TABLA 11-1 ❖ El código genético (codones de RNAm)

		Segunda base			
		U	C	A	G
Primera base	U	UUU Fenilalanina UUC Fenilalanina UUA Leucina UUG Leucina	UCU Serina UCC Serina UCA Serina UCG Serina	UAU Tirosina UAC Tirosina UAA Alto UAG Alto	UGU Cisteína UGC Cisteína UGA Alto UGG Triptófano
	C	CUU Leucina CUC Leucina CUA Leucina CUG Leucina	CCU Prolina CCC Prolina CCA Prolina CCG Prolina	CAU Histidina CAC Histidina CAA Glutamina CAG Glutamina	CGU Arginina CGC Arginina CGA Arginina CGG Arginina
	A	AUU Isoleucine AUC Isoleucine AUA Isoleucine AUG Inicio (Metionina)	ACU Treonina ACC Treonina ACA Treonina ACG Treonina	AAU Asparagina AAC Asparagina AAA Lisina AAG Lisina	AGU Serina AGC Serina AGA Arginina AGG Arginina
	G	GUU Valina GUC Valina GUA Valina GUG Valina	GCU Alanina GCC Alanina GCA Alanina GCG Alanina	GAU Ácido aspártico GAC Ácido aspártico GAA Ácido glutámico GAG Ácido glutámico	GGU Glicina GGC Glicina GGA Glicina GGG Glicina