

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA



MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA
SUPERIOR

**DESARROLLANDO INTELIGENCIAS MÚLTIPLES
EN EL APRENDIZAJE DE LA
INGENIERÍA GENÉTICA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR EN EL
CAMPO DE CONOCIMIENTO DE LA
BIOLOGÍA**

P R E S E N T A

BIÓLOGA MARINA MENDIETA SAAVEDRA

DIRECTOR DE LA TESIS:

DR. IGNACIO PEÑALOSA CASTRO

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México
Junio de 2008



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.

DEDICATORIA

A mis padres: Esperanza y Raymundo.
Con cariño y agradecimiento.

A mis hijos: Laila y Omar
Por haber llegado a mi vida.
Por su comprensión cuando no pude tener
tiempo para estar con ustedes.
Por ser mi fuente de inspiración para seguir,
aún en los momentos más difíciles.
Por su lealtad y amor incondicional.

Al compañero de mi vida: Rafael
Por ayudarme a hacer mis sueños realidad.

Con cariño a mis hermanos y sobrinos

A los que han sido mis alumnos y a los que serán, esperando
que día con día les pueda compartir lo mejor de mí.

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Ignacio Peñalosa Castro, por su apoyo y colaboración en la realización del presente trabajo.

A mis asesores: Dr. Miguel Angel Martínez Rodríguez, Mtra. Irma Elena Dueñas García, Dra. Patricia Covarrubias Papahiu y al Dr. Luis Felipe Jiménez, por sus observaciones y acertadas sugerencias, para llevar a buen término la investigación y redacción de este trabajo.

Al M. en C. Jorge R. Gersenowies Rodríguez, por sus enseñanzas y apoyo en la parte estadística.

A la M. en C. Laura Castañeda Partida y al M. en C. Alejandro Monsalvo Reyes, por sus enseñanzas y por el material facilitado.

A los profesores del CCH Naucalpan, que tan amablemente me permitieron trabajar con sus alumnos.

A los alumnos que participaron en esta investigación.

A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a realizar este trabajo.

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO 1	
FUNDAMENTACIÓN ACADÉMICA	
1. 1 Antecedentes.....	5
1. 2 Justificación.....	6
1. 3 Problema de Investigación.....	8
1. 4 Objetivos Generales.....	9
1. 5 Objetivos Particulares.....	9
CAPÍTULO 2	
MARCO TEÓRICO	
2. 1 Contexto Histórico-Social.....	10
2. 2 La Educación Media Superior en México.....	12
2. 2. 1 El Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM.....	13
2. 2. 1. 1 Características de los Alumnos.....	15
2. 2. 1. 2 Características de los Profesores.....	17
2. 2. 1. 3 La Materia de Biología en el CCH.....	18
2. 2. 1. 3. 1 La Asignatura de Biología 1.....	21
2. 2. 1. 3. 1. 1 La Tercera Unidad de Biología 1.....	23
2. 2. 1. 3. 1. 1.1 El tema II. La Ingeniería Genética y sus Aplicaciones.....	25
2. 3 El Proceso de Enseñanza-Aprendizaje.....	33
2. 3.1 Los Objetivos Educativos.....	35
2. 3. 2 Los Contenidos.....	35
2. 3. 3 Método de Enseñanza.....	36
2. 3. 4 La Evaluación.....	37
2. 4 La Concepción Constructivista del Aprendizaje.....	37
2. 5 La Teoría de las Inteligencias Múltiples.....	38
2. 6 Los Sistemas de Representación.....	45
CAPÍTULO 3	
METODOLOGÍA DE TRABAJO	
3.1 Método de Investigación.....	47
3.2 Posición Desde la que se Plantean las Estrategias Didácticas.....	48
3.3 Lugar Donde se Llevó a Cabo la Investigación.....	49
3.4 Los Alumnos.....	49
3.5 Etapas de la Investigación.....	50
3.5.1 Primera Intervención.....	50

3.5.2 Segunda Intervención.....	50
3.5.2.1 1ª Fase de Exploración.....	50
3.5.2.2 2ª Fase de Evaluación de Conocimientos Previos (pretest).....	51
3.5.2.3 3ª Fase de Aplicación de la Estrategia (intervención educativa).....	51
3.5.2.4 4ª Fase de Evaluación de Conocimientos (postest).....	51
3.5.3 Fase de Comparación o Contraste (ciclo lectivo 2008-2).....	51
3.5.3.1 Pretest.....	51
3.5.3.2 Intervención Educativa.....	51
3.5.3.3 Postest.....	51
3.6 Instrumentos de Evaluación.....	52
3.6.1 Test de Inteligencias Múltiples.....	52
3.6.2 Test de estilos de Aprendizaje.....	52
3.6.3 Cuestionario Pretest y Postest.....	53
CAPÍTULO 4	
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	
4.1 Primera Intervención (ciclo lectivo 2007-1).....	56
4.1.1 Fase de Exploración.....	56
4.1.2 Aplicación de la Estrategia.....	57
4.2 Segunda Intervención (ciclo lectivo 2008-1).....	61
4.2.1 Fase de Exploración.....	61
4.2.1.1 Test de Sistemas de Representación Favorito.....	61
4.2.1.2 Test de Inteligencias Múltiples.....	63
4.2.2 Fase de Evaluación de Conocimientos Previos (pretest).....	66
4.2.3 Fase de Aplicación de la Estrategia de E-A.....	71
4.2.4 Fase de Evaluación de Conocimientos (postest).....	72
4.3 Fase de Comparación o Contraste (ciclo lectivo 2008-2).....	79
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES.....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS.....	94
Estrategia didáctica	
I-A Primera intervención (ciclo lectivo 2007-1).....	95
I-B Segunda intervención (ciclo lectivo 2008-1).....	101
II Test de Inteligencias múltiples.....	113
III Test de sistemas de representación favorito.....	117
IV Rally.....	120
V La tecnología transgénica: La toxina para insectos de <i>Bacillus thuringiensis</i>	134
VI Dolly: la oveja clonada.....	139
VII Glosario.....	143
VIII Tema II. La ingeniería genética y sus aplicaciones.....	148

“DESARROLLANDO INTELIGENCIAS MÚLTIPLES EN EL APRENDIZAJE DE LA INGENIERÍA GENÉTICA”

RESUMEN

El presente trabajo estudia una propuesta didáctica para abordar el segundo tema de la tercera unidad del programa de biología I, “la ingeniería genética y sus aplicaciones”, que se imparte a los alumnos que cursan el tercer semestre del sistema educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades UNAM.

La importancia de la propuesta radica en la concreción de los aprendizajes adquiridos en la MADEMS en Biología, con el propósito de implementarlos en la práctica docente, para lo cual se propone la utilización de una estrategia que tomó como base la teoría de las inteligencias múltiples de Howard Gardner y también se fundamentó en la teoría constructivista del aprendizaje, con el fin de facilitar a los alumnos la construcción de su propio conocimiento y que a la vez que favoreciera un aprendizaje significativo, lo hiciera de una manera agradable en la que se tomaran en cuenta la variedad de estilos de aprendizaje, y se promoviera el desarrollo de sus inteligencias, esperando con todo lo anterior tener un mayor éxito tanto en el aprendizaje como en su posterior utilización.

La cantidad de conocimiento al que deben acceder los alumnos en la actualidad, requiere de una modificación sustancial en la enseñanza que se les ha venido impartiendo, con el fin de proporcionarles una mejor preparación para que cuando ingresen a la licenciatura lo hagan con mejores bases, y cuando tengan que integrarse al campo de trabajo sean exitosos, en bien de ellos y de nuestro país. Y en el caso de los que ya no continúan sus estudios y se integran de forma inmediata al campo de trabajo, es conveniente que lo hagan con un nivel de conocimientos más adecuado y que incluso lo puedan aplicar en la vida cotidiana mejorando su nivel de vida.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que si se toman en cuenta los diversos estilos de aprendizaje y las inteligencias de los alumnos en el diseño de actividades basadas en la orientación constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje se obtienen resultados exitosos ya que los alumnos se sienten motivados y participan de manera activa en la adquisición de su propio conocimiento. Por tanto, se propone esta estrategia didáctica para que sea utilizada en el Colegio de Ciencias y Humanidades, con el fin de aplicarla en el aprendizaje de la ingeniería genética que es un tema en desarrollo acelerado que cada vez está adquiriendo mayor importancia por lo que debemos actualizar a nuestros alumnos para ponernos a la altura de los conocimientos exigidos en un país como el nuestro, que busca su desarrollo cimentándose en la consecución de mayores competencias en sus educandos.

INTRODUCCIÓN

Para que se consiga el aprendizaje¹, es necesario cuidar diversos factores que influyen en éste, uno de ellos es la motivación, que es la que logra mantener interesado al alumno, un camino para estimularla es tomar en cuenta las características especiales de cada estudiante en el proceso de enseñanza aprendizaje, en contraparte con el sistema de enseñanza actual, que considera que los alumnos aprenden igual, lo cual sugiere que todos somos iguales, y la Biología se ha encargado de evidenciar que la diversidad predomina en cada una de las especies incluyendo la humana y que aún los gemelos idénticos son diferentes.

Un problema que se ha observado, a lo largo del trabajo docente es que generalmente los profesores guiamos nuestra clase por los alumnos que participan más o que son muy inquietos y dejamos de lado a los demás. En muchos de nuestros alumnos a lo largo de su vida, ya sea en la familia o en el colegio, se ha menoscabado su autoestima por lo que tienen miedo y son inseguros ante la clase, y normalmente no estimulamos el desarrollo de sus inteligencias y mucho menos el de su aprendizaje, van desmotivados al colegio, asisten por obligación, no por voluntad y menos aún con gusto. Por lo que se hace necesario que nuestra mirada abarque a todos nuestros estudiantes y que busquemos condiciones que favorezcan el aprendizaje en cada uno de ellos, basándonos en sus intereses y características individuales.

Así mismo, para que el aprendizaje sea significativo debemos tomar en cuenta los intereses de los alumnos, relacionar lo que ya saben, con lo nuevo que se les pretende enseñar, y durante todo el proceso promover su intervención en la apropiación del conocimiento. De tal manera que por ellos mismos quieran aprender.

En la actualidad es tal la cantidad de conocimiento en nuestra disciplina, que queremos que todo sea aprendido por los alumnos, y lo único que logramos es saturarlos y que pierdan el gusto y el interés por lo que se les pretende enseñar, mientras que si interviniéramos como mediadores del proceso, enseñándolos a acceder al conocimiento de una forma amena y rescatando su gusto por aprender, podrían desarrollarse con mayor provecho y en consecuencia, esperaríamos un aprendizaje más exitoso.

El alumno tiene que estar motivado, por las diversas actividades que lleve a cabo en clase con el fin de acceder a un nivel mayor de conocimiento que lo lleve a comprender el mundo que le rodea, de ninguna manera debe limitársele, sino al contrario, se debe estimular su creatividad y realización como persona; es por eso que este trabajo tomó como puntos de partida para su elaboración, las inteligencias múltiples de Howard Gardner y los estilos de aprendizaje de los alumnos sujetos de la intervención educativa, en los que se procuró el aprendizaje de la ingeniería genética atendiendo a esos dos contextos, mientras que el diseño de la estrategia de intervención se fundamentó en la teoría constructivista del aprendizaje.

Se eligió el tema de la ingeniería genética ya que en la actualidad reviste una importancia tal, que está revolucionando diversos ámbitos del quehacer

¹ “es un proceso dinámico mediante el cual los alumnos conocen, comprenden y actúan, aprender es un asunto de interés de confrontación, de permanente cuestionamiento, donde es muy importante la interacción entre el sujeto y el objeto de conocimiento” (Programa de estudios de Biología I a IV (2005, p. 24).

humano como el de la medicina, el de la agricultura, el ambiental, etc. Y sin embargo dicho tema no se revisa en la mayoría de los casos y si se hace es de una forma apresurada, asignándole una o dos sesiones, de una o dos horas respectivamente, en las que se aborda con breves exposiciones ya sea de parte del profesor o de los alumnos, a pesar de que en el programa indicativo para biología 1 del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), están asignadas 25 horas para la tercera unidad, que contiene dos temas, uno de los cuales es el de la ingeniería genética, por tanto al tema en cuestión le corresponden cuando menos 12 horas.

Para resolver este problema se propone revisar el tema de la ingeniería genética en las horas asignadas, favoreciendo, en la intervención educativa, la participación de los alumnos en la construcción de su conocimiento y motivándolos, para lo cual se recomienda utilizar diversos materiales didácticos atendiendo a los diversos estilos de aprendizaje e inteligencias.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizó un diseño de preprueba-posprueba, para evaluar los conocimientos disciplinares.

Esta investigación se puede considerar un cuasiexperimento ya que los grupos en los que se realizó no se formaron al azar, la institución ya los había formado previamente, y los profesores que tenían asignados los grupos los facilitaron para la realización de la investigación educativa.

Asimismo, el presente trabajo fue desarrollado con base en la metodología de tipo investigación-acción, que se desarrolló principalmente en tres etapas: la primera y segunda fueron de intervención por parte de la autora del presente trabajo de investigación y la tercera fue de intervención de un profesor del CCH Naucalpan.

Para la primera etapa en la que se intervino, fue aplicando un test para explorar los estilos de aprendizaje o preferencias cognoscitivas y con base en él se adaptó la estrategia diseñada para la intervención educativa.

Para la segunda etapa de intervención, se aplicaron dos instrumentos al inicio del semestre, uno para explorar los estilos de aprendizaje y el otro para explorar los tipos de inteligencias en los alumnos, en los que se iba a realizar la intervención educativa.

Al final del semestre, en las dos últimas semanas, se aplicó la estrategia de intervención, que se diseñó con base en los resultados que se obtuvieron de los test que se aplicaron al inicio del semestre.

Antes de implementar la estrategia, se aplicó un instrumento para evaluar los conocimientos disciplinares, como pretest y se volvió a aplicar después de la misma, como postest.

Para la tercera etapa, con la intervención de otro profesor, también se aplicó el pretest antes, y el postest después de su intervención.

Con la finalidad de evaluar si la segunda intervención educativa fue estadísticamente significativa, se aplicó una t de Student para datos pareados para evaluar los resultados obtenidos entre el pretest y postest de la segunda intervención y lo mismo se hizo para la intervención del profesor B, y para evaluar la diferencia entre la segunda intervención y la intervención del profesor B, se aplicó una t de Student para muestras independientes.

El presente trabajo está integrado por cuatro capítulos: El primer capítulo se refiere a los antecedentes de otros trabajos que tocan de alguna manera tópicos relacionados, también incluye la justificación acerca de lo que dio origen a este trabajo, así como el problema y los objetivos que se plantean

para el mismo. El segundo capítulo se refiere al marco teórico que sirvió como fundamento para su desarrollo. El tercer capítulo trata de la metodología de trabajo así como del desarrollo de la investigación. El cuarto capítulo trata acerca de los resultados así como de la interpretación de los mismos.

Hay un apartado para las conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

Por último en la sección de los anexos, se incluyen: las estrategias didácticas de las primeras dos fases de intervención; el test de inteligencias múltiples; el test de los sistemas de representación favorito o estilos de aprendizaje; textos que se utilizaron durante la segunda intervención educativa como lo son: un Rally, un texto de “La tecnología transgénica: La toxina para insectos de *Bacillus thuringiensis*”; un texto acerca de “Dolly: la oveja clonada”; un glosario y un texto que se desarrolló a partir de una investigación sobre ingeniería genética, en el que se revisan todos los subtemas que contempla el programa indicativo del sistema educativo del bachillerato CCH de la UNAM, para el tema: La ingeniería genética y sus aplicaciones”. Dicho trabajo se realizó con base en los avances científicos que se han desarrollado hasta la fecha en el tema y tomando como referencia lo que se enseña sobre éste en la FES IZTACALA UNAM en el curso monográfico de Biotecnología.

CAPITULO 1

FUNDAMENTACIÓN ACADÉMICA

1.1 Antecedentes

En el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM, para la actualización del plan y de los programas de estudio que se dio en 1996, se trataron de introducir cambios que favorecieran un proceso de enseñanza aprendizaje acorde con las exigencias de la modernidad a nivel mundial, a la vez de que se introdujeron temas de actualidad, que no estaban incluidos en los programas anteriores, como lo es “La ingeniería genética y sus aplicaciones”. Tema que reviste una gran importancia a nivel internacional, ya que está revolucionando diversos campos del quehacer humano, como lo son el ambiental, el alimenticio (diversos tipos de cultivos y ganado), y el de la salud, entre otros.

Sin embargo dicho tema es de difícil comprensión y enseñanza, ya que requiere de conocimientos previos de diversos temas de genética, así como de química y biología molecular de alto nivel de abstracción (Rice, 1999), por lo que es un reto enseñarlo, su revisión implica por un lado motivar a los alumnos captando su atención, y posteriormente lograr que se apropien de tales conocimientos y los puedan utilizar tanto en su vida diaria como en la profesión que elijan desempeñar, por lo que se considera necesario aplicar estrategias de enseñanza aprendizaje diferentes a las habituales.

En la actualidad en las escuelas, persisten prácticas con elementos negativos que tienen su origen en la enseñanza de tipo tradicional, como lo son enfatizar la transmisión y reproducción del conocimiento sin promover la reflexión, lo que va provocando que los alumnos sigan una línea recta de cómo ser y hacer las cosas, que está constituida de formas repetitivas de adquirir el conocimiento, limitando su creatividad. Generalmente no se exploran los conocimientos previos de los estudiantes y la enseñanza se dirige a obtener un producto final, como dice José Martí...

El hombre [...] no bien nace ya están en pie, junto a su cuna con grandes y fuertes vendas preparadas en las manos, las filosofías, las religiones, las pasiones de los padres, los sistemas políticos. Se viene a la vida como cera y el azar nos vacía en moldes prehechos [...] el primer trabajo del hombre es reconquistarse (p.1).¹

No se toma en cuenta al alumno en particular, la enseñanza se imparte de forma uniforme sin considerar que existen diferencias en los individuos.

La teoría de las inteligencias múltiples de Howard Gardner nos plantea la posibilidad de una enseñanza basada en favorecer el desarrollo potencial de cada individuo, ya que cada persona posee características propias para el aprendizaje. Dicha teoría se está tomando en cuenta para modificar la enseñanza desde el nivel preescolar (Cristina Fritzsche, 2001), hasta el nivel de bachillerato, principalmente se ha desarrollado en Estados Unidos, a nivel privado y estatal, en proyectos implementados en escuelas Key y en proyectos como Spectrum, para preescolar y Arts para nivel medio. Otros países que

¹ José Martí, Citado por Zilberstein T. en Aprendizaje, enseñanza y desarrollo. Consultado en: www.galeon.com/aprenderaprender/general/zilberstein1.htm.

están trabajando con inteligencias múltiples son Canadá, Israel, Venezuela, Italia, Australia, Nueva Zelanda, España, entre otros (Lapalma, 2001).

Estudiantes de la Universidad de Monterrey realizaron una investigación (Colegio Nuevo Amanecer, 2003), en el Instituto Nuevo Amanecer para alumnos con capacidades diferentes, con la finalidad de demostrar la eficacia del modelo de las inteligencias múltiples. A pesar de que este modelo fue diseñado para ser aplicado con personas con coeficiente intelectual normal, trataban de investigar si podía surtir efecto en alumnos con alguna discapacidad intelectual. Los resultados de dicho estudio los llevaron a concluir que el modelo sí es eficaz, ya que perciben avances significativos en los alumnos, aunque el modelo es de difícil aplicación en alumnos con tales características.

También hay investigaciones que en la actualidad se están llevando a cabo con la finalidad de determinar la relación que existe entre los estilos de aprendizaje, las inteligencias múltiples y el rendimiento académico en el proceso de enseñanza aprendizaje (López Felicidad, 2004). Incluso se organizó un Congreso Internacional de Inteligencias Múltiples (TIM), en mayo de 2007 que se llevó a cabo en Barcelona, España. En el cual se promovió la TIM, como una nueva posibilidad educativa en la cual se favoreciera el refuerzo de las inteligencias en cada alumno, con el fin de lograr que fueran autónomos, capaces de tener criterios propios y de defenderlos, así como por ellos mismos, poder poner en práctica, en un futuro, estrategias de apropiación que les faciliten obtener nuevos aprendizajes.

En la ciudad de Torreón México se llevó a cabo el segundo congreso de las Inteligencias múltiples en abril del 2006.

1.2 Justificación

Durante los 17 años que ha impartido clases la autora de este trabajo en el CCHN, ha visto que los alumnos al iniciar el ciclo escolar llegan muy entusiasmados e interesados, por lo que van a aprender en sus cursos y al ir transcurriendo el ciclo lectivo ese interés va disminuyendo poco a poco, en algunos de ellos, su actitud se va tornando en muy pasiva, otros los que son muy inquietos, solamente les interesa jugar y socializar en la explanada, hacen cualquier cosa menos poner interés en el aprendizaje, esto le intrigó de forma constante.

Y con base en sus clases en la MADEMS fue encontrando la explicación a esas interrogantes, en una clase con la Dr. Ofelia Contreras en la que se revisaba el trabajo de María Guerra (2000), acerca de lo que significa para los jóvenes estudiar en el bachillerato, le llamó la atención la reflexión que hace acerca de que no han sido lo suficientemente estudiadas ni tomadas en cuenta las opiniones de los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje:

[...] han quedado fuera sus opiniones y puntos de vista en torno a cómo, desde su experiencia social concreta, viven el hecho educativo, los valores y sentidos que al respecto refieren, la confianza que depositan en la escuela y las expectativas que forman de cara al futuro (p.3,4).

La enseñanza responde a las necesidades de la sociedad a la que pertenecemos. Desde las esferas más altas se va planeando lo que es

conveniente transmitir a los integrantes de la sociedad. Partiendo de la teoría educativa a nivel internacional, luego un proyecto educativo a nivel nacional, posteriormente un curriculum a nivel de sistema educativo.

El plan de estudios se operativiza a través de los contenidos, a los profesores se nos dan los programas indicativos por asignatura y nosotros somos quienes traducimos en el aula lo que se planeó desde las esferas más altas y quienes influimos en el proceso de apropiación de los alumnos, ya que dictamos las estrategias a seguir decidimos lo que se va a enseñar, cómo se va a enseñar, qué y cómo se va a evaluar.

En la actualidad la teoría acerca del proceso de enseñanza aprendizaje es vasta, cualquier docente que se interese en el tema puede acceder a innumerables fuentes bibliográficas y así mismo, se imparten una gran cantidad de cursos acerca del tema, sin embargo la práctica dista mucho de la teoría; al respecto, Pozo (2006) nos dice que para que realmente cambie la enseñanza, y no digamos una cosa en el discurso y hagamos otra en la práctica, debemos cambiar primero nuestras concepciones, y luego podremos cambiar las concepciones de nuestros alumnos:

Cambiar la educación requiere [...] cambiar las representaciones que profesores y alumnos tienen sobre el aprendizaje y la enseñanza (p.32).

Sólo las mentes capaces de saber lo que saben y lo que otros saben (o ignoran) pueden guiar su propio aprendizaje (p. 35)

La práctica docente se dirige a instruir sin estimular la reflexión por parte de los estudiantes. El docente tiende al protagonismo y a estimular el conocimiento mecánico y repetitivo, lo que trae como consecuencia que se vaya bloqueando el impulso creativo de los estudiantes, en lugar de estimular esa necesidad de conocimiento que tiene de forma innata el ser humano. Por esta razón es de trascendental importancia la actividad del profesor, ya que se pudieron haber planeado programas fantásticos, pero si el profesor no tiene claro qué se espera de él, entonces los afectados van a ser los alumnos.

Los profesores, primero debemos entender perfectamente el programa con todo y sus propósitos, objetivos, estrategias, contenidos, evaluación, para poder luego operativizarlo en el aula. De hecho la práctica docente implica una continua reflexión para construir y reconstruir el proceso de aprendizaje. En la medida en que podamos llevar a cabo estos procesos, los alumnos se verán beneficiados significativamente.

De ahí deriva el interés por investigar, qué estrategias implementar de forma que los alumnos adquieran un conocimiento significativo que les sea útil en su vida, tanto diaria como en su futuro profesional y que además los mantenga motivados durante todo el ciclo lectivo, y aun más que se interesen por continuar aprendiendo a lo largo de su vida por su cuenta.

Así es que estudiando la teoría de las inteligencias múltiples propuesta por Howard Gardner (2005), en la que se propone que la inteligencia no es una sino que existen ocho distintos tipos de inteligencia y por lo tanto ocho distintas formas de enseñar y aprender un tema, tomando en cuenta la diversidad de alumnos que llegan a nuestras aulas. Se planteó diseñar y operativizar en el aula estrategias que tomaran en cuenta a todos los alumnos

1.3 Problema de Investigación

La ingeniería genética es un tema de actualidad que está tomando gran importancia en los últimos tiempos, ya que ha tenido un desarrollo vertiginoso, ha marcado nuevas pautas de investigación en Biología y sin duda será de una importancia trascendental su conocimiento en un futuro próximo, aun más de lo que es ahora, por lo cual es necesario que los alumnos estén enterados sobre el tema y con ello además, que valoren la importancia de los avances que se tienen en este campo de la ciencia así como sus beneficios y a su vez las consecuencias bioéticas que puede tener un mal manejo de este tipo de conocimiento.

La ingeniería genética tiene un potencial de aplicación muy amplio. Mediante la utilización o manipulación de organismos vivos o de compuestos obtenidos de ellos se puede lograr tener productos de gran valor para los seres humanos.

En la actualidad se comercializan diversos productos, por ejemplo en el área de la salud tenemos insulina, linfocinas, interferón, hormona del crecimiento, eritropoyetina, factores de coagulación sanguínea, diversas vacunas como la de la hepatitis B, antibióticos, vitaminas, combustibles, medicinas, plásticos, alimentos, vacunas, etc. En otras áreas tenemos insecticidas, combustibles renovables, cultivos y ganado resistente, plantas y animales mejorados, sistemas de control de contaminantes, colorantes, alimentos para ganado entre otros.

Desde que en 1976 Robert Swanson y Herbert Boyer crearon Genentech la primera compañía de biotecnología en los EE.UU., se ha generado una carrera por ver que país obtiene los mayores adelantos y beneficios en esta área del conocimiento incluso se ha dicho que se asemeja a una nueva revolución industrial. En la actualidad, diversas empresas cuentan con su propia división biotecnológica, como Shell, Exón, Glaxo, Standard Oil, Unilever, entre otras.

A pesar de la importancia que reviste el tema, como se ubica al final del programa de Biología 1, en muchas ocasiones no se ve en clase o si se ve es de una manera muy apresurada, con algunas exposiciones improvisadas de parte de los alumnos o del profesor, que no van más allá de una o dos sesiones al final del semestre o incluso se ve al inicio del siguiente semestre de forma muy breve (en Biología II). Esto se debe a que en algunos casos se extiende uno mucho en los temas que le anteceden, o sobre todo en los que son del dominio del profesor en cuestión, y cuando llega uno al final del semestre ya no le queda tiempo para abordarlo de una manera adecuada. Sin embargo si se tienen planeadas ciertas estrategias para abordar este tema de una manera concisa, clara y agradable, se puede abordar de una manera que les deje beneficios sustanciales a los alumnos.

Por tanto el presente trabajo surge de una inquietud en la que al trabajar con alumnos tan diversos, en los cuales una estrategia de trabajo surte efecto con unos alumnos y no con otros, por lo que meditando acerca de si es posible alterar las capacidades intelectuales de un individuo o grupo mediante diversas intervenciones educativas como lo menciona Gardner (2005), se planteó delimitar qué intervenciones son más efectivas para permitir a los estudiantes mejorar sus potenciales intelectuales, por tanto, el problema que da origen a la presente investigación es:

Problema

¿Cómo hacer que los estudiantes de bachillerato logren un mejor aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones?

1.4 Objetivos Generales

Explorar sus estilos de aprendizaje y sus inteligencias, para elaborar una estrategia que logre un mejor aprendizaje en la ingeniería genética y sus aplicaciones.

Probar en un grupo de alumnos de tercer semestre, del Colegio de Ciencias y Humanidades, si poniendo en práctica sus estilos de aprendizaje y desarrollando sus inteligencias múltiples, beneficia el aprendizaje de la ingeniería genética.

1.5 Objetivos Particulares

Elaborar una estrategia, en la que el alumno pueda desarrollar sus inteligencias múltiples en el aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones.

Elaborar una estrategia, que incluya el empleo de los tres estilos de aprendizaje; auditivo, visual y Kinestésico.

Elaborar un marco teórico que fundamente el desarrollo de estrategias múltiples para acceder al conocimiento de la ingeniería genética y sus aplicaciones.

Aplicar un instrumento para reconocer talentos, facultades y habilidades de los alumnos.

Aplicar un instrumento para la evaluación del tipo de preferencia cognoscitiva que tienen los alumnos.

Aplicar un instrumento que permita evaluar el impacto que tuvo el aplicar estrategias para favorecer el desarrollo de las inteligencias múltiples en el aprendizaje de la ingeniería genética.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Contexto Histórico-Social

Estamos iniciando el siglo XXI y se nos presentan grandes retos, para poder estar a la altura de los países desarrollados, uno de ellos es en el sistema educativo, principalmente, en el nivel medio superior y en el superior.

[...] el conocimiento es en la actualidad *un bien de capital* de los países más avanzados. [...] el paradigma mundial de educarse durante toda la vida, tiene su plataforma natural en la educación media superior (Castañón y Seco, 2000, p. 233).

Los países con mayor desarrollo han puesto especial atención en promover reformas en estos dos niveles, y ejercen una gran influencia en los demás países para que hagan lo propio, a través de agencias internacionales (Buenfil, 2000). Esto ha sido un determinante para los cambios que se están implementando en la educación que se imparte en México, que están dirigidos a lograr su inserción competitiva en el mercado mundial.

En la actualidad se promueve una educación que sea igual para todos sin discriminación, en la que se deben rendir determinados requisitos de calidad y mejoramiento se recomienda una mayor cobertura, que se vincule la ciencia y la tecnología con fin de que haya una mayor productividad a corto plazo, que haya énfasis en la pertinencia y la relevancia de los conocimientos que se imparten. Respecto a los docentes se sugiere, actualización, salarios (entre tres y cuatro salarios mínimos), vivienda, carrera magisterial, y el reconocimiento y valoración de la labor docente (Lemaitre, 2005).

El informe de la Comisión Internacional sobre la Educación (CIE) para el siglo XXI hace énfasis en una educación a lo largo de toda la vida, esta recomendación tiene su fundamento en la gran cantidad de conocimiento que se genera día con día y que nos enfrenta a retos difíciles de resolver si no se está preparado para ello. Por tanto, para vivir con éxito en una sociedad que enfrenta cambios vertiginosos es necesario como dice el maestro Gersenowies (2006):

Para entender cualquier actividad humana compleja es necesario comprender el lenguaje y el enfoque de quienes la realizan. Así sucede con la ciencia y la investigación científica se debe conocer y entender (p. 26).

Es muy importante la enseñanza de la ciencia a los jóvenes de hoy con la finalidad de que estén preparados para desarrollarse con éxito en la sociedad que se ha dado en llamar "informacional", ya que se considera al conocimiento como la fuente más importante de productividad en esta naciente era. Con el desarrollo de los medios de comunicación, se tiende de manera progresiva a derribar las fronteras, por lo que también es muy importante tomar en cuenta la recomendación que hace la CIE acerca de aprender a vivir juntos, aprender a conocer, aprender a hacer y aprender a ser (Nieda y Macedo, 1998). Ya no estamos aislados, de una forma u otra, nos encontramos inmersos en un contexto mundial. Por tanto, es importante

que aprendamos a convivir de una forma armónica en la sociedad donde vivimos, a la par que desarrollemos una cultura del aprendizaje continuo por cuenta propia.

Actualmente la finalidad de la enseñanza de las ciencias a nivel medio superior es principalmente propedéutica, para preparar a los alumnos a acceder al nivel superior, sin embargo, una gran cantidad de estudiantes se quedan a nivel de bachillerato e incluso muchos de ellos ni siquiera lo concluyen. Y lo que es peor, la gran mayoría de los que acceden al nivel superior lo hacen arrastrando una gran cantidad de deficiencias en su aprendizaje.

En la actualidad ya no se puede limitar el conocimiento a unos cuantos, se hace necesario cada vez más que toda la sociedad tenga una cultura científica y tecnológica ya que, incluso en la vida diaria las personas necesitan tomar decisiones que requieren conocimientos al menos acerca de los alimentos o medicamentos que pueden o no consumir, de los productos que van a utilizar para su vida cotidiana, incluso de los cuidados que requiere un ambiente limpio para poder heredarlo a sus hijos. En fin, para todas las decisiones que se tomen, cada vez se irán requiriendo mayores competencias cognitivas.

Por tanto, para que los estudiantes adquieran un mayor nivel intelectual, y puedan ser competitivos en una sociedad del conocimiento, es necesario prepararlos con estrategias que favorezcan una mayor apropiación del conocimiento, que les enseñe a ser autónomos, con el fin de seguir preparándose durante toda su vida, que se familiaricen con los procedimientos del quehacer científico, que sean capaces de adquirir valores que los lleven a tomar decisiones razonadas en su vida personal y en los asuntos de la sociedad a la que pertenecen.

Para Nieda y Macedo (1998), la ciencia que se enseñe a los alumnos de 11 a 14 años de edad debe considerar aspectos, que en la opinión de la autora de este trabajo y basándose en su experiencia como docente, también se pueden considerar para los alumnos de bachillerato de 15 a 18 años y que consisten en:

- Considerar problemas que sean de interés social, y con ellos organizar debates, que pueden ser a nivel de grupos.
- Analizar la evolución social de algunos problemas de índole científico, centrando la atención en la solución que se les ha dado de acuerdo al contexto en que se han generado.
- Analizar problemas científicos de actualidad, por ejemplo el caso de la clonación o de los organismos transgénicos, y darles solución situándose desde distintos puntos; desde el enfermo, el médico, el científico o los ciudadanos.
- Favorecer el aprendizaje de conceptos y teorías señalando su utilidad en la vida diaria o su importancia como generadores de otros conocimientos.
- Procurar que adquieran en la práctica procedimientos propios del quehacer científico, y que utilicen estrategias más rigurosas para resolver problemas.
- Propiciar la reflexión acerca de la importancia que tiene tomar decisiones razonadas, ser flexibles, tener curiosidad por aprender y ser sensibles a los problemas en el contexto de la naturaleza.
- Promover el trabajo en equipo, favoreciendo el aprendizaje cooperativo, el planteamiento de metas comunes, el intercambio de opiniones, la valoración colectiva, el respeto de las opiniones de sus compañeros, lo que lleva a un aprendizaje reflexivo y creativo.

Las anteriores consideraciones, favorecerían que los estudiantes acercaran el conocimiento a su realidad, y lo dejaran de ver como algo ajeno que no les va a ser útil más que para aprobar los exámenes. Con ello también se favorecería la motivación, para que se interesen más por los temas que se estudian en clase, trabajando con mayor entusiasmo. Al darle relevancia social a la enseñanza de las ciencias se contribuye a formar mejores ciudadanos y al crear conciencia en los estudiantes respecto a los problemas sociales relacionados con la ciencia se promueve su interés por ella (Acevedo, 2004).

2.2 La Educación Media Superior en México.

La educación media superior en México ha recibido influencia de sistemas educativos de otros países, así como de diversas filosofías educativas e ideas pedagógicas.

En las últimas décadas la educación ha tenido un gran desarrollo, esto se debe principalmente a la expansión de la democracia en todo el mundo, lo que ha hecho que se haya incrementado la demanda por educación, la globalización de la economía mundial y la decreciente demanda por el trabajo manual han hecho que el conocimiento sea un “bien de capital”, actualmente la tendencia es medir la riqueza de un país en función de su capital cultural (Castañón y Seco, 2000).

Debido a esto, se ha puesto especial interés en reformular los programas de trabajo en los sistemas educativos, así como ampliar los que ya existen, e impulsar la creación de otros, como es el caso del sistema en línea, en el que se pretende facilitar a los emigrantes y a la gente que no puede asistir a un colegio, el poder concluir sus estudios, ya sea a nivel bachillerato o a nivel profesional.

En México existen cuatro tipos distintos tipos de formación en Educación Media Superior:

- Educación general preuniversitaria (bachillerato universitario)
- Educación tecnológica (bivalente)
- Formación profesional (profesional-técnico)
- Capacitación para el trabajo¹

Tiempo atrás los sistemas educativos a nivel técnico como el CONALEP, eran exclusivamente terminales, actualmente se han modificado y existe la opción de cursar algunas materias más, para optar por la modalidad de pasar a una licenciatura.

Cada sistema educativo tiene sus objetivos muy precisos y dirigidos a un sector particular de la población. Algunos como los de la modalidad técnica van dirigidos a la población, con bajos recursos, que necesitan un trabajo a corto plazo, los bachilleratos Tecnológicos Agropecuarios, Industrial y Forestal se ubican en provincia y están destinados a ese sector de la población. Los que son de tipo propedéutico, como es el caso de las preparatorias, bachilleres o CCH, van encaminados a un sector de la población que puede acceder a una educación a nivel superior.

2.2.1 El Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), de la UNAM.

¹ Datos obtenidos de Castañón y Seco (2000).

La UNAM cuenta con dos tipos de bachillerato que se cursan en tres años; la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) cuyo plan de estudios es anual y su sistema de enseñanza es de carácter enciclopédico, y el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) cuyo plan de estudios es semestral, donde se plantea una enseñanza no enciclopedista con equilibrio entre las ciencias y las humanidades, con una orientación propedéutica y terminal.

A través de la creación del Colegio de Ciencias y Humanidades, en 1971, la UNAM se propuso resolver principalmente cuatro problemas:

En primer lugar, unir a diferentes facultades y escuelas que estaban separadas.

En segundo lugar, vincular el Bachillerato con Facultades y Escuelas superiores y con los Institutos de Investigación.

En tercer lugar, contar con un órgano permanente de innovación de la Universidad, adaptando el sistema a los cambios y necesidades de la propia Universidad y del país.

En cuarto lugar, crear una educación a nivel de Bachillerato, capaz de generar los recursos humanos útiles al país².

Cuando el CCH fue creado, primero tenía la opción terminal y la propedéutica (preparar al estudiante con los conocimientos necesarios para ingresar a la licenciatura), pues también surgió por la necesidad de cubrir una creciente demanda por educación, como consecuencia del crecimiento demográfico a que se enfrentaba el país a finales de los 60's y principios de los 70's (Castañón, 2000). Actualmente se da prioridad a la opción propedéutica, aunque se siguen impartiendo opciones técnicas como una alternativa para preparar a los alumnos que necesiten trabajar a corto plazo.

El sistema educativo del CCH, está integrado por una Dirección General y un laboratorio Central cuyas instalaciones están ubicadas en la Ciudad Universitaria de la UNAM, cuenta con cinco planteles: Azcapotzalco, Naucalpan, Vallejo, Oriente y Sur.

En su programa educativo se establece la ideología del colegio en la que se plasma la necesidad de propiciar el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que son necesarios para vivir en una sociedad de manera armónica, así como para convivir con maestros, compañeros de grupo y con toda la gente del colegio al que asisten.

La metodología del CCH se sustenta en:

Principios de libertad, responsabilidad, actividad creativa, participación democrática y criterio de eficacia.

Sus técnicas son trabajo en equipo, aprendizaje por descubrimiento, investigación bibliográfica, experimentación, reporte de resultados individual o colectivo.

Su método preferente es el inductivo que parte de conocimientos particulares a conocimientos generales, de lo concreto a lo abstracto, de lo conocido a lo desconocido, de conocimientos de fáciles a conocimientos difíciles.

Sus metas hacen énfasis en el aprendizaje más que en la enseñanza, en la formación más que en la información, en el ejercicio y la práctica de conocimientos teóricos, en la comunicación maestro-alumno para la adquisición de una conciencia crítica. La evaluación es para el que aprende y para el que enseña.

²El bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades (1988). Información para profesores. México.

Sus postulados promueven que el alumno aprenda a aprender, aprenda a hacer, aprenda a ser, y actualmente se agrega, que aprenda a convivir y que incorpore una serie de elementos que lo lleven a cambiar su concepción del mundo³.

Las materias están organizadas por áreas: de talleres, de ciencias experimentales, de historia y de matemáticas.

Las materias que no tienen valor curricular están organizadas en departamentos, como es el caso del departamento de opciones técnicas, departamento de educación física y departamento de idiomas, aunque en este último caso el idioma si se les pide como requisito de egreso, ya sea inglés o francés. También existe el departamento de psicopedagogía que se dedica a impartir cursos especiales de orientación vocacional, y en la actualidad se ha promovido su labor con los alumnos que se encuentran en riesgo.

En el plan de estudios actualizado se ha tratado de ampliar el tiempo de trabajo en grupos escolares, aumentando el número de sesiones y la duración de éstas, con la finalidad de adquirir una formación más sólida, ofreciendo a los alumnos una mayor ejercitación individual y en equipo, en las habilidades y procedimientos propuestos, permitiendo a su vez supervisar su trabajo y revisar sus resultados.

En la actualidad, el modelo educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades sigue vigente desde su aprobación en 1971, debido a la pertinencia de sus elementos estructurales e innovadores, orientados a lograr la calidad académica de los aprendizajes de sus alumnos.

Los puntos esenciales de la concepción del plan de estudios vigente y del proyecto educativo del Colegio son: se caracteriza como un bachillerato universitario, propedéutico, general y único, que no exige opciones vocacionales prematuras e irreversibles, es una opción de bachillerato de cultura básica, en el que se reconoce al alumno como sujeto de la cultura y de su propia educación, el papel del profesor es de sujeto facilitador o auxiliar del proceso de aprendizaje y no como repetidor o mero instructor, la organización académica sigue siendo por áreas.

Las formas de enseñanza han ido cambiando conforme se modifica la sociedad y sus requerimientos. En la actualidad, es tan amplia la cantidad de conocimientos que no es posible saturar a los alumnos de contenidos conceptuales, es por ello indispensable dotarlos de habilidades, actitudes y valores que les permitan tener acceso a la información científica para aprender con autonomía. Esto implica que a través de estrategias educativas se apliquen las habilidades que se requieren para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información de diferentes fuentes, reflexionar y emitir juicios o puntos de vista a partir de lo investigado. De igual manera, es necesario promover en los jóvenes un pensamiento flexible que les permita percibir que los conocimientos están en un proceso de construcción y reconstrucción permanente, en el que las teorías se van enriqueciendo o pueden ser desplazadas por otras.

En el mapa curricular⁴, podemos ver que las materias que han sufrido un cambio más sustancial, son matemáticas, física, química y biología. En el caso de biología, antes se daba una biología como obligatoria, y método científico experimental, actualmente se cambió la materia de método por otra biología obligatoria. Así es que,

³ Ibidem, 1988.

⁴ Ídem. p.78.

quedaron dos biología obligatorias que se imparten en 3º (biología 1) y 4º semestre (biología 2) y dos optativas que se imparten en 5º y 6º semestre.

El Colegio de Ciencias y Humanidades, es una muy buena opción para los jóvenes que desean optar por estudios superiores, ya que cuenta con instalaciones adecuadas: laboratorios, material audiovisual, salas para proyectar ese material, una biblioteca con muy buen acervo bibliográfico que se trata de mantener actualizado, una mediateca, canchas deportivas, un gimnasio, sala de teatro y de conferencias, un edificio donde se prestan computadoras de reciente adquisición, que pueden utilizar con toda comodidad los alumnos y profesores, además tiene la ventaja de un pase automático para ingresar a la universidad, que si se aprovecha adecuadamente, los alumnos pueden entrar a la carrera de su elección y en el plantel que ellos decidan.

2.2.1.1 Características de los Alumnos.

En esta sección se hará una descripción de las características de los alumnos que la autora del presente trabajo ha visto en el Colegio de Ciencias y Humanidades, basándose para ello en la experiencia adquirida a lo largo de 17 años en los que se ha desempeñado como docente en el CCH Naucalpan, en los que ha atendido aproximadamente 7 grupos por semestre con 20 a 25 alumnos por grupo; así como en la práctica docente que realizó durante sus estudios en la MADEMS, y los diversos autores consultados para tal fin.

Actualmente el CCH atiende una población que asciende a más de 57,000 alumnos, que acceden a este sistema educativo por un proceso de selección que se da a través de un examen único (Bazán, 2006).

Según la ubicación que hace Feixa (1999) en cuanto al contexto histórico en que van cambiando los jóvenes, se puede ubicar a los alumnos del CCH, en una sociedad postindustrial, con las siguientes características; es una sociedad que está tendiendo a convertirse en una comunidad universal en la que hay una gran influencia de los medios de comunicación como los videos, el fax, el teléfono, el Internet, la informática, etc. Lo que trae como consecuencia diversos factores de cambio: como los que le dan bienestar a los jóvenes, una crisis de la autoridad en todos los ámbitos como el escolar, el familiar, que ha ocasionado el incremento de la violencia a niveles alarmantes; un gran consumismo principalmente por los jóvenes que tienen el mayor poder adquisitivo, debido a que sus padres tratan de procurarles las mayores comodidades que estén a su alcance; los medios de comunicación han erosionado la moral y como consecuencia se ha propiciado una revolución sexual en la que ahora se acepta lo que antes se escondía o no se atrevían a hacer, incluso ahora lo hacen por imitación, en algunos casos.

Según la clasificación de Stanley Hall, 1924 (citado por Muss, E. 1995) para las etapas del desarrollo humano, los alumnos del CCHN., se encuentran en la etapa de la adolescencia que puede iniciar entre los 12 y 13 años y puede finalizar entre los 22 y los 25 años. De acuerdo a este parámetro, están en plena adolescencia pues oscilan entre los 15 y los 18 años, este periodo es considerado por Hall como de tormenta, ímpetu, turbulencia y transición.

Acerca de lo que menciona Kurt Lewin (citado por Muss, 1995), sobre la conducta de los adolescentes, se puede decir que los alumnos del CCH con los que

ha interactuado la autora del presente trabajo, en general no presentan cambios de estado de ánimo muy bruscos, y tampoco son muy conflictivos.

Respecto a su nivel cognitivo, como menciona Piaget (Citado por Rice, 1999) los chicos de 14-15 años deberían estar en la etapa III-B de la función formal completa, pero en la mayoría de los casos no es así, les cuesta mucho trabajo ir mas allá de su ámbito, parece que la mayoría se ha estacionado en la etapa III-A en la que sólo piensan formalmente en situaciones que les son familiares, les es muy difícil hacer extrapolaciones a otras situaciones. No cumplen con los puntos que señala Piaget para el pensamiento formal: Introspección, pensamiento abstracto, pensamiento lógico, razonamiento hipotético, les cuesta mucho trabajo entender algo que no pueden ver.

Respecto a las causas por las que la mayoría de los alumnos no han llegado a la etapa III-B, según la opinión de Tirado (2005), tiene gran influencia la escolaridad de los padres, ya que es un referente de la formación cultural que se manifiesta en la forma de hacer y ser en la vida cotidiana; lo que influye en la formación y aspiraciones de los hijos, para esta opinión se basó en los datos que arrojo el análisis realizado a las bases de datos del Examen Nacional de Ingreso a la Educación Media Superior que aplica el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (CENEVAL), en el que el factor con el que más se relaciona la calificación de los exámenes es precisamente la escolaridad de los padres.

En el caso de los alumnos que ha atendido la autora, la mayoría de sus padres sólo tienen estudios a nivel de secundaria o técnicos, son pocos los casos en que sus padres son profesionistas, y precisamente la mayoría de los que están en este último caso son los que destacan más, son más asertivos en sus aportaciones a la clase, aunque hay sus excepciones, algunos alumnos cuyos padres tienen bajo nivel de estudios ponen mucho empeño en realizar su trabajo y resultan ser muy exitosos.

En cuanto a la clasificación de J. Marcia, 1966 (citada por Rice, 1999) sobre los estados básicos de la identidad, se puede encontrar el estado de identidad prestada en la que tienen como referente a sus padres o la de algún familiar o conocido y quieren seguir la profesión que tienen ellos. La mayoría de los alumnos están en el estado de moratoria, ya que no han tomado la decisión de la profesión a la que se van a dedicar, rebasan en parte esa etapa cuando ya van a terminar el C.C.H., cuando tienen que elegir su carrera, en los semestres intermedios no lo hacen. Llegar a la etapa de logro de la identidad no es de un día a otro se va obteniendo poco a poco sobre todo cuando ya se está estudiando la profesión a la que se va a dedicar uno, e incluso hay quienes ni siquiera en esta fase logran esta etapa y siguen siendo dependientes de sus padres.

Respecto a la cultura de los estudiantes del CCH, pertenecen a una sociedad urbana altamente influenciada por los medios de comunicación.

La música que les gusta es muy diversa. Tanto la vestimenta como el corte de pelo no importan mucho, más bien, es la forma como ellos contemplan la vida y hacen saber por estos medios que están aquí.

La forma de hablar manifiesta muchas vertientes. La lingüística para los adolescentes no es un factor predominante para las maneras de comunicación, encuentran divertido abreviar palabras y cambiarles su ortografía y significado. El ejemplo a seguir de los adolescentes surge a partir de los estereotipos de belleza, estatus social y popularidad que difunden los medios antes mencionados. Se les

vende una imagen de personas que parece que lo tienen todo, dinero, felicidad etc. y los jóvenes quieren una vida semejante porque generalmente no desean ser como sus padres a quien en esta etapa pueden detestar.

Acerca de lo que menciona Herrero (2003) sobre el consumo de drogas y otras conductas problemáticas. En los alumnos del CCH se ha convertido en una moda el fumar y consumir cerveza en sus fiestas o reuniones que organizan. Algunos sólo lo hacen por imitación o para probar que se siente, pero en la mayoría de los casos no es un hábito ni lo hacen en exceso. Respecto al consumo de drogas, se ha ido incrementando de una forma lenta e imperceptible, aunque muy peligrosa.

En resumen, se puede decir que los alumnos del CCH, están entre los 15 y 18 años, que son jóvenes inquietos, sanos, con muchas ilusiones en la vida, que están en el colegio porque la mayoría planea seguir estudiando e ingresar a una facultad, son comprometidos con su papel como estudiantes, respetuosos, alegres, con buena autoestima, claro está que en cada caso hay sus excepciones.

Los mayores riesgos a los que se enfrentan, son a malos hábitos que difunden los medios de comunicación, porque los llevan a orientarse a conductas poco deseables en unos jóvenes sanos.

También están expuestos a conductas de riesgo por las amistades que eligen ya que generalmente se comportan de acuerdo al grupo de amigos que frecuentan para ser aceptados, así vemos como alumnos muy comprometidos con su educación de repente se integran al grupo de porros o algunas niñas dejan el colegio por estar embarazadas, casos que son muy lamentables, posiblemente esto se podría corregir en parte, si se sintieran más motivados para asistir a sus clases, aprender por gusto no por obligación y en los colegios se diera mayor difusión a actividades extracurriculares como deportes, canto, baile de salón, danza regional, teatro, música, etc.

2.2.1.2 Características de los Profesores

En el CCH actualmente laboran 3,028 profesores de los cuales 2,004 son de asignatura y 1,024 son de carrera. En cuanto a su nivel de estudios: 35 profesores tienen estudios de doctorado; 185 cuentan con estudios de maestría y 2,047 tienen estudios de licenciatura (Bazán, 2006).

En el colegio se impulsa de forma constante la actualización académica. Se ha desarrollado el Programa de Fortalecimiento y Renovación Institucional de la Docencia (PROFORED), para los profesores de asignatura que tienen de 1 a 5 años de servicio.

El CCH participó en la creación de la Maestría en docencia para la Educación Media Superior (MADEMS) de la UNAM. Que tiene como fin formar docentes altamente calificados para ejercer la docencia en el nivel de la Educación Media Superior (EMS).

Para la formación y actualización del personal académico se imparten cada fin de semestre una variedad de cursos, de entre los que se puede elegir según las necesidades e intereses del docente y del colegio. Para los profesores de carrera se requiere que cumplan con 40 horas anuales de formación y los demás profesores deben asistir a 20 horas.

Generalmente los docentes desarrollamos nuestra tarea en soledad dentro del aula. Allí nos enfrentamos con situaciones cotidianas complejas que no por

conocidas resultan fáciles de resolver. Estas situaciones requieren respuestas inmediatas en marcos institucionales que no siempre ofrecen las condiciones que uno esperaría.

Los profesores influimos en el proceso de apropiación de los alumnos, ya que dictamos las estrategias a seguir decidimos lo que se va a enseñar, cómo se va a enseñar, qué y cómo se va a evaluar.

El proceso de enseñanza- aprendizaje se asemeja a un arte como dice Comenio (2006), implica un gran reto para los profesores. Debemos ir construyendo día a día, siguiendo ciertas reglas de ejecución:

Todo cuanto se ha de aprender debe escalonarse conforme a los grados de la edad, de tal manera que no se proponga nada que no esté en condiciones de recibir (p.63).

Los profesores, primero debemos entender perfectamente el programa con todo y sus propósitos, objetivos, estrategias, contenidos, evaluación, para poder luego operativizarlo en el aula. De hecho la práctica docente implica una continua reflexión para construir y reconstruir el proceso de aprendizaje. En la medida en que podamos llevar a cabo estos procesos, los alumnos se verán beneficiados significativamente.

Los docentes estamos sometidos a un estrés continuo, insatisfacciones, conflictos, dudas, necesidades no cumplidas, frustraciones; tanto las que fueron generadas en la relación con el núcleo social (familiar, amigos, entorno afectivo, laboral, etc.) como las que se originan en la conflictiva del sujeto consigo mismo.

Ante los problemas personales se pueden generar conductas negativas tanto de parte de los docentes como de los alumnos.

En la epistemología del trabajo didáctico, encontramos una serie de precisiones acerca de lo que se debe hacer como docente, y sobre todo una invitación a la reflexión acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje. Que debe significar ante todo para nosotros como docentes, que primero hagamos una profunda reflexión sobre este proceso, planeemos lo que vamos a operativizar en el aula cuidando que vaya de acuerdo a lo que nos demanda la institución de la que formamos parte y a los alumnos con quienes vamos a interactuar y no lo dejemos en la rutina, sino que esa reflexión debe ser continua y fruto de una preparación igualmente continua en bien de nuestros alumnos y de la sociedad a la que pertenecemos.

2.2.1.3 La Materia de Biología en el CCH.

La materia de biología en el CCH pertenece al área de ciencias experimentales. Se imparte en dos semestres obligatorios (tercero y cuarto) y dos optativos (quinto y sexto).

El aprender biología en el CCH, implica que el alumno incluya en su manera de ser, de pensar y de hacer una serie de conocimientos que le ayuden a desempeñarse con éxito tanto en su vida escolar como en su vida diaria, y que lo lleven a modificar su concepción del mundo, previa al bachillerato.

Los cursos de biología pretenden que el alumno aprenda a generar cada vez mejores explicaciones acerca de los seres vivos, tomando como referencia que el conocimiento se encuentra en una permanente construcción y reconstrucción, en un proceso que lejos de ser estático es dinámico.

El estudio de biología I y II que se imparte en el tercero y cuarto semestre respectivamente, está orientada a formar parte de la cultura básica del estudiante. Se pretende promover el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que le permitan enfrentar con éxito el aprendizaje de nuevos conocimientos de la biología.

Se pretende enfatizar las relaciones entre la sociedad, la ciencia y la tecnología para que el estudiante tenga una relación armónica en la sociedad donde interactúa y que manifieste un respeto y aprecio por el ambiente.

En los cursos de Biología III y IV que se imparten en quinto y sexto semestre respectivamente, se pretende profundizar en la cultura básica del estudiante, con la adquisición de conceptos y principios propios de la disciplina. Al igual que en el tercer y cuarto semestre, se promueve el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que permitan al estudiante adquirir nuevos conocimientos en el campo del saber y que le faciliten una relación armónica con la sociedad.

En el aspecto disciplinario, en el Bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), se propone un enfoque⁵ integral, con base en cuatro ejes complementarios para construir el conocimiento biológico: el pensamiento evolucionista, el análisis histórico, las relaciones sociedad-ciencia-tecnología y las propiedades de los sistemas vivos (programa indicativo, 1996).

- El pensamiento evolucionista es el eje que conducirá a los alumnos a la comprensión de la vida en un planeta en continuo cambio. Trata de explicar características, procesos y mecanismos propios de los seres vivos, a partir de los conocimientos de diversas disciplinas de la biología como la genética y la ecología.

- El análisis histórico proporciona una visión amplia de los aportes que han dado los científicos al desarrollo de la ciencia, y nos facilita la comprensión y análisis de distintas teorías que se han formulado en distintos momentos, de acuerdo a su contexto histórico-social. Lo que lleva a comprender el carácter transitorio de las explicaciones científicas y a valorar el desarrollo de la ciencia.

- Las relaciones sociedad-ciencia-tecnología (SCT). Es el eje que permite fomentar en el alumno una posición reflexiva, acerca de cómo sus decisiones y acciones que tome en el cuidado del ambiente, pueden afectar a sus semejantes. Además promueve una toma de posición ética fundamentada y responsable ante los avances científicos, y con ello le permite percibir su utilidad y consecuencias en una mejor calidad de vida.

- Las propiedades de los sistemas vivos. El conocimiento de los seres vivos como sistemas muy complejos con propiedades derivadas de los principios que los unifican como- su origen, conservación, regulación, reproducción, continuidad, cambio, interacción y diversidad- además de propiedades emergentes como principios genéticos y ecológicos, y que sin embargo funcionan como unidades es el eje que permite a los alumnos aprender la biología desde una visión integral.

En el aspecto didáctico, en el CCH se propone que los alumnos participen en la construcción de su propio conocimiento, que sea de una forma gradual y continua, que lo que ya saben sea el punto de partida para los nuevos conocimientos que se pretende que adquieran, que el aprendizaje inicie de lo simple y sea conducido hacia lo complejo, que vayan de lo concreto a lo abstracto.

⁵ “El enfoque es una manera de tratar un tema para organizarlo y darle coherencia como cuerpo de conocimiento” (Ibidem, 1996).

Para propiciar que los alumnos participen en la construcción de su conocimiento se hace necesario, utilizar estrategias que promuevan el aprendizaje significativo, las cuales deben facilitar que los alumnos adquieran habilidades, actitudes y valores que los doten de autonomía para que por ellos mismos puedan seguir aprendiendo, y que además sean capaces de discriminar de una gran cantidad de conocimiento lo que es esencial y necesario.

Se busca que las estrategias de enseñanza-aprendizaje (E-A), los lleven a ser reflexivos acerca del conocimiento y que se promueva el pensamiento flexible que les permita comprender que el conocimiento no es algo acabado y definitivo, sino que está en continua construcción y reconstrucción, que sean capaces de emitir juicios razonados en base al conocimiento adquirido.

Se proponen diferentes situaciones de aprendizaje que fomenten la interacción entre el sujeto y el objeto de conocimiento, que incluye la investigación documental, experimental o de campo, que se motive a los alumnos y que el conocimiento adquirido los lleve a comprender su realidad.

Las estrategias de E-A deben diseñarse de acuerdo a quien van encaminadas, tomando en cuenta la edad, intereses, rasgos socioculturales y conocimientos previos. Se debe promover que los alumnos reestructuren sus preconcepciones de acuerdo al nuevo conocimiento adquirido, propiciando un cuestionamiento que ponga en juego sus formas de razonar.

Respecto a los docentes, es recomendable que haya un diálogo con los alumnos en el que comentemos qué se espera de ellos en el proceso de E-A, para que vayan adquiriendo la responsabilidad que les corresponde, ya que en este tipo de enseñanza se pretende que el docente se aleje del protagonismo y tome el papel de mediador entre el alumno y los contenidos de enseñanza.

La evaluación de los aprendizajes, de la materia de biología en el CCH, implica valorar la interacción entre tres aspectos; la finalidades educativas, las actividades desarrolladas y los resultados del proceso. Se propone una evaluación continua que abarque todo el proceso de E-A, en el que se contemplan tres modalidades; inicial o diagnóstica, formativa y sumativa.

- La evaluación inicial o diagnóstica tiene la finalidad de detectar los conocimientos previos de los alumnos y puede contemplarse al inicio del curso o al inicio de cada nueva fase de aprendizaje. Lo que conducirá a adecuar las estrategias de E-A, de acuerdo con el nivel y tipo de alumnos, así como para planear la profundidad a la que se podrá llegar.
- La evaluación formativa se lleva a cabo durante todo el proceso de E-A y tiene la finalidad de ir detectando los avances que van teniendo los alumnos en cuanto a conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores, para ir haciendo los ajustes necesarios.
- La evaluación sumativa permite ir evaluando los aprendizajes obtenidos al finalizar cada fase, con el fin de ver si es posible seguir avanzando en el proceso para concluir y pasar a una nueva fase. Este tipo de evaluación nos permite también ir haciendo ajustes al proceso de E-A.

2.2.1.3.1 La Asignatura de Biología 1

En primer lugar se centrará el desarrollo de este apartado en los aspectos didácticos que señala el programa indicativo del CCH, para la asignatura de Biología

1, y posteriormente se pasará a la explicación del aspecto disciplinario haciendo énfasis en el tema 2 de la tercera unidad que es el tema que aborda la presente investigación.

La asignatura de biología 1, en el plan de estudios actualizado (PEA), se imparte durante el 3° semestre del CCH. Esta asignatura esta dirigida a contribuir a la cultura básica del estudiante.

En el programa indicativo del CCH, para el curso de Biología 1 se propone diseñar estrategias que estén dirigidas a favorecer la creatividad de los alumnos con el fin de que sean capaces de construir sus propias estrategias de aprendizaje y razonamiento.

La investigación está dirigida a un proceso de búsqueda de nuevos conocimientos, y a la adquisición de actitudes y valores, en la que el profesor debe guiar a los alumnos en la realización de investigaciones documentales y de campo, y de preferencia se indican procedimientos de tipo experimental sobre algunos temas del curso.

La motivación es un punto muy importante que debe estar en juego en todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, estimulando a los alumnos en la formulación de problemas y en la posible solución de los mismos.

El aprendizaje debe partir de vivencias cercanas a su vida cotidiana, para formular retos o problemas que los estimulen a la búsqueda de respuestas, bajo la supervisión de su profesor, que los acompañará en el proceso, reforzando, cuestionando y comentando los resultados obtenidos para llegar a conclusiones idóneas.

Cada unidad tiene preguntas generadoras que son el punto de partida para los aprendizajes que se quieren lograr, para ello se debe propiciar la búsqueda, reflexión y análisis de nueva información que contribuirá a incrementar la cultura básica del estudiante.

En la planeación de las clases se debe contemplar el diseño de estrategias diversas, que se basen en los propósitos del curso, en los aprendizajes que se pretende lograr y que tomen en cuenta la diversidad de alumnos así como los conocimientos previos con los que inician el curso. Propiciando el aprendizaje gradual y continuo de conceptos, habilidades, actitudes y valores. Se utilizarán tres momentos de aprendizaje en los que se contempla la participación activa del estudiante: apertura desarrollo y cierre.

Las actividades de apertura servirán para ubicar a los alumnos acerca del punto de partida y del punto a donde queremos llegar en el curso y de cada unidad, en las que se motiva a los alumnos y se detectan los conocimientos previos que servirán como punto de partida.

Las actividades de desarrollo irán dirigidas al aprendizaje de conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores, a través del análisis y síntesis de nuevos conocimientos.

Las actividades de cierre favorecerán que el alumno tenga una visión integradora crítica y sintética del tema o temas estudiados.

En general se recomienda que el proceso de enseñanza-aprendizaje se encamine a lograr los postulados del colegio:

- Que aprenda a aprender, implica la adquisición de habilidades y aptitudes básicas que lo llevarán a ser autónomo en la selección y adquisición de nuevos conocimientos.
- Que aprenda a hacer, lo que implica la vinculación de la teoría con la práctica que lo llevará a poder aplicar los conocimientos adquiridos en los diversos ámbitos de su vida.
- Que aprenda a ser, lo conducirá a adquirir una conciencia crítica y razonada como resultado del carácter formativo de la enseñanza.
- Que aprenda a convivir, lo conducirá a interactuar de una forma armónica con sus compañeros de grupo y con los integrantes de la sociedad.

Para el curso de Biología 1 se proponen como propósitos generales que el alumno:

- Relacione las evidencias que fundamentan la teoría celular y el reconocimiento de la célula como unidad estructural y funcional de los sistemas vivos.
- Examine los procesos de regulación, conservación y reproducción en diferentes niveles de organización.
- Examine los mecanismos que permiten la transmisión y modificación de la información genética en los sistemas vivos.
- Relacione los conocimientos adquiridos sobre la tecnología del ADN recombinante con algunas aplicaciones de la manipulación genética.
- Interprete los fenómenos biológicos con base en explicaciones científicas relativas a la unidad de los sistemas vivos, los procesos que los caracterizan y los mecanismos que permiten su continuidad y diversidad genética.
- Aplique habilidades, actitudes y valores para la obtención, comprobación y comunicación del conocimiento, al llevar a cabo investigaciones.
- Desarrolle una actitud científica, crítica y responsable ante el avance y aplicación de los conocimientos biológicos en el campo de la genética.
- Desarrolle actitudes y valores relativos a una relación armónica con la naturaleza al asumir que comparte aspectos con los demás sistemas vivos (Programa de Estudio de Biología I a IV, 2005).

Los contenidos temáticos para la Biología 1 son:

Primera Unidad. ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas vivos?

Segunda Unidad. ¿Cómo se lleva a cabo la regulación, conservación y reproducción de los sistemas vivos?

Tercera Unidad. ¿Cómo se transmite y modifica la información genética en los sistemas vivos? (op. cit.).

La primera unidad del curso de Biología 1 centra su estudio en la célula como unidad estructural y funcional de los sistemas vivos. Para tal fin parte del contexto histórico social en el que se construyó la teoría celular. Los aprendizajes que se pretende adquieran los alumnos, incluyen el conocimiento de la constitución química de las células a nivel molecular, las estructuras celulares y sus funciones, así como el conocimiento de los diferentes tipos de células.

En la segunda unidad se centran los aprendizajes en los procesos de regulación, conservación y reproducción con el fin de que los alumnos comprendan cómo funcionan y se perpetúan los sistemas vivos. Para ello se estudia la membrana celular y se relaciona con los procesos que se llevan a cabo a través de ella para la regulación celular. Se promueve la comprensión de cómo los seres vivos pueden mantenerse gracias a su capacidad de transformar la energía, a través de procesos como: la síntesis de proteínas, la fotosíntesis, la respiración y fermentación. Que los

seres vivos pueden perpetuarse gracias a las propiedades del ADN, de replicar y transcribir su información, para que finalmente se traduzca en proteínas. Se estudia el ciclo celular y los sucesos que se llevan a cabo en él.

La tercera unidad centra su estudio en la transmisión y modificación de la información genética en los seres vivos. Se describirá con mayor detalle esta unidad, en el siguiente apartado, debido a que en ella se encuentra localizado el tema que da pie al presente trabajo de investigación.

2.2.1.3.1.1 La Tercera Unidad de Biología 1.

La tercera unidad del curso de biología 1 en el programa indicativo, al igual que las demás unidades, inicia con una pregunta generadora, que tiene como propósito confrontar a los alumnos para dar pie a una reestructuración entre los conocimientos previos y los nuevos aprendizajes que se pretende lograr al finalizar del proceso de E-A. Asimismo, contiene los propósitos generales de la unidad, que se centran en los conocimientos acerca de la genética y sus avances así como sus repercusiones en la sociedad.

La tabla del programa indicativo (posteriormente transcrita), inicia su descripción con los aprendizajes que se pretende lograr al finalizar del proceso de E-A, en ellos se articula lo que los alumnos deben conocer y comprender, con lo que deben hacer y valorar.

Para el manejo de cada uno de los temas se sugiere una variedad de estrategias en las que participe tanto el profesor como los alumnos, donde se promueve tanto el trabajo individual como en equipo, considerando los momentos de apertura desarrollo y cierre en los que el alumno tenga un papel activo en la adquisición del conocimiento a través de sus actividades tanto en el aula como fuera de ella. Todo ello con el fin de lograr los aprendizajes sugeridos.

Contiene dos temas principales: El primer tema se refiere a los mecanismos de la herencia, que tiene la finalidad de que los alumnos comprendan cómo se lleva a cabo la transmisión y modificación de la información genética en los seres vivos; el segundo tema se refiere a la ingeniería genética y sus aplicaciones, que tiene como propósito que los alumnos identifiquen los avances que se han logrado en la tecnología del ADN recombinante, y sus implicaciones bioéticas.

A continuación incluyo la tabla, donde se puede apreciar cómo está estructurada la tercera unidad en el programa indicativo del CCH:

TERCERA UNIDAD

¿CÓMO SE TRANSMITE Y MODIFICA LA INFORMACIÓN GENÉTICA EN LOS SISTEMAS VIVOS?

PROPÓSITO:

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

TIEMPO: 25 horas

APRENDIZAJES	ESTRATEGIAS	TEMÁTICA
<ul style="list-style-type: none"> - Explica diferentes mecanismos hereditarios. - Resuelve problemas que 	El profesor: <ul style="list-style-type: none"> - Detectará los conocimientos previos de los alumnos 	Tema I. Mecanismos de la herencia <ul style="list-style-type: none"> - Herencia mendeliana.

<p>involucren la transmisión de caracteres según distintos mecanismos hereditarios.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconoce que la transmisión de las características hereditarias permiten la continuidad de los sistemas vivos. - Relaciona las mutaciones con la variabilidad biológica. 	<p>respecto al tema.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El profesor formulará problemas cuya resolución permita a los alumnos comprender la transmisión de las características hereditarias. <p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Buscarán, analizarán e interpretarán información de distintas fuentes sobre las formas en que se transmite y modifica la información genética. - Construirán modelos y otras representaciones que faciliten la comprensión de los mecanismos hereditarios estudiados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Herencia no mendeliana: Dominancia incompleta, alelos múltiples y herencia ligada al sexo. - Conceptos de gen y genoma. - Concepto de mutación. Importancia de las mutaciones como mecanismo de variabilidad biológica.
<ul style="list-style-type: none"> - Describe la tecnología del ADN recombinante y sus aplicaciones. - Valora las implicaciones de la manipulación genética. - Valora las implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos. 	<p>El profesor organizará en el grupo debates y mesas redondas para el análisis y discusión de las implicaciones de la manipulación genética, el proyecto genoma humano y la clonación de organismos.</p>	<p>Tema II. La ingeniería genética y sus aplicaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos generales de la Tecnología del ADN recombinante. - Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: Organismos transgénicos, terapia génica. - Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos.

Los aprendizajes señalados de forma general para toda la unidad son:

Aplica habilidades, actitudes y valores al llevar a cabo actividades documentales experimentales que contribuyan a la comprensión de la transmisión y modificación de las características hereditarias.

Aplica habilidades, actitudes y valores para comunicar de forma oral y escrita la información derivada de las actividades realizadas (Op. cit.).

Las estrategias que se proponen para toda la unidad son:

- Los alumnos en equipo llevarán a cabo experiencias de laboratorio o de campo, que pueden ser propuestas por el profesor y/o por ellos mismos, sobre algunos aspectos de los temas estudiados.
- Los alumnos en equipo elaborarán informes de sus actividades y los presentarán en forma oral y escrita.
- El profesor utilizará en clase materiales audiovisuales, ejercicios y juegos didácticos que permitan a los alumnos adquirir, ampliar y aplicar la información sobre los aspectos estudiados.
- El profesor propondrá al grupo la asistencia a conferencias y la visita a instituciones y centros de investigación para reafirmar y ampliar los aprendizajes.
- El profesor y los alumnos evaluarán el logro de los aprendizajes a lo largo de la Unidad (Op. cit.).

2.2.1.3.1.1 El tema II. La Ingeniería Genética y sus Aplicaciones.

Se describirá con mayor detalle este apartado, ya que es el tema que en el aspecto disciplinario da pie al presente trabajo, aunque al final del mismo, en el anexo VIII, se incluye una explicación un poco más extensa.

La biotecnología es la aplicación de tecnologías basadas en el uso de organismos vivos o sus derivados, que incluyen la posibilidad de manipular el ADN, con técnicas como la del ADN recombinante o la de fusión celular, la realización de secuencias bioquímicas con el uso de células, o enzimas aisladas, aplicando aspectos de biología molecular y celular, tanto para elaborar sustancias químicas útiles al ser humano, como para el tratamiento de enfermedades o para obtener organismos transgénicos.

El tema la ingeniería genética y sus aplicaciones en la opinión de diversos investigadores y/o autores (Curtís y Barnes, 1996, 2005; Balbás, 2002; Soberón, 2003; Jiménez et al, 2006; Gersenowies, 2006; Bolívar, 2004; entre otros) es un tema de actualidad que apunta a tener una mayor importancia de la que tiene hoy en día. Tiene una gran relevancia en diversos ámbitos del quehacer humano como la medicina, el ambiental, la biorremediación de suelos, la agricultura, la ganadería, la industria farmacéutica, el desarrollo y la evolución.

Con las técnicas que se utilizan en ingeniería genética se pueden lograr desde combustibles, medicinas, plásticos, alimentos, vacunas, recursos minerales, sustancias para utilizarse con fines terapéuticos, así como la clonación de organismos para obtener tejidos u órganos para trasplantes. De hecho, en la actualidad ya se comercializan a nivel industrial diversos productos biotecnológicos como: insulina, linfocinas, interferón, hormona del crecimiento, eritropoyetina, factores de coagulación sanguínea, vacunas como la de hepatitis B y la de la malaria. También hay insecticidas, combustibles renovables, cultivos y ganado resistente, plantas y animales mejorados en su producción, sistemas de control de la contaminación, colorantes, alimentos para ganado (Curtís y Barnes, 2005; Alberts, 1996; Soberón, 2003; Balbás, 2002).

Las técnicas que se utilizan en ingeniería genética tienen un gran potencial, pueden utilizarse para crear o modificar genes e insertarlos en otros organismos logrando que sean parte de su genoma, así como para obtener la secuencia del ADN de cualquier ser vivo, lo que ha ocasionado una gran controversia, debido al riesgo que implica semejante poder en las manos del ser humano, por tal razón en diversos países, actualmente se está legislando con el fin de poner límites que definan hasta dónde se puede manipular el ADN.

El tema la ingeniería genética y sus aplicaciones incluye tres subtemas:

1. Aspectos generales de la Tecnología del ADN recombinante.
2. Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: Organismos transgénicos, terapia génica.
3. Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos.

A continuación pasaré a la descripción y análisis de cada uno de estos tres subtemas:

1. Aspectos generales de la Tecnología del ADN recombinante.

La Tecnología del ADN recombinante incluye diversas técnicas, que permiten determinar la organización y la secuencia nucleotídica de cualquier cromosoma, incluyendo aquellos que forman el genoma humano. Las más importantes son:

a) Rotura del ADN utilizando enzimas de restricción.

En la ingeniería genética se utilizan enzimas de restricción para obtener fragmentos de ADN de doble cadena, que después se pueden manipular.

Las bacterias de forma natural contienen enzimas de restricción que pueden romper el ADN extraño en secuencias específicas, y para proteger su propio ADN de sus enzimas de restricción, lo metilan, lo que no ocurre con el ADN extraño, por ejemplo el de los virus. Los científicos han utilizado esta propiedad de las bacterias para obtener distintos tipos de enzimas de restricción, actualmente existen más de 100 enzimas comercializadas.

Algunas enzimas de restricción producen cortes de la molécula de ADN que dejan extremos rectos. Otras cortan de manera escalonada dejando extremos que se denominan cohesivos pues son complementarios en secuencia al que genera la misma enzima de restricción en cualquier otro fragmento. Los extremos cohesivos permiten unir fragmentos de ADN obtenidos con la misma enzima de restricción. Las moléculas de ADN producidas mediante la unión de dos o más fragmentos de ADN se denominan moléculas de ADN recombinante.

b) Secuenciación de un fragmento de ADN.

La secuenciación del ADN permite determinar la secuencia de nucleótidos de una molécula de ADN. Se pueden utilizar métodos enzimáticos o métodos químicos.

El método químico de Maxam y Gilbert, incluye el marcaje radiactivo del ADN, posteriormente se divide el ADN y luego se realiza una electroforesis en gel de poliacrilamida desnaturante en la que se separan fragmentos de diferente longitud. Combinando la información obtenida con cada reacción, se puede inferir la secuencia del segmento completo.

El método enzimático de Sanger incluye varias etapas. Primero se agregan didesoxinucleótidos a la cadena que se está sintetizando, como no pueden reaccionar para enlazar ningún otro nucleótido se constituyen, así, en el último nucleótido de la cadena. En una segunda etapa, los productos de reacción que pueden corresponder a 4 grupos de fragmentos que interrumpieron su síntesis en uno de los cuatro nucleótidos constituyentes, son colocados en un gel, y sometidos a electroforesis. Se desplazan en menor medida mientras son más largos. De esta manera, las posiciones de los fragmentos de ADN permiten deducir la secuencia de nucleótidos del ADN original.

La secuenciación automática empleando el método enzimático, es una alternativa al método de Sanger. Consiste en marcar los nucleótidos terminales de los fragmentos de ADN con un compuesto fluorescente y activar la reacción de secuencia. Los productos de la reacción se detectan durante la electroforesis al pasar por delante de un láser que detecta la fluorescencia emitida.

Actualmente se han secuenciado diversos genes como: el que codifica para la insulina, el citocromo c, la hemoglobina, el interferón. Asimismo se ha secuenciado el genoma de los siguientes casos: virus de Epstein-Barr; *E. coli*; *Caenorhabditis*.

Elegans; *Drosophila melanogaster*; *Saccharomyces cerevisiae*; *Oriza sativa*; *Arabidopsis thaliana*; *Mus musculus*; y en el 2003 se determinó la secuencia definitiva del genoma humano.

c) Hibridación del ADN.

Las técnicas de hibridación de ácidos nucleicos permiten identificar un fragmento de ADN o de ARN utilizando la capacidad que tienen estas moléculas de unirse a secuencias de nucleótidos complementarias.

Estas técnicas se utilizan para detectar determinados genes, con la finalidad de purificarlos y caracterizarlos a partir de extractos celulares, también se utilizan para localizarlos en las células, tejidos y organismos, asimismo se puede utilizar una sonda preparada a partir de un gen de un determinado organismo para detectar genes relacionados evolutivamente.

El ADN se puede obtener por clonaje o por métodos químicos. El fragmento de ADN se marca utilizando radioisótopos o por algún método químico para que durante la hibridación se pueda detectar su incorporación a moléculas de doble cadena.

d) El clonaje del los ácidos nucleicos.

Por medio del clonaje de ADN o de ARN podemos tener cantidades ilimitadas de copias de una secuencia de cualquiera de estos dos ácidos nucleicos.

En primer lugar, se corta el ADN con una endonucleasa de restricción, en segundo lugar se obtienen múltiples copias de esa secuencia. En tercer lugar, se insertan estos fragmentos de ADN en un vector que se replique, como es el caso de virus o en el plásmido de una bacteria. En cuarto lugar, se permite que el vector se replique para obtener múltiples copias del fragmento de interés. Estos vectores contienen un clon de ADN genómico, y la colección completa de plásmidos se denomina una biblioteca de ADN genómico.

e) La ingeniería genética.

Por medio de la ingeniería genética se pueden aislar, modificar e insertar los genes de nuevo a un mismo organismo o a otro distinto. El propósito de la manipulación genética es modificar favorablemente los rasgos sobre los que influyen esos genes.

En la actualidad es posible separar regiones del ADN, determinar su secuencia de nucleótidos y obtenerlas en cantidades ilimitadas. Asimismo es posible unir diferentes moléculas de ADN, que son distintas de cualquiera que exista de forma natural. Un gen puede ser manipulado en laboratorio y después se puede transferir a células en cultivo, animales o a plantas, donde el gen modificado pasa a ser parte funcional y permanente del genoma.

Estas técnicas han hecho posible hacer investigaciones que antes era imposible realizar. Por ejemplo, ahora se pueden determinar las funciones de diversas proteínas que antes no se conocían, se han ido desentrañando los mecanismos que regulan la expresión de los genes en eucariontes.

Para introducir ADN extraño a una célula se utilizan vehículos de clonación, que generalmente son plásmidos. El doctor Francisco Bolívar Zapata, científico mexicano, construyó uno de los primeros vehículos de clonación, el plásmido

pBR322, en una estancia posdoctoral, a mediados de los setenta en la Universidad de California, San Francisco (Bolívar et al, 2004; Soberón, 2003).

Resumiendo, la técnica del ADN recombinante o ingeniería genética, requiere cuatro elementos esenciales:

- 1º Obtener fragmentos específicos de ADN.
- 2º Unión de fragmentos de ADN para obtener hebras continuas.
- 3º Introducción del ADN recombinante en células vivas.
- 4º Mecanismos para la replicación e identificación de la molécula de ADN dentro de la célula viva donde se introdujo.

Finalmente se puede inducir al gen para que elabore su proteína en el organismo elegido, y luego se obtiene el producto deseado incluso a nivel industrial.

2. Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: Organismos transgénicos, terapia génica.

Biotechnología de células animales y animales transgénicos.

Como ya se mencionó anteriormente, por medio de la tecnología del ADN recombinante, se pueden obtener de manera abundante genes de interés, los que posteriormente se pueden insertar en una célula animal o en una célula vegetal, obteniéndose así organismos transgénicos con características mejoradas, que posteriormente expresarán el gen mutante y lo heredaran a su progenie.

Para insertar genes en plantas se utilizan virus específicos de ellas, y el plásmido Ti de la bacteria *Agrobacterium*. Las características deseables de los virus empleados son que puedan conservar y transportar el ADN, que no dañen a las células en las que son inoculados y además que se puedan purificar fácilmente.

Actualmente también se emplean levaduras y otros hongos unicelulares, así como líneas celulares de insectos o de seres humanos como fábrica de proteínas. El microorganismo *Bacillus thuringiensis*, que de forma natural produce la toxina BT, que ataca insectos y arácnidos, se ha cultivado para obtener la toxina y suministrarla a los cultivos como un insecticida biodegradable y seguro, ya que no afecta al ganado ni al ser humano (Soberón, 2003; Clark, 2005).

Se ha logrado desarrollar en las plantas resistencia a condiciones ambientales, a diversos parásitos, a herbicidas, elevar su productividad, mejorar el sabor, las cualidades nutricionales, el color, la textura, alterar la maduración en frutos, se han manipulado plantas para producir pigmentos, proteínas recombinantes, polímeros o anticuerpos (Balbás, 2002; Curtís, 2005; Soberón, 2003).

Mediante el cultivo de células animales, actualmente se produce una gran cantidad de proteínas, inmunorreguladores, anticuerpos, factores de crecimiento, enzimas, hormonas, vacunas (contra la poliomielitis, la difteria, tosferina, tétanos, rabia, viruela, rubéola y paperas en humanos, y los virus animales que producen la panleucopenia felina, hepatitis canina, la enfermedad del pie y la boca del ganado, la enfermedad de Marek), interferones, y antígenos tumorales específicos. También se cultivan fibroblastos para su trasplante en casos de quemaduras severas.

Respecto a la producción de animales completos, actualmente se cuenta con la capacidad de transferir genes a líneas celulares y con la posibilidad de crear animales genéticamente idénticos mediante el trasplante de núcleos de tejido embrionario a huevos enucleados.

Terapia génica.

La terapia génica consiste en introducir material genético extraño en seres humanos con la finalidad de corregir alguna deficiencia en el organismo, o para prevenir alguna enfermedad. La terapia génica puede ser de dos tipos: la que se orienta a la corrección de algún defecto en la secuencia del ADN, y la que pretende restaurar las propiedades del funcionamiento celular mediante el ajuste en la regulación de la expresión de los genes.

Respecto a la terapia génica y organismos genéticamente modificados no hay precedente, por tanto, se está partiendo en su legislación desde cero. En la actualidad reina un clima de confusión e incertidumbre respecto a este tema ya que como la investigación esta en proceso, en muchos países, se ha impuesto restricciones excesivas debido a malentendidos muy difundidos. Es muy importante que se tomen en cuenta, los beneficios que podría traer consigo este tipo de investigación ya que por ejemplo, con la biomedicina molecular se pretende prevenir el padecimiento de enfermedades, a partir de la determinación de los genes responsables de la enfermedad o de su predisposición. El desarrollo de la industria biotecnológica, permitirá encontrar mejores métodos de diagnóstico, blancos terapéuticos y generar fármacos personalizados lo que traería como consecuencia una mejor calidad de vida para el ser humano. Por tanto, lo que se legisle ahora, determinará el grado de avance o retroceso en las investigaciones futuras.

Actualmente se calcula que existen cerca de ocho mil enfermedades hereditarias, pero a nivel fetal sólo se han detectado unas 200. Aunque en la actualidad se conoce la función de unos diez mil genes, se espera que, en el futuro, se puedan descubrir las relaciones entre éstos y las enfermedades.

Las estrategias que utiliza la terapia génica son:

Ex vivo: consiste en extraer células del paciente, modificarlas *in vitro* con un vector retrovírico e implantarlas de nuevo al organismo con riesgo mínimo. Se ha utilizado en el tratamiento de la enfermedad provocada por la deficiencia de adenosina desaminasa (ADA).

In vivo: consiste en administrar el gen corrector al paciente en lugar de hacerlo a células en cultivo. Se emplea en células difíciles de extraer e implantar nuevamente, como es el caso de la mucoviscidosis.

Para llevar a cabo los tratamientos ha sido necesario desarrollar vectores que liberan el gene de interés en el tejido que se requiere. Los vectores pueden ser de origen viral basados en retrovirus, adenovirus, virus adenoasociados y virus de Herpes simple. También se han usado otros sistemas de origen no viral como la inyección del ADN purificado, el bombardeo del tejido blanco con microproyectiles cubiertos de ADN y el uso de liposomas constituidos por ADN cubierto de lípidos.

A pesar de que la terapia génica ha tratado con éxito algunas inmunodeficiencias, este tipo de tratamiento supone ciertos riesgos para el paciente, ya que existe la posibilidad de que aparezcan efectos no deseados al no poder discriminar las células en las que se integra el gen sano para fabricar las proteínas terapéuticas, ni tampoco la cantidad que deben producir.

Para superar este problema, se ha desarrollado una estrategia de terapia génica que ha permitido que el gen que es insertado en el paciente genere un nivel de proteínas equivalente al que tienen las células normales y, por tanto, no haya peligro de toxicidad. Además, se ha logrado que dicho gen se exprese sólo en las células en

las que sí tiene que hacerlo. Se trata de los vectores lentivirales, basados en secuencias víricas y que sirven para introducir de forma muy eficiente los genes terapéuticos en células que son de especial interés para la terapia génica, como las células madre hematopoyéticas, capaces de reconstituir todo el sistema inmune del paciente.

3. Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos.

El proyecto para descifrar la información genética contenida en los cromosomas del ser humano (genoma), inició en 1990 con el consorcio público denominado Proyecto Genoma Humano (PGH), que se integró por 18 países y con un financiamiento público.

Algunos años después, la compañía Celera Genomics inició sus trabajos con recursos privados. Ambas agrupaciones trabajaron por separado.

El 12 de febrero de 2001 el Consorcio Internacional de carácter público, y la empresa privada Celera Genomics dieron a conocer al mundo el mapa provisional del genoma humano. Bajo la dirección de Eric Lander del Centro Sanger, en Cambridge, Reino Unido, el primer grupo publicó la secuencia en la revista Nature. Por su lado, la empresa estadounidense, dirigida por Craig Venter, lo hizo en Science.

A mediados de abril del 2003, se anunció que había sido completada casi la totalidad del mapa genético humano. Ambos consorcios presentaron sus resultados de manera conjunta, de entre lo que hoy se sabe que:

Las personas compartimos 99.99 % del contenido genético, el restante 0.01 % marca lo que nos diferencia.

El ADN contiene 30 mil genes que constituyen al ser humano.

Cada gene es un segmento de ADN que controla una función celular específica. El ADN conduce la reproducción de la célula y es el responsable de transmitir a la célula la información para que realice todas sus funciones. Así mismo, toda la información necesaria para que cada región del cuerpo funcione y sea creada con exactitud está incluida en el ADN.

El 10.2% del ADN se encarga de producir enzimas que catalizan las reacciones bioquímicas de nuestro cuerpo.

El 5% tienen como función participar en la estructura de la célula.

La información obtenida por el proyecto Genoma Humano, es de carácter público y puede ser consultada por cualquier persona que tenga acceso a la red. Los avances en la genética en nuestro tiempo son notorios. Y también son comunes los debates éticos que implica obtener este conocimiento.

Hay quienes están a favor del desarrollo de la genética y quienes no, los que están a favor argumentan los beneficios que podremos obtener al identificar enfermedades malignas causantes de malformaciones o de acortar el periodo de vida de los seres humanos. Los que están en contra manifiestan su temor de que la manipulación de la información genética pueda utilizarse para ejercer control sobre la humanidad, y otro tipo de discriminación agregado al que se ha ejercido hasta nuestros días.

Aspectos éticos y legales del proyecto genoma humano.

Los debates en torno a la manipulación genética, giran sobre el libre acceso que se tiene a las investigaciones que se están desarrollando a nivel mundial, a través de la red, y acerca de las pretensiones de la compañía Celera Genomics de patentar y vender sus descubrimientos a quien le ofrezca mayor remuneración económica.

La ONU expresó en 1998 en su Declaración Universal sobre el Genoma Humano *“el patrimonio genético de los seres humanos no se puede estar sometiendo a intereses comerciales....El genoma humano es la base de la unidad fundamental de todos los miembros de la familia humana y del reconocimiento de su dignidad física y su diversidad.”* En sentido simbólico es el patrimonio de la humanidad⁶

Sí la ingeniería genética se desarrolla como se prevé en los próximos años, los grandes consorcios que tengan el control de esa información tendrían ganancias millonarias y con ello el control del resto de la humanidad.

Con las posibilidades que plantean los avances en la detección a tiempo de diversas enfermedades, su tratamiento y cura, así como la posibilidad de elegir el sexo y las características deseables, nuestros descendientes tendrán la posibilidad de optar porque sus hijos no sufran ningún tipo de enfermedad.

Tendríamos que resolver diversas interrogantes, como si es o no correcto que unos cuantos posean información que nos pertenece a todos los seres humanos y que además lucren con ella a sus semejantes. Ocurriría como en la actualidad, que sólo unos cuantos tienen acceso a tratamientos médicos costosos, y como la mayoría de los habitantes del mundo son pobres entonces no tendrían acceso a este tipo de beneficios que seguiría beneficiando a unos cuantos, y que además generaría otro tipo de discriminación ya que si los ricos y poderosos pudieran elegir las mejores características físicas y de salud que tendrían sus hijos entonces los pobres se considerarían inferiores porque serían enfermos y con características no deseables para la humanidad dominante.

Existiría un tipo de discriminación genética, que originaría diversos tipos de exclusión para la humanidad, ya que un empleador podría elegir al personal idóneo a sus intereses, podría exigir pruebas genéticas para enterarse del tipo de enfermedades que puede sufrir su personal, e incluso elegir las características físicas deseables para el puesto que ofrezca. Y existirían los trabajos asignados para cada tipo de personas, los de raza inferior (no seleccionados genéticamente) tendrían los empleos con menor remuneración y estarían al servicio de los de la raza dominante (los seleccionados genéticamente).

También las aseguradoras podrían con esta información exigir mayores cuotas o negar las pólizas, a las personas que tengan predisposición a sufrir enfermedades crónicas.

Con este tipo de información se prestaría a que en diversos ámbitos de la sociedad se discriminara a la gente que no hubiese sido seleccionada genéticamente y habría otro tipo de segregación.

Existe también la posibilidad de optar por que los avances en la genética se utilicen para beneficio común de la humanidad y entonces tendríamos la opción de tener una vida más sana y segura, en un mundo donde se podrían curar o prevenir

⁶ Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos. Declaración aprobada, previo informe de la comisión III, en la 26ª sesión plenaria, el 11 de noviembre de 1997.

las enfermedades, en donde habría alimento necesario y suficiente para todos y en donde podría haber igualdad de condiciones para todos los seres humanos.

Como la naturaleza del ser humano es en cierto sentido egoísta se ha hecho necesario formular leyes para manipular la información genética, como es el caso de la ley de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM), formulada durante el gobierno del presidente Fox en la República mexicana, y que entró en vigor el 2 de mayo de 2005⁷.

La LBOGM tiene que ver con el desarrollo tecnológico que a su vez tiene como base la biotecnología que manipula información genética en seres vivos, plantas y animales, que pueden causar un impacto dañino al medio ambiente afectando incluso la diversidad biológica, que en México es muy abundante (es uno de los 12 países a nivel mundial que posee megadiversidad biótica). Tiene como fin regular las actividades de utilización, liberación, exportación e importación de organismos genéticamente modificados con el fin de prevenir y evitar los posibles riesgos que estas acciones pudieran infringir a la salud humana o al medio ambiente y a la diversidad biológica.

Es necesario que los seres humanos, en los diversos ámbitos en los que nos desarrollamos reflexionemos discutamos, analicemos y establezcamos bajo qué condiciones se puede manipular la información genética de los seres vivos, se deben establecer leyes que regulen los variados aspectos controvertidos y garantizar que sean respetadas a nivel mundial.

Durante la historia del ser humano han existido distintos tipos de discriminación, ya sea por pertenecer a diferente religión, raza, etnia, color, etc. Tratando siempre de justificar la superioridad de una raza sobre las otras y de este modo ejercer dominio sobre los menos favorecidos. Por tanto es de gran importancia que los alumnos de bachillerato estén informados de los avances que se están desarrollando a nivel mundial para que puedan dar una opinión fundamentada en conocimientos sólidos sobre el tema y como dice Mayr (1998):

Los nuevos conocimientos científicos acerca de las consecuencias últimas de los actos humanos conducen inevitablemente a consideraciones de tipo ético (p. 270).

Toda la evidencia acumulada en las últimas décadas indica que los valores asumidos por los individuos humanos son resultado de la combinación de tendencias innatas y aprendizaje (p. 281).

El sistema de valores de una persona está controlado en gran medida por lo que incorporó durante su infancia y juventud a su programa abierto de conducta (p. 283).

Clonación artificial.

En la actualidad se pueden obtener clones en diferentes niveles de organización, que va desde el molecular hasta organismos completos como es el caso de la oveja Dolly. Respecto a este punto en México, la comisión de Salud de la Cámara de Diputados aprobó el 28 de abril del 2004 la experimentación e investigación científica para la clonación terapéutica sin clonar embriones humanos. Y se publicó la ley de bioseguridad, anteriormente mencionada, el 18 de marzo de 2005 durante el gobierno del presidente Vicente Fox Quesada.

⁷ Ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados 18 de marzo del 2005.

El interés de obtener clones de un organismo, tanto en animales como en plantas, se centra en algunos puntos principales: como que sean comestibles y comerciales, que se puedan obtener en abundancia por medio de este procedimiento, con el pretexto de remediar la hambruna a nivel mundial, que realmente tiene un trasfondo a nivel de intereses económicos particulares.

También existe el interés de los seres humanos de obtener clones de sí mismos, lo que hasta la actualidad no ha sido aprobado.

Uno de los problemas que se discute acerca de la manipulación genética en organismos es que se teme tenga consecuencias drásticas, que afecten a la biodiversidad que existe actualmente, se argumenta que el trasplante de genes afecta la naturaleza de los seres vivos, por lo que se considera una práctica muy drástica e invasiva con consecuencias que no se pueden prever.

Un último aspecto a considerar se refiere a las implicaciones económicas, políticas y sociales de la biotecnología. En ausencia de efectos nocivos bien documentados se ha optado por seguir una tendencia de precaución, en la que se asume que puede existir riesgo en la diseminación de una nueva tecnología.

2.3 El Proceso de Enseñanza-Aprendizaje (E-A).

La enseñanza es un tipo de sistema de comunicación que tiene como una de sus características la intencionalidad. En este proceso se da una interacción que es coordinada y orientada por el docente, que traduce y adapta el currículum para operativizarlo en el aula (Contreras, 1994).

Para Rumelhart y su grupo (citado por Hernández, 2006) el aprendizaje es:

Un proceso de modificación de los esquemas que posee el sujeto (almacenados en la memoria a largo plazo), como producto del influjo y la adquisición de la información nueva y de la interacción de ésta con los primeros (p. 141).

El aprendizaje es *“el producto de la interacción de sistemas interpretativos”*. Los jóvenes aprenden en dos contextos: el cotidiano y el escolar. En el contexto cotidiano se adquiere un aprendizaje asociativo e interpretativo, que permite comprender y solucionar situaciones en las que se utiliza. El aprendizaje escolar es replicativo y aplicativo, y cuando se logra que este conocimiento pase a ser parte del actuar del estudiante, o sea que se integre a su estructura cognitiva⁸, es cuando se ha rebasado el aspecto meramente evaluativo y se ha logrado un aprendizaje significativo (Contreras, 1994).

El aprendizaje significativo, ya sea que se dé por recepción o por descubrimiento, requiere que se vinculen de forma real y no arbitraria las nuevas ideas y conceptos con los conocimientos previos de los alumnos, y que se den determinadas condiciones respecto a tres dimensiones: lógica, cognitiva y afectiva (Gimeno, 2002).

En el aspecto cognitivo, el impacto de la nueva experiencia educacional en los alumnos está condicionada, por su nivel de desarrollo intelectual, al cual, Piaget lo separa en tres etapas: etapa sensoriomotriz, de los 0-2 años; etapa de las operaciones concretas, de los 2 a los 11 ó 12 años aproximadamente; etapa de las operaciones formales, de los 13 a los 16 años aproximadamente. Según Piaget, son las estructuras y los esquemas cognitivos los que definen las etapas de desarrollo

⁸ “La estructura cognitiva, está constituida por hechos, conceptos, relaciones, teorías y datos de origen no perceptivo, de los que el alumno puede disponer en todo momento” (Coll, 1995).

cognitivo⁹. “*En estas etapas se originan, se configuran y se consolidan determinadas estructuras intelectuales*” (Inhelder y Piaget, 1954; Hernández, 2006; Coll, 1995)).

En la etapa de las operaciones formales, que es en la que se encuentran los alumnos del CCH, su pensamiento tiende a ser más abstracto, y se vuelve hipotético-deductivo, el estudiante en este nivel es capaz de desarrollar planteamientos experimentales complejos, puede plantear y dar solución a hipótesis, controlar las variables comprobarlas y rechazarlas. Aunque no todos los alumnos se encuentran en esta etapa incluso algunos salen del CCH sin haber logrado alcanzarla.

En cuanto al aspecto afectivo, está directamente relacionado con la motivación. Para que el alumno se sienta motivado por el nuevo aprendizaje a adquirir éste debe ser claro, no arbitrario, y tiene que relacionarse con los conocimientos previos de los alumnos. Para aprender significativamente es muy importante tener una actitud favorable. Asimismo, para que el aprendizaje sea significativo para los alumnos es necesario que le encuentren utilidad en su vida, y viceversa cuanto más significativo sea para ellos mayor será la utilidad que le puedan dar.

De igual importancia es que el docente averigüe al inicio del proceso de E-A, las expectativas de los alumnos para con el nuevo aprendizaje y que favorezca la metacognición que de acuerdo con Monereo (1998, p. 80), “*Es la capacidad de conocer, analizar y controlar los propios mecanismos de aprendizaje*”, y también incluye el conocimiento y control de factores personales como autoconcepto, autoestima y autoeficacia. Ya que en base a ello podrán planificar, evaluar y definir su actuación ante el proceso, si su autoconcepto y autoeficacia es favorable cada vez serán más hábiles en el diseño de sus propias estrategias de aprendizaje que los llevarán a una mejor actuación, de forma consciente y controlada, en el proceso de E-A. De igual forma, una buena autoestima favorece la actitud positiva ante el aprendizaje.

Es pertinente que el alumno relacione el nuevo contenido con los conocimientos que ya posee en su estructura cognitiva; juzgar y decidir la mayor pertinencia de éstos; deconstruirlos para luego reconstruirlos, amplificarlos o diversificarlos en función de la nueva información.

En el proceso de E-A también es pertinente favorecer en el alumno la memorización comprensiva en detrimento de la memorización repetitiva, ya que la primera pasa a la memoria de largo plazo y favorece la creatividad del alumno, en cambio la segunda generalmente es a corto plazo y es empleada para aprobar los exámenes.

En suma, el objetivo de la educación escolar es la modificación de los esquemas de conocimiento del alumno, para lo que se revisa, se enriquece, se deconstruye con el fin de transmitir el conocimiento de forma gradual y no todo a la vez, lo que implica que debemos ir seleccionando de todo el bagaje de conocimientos, qué es lo digno de ser transmitido, para quiénes va destinado y cuál es el momento adecuado. Debemos ir de lo general a lo particular, de lo simple a lo complejo. Cada conocimiento nuevo se podrá asimilar en la medida en que han sido asimilados los conceptos que le anteceden, lo que implica tomar como punto de partida los

⁹ “El desarrollo cognitivo puede entenderse como una compleja marcha o evolución de niveles de equilibración inferior hacia el logro de niveles de equilibración de orden superior que permitan una adaptación óptima (aunque más compleja) del sujeto con el medio” (Hernández, 2006).

conocimientos previos de los alumnos. Lo ideal también es que relacionemos nuestra ciencia con las demás ciencias, esto es, debemos hacer una relación horizontal.

2.3.1 Los Objetivos Educativos

Los fines que se persiguen en una institución educativa se operativizan a través de los objetivos, que son logros que pueden ser medidos. La delimitación de los objetivos nos permite seleccionar y orientar las actividades de aprendizaje que vamos a realizar. Deben existir objetivos claros y precisos, pues son los que nos guían sobre las metas a las que queremos llegar, de otro modo si no existieran objetivos precisos, se dejaría la educación a lo que quisiera hacer cada profesor y cada alumno generándose un desorden total.

2.3.2 Los Contenidos

Se planifica, se evalúa una acción didáctica partiendo de un contenido determinado. El profesor tiene que lograr que el contenido sea subjetivado por los alumnos. Por lo tanto tendrá que reconstruir los aprendizajes en los alumnos a nivel de secuencia, profundidad y amplitud de las ideas científicas predominantes que reflejan la realidad de su época.

La realidad es un hecho social, se nos da como construida, para comprenderla a profundidad debemos primero, hacer una deconstrucción lo que genera un nuevo conocimiento que se va construyendo día a día. Debemos hacernos partícipes de la construcción y reconstrucción del conocimiento, ya que si no lo hacemos de esta manera transmitimos los conceptos de una forma mecánica, porque los tomamos como una realidad ya construida y no nos implicamos en la reconstrucción de esa realidad para poder apropiárnosla, y posteriormente transmitirla a nuestros alumnos (Bourdieu, 1998).

Los contenidos deben tener una continuidad en su secuencia por unidad y con las demás unidades de la materia y se deben ir integrando. Todo debe estar en relación con la dosificación de los contenidos que se van impartiendo.

El conocimiento transmitido a los alumnos debe ser verdadero y sólido, deben ser conocimientos legítimos dignos de ser aprendidos, y que tengan que ver con su vida cotidiana, para que sean significativos para ellos y les encuentren utilidad, pero sin llegar a vulgarizar el conocimiento, pues primero se debe acercarse a su vida cotidiana y luego se debe hacer que el alumno suba de nivel adquiriendo los conocimientos con el rigor científico (Berger y Luckman, 2003; Bourdieu, 1998).

Los conceptos tienen que quedar claros, debemos problematizar y generar dudas, para aclararlas, explicarlas hasta que todo quede perfectamente entendido, para que el alumno ordene y resignifique. En todo el proceso de enseñanza-aprendizaje (E-A) el alumno debe ser un participante activo.

Es necesario que el docente conozca con amplitud y profundidad el campo de su especialidad en relación a los contenidos académicos, científicos y prácticos, que quiera sinceramente el ejercicio de la enseñanza y disponga de recursos pedagógicos adquiridos en su formación profesional que le permitan cumplir su labor con eficacia y mantener actualizado el bagaje de sus conocimientos y de sus

técnicas didácticas con el fin de cubrir las exigencias de la realidad de su país y del mundo.

En las relaciones profesionales con los alumnos es necesario un marco de seriedad, justicia, amabilidad, honorabilidad y discreción. Lo que permite al docente exigir al alumno y ayudarlo, sin menoscabo de una relación idónea libre de discriminación que favorecerá una conducta decorosa y digna de fe entre la comunidad estudiantil.

Es pertinente hacer un análisis profundo del conocimiento que se está tratando de transmitir, por parte del profesor, para que una vez que se lo apropie, ya lo pueda trabajar con sus alumnos, haciendo dinámicas que tomen en cuenta la variedad de características de los alumnos que se tienen en un grupo, y que hagan que a su vez ellos puedan apropiarse de dicho conocimiento.

2.3.3 Método de Enseñanza

Las estrategias que se utilicen irán de acuerdo con lo que estamos enseñando, y a quién se lo estamos enseñando, facilitando la correspondencia con las estructuras cognoscitivas de los alumnos (Inhelder y Piaget, 1954), procurando despertar el interés por el conocimiento en los alumnos, quienes deben disfrutar el ir a la escuela e interesarse en aprender lo que tratamos de transmitirles. El proceso de enseñanza-aprendizaje debe ser ameno (Comenio, 2006).

Debemos promover la apropiación de aprendizajes significativos, problematizando y promoviendo la reflexión, señalando los principios fundamentales de la ciencia que impartimos, también se debe acercar el conocimiento a su vida cotidiana, promover los conceptos a través de vivencias, para que sea una experiencia activa.

El profesor debe ser sensible a las diferencias de sus alumnos, todos tienen derecho a ser tomados en cuenta, se deben implementar diferentes estrategias de aprendizaje, de tal modo que incluyan a todos los alumnos, atendiendo a sus estilos de aprendizaje y promoviendo el desarrollo de sus inteligencias (Gardner, 2005).

Cada actividad tendrá como finalidad generar experiencias de aprendizaje. Asignándose un tiempo adecuado de forma organizada para todo lo que se haga en el aula.

El profesor debe provocar desafíos y retos que hagan que los alumnos reflexionen sobre lo que saben y los nuevos conocimientos que van adquiriendo. La enseñanza debe orientarse hacia lo que el alumno no sabe, ayudándolo en la apropiación del nuevo conocimiento por medio de apoyos o soportes que pueden ser proporcionados por el docente o también detectando roles en los alumnos y apoyándose en los líderes para ayudar al resto de los alumnos, facilitando así la adquisición del nuevo conocimiento.

2.3.4 La Evaluación

La evaluación va de acuerdo a los logros y a las acciones que llevan a cabo los alumnos y el profesor, que están determinados por las metas que fueron propuestas al principio. La evaluación debe ser continua y debe abarcar todo lo que está implicado en el proceso de E-A. Como los logros, las acciones, las conductas, los conocimientos, las habilidades y los procesos psicológicos.

Es conveniente comparar los resultados de la evaluación que se hace antes y después de determinados periodos de E-A, con el objeto de apreciar la magnitud de los cambios, corregir errores y realizar una retroalimentación enfocándose en los puntos débiles del aprendizaje.

Se les deben dejar los trabajos necesarios para la evaluación, que reflejen lo aprendido, no dejarles una gran cantidad de trabajos que incluso no revisemos con detalle y solamente los saturen, haciéndolos detestar la escuela.

En la evaluación debe haber coherencia con lo que se les da y lo que se les evalúa, no se puede evaluar lo que no se les enseñó. La evaluación depende de los contenidos, de los objetivos que se persiguen, de las estrategias que se implementaron, y de las conductas que se promovieron, por tanto se deben ofrecer oportunidades a los alumnos de mostrar las conductas o aprendizajes que se promovieron para lograr los objetivos educacionales (Tyler, 2003).

2.4 La Concepción Constructivista del Aprendizaje

La concepción constructivista del aprendizaje escolar, centra la educación en los procesos cognitivos desarrollados por los alumnos como base para lograr el desarrollo que promueve la educación escolar. Esta concepción del aprendizaje trata de lograr que el conocimiento que construya el alumno sea lo más rico posible, para lo cual las condiciones del aprendizaje deben ser las más adecuadas. En la concepción constructivista de la educación también se realiza un diseño curricular que incluye: objetivos, contenidos, aprendizajes, métodos de enseñanza, evaluación. Aunque se ven desde otro enfoque (Coll, 1996).

Desde esta perspectiva, el mayor propósito de la intervención educativa consiste en favorecer que el alumno pueda por si mismo acceder a conocimientos significativos y que además lo pueda hacer en cualquier contexto, que el alumno aprenda a aprender.

Aprender a aprender implica que el alumno sea apto para obtener aprendizajes significativos por su cuenta en cualquier situación que se le presente, así como que sea capaz de poner en práctica diversas técnicas de indagación y descubrimiento y que por él mismo pueda regular sus actividades de aprendizaje.

De acuerdo con Pérez (2004) el aprendizaje significativo se refiere a:

la adquisición de materiales con sentido que puedan establecer una relación lógica y no arbitraria con los contenidos ya poseídos por el individuo que tiene interés en dicha apropiación, [...] se aloja en la memoria semántica, creando redes significativas de contenidos que pueden transitarse y relacionarse por su vinculación lógica, y que facilitan tanto su enriquecimiento y expansión como su transferencia a diferentes situaciones o problemas. [...]. El aprendizaje relevante se refiere a aquel tipo de aprendizaje significativo que, por su importancia y por su utilidad para el sujeto, provoca la reconstrucción de sus esquemas habituales de conocimiento (p.261).

Para Ausubel (citado por Gimeno, 2002), el aprendizaje significativo está conformado de cuerpos de conocimiento, conformado de conceptos, principios y teorías que son asimilados por el estudiante relacionándolos con lo que ya sabe y que no son inculcados de forma arbitraria, por tanto, lo que va aprendiendo es significativo para él. Ausubel distingue dos dimensiones en la significatividad de los aprendizajes: significatividad lógica que refiere a la secuencia de los conocimientos en cuanto a que sean coherentes y organizados; significatividad psicológica, referida a que los conocimientos estén de acuerdo con el nivel cognitivo de los estudiantes a

los que van orientados, para que le sean comprensibles. Por tanto, con cada nueva intervención educativa el alumno va enriqueciendo y modificando su bagaje de conocimientos.

La actividad del alumno es determinante en el proceso de aprendizaje, sobre él recae la mayor responsabilidad sobre su propio aprendizaje, ya que, el profesor funge como guía y facilitador cuya función principal es la de diseñar estrategias de intervención en las que se favorezca la participación del alumno. Dichas estrategias también deben prever cómo resolver situaciones imprevistas, situaciones contingentes, en el proceso de E-A (Coll, 1995).

Otro de los criterios, desde el punto de vista de este tipo de intervención, consiste en una ayuda ajustada para que el alumno pueda construir el conocimiento por sí mismo, este tipo de ayuda estará determinada por las características y necesidades de los alumnos. El profesor orientará al alumno en lo referente a las intenciones educativas, en toda actividad que se realice explicará el propósito que se persigue, dará las indicaciones y propondrá las sugerencias pertinentes, así como planteará problemas que enfrenten a los alumnos a situaciones cada vez más complejas, toda vez que hayan quedado consolidadas las habilidades y conocimientos precedentes, con la finalidad de ir avanzando en su desarrollo intelectual. Los alumnos deben participar de forma activa en su aprendizaje, tanto investigando por su cuenta como en las actividades que se realicen en la clase (Gimeno, 2002).

Un rasgo que distingue a la teoría constructiva del aprendizaje, es su base epistemológica que considera que un mismo contenido puede ser interpretado de diferentes maneras, de acuerdo al aprendiz de que se trate, que la adquisición del aprendizaje implica una transformación del contenido y del que aprende, lo que incluso puede conducir a un cambio cultural. Y desde la visión ontológica la teoría constructiva concibe al aprendizaje, como un sistema que se encuentra en continuo cambio, que se autorregula y que enlaza condiciones, procesos y resultados (Pozo, 2006).

2.5 La Teoría de las Inteligencias Múltiples

En esta sección se abordará en primer lugar, la teoría de las inteligencias múltiples desarrollada por el psicólogo Howard Gardner, y en segundo lugar se mencionaran algunas actividades que ayudan a los alumnos a desarrollar las inteligencias en el salón de clase.

La teoría de las inteligencias múltiples desarrollada por Howard Gardner (1983), tiene como antecedente los trabajos de psicólogos de la inteligencia como Charles Spearman (1927) y Lewis Terman (1975), que apoyaban un solo tipo de inteligencia; los trabajos de L. Thurstone (1960) y J.P. Guilford (1967) que apoyaban la existencia de varios factores de la inteligencia; los estudios de Raymond Cattell (1971) y Philip Vernon (1971) acerca de los componentes jerarquizados de la inteligencia en los que señalan a la inteligencia verbal o numérica como dominante. También está basada en testimonios neurológicos, evolucionistas y transculturales.

La teoría de las inteligencias múltiples plantea un conjunto de potenciales intelectuales humanos, que todos poseemos y que debido a la herencia o a otros factores de interacción cultural, algunas personas desarrollan más unas inteligencias que los demás integrantes de la sociedad, sin embargo, Gardner propone que si se

da un entrenamiento adecuado todos podemos desarrollar en alguna medida cada una de las inteligencias.

Una inteligencia es la capacidad de comprender, de conocer. Es la aptitud para establecer relaciones entre las percepciones sensoriales o para abstraer y asociar conceptos. También se utiliza como un sinónimo de conocimiento.

Para Robert Sternberg la inteligencia consiste en pensar bien de tres formas: de manera creativa, analítica y práctica. Cada forma de pensar se encuentra interrelacionada y cada una favorece el desempeño de las otras.

Para Tony Buzan (2004), una persona inteligente es la que reacciona de la mejor manera ante cualquier estímulo y requerimiento en el ambiente donde se desenvuelve.

En la psicología contemporánea se analiza la inteligencia desde una perspectiva evolucionista y genética. La palabra se usa para designar un conjunto de actividades que tienen su forma más perfecta en el ser humano.

Fernández (1982), cita la definición de inteligencia de sir CYRIL BURT, que da en su obra "*The Backward Child*", en donde dice que "*inteligencia es la eficacia intelectual innata en todas las manifestaciones*". Por tanto, para que se estimara que una persona fuera más inteligente que las demás, tendría que afrontar con mayor éxito las situaciones que se le presentaran. Asimismo Fernández (op cit), afirma que los seres humanos heredamos una potencialidad que fija el límite superior para el desarrollo de nuestra inteligencia, pero que no nos aproximamos a ese límite sin la contribución del entorno.

Rara vez las pruebas de inteligencia valoran la habilidad para asimilar nueva información o para resolver nuevos problemas, la estimación de la inteligencia está basada en mediciones relativamente encerradas, preordenadas, que toman en cuenta la medición del coeficiente intelectual (C.I.) en algunos casos, en otros se estima mediante la solución de algunas pruebas escritas como en el salón de clase.

Fernández (op. cit.), menciona que es riesgoso confiar únicamente en las pruebas de inteligencia para hacer predicciones del desarrollo que podrán lograr los niños, ya que existen diversos factores en su entorno que de alguna manera la favorecen o la afectan.

Howard Gardner (2005), da una definición de inteligencia semejante a como define a un individuo creativo, en base a sus investigaciones desarrolladas en la Universidad de Harvard, a través de diversos proyectos (Proyecto Zero, Spectrum, etc.):

Inteligencia: es la capacidad de resolver problemas, o de crear productos, que sean valiosos en uno o más ambientes culturales (p. 10).

En su definición de inteligencia no señala cómo se mide ni de dónde viene o cómo se produce. También da una definición de lo que considera un individuo creativo que es semejante a su definición de inteligencia:

Un individuo creativo es quien resuelve regularmente problemas o inventa productos en un ámbito, y cuyo trabajo es considerado innovador y aceptable por los miembros reconocidos de un campo (p.16).

En esta definición además de tomarse en cuenta las capacidades del individuo, también se toma en cuenta la influencia que tienen los ámbitos para estudiar y dominar algo que existe en una cultura; y los juicios emitidos por el campo que se considera como competente dentro de una cultura.

En la actualidad, en la cultura occidental, se considera que una competencia intelectual humana debe dominar un conjunto de habilidades para solución de problemas y también debe dominar la capacidad para encontrar o crear problemas y darles posibles soluciones. Sin embargo el ideal que se considera para una inteligencia varía de acuerdo a la cultura de que se trate.

Gardner en un principio estableció siete tipos de inteligencia: lingüística, musical, lógico-matemática, visual-espacial, Kinestésica-corporal, interpersonal, intrapersonal. Posteriormente agrego la naturalista, y Daniel Goleman, psicólogo y profesor de Harvard añadió la inteligencia emocional.

Inteligencia lingüística.

Este tipo de inteligencia esta relacionada con la sensibilidad para el uso del lenguaje, comprensión de los significados de las palabras, sensibilidad para los sonidos de las palabras y sus interacciones, dominio de las reglas que gobiernan el orden de las palabras, el aprecio de los usos que se puede dar al lenguaje, capacidad para observar las reglas gramaticales. La inteligencia lingüística parece ser la que más se ha desarrollado en los seres humanos. La habilidad para procesar los mensajes lingüísticos con rapidez parece depender del lóbulo temporal izquierdo, ya que en caso de daño hay dificultad en el habla.

Los alumnos con inteligencia lingüística son capaces de hablar en público con fluidez, leen y deletrean con facilidad, tienen buena memoria y un amplio vocabulario.

Inteligencia musical.

Esta inteligencia se relaciona con la sensibilidad a la música y a los sonidos. El estudiante hábil en esta inteligencia es capaz de detectar tonos ritmos, timbres, armonías, y le gusta estudiar escuchando música.

La mayoría de las competencias musicales, están localizadas en el hemisferio derecho, dependen de los mecanismos analíticos corticales y de las estructuras subcorticales que se consideran centrales para los sentimientos y la motivación.

Inteligencia lógico-matemática.

El origen de esta forma de pensamiento se encuentra en el mundo de los objetos, y requiere una forma de razonamiento abstracto.

La habilidad matemática se encuentra localizada principalmente en el hemisferio derecho sobre todo lo que se refiere al razonamiento, aunque la habilidad para leer y producir signos matemáticos es más una función del hemisferio izquierdo.

Los estudiantes con esta inteligencia son hábiles en la solución de problemas que involucren razonamiento lógico, como encontrar patrones, identificar, categorizar, secuenciar, buscar relaciones y conexiones, pueden resolver con facilidad problemas matemáticos.

Inteligencia visual-espacial

Comprende la capacidad para percibir formas u objetos, para reconocer objetos semejantes, para transformar o reconocer una transformación de un elemento en otro. El adolescente puede apreciar la geometría, espacios abstractos o reglas que

gobiernan el espacio. Aprende mejor realizando dibujos, haciendo esculturas, crucigramas, viendo videos y gráficos.

El código espacial se encuentra en el hemisferio derecho, principalmente en la región posterior.

Kinestésica-corporal

Inteligencia que se relaciona con la habilidad para emplear el cuerpo en formas muy diferentes, capacidad para trabajar con objetos tanto con movimientos motores finos de los dedos y manos como los que explotan los movimientos motores gruesos del cuerpo.

La coordinación del movimiento depende de una variedad de componentes neuronales y musculares en una forma integrada.

En los seres humanos, predomina el hemisferio izquierdo en la actividad motora. Aunque dentro del sistema nervioso están implicados en los movimientos la corteza cerebral, los ganglios basales, la medula espinal y el cerebelo.

El aprendizaje esta relacionado con la capacidad para fabricar y transformar objetos, desarmar y armar cosas, representación de obras de teatro, participación en grupos de trabajo, construcción de modelos, actividades como diseño y ejecución de experimentos o prácticas.

Inteligencia interpersonal

Inteligencia que permite a las personas comprender las intenciones, estados de ánimo, sentimientos, motivaciones y deseos de los que se encuentran a su alrededor lo que les permite actuar con base en este conocimiento

Durante la adolescencia se da la maduración del conocimiento de la propia persona al igual que el conocimiento de otras personas, para tener un sentido de identidad, lo que determina en el futuro su actuar dentro del contexto social en que se desarrolle.

Diversas áreas del cerebro subcorticales y corticales participan en el desarrollo de nuestra habilidad para conocer a otras personas, de reconocer sus rostros, sus voces, sin embargo, los lóbulos frontales tienen un papel preponderante en la inteligencia interpersonal.

Las culturas determinan la medida en que el individuo pone mayor interés en la interacción con los otros o interioriza en el aprecio a si mismo y a sus propias necesidades.

El estudiante con habilidad interpersonal tiene la facilidad de actuar como líder, puede organizar a sus compañeros en diversas actividades, es solidario con sus semejantes.

Inteligencia intrapersonal

Inteligencia que está involucrada principalmente en el conocimiento de uno mismo, de nuestras propias emociones, sentimientos, motivaciones y deseos.

Los lóbulos frontales de la corteza son las estructuras donde convergen las redes nerviosas que representan el ambiente interno del individuo con el sistema que representa el ambiente externo.

Al igual que la inteligencia interpersonal, la maduración de esta inteligencia se da principalmente durante la adolescencia donde se consolida el sentido del yo.

Los alumnos destacados en esta inteligencia pueden desarrollar habilidades metacognitivas lo que los conduce a un mejor desempeño personal.

Inteligencia naturalista

Esta inteligencia se refiere a la habilidad de reconocer y clasificar el ambiente en el que interactuamos.

Los alumnos hábiles en esta inteligencia pueden reconocer y clasificar organismos o artefactos pertenecientes a su cultura.

Inteligencia emocional

Pertenece al grupo de las filosofías de la vida y al de los valores. Da sentido a todas las inteligencias

En casi todas las actividades sociales que llevamos a cabo se requiere más de una inteligencia; al mismo tiempo, no se puede lograr ninguna interpretación tan sólo por medio del ejercicio de una sola inteligencia. Cada tipo de inteligencia daría lugar al mismo número de formas de enseñanza y no sólo a una. Cualquier limitación de la mente puede modificarse a fin de presentar un concepto particular de tal modo que el estudiante tenga más probabilidades de aprenderlo y menos de deformarlo

En el entendido que *“los seres humanos tenemos poderes extremadamente generales, mecánicos de procesamiento de la información a los que se les puede dar un número grande, quizás infinito, de usos”* (Gardner, 2005). Entonces podríamos aspirar a que nuestros estudiantes pudieran ser capaces de utilizar técnicas que les permitieran acceder a un aprendizaje no como el tradicional (memorístico), sino que utilizaran todas sus inteligencias para lograr una apropiación mas efectiva del gran bagaje de conocimiento que existe en la actualidad y que además se irá incrementando sustancialmente conforme el ser humano siga desarrollándose.

El proceso de enseñanza aprendizaje implica diversos factores, como ya se mencionó en el apartado correspondiente, sin embargo es menester recordar el por qué de utilizar las inteligencias múltiples como un recurso para diseñar las estrategias de aprendizaje, recordando la afirmación de Contreras (1994):

Hay un doble proceso de comunicación: el que se produce como forma de interacción entre los conocimientos previos y los nuevos, y el que se produce como forma de interacción entre los participantes en el aula (p. 95).

El utilizar las estrategias múltiples en el proceso de E-A, favorece la participación de todos los alumnos, la interacción de los alumnos y con ello un mayor desempeño en el proceso.

Por otro lado Inhelder y Piaget (1954), afirman que: *“Las adquisiciones afectivas fundamentales de la adolescencia son paralelas a sus adquisiciones intelectuales”*.

Si motivamos a los alumnos tomando en cuenta sus inteligencias y además favorecemos el que traten de desarrollar otras que han dejado olvidadas en el transcurso de su vida, los motivaremos, lo que favorecerá su disponibilidad para participar en el proceso de E-A. En el aprendizaje está implicada la vida entera del estudiante sus sentimientos, emociones, experiencias pasadas. Cada uno de ellos es distinto y especial. De entre todas las características que los hacen diferentes, una de ellas es según Monereo (1998), la cantidad y nivel de esquemas que poseen y la organización que han desarrollado.

Por tanto es de gran importancia que tomemos en cuenta a cada uno de ellos como personas únicas, partamos en el proceso de E-A de una exploración inicial de sus inteligencias y posteriormente las consideremos para la planeación y ejecución de las estrategias de aprendizaje, favoreciendo la participación activa de los estudiantes, facilitando que planteen preguntas o inquietudes, que permitamos que expresen sus puntos de vista alternativos y que estimulemos sus propuestas de temas o interés particulares, así como su participación en los ajustes pertinentes durante todo el proceso. A este respecto Monereo (ob. cit.) nos dice que:

Los profesores que consideran conjuntamente las variables del contexto interactivo en el que se produce el aprendizaje, destacando especialmente las características individuales de sus alumnos y las peculiaridades de la tarea, serán más efectivos en la enseñanza del uso estratégico de procedimientos de aprendizaje (p.96).

Los factores personales no se han tomado en cuenta en el aprendizaje, se planea se ejecuta el proceso de E-A uniformemente, como si fuera dirigido a personas enteramente iguales, solamente algunos alumnos participan de forma activa en el proceso, y la gran mayoría se queda al margen como espectadores. Por tanto, si diseñamos actividades diversas, les damos la posibilidad de elegir el realizar ejercicios de acuerdo a sus inteligencias y utilizamos diversos materiales de apoyo, con niveles de dificultad que vayan de acuerdo al desarrollo del curso, no dejamos fuera de la posibilidad de participación a aquellos alumnos que, por alguna razón, tengan más dificultades ante algún tipo de actividad (Coll, 1988).

Gimeno (2002), nos hace hincapié en que al iniciar el proceso de E-A debemos explorar primero los conocimientos previos de los alumnos así como sus formas de adquisición del conocimiento, ya que los alumnos se van a desempeñar de acuerdo a su bagaje cognitivo y al nivel de desarrollo que han alcanzado.

El alumno adolescente madura y es capaz de desempeñarse en el proceso de E-A dependiendo de cómo pasó cada una de las etapas de su desarrollo. Es de gran importancia que facilitemos como docentes, la participación de todos los alumnos en las distintas actividades y tareas, incluso si su nivel de competencia, su interés o sus conocimientos resultan en un principio muy escasos y poco adecuados. No debemos dar por hecho que sus áreas más débiles no se pueden desarrollar.

Actividades que se pueden llevar a cabo en el aula tomando en cuenta cada uno de los ocho tipos de inteligencia propuestas por Gardner.

Tipo de inteligencia	Actividades en clase
Lingüística	En las que pueda leer, escuchar, escribir y hablar como: escritura de cuentos, ensayos, resúmenes. Discusión de temas, debates. Lectura de textos, artículos.
Musical	Cantando y escuchando música y melodías. Utilizar ritmos, crear melodías y canciones,

	tocar instrumentos.
Lógico-matemática	Trabajando con lo abstracto, clasificando. Solución de problemas, experimentos, juegos matemáticos, ejercicios de razonamiento.
Visual-espacial	Dibujar, pintar, visualizar, usar la imaginación, trabajar con imágenes. Realizar mapas conceptuales y/o mentales, fotografías, videos, esculturas. Ver películas, hacer gráficas, diagramas. Ilustrar cuentos y poemas.
Kinestésica-corporal	Tocando, moviéndose, procesando información por medio de sensaciones corporales. Ejercicios de relajación, pantomima. Presentación de obras de teatro.
Interpersonal	Compartiendo, comparando, relacionando, entrevistando y trabajando en equipo.
Intrapersonal	Trabajando solo, haciendo proyectos a su ritmo, teniendo espacio y reflexionando.
Naturalista	Trabajando en medios naturales, explorando los seres vivos, aprendiendo acerca de las plantas y temas relacionados, como reciclaje de materiales, dibujar o fotografiar la naturaleza. Visitas al zoológico, o prácticas de campo.

Información obtenida en: Figueroa; Gardner, 2005; Lapalma, 2001; López, 2004; Luz de Luca.

2.6 Los Sistemas de Representación

Las personas organizamos representaciones de la realidad en nuestro sistema cognitivo. Percibimos todo lo que ocurre a nuestro alrededor a través de los sentidos, ellos nos permiten captar la información, trasladarla a nuestro cerebro y después dar una respuesta, que está influenciada por nuestras experiencias previas y por la forma en que organizamos nuestros pensamientos.

Los seres humanos construimos nuestro conocimiento de distinta forma, influye en ello la manera en que percibimos el entorno, los neurolingüistas han realizado investigaciones con múltiples personas, en las que han encontrado que seleccionamos solamente una parte de la información que percibimos y hacemos esa selección en base a un sistema de representación o preferencia cognoscitiva, que puede ser visual, auditivo o kinestésico (Sambrano, 2000).

Así, hay personas que son predominantemente visuales otras son auditivas y otras más son kinestésicas, sin embargo eso no quiere decir que no utilicen o sean capaces de aprender con otro sistema de representación que no sea el que predomine en ellas (Contreras y del Bosque, 2004). Únicamente se refiere a que cada persona utiliza más un sistema de representación, y de esa manera es como aprende. Aunque la utilización del sistema de representación puede variar de acuerdo al tema, materia o lugar donde estemos estudiando, por lo que es conveniente plantear las estrategias de E-A en base a los tres estilos cognoscitivos, con el fin de; en primer lugar incluir en las actividades a todos los alumnos y en segundo lugar favorecer el que utilicen sus distintos sistemas de representación, ya que entre más los utilizamos promovemos más su desarrollo.

Sistema de Representación Auditivo

Lo utilizamos cuando recordamos la imagen de alguien que nos habla por teléfono, o que nos habla después de mucho tiempo de no escucharla. Cuando oímos una melodía o canción y luego la volvemos a recordar en cualquier momento.

Se aprende de manera secuenciada y ordenada. Cuando la información se recibe de forma oral y cuando se puede explicar posteriormente a otra persona

Sistema de Representación Visual

Lo utilizamos cuando recordamos imágenes de cualquier tipo ya sea abstractas, como letras y números, o concretas como los animales, las plantas o los objetos. Se pueden recordar grandes cantidades de información, y el aprendizaje es más rápido.

Aprendemos cuando observamos, por lo que el aprendizaje se facilita si hay textos que leer o imágenes que observar.

Sistema de Representación Kinestésico

Las personas kinestésicas aprenden haciendo las cosas, porque asocian el aprendizaje con sus sensaciones y emociones.

Las personas kinestésicas son lentas en su aprendizaje, sin embargo, una vez que han aprendido algo, es difícil que se les olvide.

A continuación se incluye una tabla con algunas actividades que se pueden llevar a cabo en el aula con base en la preferencia cognoscitiva.

Preferencia cognoscitiva	Actividades que se pueden realizar en clase.
Auditivo	Realizar debates, hacer preguntas cruzadas, leer en voz alta, lluvia de ideas, realizar obras de teatro, escuchar alguna cinta.

	Leer poesías, canciones y/o cuentos.
Visual	Ver películas y videos. Escribir cuentos ilustrados, poesías y/o canciones. Dibujar y colorear mapas, comics, o cualquier figura. Estudiar y atender la clase con apoyo visual, como transparencias, fotos.
Kinestésica	Representar obras de teatro. Escribir acerca de sus sensaciones al tocar, oler o ver objetos. Leer textos y representar con dibujos lo se que comprendió. Representar un texto por medio de mímica. Realizar modelos o maquetas. Llevar a cabo experimentos, prácticas de laboratorio o de campo.

Información obtenida en: Contreras y del Bosque, 2004; Sambrano, 2000, Lapalma, 2001; López, 2004.

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Método de Investigación

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizó un diseño de preprueba-posprueba, aunque también se puede considerar un diseño de estudio de caso de tipo cuasiexperimento y al mismo tiempo se siguió una metodología de tipo investigación-acción.

Se utilizó un diseño de preprueba-posprueba, en el que la investigación se llevó a cabo en cuatro momentos principales: en un primer momento, se aplicó un test para evaluar los tipos de inteligencias y otro para evaluar los estilos de aprendizaje, para que con base en los resultados obtenidos, se diseñaran las estrategias de E-A; en un segundo momento, se aplicó un pretest, para evaluar los conocimientos previos de los alumnos acerca de la ingeniería genética y sus aplicaciones; en un tercer momento, se aplicaron las estrategias de enseñanza-aprendizaje; y en un cuarto momento, se aplicó el mismo test que en el primer momento, ahora como postest para evaluar los conocimientos posteriores al desarrollo de las estrategias de E-A.

También se considera un diseño de estudio de caso de tipo cuasiexperimental, ya que únicamente participaron tres grupos, cada uno de ellos como un caso formando en su conjunto (los tres) una unidad de análisis, según la subdivisión que hace Yin (2003) (citado por Hernández, 2006), constituiría una unidad holística. Además es considerado cuasiexperimento porque, dichos grupos no fueron asignados al azar, sino que eran grupos ya formados en el CCH Naucalpan, antes de que se llevara a cabo la investigación, y debido además, a que si hubo manipulación de la variable independiente, que en este caso fue la elección de las estrategias que se utilizaron para promover aprendizajes significativos en los alumnos.

Asimismo, la presente investigación tiene características que se plantean desde el punto de vista de la investigación acción, ya que tuvo distintas fases de desarrollo, en las que se fue ajustando la intervención en base a los resultados obtenidos en cada fase previa: primera intervención, durante el ciclo lectivo 2007-1; segunda intervención, durante el ciclo lectivo 2008-1 y fase de comparación o contraste, durante el ciclo lectivo 2008-2. En este modelo el docente investiga el proceso de E-A a la vez que interviene en dicho proceso (Hernández, 2006). También se tomaron en cuenta las opiniones de los alumnos participantes en la investigación y de otros profesores ajenos al proceso. Esta investigación se ajusta a las características que se describen para tal tipo de intervención educativa y que se resumen a continuación:

El modelo de Investigación acción tiene como principales representantes a Stenhouse, Mc Donald y Elliott. Este modelo es una forma de promover el desarrollo del currículo al favorecer la calidad de la enseñanza y el desarrollo profesional del docente.

Para Stenhouse (citado por Gimeno, 2002), *“la enseñanza es [...] un arte donde las ideas se experimentan en la práctica de manera reflexiva y creadora”*.

En este modelo, el desarrollo del currículo es construido por el profesor y requiere la actividad intelectual y creadora del mismo (Gimeno, 2002). En donde el docente interviene como investigador reflexionando sobre su propia

práctica y como resultado mejora la calidad de la misma, al implementar estrategias de intervención adecuadas al contexto y a la situación.

El modelo de investigación acción propone que los docentes enseñemos lo que queremos que los alumnos aprendan, de manera que lo que se viva día a día, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, debe ir siendo moldeado por el docente, de tal forma que vayamos construyendo un proceso creativo en el que se vayan corrigiendo errores y nos lleven a un crecimiento intelectual de forma progresiva en el que promovamos el desarrollo de la mente de cada uno de nuestros alumnos, donde por ejemplo, si queremos que adquieran valores y actitudes democráticas, debemos crear un clima en el que todos participen y en el que seamos los primeros que modelemos esos valores.

Por tanto, la intervención educativa debe ser guiada mediante la reflexión permanente en la acción y sobre la acción, de tal modo que tanto estudiantes como docentes adquiramos conciencia de todos los factores que pueden estar afectando o influyendo en el proceso de enseñanza aprendizaje, y los modifiquemos de tal manera, que mejoremos nuestra intervención. En esta serie de experimentación reflexiva, hay una transformación de la práctica docente al modificarse tanto los participantes, como la situación, a través de la investigación-acción educativa.

Los participantes se transforman al reestructurar sus esquemas estandarizados de pensamiento, al verse enfrentados con las evidencias de las interacciones que se dan en el proceso. También se transforma la realidad, porque este proceso creativo requiere nuevas situaciones de interacción social.

La reflexión de la práctica educativa, no es algo que construye en solitario el profesor, requiere de un diálogo que se debe dar tanto entre los participantes como también con observadores externos, ya que ellos enriquecen el proceso al contribuir con sus experiencias.

Para Elliott (citado por Gimeno, 2002 y por Hernández, 2006), este modelo es un instrumento privilegiado al requerir la participación cooperativa tanto de participantes como de observadores, en la transformación de la realidad del aula, al diseñar, aplicar y evaluar las estrategias, facilitando la comprensión y transformación de la misma práctica.

Desde esta posición, la práctica docente es considerada como intelectual y autónoma, donde el profesor a la vez que enseña aprende, ejerce su autonomía para proponer soluciones creativas en cada situación educativa, facilita el aprendizaje de los alumnos, y el colegio se convierte en su centro de desarrollo profesional.

3.2 Posición desde la que se Plantean las Estrategias Didácticas

Se desarrolló este trabajo principalmente con base en la posición constructivista. Los alumnos de bachillerato tienen una edad que va de los 15 a los 18 años, por lo que su etapa de desarrollo intelectual se encuentra en el de las operaciones formales, que según la epistemología genética es de los 13 a los 16 años aproximadamente (Inhelder y Piaget, 1954).

La planeación de las estrategias, se hizo tomando en cuenta que los alumnos son personas activas que pueden procesar información, que poseen competencias cognitivas para aprender y solucionar problemas, por lo que se trató de que participaran continuamente en la adquisición y desarrollo de estrategias de aprendizaje, aplicando experiencias didácticas para lograr aprendizajes significativos. En cada sesión se trató de promover que los

alumnos intervinieran en la discusión de los temas, primero se realizaba la introducción al tema, luego se les proporcionaba material bibliográfico para que se documentaran y posteriormente, realizaran una actividad en la que aplicaran lo que habían estudiado y, finalmente, realizábamos una discusión grupal del tema. Todo el tiempo se trató de irlos guiando en el proceso de enseñanza-aprendizaje, resolviendo sus dudas de forma continua. Se buscó promover que se interesaran por las actividades que realizábamos, destacando la utilidad que le podrían dar a cada conocimiento que fuimos revisando, partiendo de sus conocimientos previos.

Nos identificamos con la idea de que todos y cada uno de los alumnos son únicos y diferentes de los demás, con necesidades personales, con intereses y valores particulares, que como profesores debemos estimular y ayudar a que desarrollen sus habilidades personales para su autorrealización. Por lo que, se tomó como punto de partida para diseñar y llevar a cabo las estrategias didácticas, las inteligencias múltiples y los estilos de aprendizaje, que también ayudaron a motivar a los alumnos para lograr aprendizajes significativos que pudieran utilizar en su vida.

Se trató de promover que fueran identificando la manera más efectiva que tienen para aprender, para que de ese modo seleccionen, en un futuro, estrategias de estudio para cada situación que se les presente. Así mismo, que valoren los logros obtenidos y corrijan sus errores. Se tomó como referente que el alumno se considera como un ser social, producto y protagonista de las múltiples interacciones sociales en que se involucra a lo largo de su vida escolar y extraescolar, por lo que se partió de sus conocimientos previos para promover aprendizajes significativos, así como para desarrollar el trabajo en el aula, promoviendo la interacción con sus compañeros como un medio de socialización. Se concibe el aprendizaje como un proceso en esencia interactivo, donde los alumnos a la vez que aprenden enseñan, por lo que las estrategias incluyeron trabajo en equipo y discusión grupal para conocer las opiniones de sus compañeros y trabajo de una forma que hubiese una interacción continua entre los alumnos.

3.3 Lugar Donde se Llevó a Cabo la Investigación

La presente investigación se llevó a cabo en el CCH Naucalpan, bachillerato perteneciente a la UNAM. Durante los ciclos lectivos 2007-1, 2008-1 y 2008-2. En el turno matutino, específicamente en un horario de 11:00 a 13:00 horas.

3.4 Los Alumnos

Los alumnos que participaron en la presente investigación, pertenecían a tres grupos distintos, un grupo de cada ciclo lectivo, dos de ellos cursaban la materia de Biología 1, durante el tercer semestre, un último grupo terminó el temario de biología 1 en el semestre correspondiente a Biología 2: para el ciclo 2007-1, participó el grupo 336-A del maestro A¹, dicho grupo estaba integrado por 14 mujeres y 8 hombres, con un total de 22 alumnos; para el ciclo lectivo 2008-1, participó el grupo 335-A del mismo maestro, estaba integrado por 15 mujeres y 8 hombres, haciendo un total de 23 alumnos; para el ciclo 2008-2 participó el grupo 429-B del maestro B, estaba integrado por 16 mujeres y 8

¹ Con la finalidad de respetar la identidad de los profesores que tan gentilmente facilitaron el trabajar con sus grupos, en adelante se les llamará por una letra distinta a cada uno de ellos.

hombres, con un total de 24 alumnos. Las edades de los alumnos oscilan entre los 16 y 17 años.

3.5 Etapas de la Investigación

Para la realización de la presente investigación se llevo a cabo en 3 etapas: primera etapa, de intervención por parte de la autora del presente trabajo; segunda etapa, de intervención también por la autora y tercera etapa, de intervención por parte de otro profesor (etapa de contraste o comparación). Las dos últimas etapas incluyeron a su vez tres fases: fase de exploración de conocimientos previos (pretest), fase de aplicación de la estrategia de E-A y una fase posterior de evaluación de conocimientos (postest).

3.5.1. Primera Intervención (por parte de la autora).

Fue una etapa en la que primero se aplicó un test para evaluar sus estilos de aprendizaje o preferencias cognoscitivas, para afinar con base en los resultados obtenidos, las estrategias de enseñanza-aprendizaje que inicialmente se diseñaron.

Las estrategias se aplicaron en dos sesiones, de 2 horas cada una, los días 28 y 30 de noviembre del 2006, del ciclo lectivo 2007-1, tomando en cuenta el tiempo que habitualmente se asigna al tema “La ingeniería genética y sus aplicaciones”, en el CCH N. Como es el último tema del programa de biología 1, cuando se llega a dedicar un tiempo para su revisión, generalmente es de una a dos sesiones de clase, ya que en la mayoría de los casos se omite revisarlo, algunas veces, falta organizar los tiempos para revisar los últimos temas del curso, y llega a suceder que el profesor decide no revisarlo por diversas razones, incluyendo que el tema no sea de su dominio.

3.5.2 Segunda Intervención (por parte de la autora).

Fue una etapa en la que previamente se había solicitado al Profesor A. (profesor de Biología 1 y 2 del CCH Naucalpan), que facilitara un número suficiente de sesiones con uno de sus grupos, con el fin de poder aplicar estrategias de enseñanza-aprendizaje que ayudaran a que hubiera una mayor comprensión de los temas de ingeniería genética. El profesor, facilito en total 10 sesiones con el grupo 335-A, en las que se pudieron aplicar distintas fases de investigación: 1ª fase de exploración; 2ª fase de evaluación de conocimientos previos (pretest); 3ª fase de aplicación de las estrategias de E-A o de intervención educativa, y 4ª fase de evaluación de conocimientos (postest).

3.5.2.1. 1ª Fase de Exploración.

Antes de abordar el tema en cuestión se aplicaron dos test, uno para evaluar los tipos de preferencia cognoscitiva y otro para reconocer los talentos, facultades y habilidades de los alumnos (inteligencias múltiples). Etapa desarrollada en dos sesiones, durante la primera semana del semestre 2008-1, el 15 y 17 de agosto del 2007. En esta primera fase también se puso al tanto a los alumnos acerca de la intención de la investigación, de los temas que se iban a abordar, así como de las técnicas de E-A que se pretendían implementar tomando en cuenta los test que se estaban aplicando.

3.5.2.2. 2ª Fase de Evaluación de Conocimientos Previos (pretest)

Esta fase se llevó a cabo el 14 de noviembre de 2007 del semestre 2008-1. Se aplicó un cuestionario, como pretest, para evaluar los conocimientos previos de los alumnos, antes de iniciar el tema “la ingeniería genética y sus aplicaciones”.

3.5.2.3. 3ª Fase de Aplicación de la Estrategia (intervención educativa)

Esta fase se desarrolló durante las sesiones del 14, 16, 21, 23, 26, 28, y 30 de noviembre y el 3 de diciembre del 2007, durante el ciclo lectivo 2008-1. En estas 8 sesiones con un total de 13 horas, se aplicó la estrategia diseñada en atención a los estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples, para revisar el tema de “la ingeniería genética y sus aplicaciones”.

3.5.2.4. 4ª Fase de Evaluación de Conocimientos (postest)

Esta fase se llevó a cabo el 5 de diciembre de 2007, durante el ciclo lectivo 2008-1. Los alumnos resolvieron el mismo cuestionario que en el pretest, para estimar la influencia de la intervención sobre los conocimientos acerca de “la ingeniería genética y sus aplicaciones”, con respecto a los conocimientos demostrados previamente a ella.

También resolvieron un cuestionario de autoevaluación al finalizar la fase de intervención educativa.

3.5.3 Fase de Comparación o Contraste (ciclo lectivo 2008-2)

Esta etapa de intervención corrió por cuenta de un profesor de Biología I, del CCH N (profesor B). Su intervención consto de tres fases: primera fase de pretest, segunda de intervención educativa y tercera fase de evaluación o postest.

3.5.3.1 Pretest

Se aplicó el pretest antes de la intervención educativa, se trataba del mismo cuestionario que se aplicó como pretest en el grupo 335-A, el día 25 de enero de 2008.

3.5.3.2 Intervención Educativa

Después de ver el tema I. Mecanismos de la herencia, de la tercera unidad de biología 1, el profesor encargó a los alumnos que desarrollaran un trabajo referente a la ingeniería genética (tema II de la misma unidad), el trabajo consistió en dejar de tarea a los alumnos que buscaran una noticia acerca de algún tema referente a la ingeniería genética y sus aplicaciones, y con base en esa noticia desarrollaran los temas implicados en ella y elaboraran un trabajo para entregarlo de forma individual.

3.5.3.3 Postest

Se aplicó el cuestionario postest el 23 de marzo de 2008, después de que los alumnos entregaron el trabajo que el profesor les encargo desarrollar de tarea.

3.6 Instrumentos de Evaluación

En la presente investigación se utilizaron como instrumentos de evaluación: un test para estimar los talentos, facultades y habilidades de los alumnos, o sea, sus inteligencias múltiples; un test para evaluar los estilos de aprendizaje o preferencias cognoscitivas; y un cuestionario para evaluar los conocimientos acerca de “la ingeniería genética y sus aplicaciones”, que se aplicó como pretest y postest.

3.6.1 Test de Inteligencias Múltiples

El test que se utilizó para evaluar las inteligencias múltiples de los alumnos, fue tomado del libro “Aprender con estrategia” de la Doctora Contreras y la maestra del Bosque. Tomando en cuenta las opiniones de los alumnos, al contestar el cuestionario, con base en una primera aplicación de prueba con dos grupos asignados en la MADEMS, para la materia de práctica docente 1 y 2, y con la finalidad de que quedara más claro para ellos, se le modificó la tabla final en la que se vacían los resultados de las opciones que se eligen para cada planteamiento, ver anexo II.

El test de las inteligencias múltiples, nos ayuda a estimar la manera en que los estudiantes procesan la información en sus cerebros (Contreras y del Bosque, 2004), o sea el tipo de inteligencia que tienen más desarrollada, sin embargo esto no quiere decir que no puedan desarrollar los otros tipos de inteligencia, de hecho en el presente trabajo se pretende favorecer el que practiquen otros tipos de inteligencias, que no dominan, para favorecer un aprendizaje con mayor nivel.

3.6.2 Test de Estilos de Aprendizaje o Preferencia Cognoscitiva.

El test para evaluar los estilos de aprendizaje se basa en el modelo propuesto por la PNL (Programación Neurolingüística), en lo que se refiere a las formas preferidas de los estudiantes de percibir la información: estilo visual, estilo verbal-auditivo y estilo kinestésico-corporal.

En el entendido de que las personas poseemos diferentes estilos de aprendizaje, los que determinan la forma en que captamos el aprendizaje. Rita Dunn y Keneth Dunn, 1978 (citado por Velasco, 1996 y Cabrera, 2006), propusieron un modelo al que llamaron modalidades preceptuales, que es la forma a través de la cual los estudiantes responden ante las tareas de aprendizaje y que se concretan en los tres estilos de aprendizaje, mencionados anteriormente.

El modelo de los estilos de aprendizaje se orienta a evaluar cómo aprenden los estudiantes, permite el uso de un enfoque cualitativo, que ayuda al estudiante a partir del enriquecimiento de sus estructuras cognitivas, a desarrollar estrategias y mejorar su estilo de aprendizaje. También ofrece alternativas al docente de cómo adaptar las estrategias de enseñanza, respetando la individualidad de cada estudiante.

El test que se utilizó para evaluar los estilos de aprendizaje, fue tomado del mismo libro del que se tomó el test que se utilizó para evaluar las inteligencias múltiples “aprender con estrategia” y también se le hicieron algunos ajustes basados en la etapa de prueba en la que se tomaron en cuenta las opiniones de los alumnos, en cuanto a la claridad del ejercicio, se incluye en el anexo III.

3.6.3 Cuestionario Pretest y Postest, para Evaluar los Conocimientos acerca de “La ingeniería genética y sus aplicaciones”.

Esta sección en primer lugar, se refiere a la concepción de conocimiento, en segundo lugar, se cita la Taxonomía Educativa del Dominio Cognoscitivo de Benjamín Bloom para tomarla como referente en la evaluación del nivel cognitivo de las preguntas que conforman el cuestionario que se aplicó como pretest y postest y finalmente se incluye el cuestionario antes mencionado.

Concepción de conocimiento

El conocimiento está representado en la cultura de los grupos humanos, corresponde a los significados intelectuales en un campo, y puede estar determinado por las necesidades del grupo y de los individuos que lo forman en particular (Contreras, 1994).

Los objetivos que nos planteamos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, están vinculados con los contenidos que a su vez son el medio para que el alumno desarrolle; procesos mentales, habilidades o adquiera determinados valores y actitudes, para desempeñarse con éxito en su medio social.

Desde la posición constructivista el alumno participa de forma activa en la adquisición del conocimiento de aprendizajes significativos, lo que es muy importante para su desarrollo personal, y para su integración en la sociedad.

Los aprendizajes que construyen los alumnos son significativos cuando les encuentran sentido en su vida, y son valiosos porque gracias a ellos elevan su calidad de vida, ya que los conducen a saber hacer y al saber ser.

Como saberes culturales los contenidos incluyen explicaciones de: conceptos, hechos, datos; aprendizajes de procedimientos: como habilidades, técnicas, destrezas, estrategias para solución de problemas, selección de información para algún tema determinado; aprendizaje de valores, actitudes (Zaida).

En el caso del aprendizaje de conceptos, hechos, datos, se considera que el alumno ha logrado aprender de manera significativa cuando ha logrado conectar la nueva información con sus conocimientos previos y además de haberla comprendido es capaz de explicarla a otros con sus propias palabras.

En el aprendizaje de procedimientos se contempla el saber hacer e incluye tanto procesos manuales como procesos mentales.

Los aprendizajes de actitudes y valores se expresan en el lenguaje oral y escrito, en las opiniones, en las acciones, en las decisiones y en los comportamientos que van de acuerdo a esas ideas.

Los valores son creencias de alto rango establecidas por la sociedad para las relaciones entre las personas. Son utilizados para juzgar situaciones y orientar comportamientos.

Taxonomía Educativa del Dominio Cognoscitivo de Benjamín Bloom.

La taxonomía educativa del dominio cognoscitivo elaborada por Benjamín Bloom, David Krathwohl y colaboradores, se centra en los procesos mentales requeridos en los objetivos educativos, se basa en la idea de que esos objetivos son de distinto nivel, por lo que los ordena de acuerdo a su complejidad. Para que el estudiante llegue a los niveles superiores tiene que ser capaz de desempeñarse adecuadamente en los niveles que le preceden.

Divide los objetivos en tres dimensiones: afectiva; psicomotora y cognitiva.

La dimensión afectiva, se refiere a las actitudes y a las sensaciones que se manifiestan en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La dimensión psicomotora, se refiere a las habilidades de coordinar el cuerpo, así como la capacidad para expresarse y relacionarse en el lugar donde se desarrolla el estudiante.

La dimensión cognitiva, se refiere a la capacidad de captar, procesar y utilizar la información de una forma significativa.

Para los propósitos del presente trabajo únicamente se explicará a qué se refiere la dimensión cognitiva según Bloom.

Bloom divide la dimensión cognitiva en seis categorías, cada una de ellas avanza de manera ascendente en cuanto a su nivel de complejidad, cada nivel contempla el desempeño de los niveles anteriores: 1ª de conocimiento; 2ª de comprensión; 3ª de aplicación; 4ª de análisis; 5ª de síntesis y 6ª de evaluación.

La categoría de **conocimiento**, es la más simple de todas. Se refiere al comportamiento que tienen los estudiantes de poder recordar o reconocer información. A su vez esta categoría se subdivide en conocimiento de datos específicos, conocimiento de los modos y medios para el tratamiento de los datos específicos, conocimiento de datos universales y abstracciones en un campo determinado.

La categoría de **comprensión**, se refiere al proceso mental de entender la información que se comunica, implica el reordenamiento de la comunicación en el nivel de extrapolación, interpolación o traducción.

Esta categoría puede ir desde la interpretación de la información hasta el reordenamiento y la explicación a otras personas con otras palabras pero conservando la esencia de la idea original. También considera una nueva forma de enfocar la información original, con la contemplación de las implicaciones, consecuencias o efectos que conlleva, sin perder el referente de la comunicación original.

La categoría de **aplicación**, es el uso de la información conocida y comprendida en situaciones diferentes a las originales.

El estudiante para poder realizar el proceso de aplicación, primero pasa por diferentes etapas: una es cuando recién percibe el nuevo problema, llega a sentir que es desconocido; luego lo asocia con otros similares ya conocidos; finalmente reestructura el problema para que sea semejante a lo conocido y pueda hacer uso de sus conocimientos para darle una solución.

La categoría de **análisis**, es cuando se es capaz de desagregar la información en sus partes, determinando en qué se relacionan cada una de esas partes y cómo se organizan.

La categoría de **síntesis**, es una de las categorías más elevadas ya que implica a todas las anteriores. Incluye un pensamiento divergente a través del cual se puede dar varias respuestas a un mismo problema. Es característico de las personas creativas y originales.

La categoría de **evaluación**, implica la utilización de normas y criterios para evaluar, juzgar, o dar valor a algo material o a ideas, procedimientos y actitudes.

Incluye la utilización de criterios para emitir juicios contemplando valores de orden social (Huerta, 1978).

Con base en la taxonomía de Benjamín Bloom y colaboradores, el cuestionario que se utilizó para evaluar los conocimientos acerca de “la ingeniería genética y sus aplicaciones”, en relación a la dimensión cognitiva,

contiene las siguientes categorías: las preguntas 1, 3, 4, 5, 7, 8 y 9 pertenecen al nivel de conocimiento; la pregunta 6 pertenece al nivel de análisis y las preguntas 2 y 10 al nivel de evaluación.

La mayoría de las preguntas del cuestionario pertenecen al nivel de conocimiento debido a que el tema “la ingeniería genética y sus aplicaciones”, es un tema complejo que se revisa con los alumnos a un nivel de un primer acercamiento, pues el tiempo para revisarlo es limitado. Aunque si se incluyen dos preguntas de evaluación que es el más alto nivel y una de análisis, que también es de alta jerarquía, porque se requiere que ellos emitan juicios en los que hagan uso de su criterio y de los conocimientos adquiridos para juzgar y valorar las aplicaciones y usos de la ingeniería genética en su entorno social, como un primer ensayo para lo que se puedan enfrentar en un futuro muy cercano, ya que tal vez muchos de ellos ya no volverán a estudiar este tema en el colegio de manera formal, porque la mayoría se dirige a carreras ajenas a este ámbito de estudio. Y solamente seguirán teniendo información de este tema por los medios o por lo que vaya ocurriendo en su vida cotidiana.

Cuestionario para evaluar los conocimientos del tema “la ingeniería genética y sus aplicaciones”. Que se utilizo como pretest y postest.

- 1.- ¿Qué es la ingeniería genética?
- 2.- ¿Cuáles investigaciones de las que hasta ahora se han realizado te parecen más importantes en el desarrollo de la ingeniería genética?
- 3.- ¿Para qué emplean los humanos las enzimas de restricción?
- 4.- Menciona dos ejemplos que conozcas en los que se aplique la ingeniería genética.
- 5.- Menciona dos grupos de organismos que se utilizan para hacer investigaciones en ingeniería genética.
- 6.- ¿Por qué usar plásmidos o virus en la ingeniería genética?
- 7.- ¿Qué es un organismo transgénico? Da un ejemplo.
- 8.- ¿Qué es la clonación?
- 9.- ¿Qué es la terapia génica, da un ejemplo de su aplicación?
- 10.- ¿Qué opinas acerca de que se manipule el ADN para crear organismos?

CAPITULO 4

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Primera Intervención (ciclo lectivo 2007-1)

La primera intervención estuvo constituida a su vez por una fase de exploración y otra de aplicación. Y se llevo a cabo con alumnos que cursaban Biología 1 durante el tercer semestre del CCH, durante el ciclo lectivo 2007-1.

4.1.1 Fase de Exploración

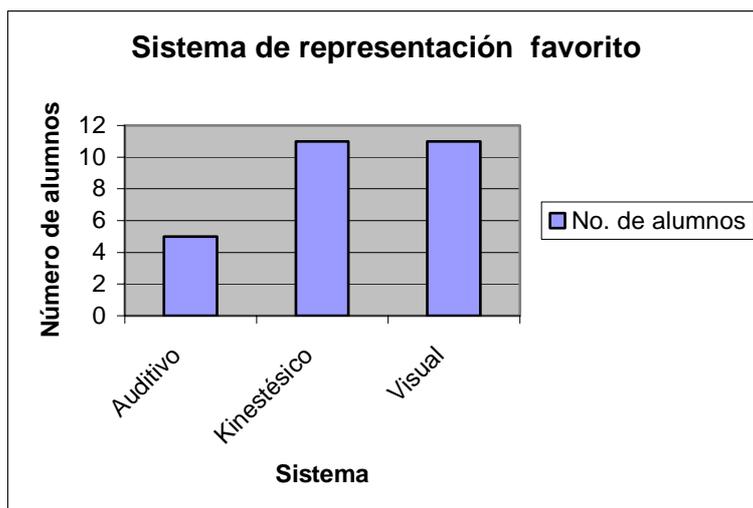
Antes de abordar el tema en cuestión se aplicó el instrumento para evaluar los tipos de preferencia cognoscitiva que tienen los alumnos. El grupo estaba formado por 22 alumnos de los cuales eran 14 mujeres y 8 hombres. Como se puede observar en la tabla 1 y en la gráfica 1, varios alumnos eligieron más de una preferencia cognoscitiva o estilo de aprendizaje.

Los estilos de aprendizaje que predominan en el grupo son el kinestésico y el visual con 11 alumnos respectivamente. El estilo auditivo quedo en tercer lugar con 5 elecciones. Algunos alumnos eligieron más de una respuesta en el test, ya que consideraron que tienen más de una preferencia (observar el cuestionario de sistemas de representación favorito anexo III).

Con las facilidades brindadas por el profesor A, se aplicó el test al inicio de la primera sesión y se trabajó con su grupo, para ello se diseñó la estrategia de intervención, con el referente de encontrar una diversidad de alumnos y con ello diversos estilos de aprendizaje, ya que se había probado el test con otros grupos y siempre salía una diversidad de estilos de aprendizaje. Con todo ello y con lo que se esperaba encontrar de cualquier manera si los resultados eran distintos a los esperados se planeaba modificar las estrategias de intervención de acuerdo a los resultados que se obtuvieran.

Sistema de representación favorito	Número de alumnos
Auditivo	5
Kinestésico	11
Visual	11

Tabla 1. Estilos de aprendizaje o sistema de representación favorito, en el grupo 336-A de Biología 1. En el CCH Naucalpan, periodo lectivo 2007-1.



Gráfica 1. Estilos de aprendizaje, en el grupo 336-A de Biología 1. En el CCH Naucalpan, periodo lectivo 2007-1.

4.1.2 Aplicación de la Estrategia

La fase de aplicación de la estrategia se desarrolló durante dos sesiones: en la primera sesión, después de aplicar el test de estilos de aprendizaje, se inició la clase realizando preguntas acerca de la ingeniería genética, con la finalidad de detectar los conocimientos previos de los alumnos acerca del tema. Posteriormente utilizamos los materiales elaborados expresamente para desarrollar el tema, que incluían: una presentación en power point, que contenían películas en flash muy breves, música de fondo, discusión grupal (anexo I-A).

Al finalizar la sesión los alumnos contestaron un cuestionario de autoevaluación, en el que daban sus puntos de vista sobre la sesión y lo que habían aprendido durante la misma. A continuación se transcriben algunas de sus respuestas.

Autoevaluación

1.- ¿Qué aprendí?

Armando- Sobre la ingeniería genética, a ver acerca de la combinación del ADN y el que se puedan hacer con la tecnología distintas cosas en el ADN.

Jerónimo- Lo importante que es el estudio del ADN y algunas de las aplicaciones que se hacen con éste.

Valeria- Pues algunas de las funciones del ADN, su importancia en nuestro organismo, qué es ingeniería genética, entre otros términos.

Arturo- Que la tecnología permite estudiar a fondo al ADN, con el que se pueden combatir enfermedades y crear nuevas especies.

Daniela- Algunas funciones del ADN y más cosas de la clonación.

Marian- Diversos casos relacionados a la rama de la Biología y la genética, tales como la manipulación del ADN, la clonación y la formación de los seres transgénicos.

¿Qué me gustó?

Armando- Que la clase era didáctica y no fue que teníamos que apuntar.

Jerónimo- Cuando hablamos sobre dónde se corta el material genético.

Valeria- La explicación y las imágenes que se proyectaron además de que los ejemplos eran muy claros.

Arturo- La clase fue buena, me divertí y aprendí un poco más.

Yemeri- Que utilizo material visual con movimiento.

Claudia- La presentación y el material didáctico.

Ramón- Las imágenes que se utilizaron en la clase.

Laura- La película y la historia del mono.

Daniela- Las películas, y la imagen del ADN que se movía.

Lourdes- Me gusto más sobre como se forma un transgénico.

Alejandra- De que, de esta manera se pueden cambiar enfermedades, para tener una mejora.

Marian- La forma de explicar y los materiales didácticos que utiliza la profesora.

Fernando- Que dieran todos sus puntos de vista en este tema.

¿Qué no me gustó?

Valeria- Creo que la clase estuvo bien.

Guadalupe- Todo me gusto.

Ramón- Que se manejara casi pura información.

Janet- Que durara demasiado una sola explicación.

¿Qué no vimos y me hubiese gustado ver?

Valeria- Todos los aspectos que se vieron tenían relación con el tema que se tenía que ver

Arturo- Los virus y por qué o qué se podría hacer para combatirlos, aunque se que el virus está en constante cambio y es difícil pero me gustaría ver “los virus”.

Guadalupe- La fecundación *in vitro*

Claudia- Pues si vimos lo más importante sobre lo relacionado al ADN.

Laura- Me hubiese gustado que trajera más imágenes de la fecundación *in vitro*

¿Qué vimos y no me interesó ver?

Armando- Lo que era la división del ADN, ya que eso ya lo había visto con la maestra.

Valeria- Nada todo fue fundamental.

Guadalupe- La hibridación.

Arturo- Todo me interesó

Yemeri- La película porque estaba en inglés.

Marian- Lo de la citosina y eso que ya habíamos visto.

En sus respuestas muestran una apreciación general de los temas que se vieron durante la sesión. Señalan que lo que más les llamó la atención fueron los medios audiovisuales que se utilizaron durante la clase y que ellos participaran en la discusión grupal de los temas que se vieron. Lo que evidencia que se captó la atención de los alumnos visuales y auditivos. Aunque las quejas acerca de que se manejara “pura información” y no se hicieran prácticas muestra que faltó prestar atención a los alumnos kinestésicos que necesitan hacer algo con las manos para poder aprender.

También mencionan sus inquietudes de saber acerca de otros temas como acerca de los virus y la fecundación *in vitro*, así como que no les interesó que se incluyera información inicial acerca del ADN, aunque se incluyó como enlace entre lo que ya habían visto en sus clases y lo nuevo que íbamos a ver, aún así parece que no les agradó retomar el tema del ADN. Tal vez se vio de forma extensa algo que ya habían visto, como era un grupo que solamente fue facilitado dos sesiones, no se tenía el antecedente con qué profundidad habían visto el tema con su profesor, y al realizar el interrogatorio inicial acerca de sus conocimientos previos no manifestaron dominio del tema en cuestión.

En la segunda sesión también iniciamos con una lluvia de ideas, para detectar conocimientos previos acerca del tema de organismos transgénicos y terapia génica, posteriormente se explicó una presentación de forma breve y luego trabajaron en equipo para dar su opinión acerca de dilemas éticos y realizar un debate para defender sus puntos de vista en contra y a favor de la manipulación genética. Del resultado de esa discusión se rescataron los puntos de vista de algunos alumnos y las aportaciones que en general realizaron de forma grupal y que a continuación se transcriben.

Organismos en los que se lleva a cabo la manipulación genética y terapia génica.

Yemeri- Plantas, mamíferos, insectos, bacterias, vegetales, mosca de fruta

Mariana- En mamíferos, tal es el caso de la oveja Dolly, las plantas y las bacterias, como la que se usa para producir insulina.

Maria- La oveja dolly; tomate; patata; café; ratones; levaduras; frutas; maíz.

Luís- Oveja, tomate, papas, café, plantas, insectos, levaduras, bacterias.

Arturo- Rata, Chimpancé, ovejas, mosca de la fruta, humanos, ranas, bacterias.

Debate: para defender su postura a favor o en contra de la manipulación genética.

Puntos a favor de la manipulación genética.

Se originan nuevas especies y hay más biodiversidad (vegetal y animal)

Evita la extinción de algunas especies, hay un progreso científico.

Alejandra- Mejora la vida, crear organismos para supervivencia del ser humano.

Antonio- Mejor salud, prevenir enfermedades, avance científico.

Arturo- Combate contra enfermedades, mantener seres vivos, evitar la extinción de especies. Fortalecimiento de frutas y verduras.

Puntos en contra de la manipulación genética

Yemeri- Que la vida sería corta, que haría que otros nos dominarán

María- Porque los organismos sufren durante la extracción de la célula, y tienen menos vida y no son especies originales.

Matías- arriesgan la vida para los experimentos podrían surgir, enfermedades, plagas.

Emmanuel- Pueden surgir enfermedades, se arriesga la vida de los seres vivos, retan a Dios.

Janet- Que se maltrata a los animales, gastan y matan células vivas con todos sus errores con gran cantidad. Si algo llega a salir mal, más de una persona u organismo puede salir afectado con enfermedades.

Dilemas éticos (ver el formato en el anexo I-A).

Para la revisión de los dilemas éticos se formaron cuatro equipos, a cada equipo le tocó distinto tema, el número de dilema correspondió con el número de equipo, por ejemplo al equipo 1 le tocó el dilema 1, y así sucesivamente. Primero discutieron en equipo acerca del tema que les tocó, una vez que terminaron la discusión por equipo y adoptaron una postura, tomaron nota de las aportaciones más significativas de los integrantes del equipo para la discusión grupal, luego defendieron su posición ante el grupo.

A continuación se transcriben algunas de sus aportaciones:

Equipo 1

Apoyamos ese punto porque consideramos que lo primordial es el bienestar del hijo ya que su vida sería muy dolorosa además de ser un desgaste emocional para los padres.

Sería injusto no disfrutar la vida.

Los apoyaríamos si supiéramos que sufriría esta enfermedad ya que sufriría demasiado.

Equipo No. 2

A todos nos gustaría saberlo para buscar alguna solución.

Nuestra vida cambiaría totalmente por el hecho de que se nos olvidarían las cosas y no haríamos lo que soñamos.

Ya no seríamos dependientes y necesitaríamos de alguien para realizar nuestras actividades.

Disfrutamos más la vida ahora que podemos.

Equipo No. 3

a) No tienen derecho porque están discriminando a las personas enfermas, ya que tienen mayor riesgo de morir, ellos ofrecen los servicios y deben aceptarlo con todas las condiciones.

b) Sí tienen derecho porque ellos tienen que asegurar sus ganancias y economía, porque al adquirir un seguro, los dos tienen que salir ganando.

c) No porque si estás pagando el servicio tiene el mismo derecho.

Equipo 4

a) sí, porque en él recae la responsabilidad de lo que pase a sus empleados.

b) sí, porque el empresario debe saber con quien va a trabajar.

c) tiene el derecho de no contratarlos porque él decide con quien trabajar.

d) No tiene derecho porque es un gasto que el empresario debe solventar

Sí, si fuera el 1% los aceptaría más fácilmente y sería cargo de ellos.

Tanto en la actividad del debate acerca de la manipulación genética como de los dilemas éticos, los alumnos defendieron su postura que tiene como referente los valores que han obtenido en su entorno y que ahora relacionan con los conocimientos teóricos acerca de la ingeniería genética, la discusión

evidencia que ya tienen bases para adoptar una postura más razonada apoyada en el conocimiento del tema. Este tipo de actividad les ayuda a ir pensando que postura sería la más adecuada en su vida real si se les presentara tal situación.

Esta fase de investigación ayudó a reafirmar, la idea inicial de que es necesario que los docentes promovamos que los alumnos intervengan de forma activa en la clase, para que se sientan motivados, sin embargo, en dos sesiones es imposible ver el tema completo y de esta forma, ya que de por sí es un tema que implica un alto nivel de dificultad y si agregamos la realización de actividades en las que intervengan todos los alumnos, se consume un mayor tiempo. Por tanto, queda claro que debe planearse este tema para más sesiones. Además de que el test de estilos de aprendizaje debe aplicárseles con mayor anticipación al diseño de las estrategias, con la finalidad de planear estrategias que incluyan a todos los alumnos.

Otro punto importante que es conveniente aclarar, que se omitió en esta fase y que es importante incorporar en la investigación, fue el aplicar un test para evaluar sus tipos de inteligencias y cómo promover el desarrollo de las mismas, ya que es el tema principal de esta investigación, por tanto, para la siguiente fase se procurará aplicar dicho test al inicio del semestre.

4.2 Segunda Intervención (ciclo lectivo 2008-1)

La segunda intervención se llevó a cabo con alumnos que cursaban la materia de Biología 1, en el tercer semestre del CCH durante el ciclo lectivo 2008-1. Estuvo constituida por distintas fases: 1ª fase de exploración; 2ª fase de evaluación de conocimientos previos (pretest); 3ª fase de aplicación de la estrategia de E-A o de intervención educativa, y 4ª fase de evaluación de conocimientos (postest).

4.2.1 Fase de Exploración

En esta fase se aplicaron los test de sistemas de representación favorita y el de las inteligencias múltiples, que arrojaron los siguientes resultados:

4.2.1.1 Test de Sistema de Representación Favorito

En la tabla 2 se muestra la habilidad que eligieron de forma predominante. Las áreas de desarrollo potencial representan las otras habilidades que eligieron en menor número, de entre las opciones que se les plantearon en el test de los sistemas de representación favorito o estilos de aprendizaje.

Los sistemas de representación favoritos, que se presentaron en mayor cantidad, en los alumnos son el kinestésico y el auditivo con 11 alumnos respectivamente, le sigue el visual con 8 alumnos (tabla 3 y gráfica 2). Aunque el número total de alumnos fue de 23, algunos alumnos eligieron más de un sistema de representación favorito, por esa razón en la tabla 3 el número total de elecciones es mayor a 23.

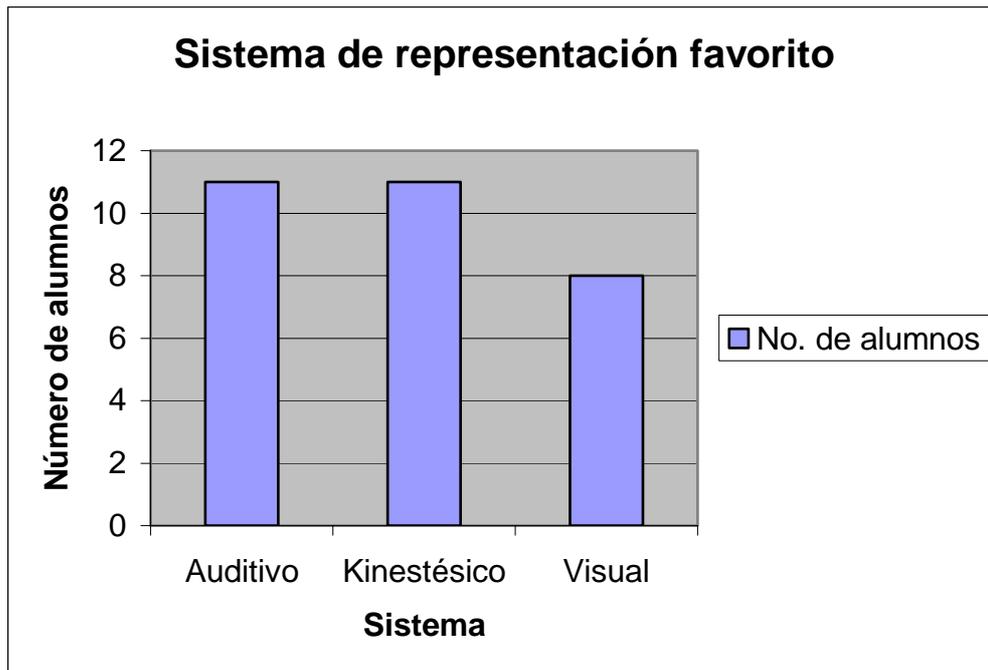
Alumno	Habilidades	Áreas de desarrollo potencial
Sandra	auditivo	visual, kinestésico
Gabriel	auditivo, visual	kinestésico

Janeth	kinestésico, visual	auditivo
Carlos	kinestésico	visual, auditivo
Joaquín	kinestésico	auditivo, visual
Laura	auditivo	visual, kinestésico
Ma. Guadalupe	visual	auditivo, kinestésico
Guadalupe	kinestésico, auditivo	visual
Cynthia	visual	auditivo, kinestésico
Jorge	auditivo	visual, kinestésico
Antonio	auditivo, kinestésico	visual
Luis	kinestésico	auditivo, visual
Adriana	kinestésico, visual	auditivo
Viridiana	auditivo, kinestésico	visual
Yesenia	auditivo, kinestésico	visual
Maria	auditivo	visual, kinestésico
Absalón	auditivo	visual, kinestésico
Diana	kinestésico	auditivo, visual
Ana	visual	auditivo, kinestésico
Stephanie	visual	auditivo, kinestésico
Ilse	visual	Auditivo, kinestésico
Edgar	kinestésico	visual, auditivo
Amparo	auditivo	kinestésico, visual

Tabla 2. Test de sistemas de representación favorita para los alumnos del grupo 335-A de la materia de Biología 1, datos tomados durante el ciclo lectivo 2008-1.

Sistema de representación favorito	Número de alumnos
Auditivo	11
Kinestésico	11
Visual	8

Tabla 3. Total de alumnos para cada sistema de representación. Alumnos del grupo 335-A de la materia de Biología 1. Datos tomados durante el ciclo lectivo 2008-1.



Gráfica 2. Sistema de representación favorita para los alumnos del grupo 335-A de la materia de Biología 1. Datos tomados durante el ciclo lectivo 2008-1.

4.2.1.2 Test de Inteligencias Múltiples

En la tabla 4 se muestra la habilidad que eligieron de forma predominante, que representa la inteligencia que tienen más desarrollada. Las áreas de desarrollo potencial representan las otras inteligencias que eligieron en menor número, de entre las opciones que se les plantearon en el test de las inteligencias múltiples, y que representan las inteligencias en las que se puede trabajar para desarrollarlas aún más.

Las inteligencias que registraron un mayor número de alumnos fue la musical con 10 alumnos, siguiéndole en número la naturalista con 6, la interpersonal con 5, la intrapersonal con 4 y la verbal con 4. En menor número registraron la kinestésica con 2 alumnos, la lógica con 2 y la espacial con 1 (tabla 5 y gráfica 3).

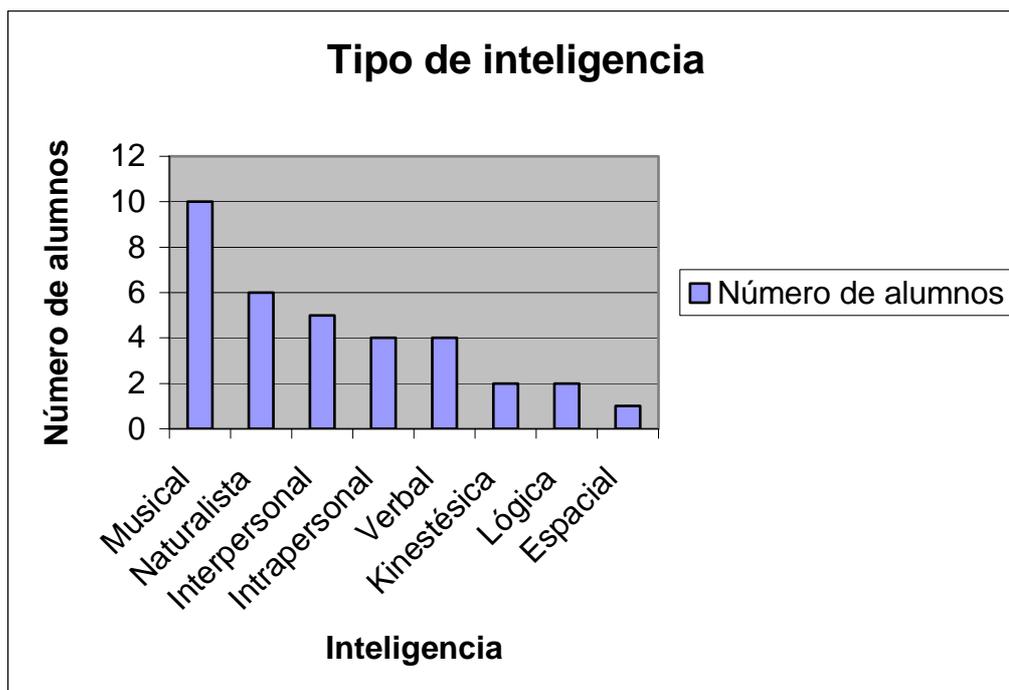
Alumno	Habilidades	Áreas de desarrollo potencial
Sandra	Intrapersonal.	Verbal, kinestésica, lógica, espacial, interpersonal, naturalista.
Gabriel	Lógica.	Interpersonal, verbal, intrapersonal, musical, kinestésica, espacial, naturalista.
Janeth	Naturalista. Kinestésica, naturalista.	Interpersonal, intrapersonal, lógica, musical, verbal, espacial.
Carlos Joaquín	Musical.	Verbal, musical, espacial, interpersonal, lógica, intrapersonal.
Laura	Musical.	Intrapersonal, naturalista, verbal, kinestésica, lógica, interpersonal.
Ma. Guadalupe	Musical.	Interpersonal, kinestésica, lógica, intrapersonal, espacial.
Guadalupe	Musical.	Verbal, intrapersonal, kinestésica, interpersonal, espacial.
Cynthia	Interpersonal, musical, naturalista.	Naturalista, lógica, verbal, interpersonal, kinestésica, espacial, intrapersonal.
Jorge	Interpersonal, intrapersonal.	Kinestésica, verbal, intrapersonal, lógica, espacial.
Antonio	Interpersonal, naturalista.	Lógica, kinestésica, verbal, musical, espacial.
Luís Adriana	Interpersonal, musical. Kinestésica.	Kinestésica, intrapersonal, espacial, verbal.
Viridiana	Lógica, musical.	Espacial, kinestésica.
Yesenia	Verbal.	Verbal, interpersonal, lógica, intrapersonal.
Maria	Verbal, musical.	Interpersonal, intrapersonal, kinestésica, espacial, naturalista.
Absalón	Musical.	Kinestésica, naturalista, intrapersonal, musical, espacial, lógica, interpersonal.
Diana	Naturalista.	Lógica, interpersonal, intrapersonal, kinestésica, espacial.
		Verbal, kinestésica, espacial, lógica, intrapersonal, naturalista.
		Interpersonal, verbal,

Ana	Intrapersonal.	intrapersonal, musical, espacial, lógica, kinestésica.
Stephanie	Verbal, naturalista.	Musical, espacial, lógica. Kinestésica, interpersonal, musical, espacial.
Ilse	Verbal.	Interpersonal, intrapersonal, musical, naturalista, lógica, espacial.
Edgar	Interpersonal.	Naturalista, kinestésica, musical, verbal, lógica.
Amparo	Intrapersonal, musical, espacial.	Verbal, lógica, interpersonal, naturalista.

Tabla 4. Test de inteligencias múltiples para los alumnos del grupo 335-A de la materia de Biología 1, datos tomados durante el ciclo lectivo 2008-1.

Inteligencias múltiples	Número de alumnos
musical	10
naturalista	6
interpersonal	5
intrapersonal	4
verbal	4
kinestésica	2
lógica	2
espacial	1

Tabla 5. Número total de alumnos para cada inteligencia, alumnos del grupo 335-A de la materia de Biología 1. Datos tomados durante el ciclo lectivo 2008-1.



Gráfica 3. Tipo de inteligencia para los alumnos del grupo 335-A de la materia de Biología 1. Datos tomados durante el ciclo lectivo 2008-1.

Como en los test sobre los sistemas de representación favorita o estilos de aprendizaje, se registraron las tres preferencias: auditiva, kinestésica y visual, por tanto, la estrategia de enseñanza aprendizaje debían diseñarse contemplando un trabajo que incluyera los tres estilos de aprendizaje.

Respecto a las inteligencias registradas por los alumnos, algunos eligieron más de una, y se consideraron el resto como áreas de desarrollo potencial. Por tanto se propuso que para la aplicación de los conocimientos vistos en la clase, los alumnos eligieran, para realizar de tarea en su casa, un tipo de ejercicio de un abanico de tareas, en el que pudieran desarrollar sus inteligencias plasmando lo visto en la sesión. El abanico de tareas contemplaba desde redactar un poema, una canción, un cuento (en forma de tira cómica), una maqueta, un dibujo, una carta dirigida a una persona apreciada, un mapa conceptual o mental, un ensayo, un acróstico, un crucigrama, o una sopa de letras.

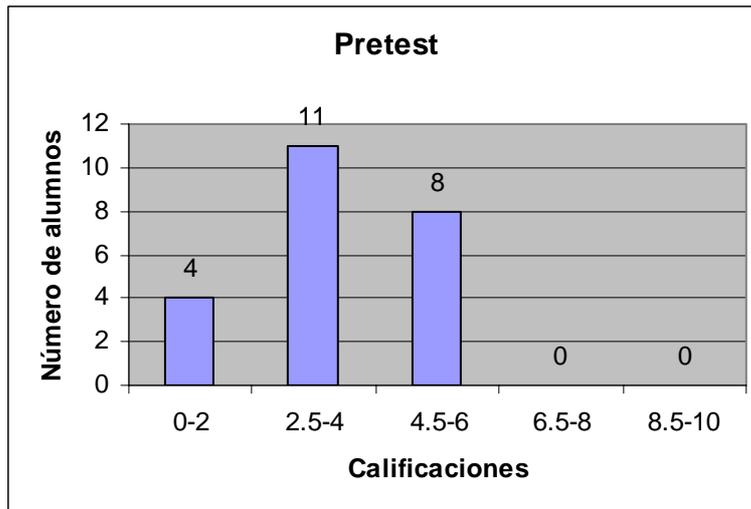
4.2.2 Fase de Evaluación de Conocimientos Previos (pretest).

En la evaluación de los conocimientos previos o pretest, que fue aplicado antes de las estrategias preparadas para el tema de ingeniería genética, los alumnos obtuvieron calificaciones que oscilan entre 0.5 y 6 (tabla 6). En la gráfica 4 se puede observar que de los 23 alumnos que formaban el grupo, 4 obtuvieron una calificación que va de 0 a 2, 11 obtuvieron una calificación que va de entre 2.5 a 4, y 8 obtuvieron una calificación de entre 4.5 y 6, ninguno obtuvo una calificación mayor a 6.

Cuestionario pretest y postest

Alumno	Pretest	Postest	Diferencia entre el pretest y el postest.
Sandra	4	10	6
Gabriel	2	9	7
Janeth	2	9	7
Carlos	3	7	4
Joaquín	0.5	8	7.5
Laura	4	7	3
Ma. Guadalupe	2	10	8
Guadalupe	3	9	6
Cynthia	4	7	3
Jorge	3	8	5
Antonio	3.5	8	4.5
Luís	4.5	8	3.5
Adriana	4	8	4
Viridiana	3.5	7	3.5
Yesenia	4.5	9	4.5
Maria	6	8	2
Absalón	5	7	2
Diana	3	9	6
Ana	2.5	10	7.5
Stephanie	5	8	3
Ilse	5.5	8	2.5
Edgar	4.5	7	2.5
Amparo	4.5	9	4.5
Promedio	3.6	8.3	4.6

Tabla 6. Calificaciones obtenidas en el cuestionario para evaluar sus aprendizajes disciplinarios en diferentes momentos: pretest, postest y diferencia entre ambos. Grupo 335-A, ciclo lectivo 2008-1.



Gráfica 4. Calificaciones obtenidas por los alumnos del grupo 335-A en el cuestionario pretest, acerca del tema “la ingeniería genética y sus aplicaciones”, durante el ciclo lectivo 2008-1.

A continuación se transcriben las respuestas de una alumna para el cuestionario que se utilizó como pretest, con la finalidad de ejemplificar el nivel de sus respuestas. Como sería muy cansado para el lector que incluyera las respuestas de cada uno de los alumnos, más adelante incluyo en una tabla las calificaciones que obtuvieron todos los alumnos para cada una de las preguntas y el análisis general de ellas.

- 1.- ¿Qué es la ingeniería genética?
- 2.- ¿Cuáles investigaciones de las que hasta ahora se han realizado te parecen más importantes en el desarrollo de la ingeniería genética?
- 3.- ¿Para qué emplean los humanos las enzimas de restricción?
- 4.- Menciona dos ejemplos que conozcas en los que se aplique la ingeniería genética.
- 5.- Menciona dos grupos de organismos que se utilizan para hacer investigaciones en ingeniería genética
- 6.- ¿Por qué usar plásmidos o virus en la ingeniería genética?
- 7.- ¿Qué es un organismo transgénico? Da un ejemplo.
- 8.- ¿Qué es la clonación?
- 9.- ¿Qué es la terapia génica, da un ejemplo de su aplicación?
- 10.- ¿Qué opinas acerca de que se manipule el ADN para crear organismos?

PRETEST

Sandra

- 1.- Una ciencia encargada del estudio del genoma humano.
- 4.- Curación de enfermedades, producción de alimentos transgénicos.
- 5.- Plantas y animales.
- 6.- Para conocer sus efectos y prevenir las enfermedades que provocan.
- 7.- Maíz, se manipula su estructura genética para mejorar el organismo.
- 8.- Producir un organismo con la misma información genética.

No contestó la 2, 3, 9 y 10.

Algunas preguntas no fueron contestadas, otras se contestaron con respuestas muy generales como la 5, otras se contestaron incorrectamente como la 6, ya que la respuesta alude a los beneficios de hacer ingeniería genética y no a la importancia de los virus y los plásmidos como herramientas de manipulación de los genes, que es lo que se preguntó.

Algunas preguntas son contestadas posiblemente, tomando como referente lo que captan los estudiantes en los medios de comunicación, como es el caso de la pregunta 1 en la que refiere la ingeniería genética únicamente al estudio del genoma humano.

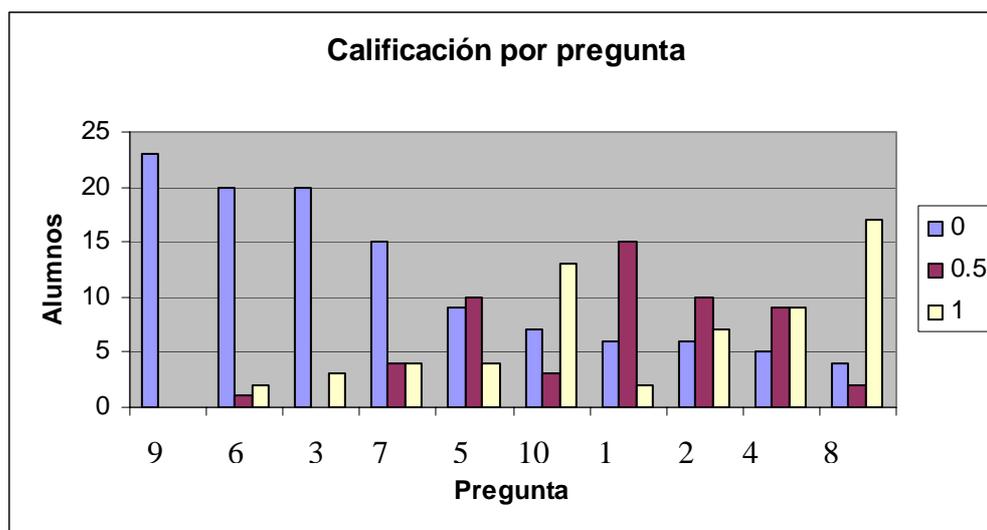
Como ya se mencionó anteriormente, para realizar un análisis de las respuestas de todos los alumnos, se elaboró una tabla (tabla 7) en la que se incluye el nivel de actividad que tuvo cada alumno, para cada una de las preguntas.

En la tabla 7 y la gráfica 5, podemos observar que mayor número de alumnos contestó de forma errónea las preguntas 3, 6, 7 y 9, aunque todas ellas pertenecen al nivel de conocimiento en la taxonomía de Bloom, a excepción de la 6 que corresponde al nivel de análisis, considero que reúnen información que está fuera de su alcance, a no ser que revisaran el tema de manera formal en algún curso. Las preguntas que fueron contestadas correctamente por un mayor número de alumnos (50% de ellos) fueron la 1, 2, 4 y 5, aunque también pertenecen al nivel de conocimiento, a excepción de la 2 que corresponde al nivel de evaluación, pueden exigir conocimientos que con mayor frecuencia son tratados en los medios con los que los estudiantes del CCH interactúan (otras biología, medios de comunicación) y finalmente las preguntas que fueron contestadas de forma correcta por un mayor número de alumnos fueron la 8 y 10, posiblemente debido a que en la pregunta 8, el tema de clonación sí se revisa en la parte de reproducción asexual en la unidad dos de biología 1, siendo posible que lo hubieran revisado con su profesor recientemente, y en el caso de la pregunta 10 es una pregunta de opinión que requiere de bases éticas.

Número de pregunta	Calificación
--------------------	--------------

	0	0.5	1
9	23	0	0
6	20	1	2
3	20	0	3
7	15	4	4
5	9	10	4
10	7	3	13
1	6	15	2
2	6	10	7
4	5	9	9
8	4	2	17

Tabla 7. Calificación obtenida por los alumnos para cada una de las preguntas en el pretest. El 0 corresponde a que la respuesta se resolvió de forma incorrecta o a que no la contestaron, el 0.5 corresponde a que la pregunta fue contestada en un 50% y el 1 corresponde a que se resolvió de forma correcta. Grupo 335-A, ciclo lectivo 2008-1



Gráfica 5. Calificaciones obtenidas por pregunta en el pretest, por el grupo 335-A, el 14 de noviembre del 2007.

4.2.3 Fase de Aplicación de la Estrategia de E-A o de Intervención Educativa.

Esta fase se llevó a cabo durante 8 sesiones durante las cuales vimos el tema “la ingeniería genética y sus aplicaciones”, y para el cual se aplicó la estrategia que se había diseñado tomando en cuenta los estilos de aprendizaje

(auditivo, visual y kinestésico) y las inteligencias múltiples. El desarrollo de las clases se encuentra de forma detallada en el anexo I-B, en este apartado se hará una revisión breve de cómo se llevaron a cabo las clases.

Al inicio de la primera clase los alumnos realizaron una revisión bibliográfica acerca de las aportaciones de diversos científicos al desarrollo de la genética, con esa información realizaron una línea de tiempo en la que ubicaron las aportaciones de los científicos su nombre y la fecha en la que se realizó la aportación, luego explicaron al grupo su línea del tiempo, ya que cada equipo tenía diferente artículo, y con una presentación en power point, que se había elaborado para tal fin, nos ayudamos para complementar el tema de forma grupal. Posteriormente se les dejó a los alumnos que eligieran del abanico de tareas (ver anexo I-B), para que realizaran un ejercicio individual en el que plasmaran lo visto en la clase.

Así, durante las siguientes sesiones, al inicio de la clase veíamos primero algunos de los ejercicios que realizaron y luego revisábamos el tema de forma grupal. En algunas otras sesiones, si no teníamos ejercicio de tarea por revisar, primero consultaban un texto que se les preparó y luego realizábamos una discusión grupal, ayudándonos de las presentaciones diseñadas para tal fin. Entre las presentaciones también se les proyectaban algunas películas breves en flash, que ilustraran el tema que estábamos cubriendo.

En los ejercicios que realizaron, describían lo que habíamos visto en la clase, fueron: cartas tipo ensayo, dibujos, mapas mentales, mapas conceptuales, cuadros sinópticos, crucigramas, acrósticos, sopa de letras, cuentos y dibujos.

A continuación se transcriben algunos de los ejercicios, que elaboraron los alumnos, en un Rally que realizamos en las sesiones 6 y 7:

CUENTO

MENDEL EL INVISIBLE

Era una vez un matrimonio noble de la antigua Austria, que vivía haciendo ruegos, ayunos sacrificios a Dios, porque no podían tener hijos, ofreciendo que el hijo que tuvieran sería consagrado al servicio de la Iglesia.

Así, como un milagro, la pareja tuvo un hijo al cual llamaron Mendel. El niño creció y era evidente su interés por la ciencia, pero sus padres tenían que cumplir su promesa, así que decidieron internarlo en un claustro para su formación, Mendel resignado, tuvo que cumplir las órdenes de sus padres, pero a pesar de todo, duró mucho tiempo pensando en por qué el parecido con su padre y mostraba el interés por saber. Se dedicó a investigar y propuso una ley donde cruzó plantas y concluyó con su primera ley que llamó "la dominancia". Mendel contento por sus resultados trató de publicarlos, pero tristemente nadie creyó en él ni sus propios padres, por no tener estudios. Posteriormente, salió del hoyo en que se encontraba, porque se encontró a su amiga de la infancia que sí creyó en sus experimentos, esto inspiró a Mendel para seguir investigando y creó una segunda ley de la distribución independiente. Mendel murió joven, a su muerte fueron publicadas sus obras y sirvieron para seguir las investigaciones de la genética.

Concepto de gen en forma de poema:

Tú amado gen

Tú que eres la unidad de la herencia

Contenida en el ADN
Que se encuentra en los cromosomas y
En todas las personas.
Tú que te encuentras en el núcleo
Transmitiendo tu información genética
De la vida.

Canción del gen a ritmo de rap:
El gen es una unidad
Lo heredamos con humildad
Determina características
Especiales como artista
El gen se encuentra en el cromosoma
Y no hay que confundirlo con genoma
Hay genes alelos
Aunque no sean paralelos.

En los ejercicios mezclan conceptos nuevos, acerca del tema que vamos viendo, con palabras de uso coloquial, y con sus conocimientos teóricos (previos) que han adquirido en otras clases.

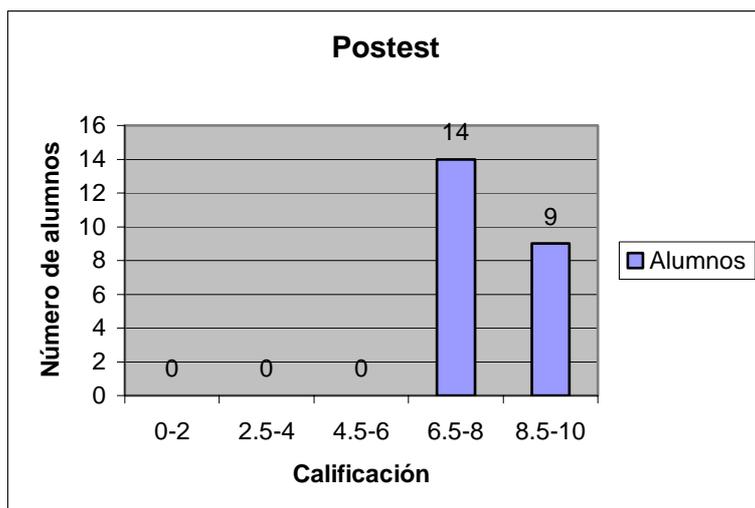
Los ejercicios que realizaron en casa, cuando se les dejaron de tarea, son semejantes a los ejemplos que se acaban de mostrar.

4.2.4 Fase de Evaluación de Conocimientos (postest)

Esta fase se desarrolló durante una clase posterior al día que finalizó la intervención educativa, incluyó la aplicación del postest y la autoevaluación, para aproximarse a conocer el impacto de las estrategias aplicadas para el desarrollo de sus inteligencias múltiples en el aprendizaje de la ingeniería genética

Postest

El postest fue aplicado después de ver el tema de ingeniería genética, con la aplicación de las estrategias diseñadas previamente, tomando en cuenta sus sistemas de representación y sus tipos de inteligencia. Los resultados indican que la calificación más baja que obtuvieron fue de 7. En la gráfica 6 y en la tabla 6 se puede observar que 14 alumnos obtuvieron una calificación ubicada entre 6.5 y 8, y 9 alumnos obtuvieron una calificación que se encontró entre 8.5 y 10.

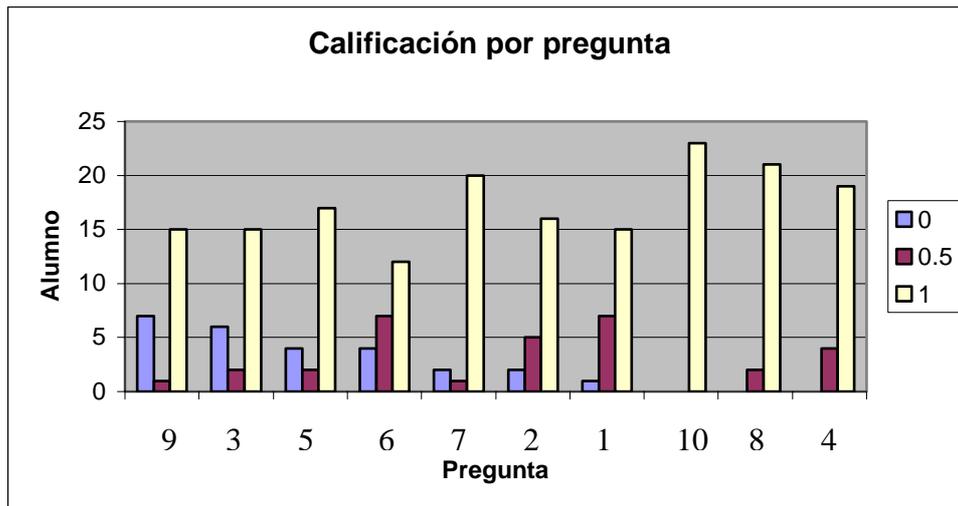


Gráfica 6. Calificaciones obtenidas por los alumnos del grupo 335-A en el postest, acerca del tema “la ingeniería genética y sus aplicaciones”. Ciclo lectivo 2008-1.

Número de pregunta	Calificación		
	0	0.5	1
9	7	1	15
3	6	2	15
5	4	2	17
6	4	7	12
7	2	1	20
2	2	5	16
1	1	7	15
10	0	0	23
8	0	2	21
4	0	4	19

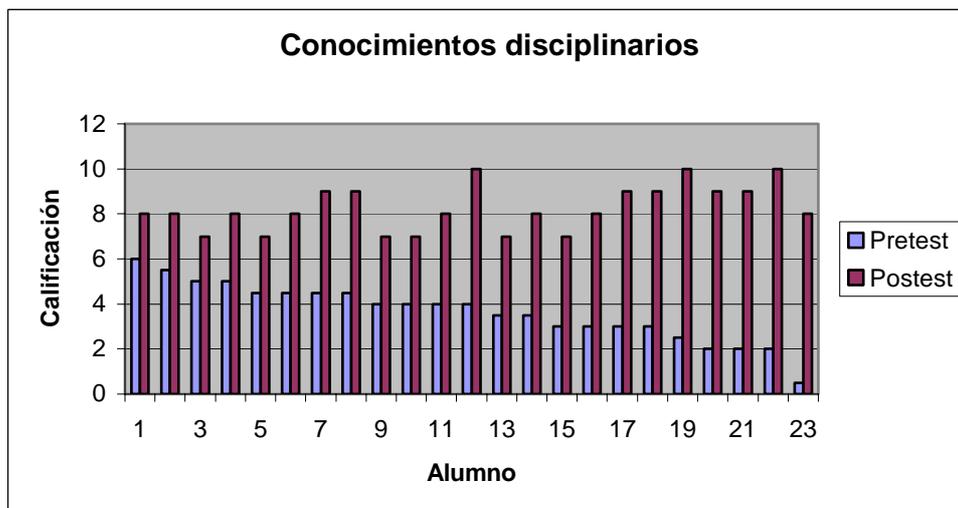
Tabla 8. Número de alumnos que obtuvieron cada calificación según la pregunta, en el cuestionario postest. El 0 corresponde a que la respuesta estuvo mal o a que no la contestaron, el 0.5 corresponde a que la pregunta fue contestada en un 50% y el 1 corresponde a que la contestaron de forma correcta. Grupo 335-A, ciclo lectivo 2008-1.

En la gráfica 7 se puede observar cómo la mayoría de los alumnos contestan de forma correcta las preguntas en el postest.



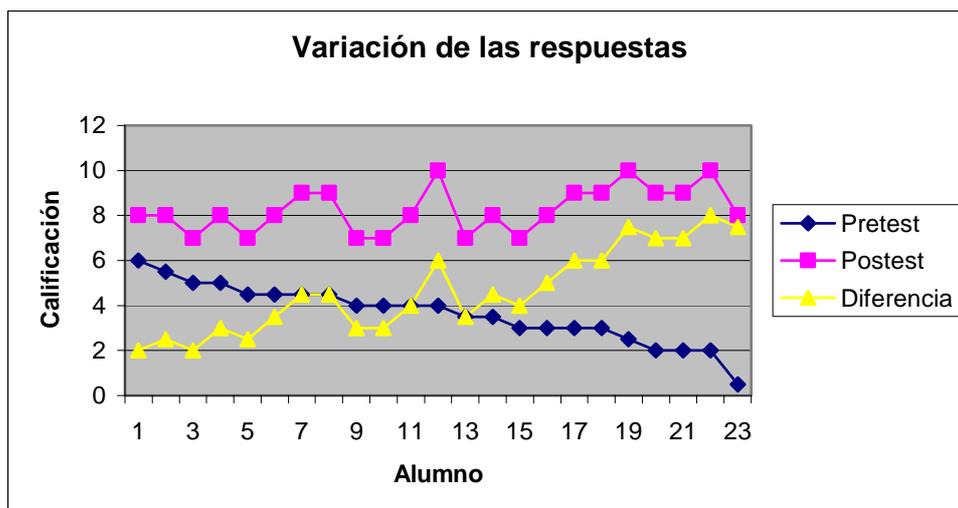
Gráfica 7. Calificaciones obtenidas por pregunta en el Postest, por el grupo 335-A, el 5 de diciembre del 2007.

La diferencia entre el pretest y el postest arroja una media de 4.6 y oscila desde 2 puntos hasta el caso de una alumna que tuvo una diferencia de 8 puntos (tabla 6, graficas 8 y 9).



Gráfica 8. Calificaciones obtenidas por 23 alumnos del grupo 335-A del CCHN en pretest y postest, acerca de los conocimientos de la "La ingeniería genética y sus aplicaciones", durante el ciclo lectivo 2008-1.

Variación promedio de las respuestas



Gráfica 9. Calificaciones obtenidas en el cuestionario para evaluar sus aprendizajes disciplinarios en diferentes momentos: pretest, postest y diferencia entre ambos. Grupo 335-A, ciclo lectivo 2008-1.

A continuación se transcribe un ejemplo de las respuestas que dieron en el postest, en el que se aprecia el mejor nivel de profundidad logrado con respecto al pretest.

POSTEST

Sandra (no faltó a ninguna clase)

- 1.- Es una ciencia que se encarga del estudio de los genes: sus tratamientos, manipulaciones y mutaciones del ADN.
- 2.- En un principio y fundamentalmente el descubrimiento de la doble hélice de la molécula del ADN, las aportaciones de Mendel, las técnicas de clonación.
- 3.- Para cortar la molécula de ADN en el proceso de duplicación de la cadena de ADN.
- 4.- En la formación de organismos transgénicos y para tratar enfermedades a partir de defectos en la cadena de ADN o cromosomas.
- 5.- Ratones y moscas de la fruta.
- 6.- Porque son cadenas de ADN circular y son capaces de introducir su información genética para recombinar.
- 7.- Un organismo al cual se le han introducido genes en su cadena de ADN, procedentes de otro organismo para hacerle una mejora, como resistencia a las plagas. Un ejemplo el maíz o el café (para disminuir la cantidad de cafeína con un mejor sabor)
- 8.- Es la obtención de un organismo genéticamente igual a otro
- 9.- Es tratar enfermedades a nivel genético: cromosomas y genes. Un ejemplo es al conocer nuestro mapa genético, saber si estamos propensos a sufrir una enfermedad a futuro.
- 10.- Que es bueno sólo si se tiene un verdadero control sobre lo que se desea hacer, o sea, del modo preventivo.

Siguiendo el ejemplo de Sandra, a diferencia del pretest (observar la pág. 73), ahora en el postest contestó todas las preguntas, sus respuestas fueron más claras y precisas dando incluso algunos ejemplos.

En la pregunta 4 que ya contestaba correctamente en el pretest, poniendo como ejemplos los alimentos transgénicos y la curación de enfermedades, ahora incluso agrega algo que no se le preguntó pero que enriquece la respuesta, y es lo que se refiere a dónde se van a realizar esas curaciones, “en los defectos en la cadena de ADN o en los cromosomas”.

En la pregunta 5 antes solamente mencionaba de forma general plantas y animales, ahora da ejemplos específicos “ratones y la mosca de la fruta”.

En el caso de la pregunta 6 ahora explica realmente lo que se le preguntó, en lo referente a qué es lo que tienen de particular esos microorganismos, que los hacen útiles para la ingeniería genética.

En la pregunta 7, en el pretest mencionaba correctamente que el organismo transgénico era al que se le manipulaba su estructura genética para mejorarlo, ahora en el postest agrega que se le han introducido genes en su cadena de ADN, y que proceden de otro organismo. También en el pretest no decía qué tipo de mejora se les hacía, ahora en el postest sí menciona esa mejora como la resistencia a las plagas. Y agrega además del ejemplo del maíz, el del café, diciendo también cual es la mejora en él, que consiste en disminuir la cantidad de cafeína y el sabor.

En el caso de las preguntas 9 y 10, que no había contestado en el pretest, ahora sí las contesta, en la 9 que corresponde al nivel conceptual, explica qué es la terapia génica con sus propias palabras y da un ejemplo de su aplicación. En la pregunta 10, que corresponde al nivel de evaluación, da su opinión basada en lo que vimos en clase de forma teórica y en sus valores, ya que considera que solamente se debe manipular el ADN “de modo preventivo y teniendo un verdadero control”.

En la tabla 8 se puede observar que las calificaciones de los alumnos se elevaron de forma considerable en todas las preguntas, incluso en la pregunta 10 que de por sí era una pregunta que en el pretest ya contestaban bien 13 alumnos ahora la contestaron bien los 23 alumnos.

Las preguntas 3 y 9 aún las contestan mal, 6 y 7 alumnos respectivamente, la pregunta 3 aunque es de conocimiento, requiere un nivel de abstracción en el que los alumnos deben imaginarse cómo es que las enzimas cortan el ADN, algo que no se puede ver y sin embargo deben creer en ello por las pruebas bioquímicas que lo avalan. Respecto a la pregunta 9, mencionaron varios alumnos en el cuestionario de autoevaluación que les pareció que hizo falta ver con mayor detalle lo referente a la terapia génica, que lo vimos muy rápido. En la octava sesión vimos juntos los temas de Plantas y animales transgénicos y Terapia génica, por lo que es mucha información para trabajarla en una sola clase, por tanto, es más difícil que les quede claro cada tema y puedan comprenderlo con profundidad.

Las preguntas 1 y 6 las contestaron medianamente 7 alumnos respectivamente. En la pregunta 1 siguen refiriéndose a la descripción de la ingeniería genética utilizando la definición de lo que saben que se realiza en la genética en general y no lo que se refiere exclusivamente a la ingeniería genética. La pregunta 6 es una pregunta de análisis por tal razón se requiere una discusión más profunda en la clase en la que todos intervengan para que a todos les quede claro cuál es la razón de utilizar plásmidos o virus en la ingeniería genética.

Autoevaluación

En el cuestionario de autoevaluación que se aplicó en esta etapa, se pudo observar, al igual que en la primera intervención (etapa de prueba), que el variar las actividades realizadas en clase partiendo de los estilos de aprendizaje y sus inteligencias múltiples, procurando además involucrar a todos en las actividades realizadas, es muy motivante para los alumnos, lo que facilita que presten mayor atención a la clase porque se sienten involucrados en ella.

A continuación se transcriben algunas opiniones de los alumnos en el cuestionario de autoevaluación:

Autoevaluación

El mismo día que se les aplicó el cuestionario postest, resolvieron un cuestionario de autoevaluación, del cual a continuación se transcriben algunos ejemplos.

1.- ¿Qué aprendí?

Sandra- El tema de ingeniería genética: los procesos que se usan para obtener clones y transgénicos; las razones éticas que se involucran en esta ciencia.

Ilse- Aprendí que la genética nos puede ayudar a mejorar la calidad de los productos, a curar enfermedades.

Guadalupe- Realmente creo que aprendí mucho acerca de la ingeniería genética, cosas que realmente no sabía.

Ana- Cosas y términos nuevos utilizados en la biología además de que reafirme algunos conocimientos.

2.- ¿Qué me gustó?

Diana- Que la profesora utilizó varias actividades didácticas y la clase aunque era la última no se me hacía tediosa.

Sandra- Lo que más me gustó fue el último debate, pues en él mostramos nuestros puntos de vista a favor o en contra de la clonación y los transgénicos. Fue un espacio para expresar.

Stephanie- La dinámica que utilizábamos en clase.

Joaquín- Me gustaron las presentaciones y el material de trabajo que nos daba la profesora.

Guadalupe- De todo el curso me gustó todo, ya que las clases, aparte de interesantes, fueron muy divertidas.

Ana- La forma de trabajar, ya que las clases no eran aburridas y trabajábamos la mayoría de los del grupo.

3.- ¿Qué no me gustó?

Sandra- Que hubiera ocasiones en que nos atrasábamos por la impuntualidad de los compañeros.

Ilse- Que sólo vimos teoría y no realizamos ninguna práctica.

Joaquín- La tarea

Cynthia- Todo en su totalidad me gustó salvo que dejara tarea, aunque no era mucha ni muy laboriosa.

4.- ¿Qué no vimos y me hubiese gustado ver?

Sandra- Si ha habido clonación en humanos.

Ana- En realidad, sí me gustaron todos los temas, pero no me gustó que fuéramos muy rápido, pero todos me gustaron.

Cynthia- Más ejemplos de clonación, hubiera querido ver un ser humano clonado, si lo hay.

Luis- Más a fondo la terapia génica.

5.- ¿Qué vimos y no me interesó ver?

Sandra- Lo de los métodos de obtención de organismos transgénicos y/o clones, porque son muy complicados de entender.

Cynthia- Nada, todo fue muy interesante para mí.

En el qué aprendí, explican los temas los procesos para obtener clones y transgénicos, las razones éticas que se involucran en esta ciencia.

Explican la utilidad que le pueden dar a lo que aprendieron como en el caso de Ilse.

Les gustó la dinámica que utilizamos en clase, las presentaciones, las películas, que la mayoría participara en las actividades, les gustó el debate pues mostraron sus puntos de vista a favor o en contra de la clonación y los transgénicos. Ya que pudieron expresar sus puntos de vista.

No les gustó que sólo viéramos teoría y no realizáramos ninguna práctica, a pesar de que se les explicó que los métodos que se utilizan en ingeniería genética son muy laboriosos, se llevan mucho tiempo y para realizarlos se ocupan diversos aparatos con los que no cuenta el colegio. Además de que varios de los métodos, incluso en los institutos se llevan a cabo de forma automatizada.

Se les hacen difíciles los métodos de obtención de organismos y/o clones, pues son muy laboriosos.

No les gustó ver el tema de ADN, porque mencionan que ya lo habían visto. Aunque en la fase de prueba ya había sucedido lo mismo, que no les gustó que fuéramos hilando los nuevos conocimientos con los anteriores en lo referente al tema del ADN, lo volvimos a hacer así, porque es el punto de anclaje con sus conocimientos previos, aunque es posible que este punto se pueda subsanar si el profesor que les da el tema de ingeniería genética es el mismo que les dio durante todo el semestre, entonces el punto de anclaje será más coherente con lo que ya se vio previamente, en los temas anteriores.

Análisis estadístico

Para evaluar estadísticamente, la diferencia entre el pretest y el postest se aplicó una t de Student para datos pareados, que arrojó los siguientes resultados:

	Media	desviación estandar	N	t de Student	p (probabilidad)
Pretest	3.630435	1.298753	23		

Postest	8.260870	1.009833	23		
	Diferencia entre las medias = - 4.63043			t= - 11.710822	p= .0000001

La media del postest es significativamente mayor que la media del pretest, la desviación estandar para el postest es menor que la desviación estandar del pretest. El valor de la t es altamente significativo, por lo que se puede afirmar que la estrategia de intervención educativa, tuvo un efecto altamente benéfico en los conocimientos adquiridos por los alumnos.

4.3 Fase de Comparación o Contraste (ciclo lectivo 2008-2)

Esta etapa de intervención corrió por cuenta de un profesor del CCH N (profesor B). Como ya se mencionó con anterioridad, su intervención consistió en dejar de tarea a los alumnos que buscaran una noticia acerca de algún tema referente a la ingeniería genética y sus aplicaciones, y con base en esa noticia desarrollaran los temas implicados en ella y elaboraran un trabajo de forma individual, para entregarlo.

Cuestionario pretest y postest

Los resultados que se obtuvieron al aplicar tanto el pretest como el postest y la diferencia entre ambos, se pueden observar en la tabla 9.

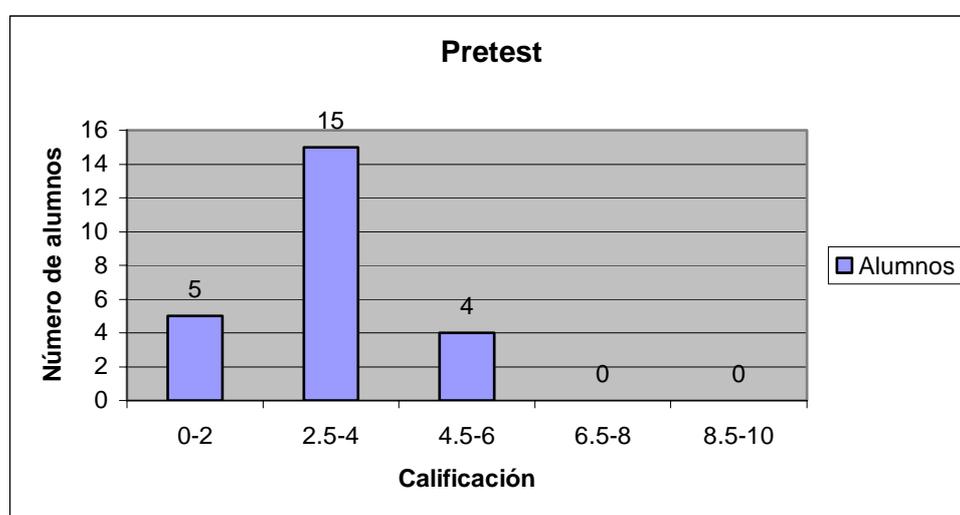
Alumno	pretest	postest	Diferencia entre el pretest y el postest.
Mariana	6.0	7.0	1.0
Miguel	5.0	6.0	1.0
Alejandra	4.5	6.5	2.0
José	4.5	6.5	2.0
Misael	4.0	5.0	1.0
Lucero	4.0	6.5	2.5
Adriana	3.5	3.5	0
Francisco	3.5	4.5	1.0
Fabiola	3.0	4.0	1.0
Melissa	3.0	4.0	1.0
Julio	3.0	3.5	0.5
Karla	3.0	3.5	0.5
Alma	3.0	4.5	1.5
Janeth	2.5	3.5	1.0
Bárbara	2.5	3.5	1.0
Arturo	2.5	4.0	1.5
Gabriela	2.5	4.5	2.0
Stephanie	2.5	6.0	3.5
Adolfo	2.5	6.0	3.5
Cynthia	2.0	2.5	0.5
Rosa	2.0	3.5	1.5
Leslie	1.5	3.0	1.5

Guadalupe	1.5	4.5	3.0
Maria	1.0	4.5	3.5
PROMEDIO	3.0	4.6	1.6

Tabla 9. Calificaciones obtenidas en el cuestionario para evaluar sus aprendizajes disciplinarios en diferentes momentos: pretest, postest y diferencia entre ambos. Grupo 429-B, Ciclo lectivo 2008-2.

Pretest

En el pretest, como podemos observar en la gráfica 10, 5 alumnos obtuvieron una calificación ubicada entre 0 y 2, 15 alumnos obtuvieron una calificación entre 2.5 y 4, y 4 alumnos obtuvieron una calificación entre 4.5 y 6.



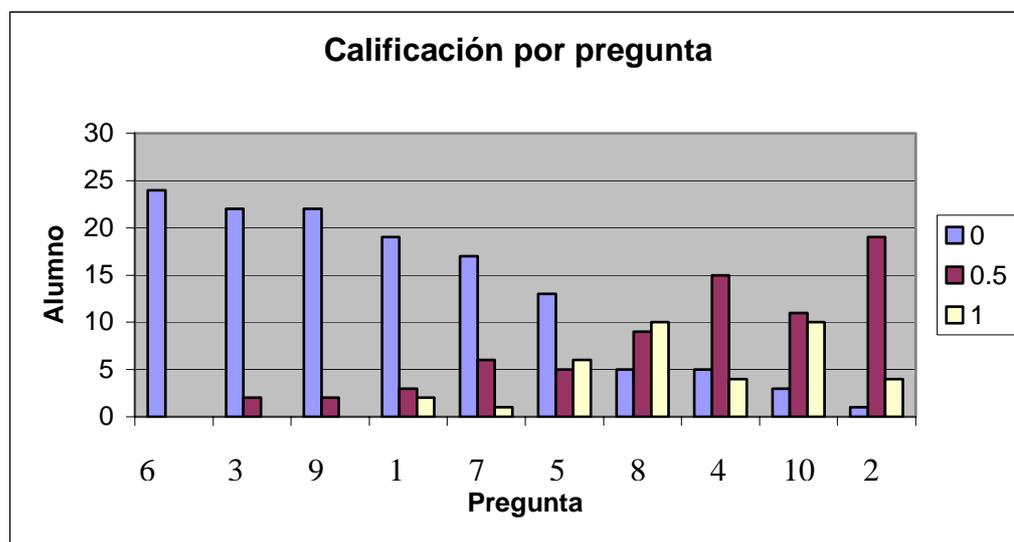
Gráfica 10. Calificaciones obtenidas por los alumnos del grupo 429-B, en el cuestionario pretest, acerca del tema “la ingeniería genética y sus aplicaciones”, el 25 de enero del 2008, durante el ciclo lectivo 2008-2.

En la tabla 10 y gráfica 11, se puede observar que en el pretest, una mayor cantidad de alumnos tuvo mal la pregunta 1, 3, 5, 6, 7 y 9. La pregunta 2, 4 y 10 tuvieron un mayor número de alumnos que las contestaron en un 50 % bien. Aproximadamente la mitad de los alumnos contestaron de forma acertada las preguntas 8 y 10.

Número de pregunta	Calificación		
	0	0.5	1
6	24	0	0
3	22	2	0
9	22	2	0
1	19	3	2
7	17	6	1
5	13	5	6

8	5	9	10
4	5	15	4
10	3	11	10
2	1	19	4

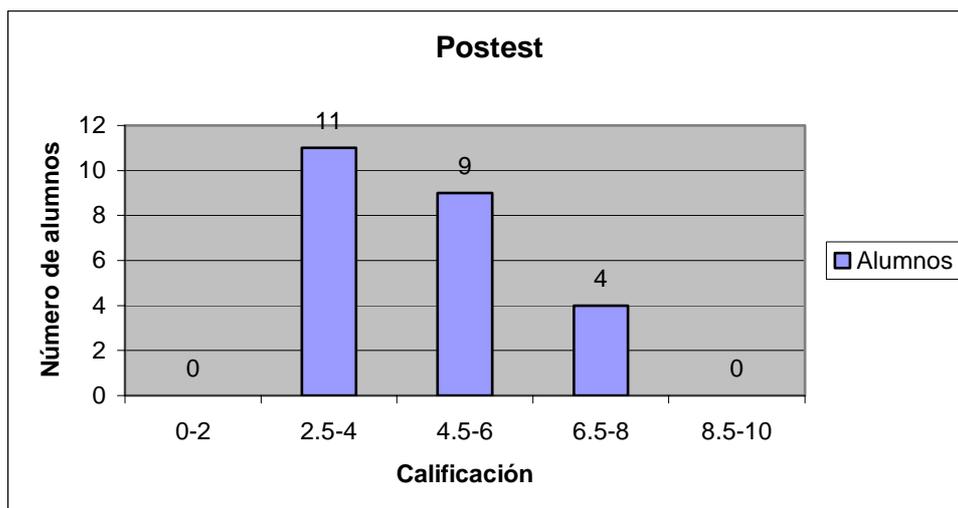
Tabla 10. Calificación obtenida por los alumnos del grupo 429-B, para cada una de las preguntas en el pretest, el 25 de enero de 2008, durante el ciclo lectivo 2008-2. El 0 corresponde a que la respuesta estuvo mal o a que no la contestaron, el 0.5 corresponde a que la pregunta fue contestada en un 50% y el 1 corresponde a que la respuesta fue contestada de forma correcta.



Gráfica 11. Calificaciones obtenidas por pregunta en el pretest, por el grupo 429-B el 25 de enero del 2008.

Postest

En el postest sus calificaciones mejoraron, en la gráfica 12 podemos observar que, 11 alumnos obtuvieron una calificación entre 2.5 y 4, 9 alumnos obtuvieron una calificación entre 4.5 y 6, y finalmente cuatro alumnos obtuvieron una calificación entre 6.5 y 8.

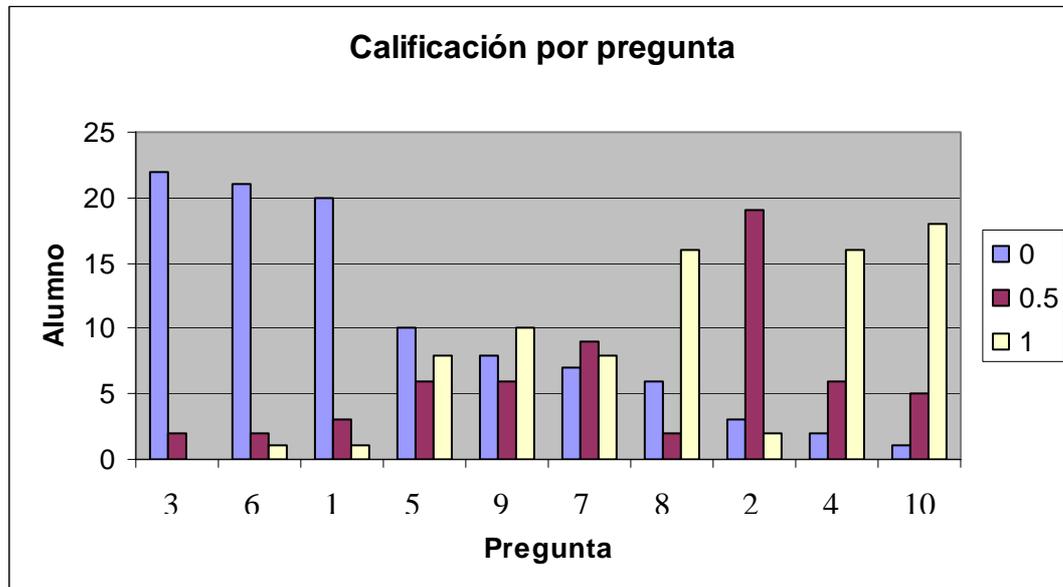


Gráfica 12. Calificaciones obtenidas por los alumnos del grupo 429-B, en el cuestionario postest, acerca del tema “la ingeniería genética y sus aplicaciones”, el 24 de marzo del 2008, durante el ciclo lectivo 2008-2.

En la tabla 11 y gráfica 13, podemos observar que: la mayoría de los alumnos no contestaron bien las preguntas 1, 3, 5 y 6; la mayoría contestó en un 50 % bien la pregunta 2 y un mayor número de alumnos contestaron bien la pregunta 4, 8, 9 y 10.

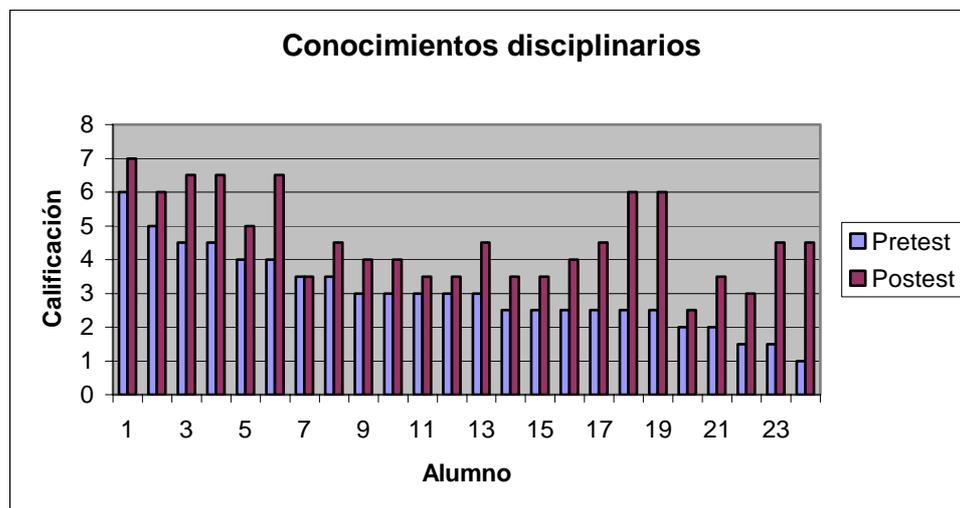
Número de pregunta	Calificación		
	0	0.5	1
3	22	2	0
6	21	2	1
1	20	3	1
5	10	6	8
9	8	6	10
7	7	9	8
8	6	2	16
2	3	19	2
4	2	6	16
10	1	5	18

Tabla 11. Calificación obtenida por los alumnos del grupo 429-B, para cada una de las preguntas en el postest, el 24 de marzo de 2008, durante el ciclo lectivo 2008-2. El 0 corresponde a que la respuesta fue incorrecta o a que no la contestaron, el 0.5 corresponde a que la pregunta fue contestada en un 50% y el 1 corresponde a que la contestaron de forma correcta.

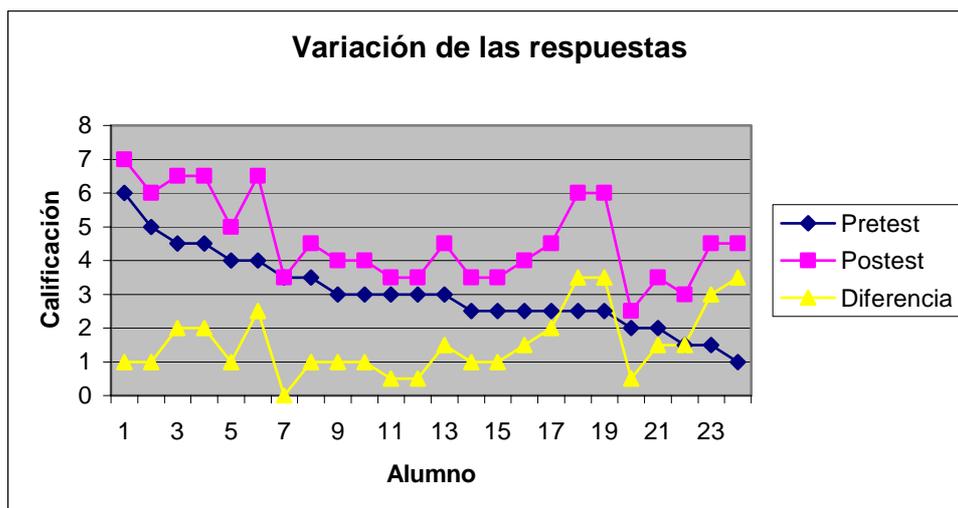


Gráfica 13. Calificaciones obtenidas por pregunta en el postest, en el grupo 429-B el 24 de marzo de 2008.

En las gráficas 14 y 15, se puede observar que si hay diferencia en cuanto a la calificación que obtuvieron en el pretest y la del postest, con la excepción de una alumna que obtuvo la misma calificación en ambos test, la mayoría tuvo de 1 a 2 puntos más en el postest, en promedio hubo una diferencia de 1.6 aciertos (tabla 9).



Gráfica 14. Calificaciones obtenidas por 24 alumnos del grupo 429-B del CCHN en pretest y postest, acerca de los conocimientos de la “La ingeniería genética y sus aplicaciones”,



Gráfica 15. Calificaciones obtenidas en el cuestionario para evaluar sus aprendizajes disciplinarios en diferentes momentos: pretest, postest y diferencia entre ambos. Grupo 429-B, ciclo lectivo 2008-2.

Análisis estadístico

Para evaluar la diferencia entre el pretest y el postest se aplicó una t de Student para datos pareados que arrojó los siguientes resultados:

	Media	desviación estandar	N	t para datos pareados	p (probabilidad)
Pretest	3.041667	1.178767	24		
Posttest	4.604167	1.285193	24		
	Diferencia entre las medias = - 1.56250			t= - 7.62879	p= .0000001

La media del postest es mayor que la media del pretest, la desviación estandar para el postest es mayor que la desviación estandar del pretest. El valor de la t es significativo, por lo que se aprecia que los alumnos si manifestaron mayor conocimiento en el postest respecto al pretest.

Análisis estadístico comparativo

Para evaluar la diferencia entre la segunda intervención y la intervención del profesor B, se aplicó una t de Student para muestras independientes, que arrojó los siguientes resultados:

Grupo	ciclo lectivo	Media	valor de t	p
429-B	2008-2	1.489362		
335-A	2008-1	3.063830		
			-4.88542	.000004

La media del grupo que se atendió en la segunda intervención es significativamente mayor que la media del grupo que atendió el profesor B, y el resultado de la t es altamente significativo por lo que se puede señalar que la

estrategia que se diseñó y aplicó en el grupo 335-A, favoreció que los alumnos manifestaran un mayor conocimiento en el postest, acerca del tema “la ingeniería genética y sus aplicaciones”, con respecto al conocimiento que manifestaron los alumnos del grupo 429-B que atendió el profesor B.

Por tanto se puede señalar que el diseñar una estrategia de enseñanza previa a la intervención educativa, por parte del profesor, el aplicarla y facilitar que los alumnos participen en el proceso de aprendizaje de forma activa, arroja mucho mejores resultados que si dejamos a los alumnos que ellos solos adquieran el aprendizaje, claro que los alumnos que trabajan responsablemente si incrementan sus conocimientos, aunque si el profesor les proporciona el andamiaje para que adquieran dicho conocimiento este se incrementa de forma significativamente mayor y además les facilita el proceso.

CONCLUSIONES

Al finalizar el presente trabajo y retomando el problema que le dio origen “¿Cómo hacer que los estudiantes de bachillerato logren un mejor aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones? “, se puede argumentar lo siguiente:

El haber desarrollado la presente investigación desde la perspectiva de la investigación acción, interviniendo en dos ocasiones, cada una de ellas, en un grupo distinto dio la posibilidad de ir mejorando la estrategia de E-A.

La primera intervención permitió corregir algunos errores, que se tomaron en cuenta para el diseño de la segunda intervención, como el aplicar los test de estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples al inicio del ciclo lectivo, ya que de ese modo se obtuvo información para saber sobre las diversas formas en que aprenden los alumnos. Lo que se tomó como punto de partida para el diseño de la estrategia que se iba a aplicar en el aprendizaje de la ingeniería genética, en la segunda intervención educativa, favoreciendo que fuesen tomados en cuenta todos los alumnos y que las clases fueran dinámicas, ya que una de las principales ideas del presente trabajo fue considerar al alumno como parte fundamental del proceso de E-A.

En el caso de las inteligencias múltiples, el dejar que ellos eligieran el tipo de ejercicio a desarrollar para aplicar lo visto en cada sesión, facilitó el que se sintieran con la libertad para desarrollar sus inteligencias, sin ningún tipo de presión, el manejarlas para que realizaran actividades y que ellos estuvieran concientes de cuáles tienen desarrolladas y de la posibilidad de que desarrollen en alguna medida otras más, favoreció en parte el que tomaran conciencia de la mejor forma que tienen de aprender, y como consecuencia se logró motivar a los alumnos, ya que se tomó en cuenta cómo aprenden respetando las diferencias.

Asimismo, la intervención con el grupo 335-A, constituyó un estudio de caso en el que, la diferencia entre el pretest y el postest fue altamente significativa, ya que el postest, arrojó calificaciones muy satisfactorias, de igual forma el aprovechamiento fue muy bueno, lo que se pudo apreciar en las participaciones en clase y en los ejercicios que realizaban en casa del tema visto en cada sesión.

Al comparar los resultados obtenidos en el grupo que constituyó la segunda intervención y el del profesor B, se obtuvo una diferencia altamente significativa al utilizar la prueba t de Student para muestras independientes, a favor de la segunda intervención de la autora del presente trabajo, que puede ser atribuida a los siguientes factores: en principio como ya se mencionó, se partía de un ensayo previo en el que se tuvo una primera experiencia de E-A, del tema en cuestión, que sirvió para hacer ajustes y corregir algunos detalles, por lo que para la segunda intervención se diseñó una estrategia en la que se tomó en cuenta: los momentos en que tocaba intervenir al profesor, la participación de los alumnos, la selección y el diseño de las actividades a realizar en el aula, que en este trabajo de investigación fueron enfocadas tomando en cuenta sus tipos de preferencia cognoscitiva y sus inteligencias, también se tomó como punto de partida sus conocimientos previos y se trató de facilitar un aprendizaje en el que hubo una interacción continua entre los alumnos, y se trató de promover el que desarrollaran actividades a libre elección, con la

doble finalidad de desarrollar sus inteligencias múltiples y la aplicación del conocimiento obtenido, acerca de la ingeniería genética y sus aplicaciones.

La intervención del profesor B, consistió en dejarles desarrollar un trabajo en base a una noticia acerca del tema en cuestión, que ellos localizaran en algún medio.

Al comparar ambas estrategias, y recordando lo que Vigotsky menciona al respecto (citado por Coll, 1995), que hay una diferencia entre lo que el alumno es capaz de hacer y de aprender por sí solo y lo que es capaz de hacer y de aprender con la ayuda de otras personas, que en este caso debe ser la ayuda de su profesor(a), y que es a lo que él llama Zona de Desarrollo Próximo, que incluso puede ser ampliada según la ayuda prestada, hasta que finalmente el alumno es capaz de adquirir por sí mismo el aprendizaje que en un principio adquirió con la ayuda de otro(s), como sus profesores y sus compañeros de clase.

Aunque no se puede discriminar si los efectos de este estudio de caso son atribuibles, en mayor medida, a alguna de las ideas de la intervención de la autora del presente trabajo, ya que no se puede asegurar si tuvo mayor efectividad el tomar en cuenta las inteligencias y los estilos de aprendizaje, o si fue el material atractivo o el dejar a los alumnos que intervinieran, no se puede asegurar qué fue más importante. Si al diseñarse estrategias de E-A semejantes se reproducen niveles de aprendizaje como los observados en este trabajo, se habrá ratificado que las bases en las inteligencias múltiples y en los estilos de aprendizaje constituyen buenos cimientos en el diseño del trabajo de enseñanza aprendizaje en ciertos contextos.

Respetando los tiempos asignados para cada tema sin extendernos de más en algún tema en específico, así como planeando las estrategias que se van a llevar a cabo en cada clase previamente, nos permite coordinar de una forma más adecuada las actividades que corresponden a los alumnos y las que nos corresponden a los profesores. Dando como resultado una mejora sustancial en su aprovechamiento académico.

Una de las formas que resultó eficiente para involucrar más a los alumnos en el proceso de enseñanza aprendizaje fue basarse en la teoría constructivista del aprendizaje, ya que favoreció el que los alumnos fueran menos receptores y más activos en la apropiación del conocimiento.

Finalmente se puede inferir que el trabajo que se realizó con base en el modelo de las inteligencias múltiples los estilos de aprendizaje y en la teoría constructivista del aprendizaje y recogiendo los resultados de los test parece ser que cuando tomamos en consideración estas ideas el aprendizaje resulta de un alto nivel y esperaríamos que los resultados de otras investigaciones semejantes ratifiquen que si es útil tomar en cuenta estas teorías.

No habrá de omitirse el clima de libertad que favorezca el interés del estudiante.

RECOMENDACIONES

En este trabajo resultó adecuado tomar en cuenta los sistemas de representación favorita y los tipos de inteligencias de los alumnos. Es de esperar que si se consideran estos aspectos desde el inicio del semestre y para cada tema que se vea, se mejore significativamente el aprendizaje en los alumnos. Además de que es muy importante que los profesores nos actualicemos de forma continua, tanto en nuestra disciplina como en lo pedagógico, para que por un lado, sigamos dominando nuestra disciplina y por el otro podamos coordinar actividades adecuadas para favorecer el aprendizaje en cada una de sus modalidades y de acuerdo a las características específicas de cada uno de los alumnos. En esta perspectiva se promueve que les proporcionemos un conocimiento actualizado y se evita que por la falta del dominio profundo y actual de los temas que se indican en el programa que nos asigna la institución, se dejen de lado, en detrimento de su formación.

Bibliografía

- **Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. y D. Watson J.** (1996). *Biología Molecular de la Célula* (3ª ed.). España: ediciones Omega, S.A.
- **Balbás, P.** (2002). *De la biología molecular a la biotecnología*. México: Trillas.
- **Bolívar, F. G.** (coord.). (2004). *Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna*. Colegio Nacional. México.
- **Bolívar, F. G.** (coord.). (2003). *Recomendaciones para el desarrollo y consolidación de la biotecnología en México*. Consejo Nacional de Ciencia y Academia Mexicana de Ciencias. México.
- **Bonfil, M.** *50 años de la doble hélice. La molécula más bella del mundo. ¿Cómo ves?* México.
- **Curtís, H. y Barnes, N.S.** (1996). *Invitación a la Biología* (5ª ed.). Madrid: Panamericana.
- **Curtís, H. y Barnes, N.S.** (2005). *Biología* (6ª ed.). España: Médica Panamericana.
- **Hamoir, G.** (1992). *The discovery of meiosis by E. Van Beneden, a Breakthrough in the morphological phase of heredity*. Int. J. Dev. Biol. 36. 9-15.
- **Ísita, R.** (2001). *El camino al descubrimiento del ADN*. México: ¿Cómo ves? Edición especial sobre las ciencias del genoma. No. 3, diciembre, pp. 31-33.
- **Jiménez, L. F., Ruiz, Argueta, Núñez, Quiroz, Delgadillo, Chacón, Saldaña y Hernández** (2006). *Conocimientos fundamentales de Biología*. México. UNAM, Pearson educación.
- **Ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados.** 18 de marzo del 2005.
- **Meraz, M. A.** (2005). *Biomedicina en el siglo XXI*. Ciencia y desarrollo, 01-03-05, Vol. 30, No. 180, México, pp.14-19.
- **Muñiz, E., Velasco, T., Albarracín, C., Correa, M., de Juana, C., Morales, M. J., Lunar, R., Jiménez, Ma. J., Rodríguez, M. y Baca, L.** (2000). *Biología*. México: Mc Graw-Hill.
- **Mullis, K. B.** (1990). *The Inusual Origin of the Polymerase Chain Reaction*. Scientific American, pp. 36-43.

- **Postel, V. y Millet, A.** (1997). *¿Qué tal Dolly?* Mundo científico 180, pp.534-547.
- **Purves, W. K., Sadava, D., Orians, G., y Craig, H.** (2002). *Vida. La Ciencia de la Biología* (6ª ed.). México: Editorial Médica Panamericana.
- **Searle de México, S.A. DE C. V.** *Premios Nobel en Medicina y Fisiología.* Editorial Circuito Farmacéutico. S.A. de CV.
- **Soberón, F. X.** (2003). *La ingeniería genética, la nueva biotecnología y la era genómica* (3ª ed.). México: Fondo de cultura económica. La ciencia para todos, No.145.
- **Starr-Taggart** (2004). *Biología. La unidad y diversidad de la vida* (10ª ed.). México: Thomson editores.
- **Steinman, L.** (1993). *Autoinmunidad.* Investigación y Ciencia. pp., 69-77.
- **Strauch, M. M.** (1989). *Historia de la biotecnología.* Ciencia y desarrollo, vol. XIV, núm. 84, pp. 19-32.
- **Vásquez, G.** (2007). *Terapia génica en enfermedades autoinmunes.* *New England Journal of Medicine.* Artículo por HealthDay, traducido por Hispanicare, ScoutNews, LLC.
- **Velasco, J. M., López, R., Romero, T., y Salamanca, N. C.** (2002). *Biología* 2º de Bachillerato. México: Editex.
- **Vidal, J. R.** (1992). *Historia de la genética Herederos de Mendel.* México: Muy interesante, edición especial. No. 10. pp. 22-27.

http://www.cibiogem.gob.mx/normatividad/ley_bioseguridad.html

<http://www.ciepac.org/biodiversity/leybioseg.htm>

<http://www.dnai.org>

<http://microarrays.ifc.unam.mx/principal.html>

Wikipedia, la enciclopedia libre.

ANEXOS

I. ESTRATEGIA DIDÁCTICA

I-A. PRIMERA INTERVENCIÓN (Ciclo lectivo 2007-1)

BIOLOGÍA: 1

TERCERA UNIDAD.

¿CÓMO SE TRANSMITE Y MODIFICA LA INFORMACIÓN GENÉTICA EN LOS SISTEMAS VIVOS?

Objetivos.

Describe la tecnología del ADN recombinante y sus aplicaciones

Tema II. LA INGENIERÍA GENÉTICA Y SUS APLICACIONES.

1ª Sesión.

CONTENIDOS	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	SITUACIONES DE APRENDIZAJE	EVALUACIÓN
<p>SUBTEMA 1. Aspectos generales de la Tecnología del ADN recombinante</p>	<p>CONCEPTUALES Describe la tecnología del ADN recombinante y sus aplicaciones.</p> <p>PROCEDIMENTALES Poner atención a la presentación acerca del tema. Participar de forma oral. Preguntar dudas acerca del tema. Tomar notas, de lo que les parezca más importante.</p> <p>ACTITUDINALES Prestar atención a la presentación acerca del tema. Participar de forma comprometida en las actividades de forma individual y grupal.</p>	<p>APERTURA Resolver un test para detectar estilos de aprendizaje. Lluvia de ideas por parte de los alumnos, para detectar conocimientos previos e intereses acerca del tema en cuestión.</p> <p>DESARROLLO Presentación acerca del tema (profesora), con la participación de los alumnos.</p> <p>CIERRE Resumen oral de forma grupal, acerca del tema expuesto. Contestar un cuestionario.</p>	<p>DIAGNÓSTICA Participación oral y escrita en las actividades.</p> <p>FORMATIVA Pertinencia de las actividades. Atención y compromiso en la clase.</p> <p>SUMATIVA Participación oral en el cierre del tema. Realización del cuestionario.</p>

BIOLOGÍA: 1

TERCERA UNIDAD. ¿CÓMO SE TRANSMITE Y MODIFICA LA INFORMACIÓN GENÉTICA EN LOS SISTEMAS VIVOS?

Tema II. LA INGENIERÍA GENÉTICA Y SUS APLICACIONES.

Objetivos.

Valora las implicaciones de la manipulación genética.

Valora las implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos.

2ª Sesión.

CONTENIDOS	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	SITUACIONES DE APRENDIZAJE	EVALUACIÓN
<p>SUBTEMA 2. Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: organismos transgénicos, terapia génica.</p> <p>SUBTEMA 3. Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos.</p>	<p>CONCEPTUALES</p> <p>1.- Comentar en que organismos se lleva a cabo la manipulación genética.</p> <p>2.- Indicar las implicaciones de la manipulación genética.</p> <p>3.- Identificar los beneficios de la terapia génica.</p> <p>4.- Reconocer las implicaciones bioéticas del proyecto genoma Humano y la clonación de organismos.</p>	<p>APERTURA</p> <p>1.- Preguntas generadoras y lluvia de ideas para seleccionar aportaciones referentes a las aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: organismos transgénicos y terapia génica.</p> <p>DESARROLLO</p> <p>Presentación acerca de la manipulación genética y de los organismos transgénicos (profesor). Formar dos equipos de alumnos en los que se haga un debate sobre las implicaciones a favor y en contra de la manipulación genética: utilizando el listado de organismos transgénicos y en los que se hace terapia génica.</p> <p>Formar 4 equipos en los que se discuta sobre dilemas éticos.</p>	<p>DIAGNÓSTICA</p> <p>Participación Oral y escrita.</p> <p>FORMATIVA</p> <p>Pertinencia de las actividades realizadas.</p> <p>Participación en el debate grupal y en el trabajo por equipo.</p> <p>SUMATIVA</p> <p>Integración de conceptos, sobre las aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: Cierre grupal y realización del cuestionario.</p>

	<p>PROCEDIMENTALES Elaborar un listado de organismos en los que se lleva a cabo la manipulación genética y terapia génica (alumnos). Elaborar un cuadro comparativo de las implicaciones a favor y en contra de la manipulación genética (alumnos). Resolver por equipo, problemas planteados sobre algunos dilemas éticos. Resolver cuestionario (alumnos).</p> <p>ACTITUDINALES Valorar las implicaciones de la manipulación genética. Valorar las implicaciones bioéticas del proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos.</p>	<p>CIERRE Conclusión grupal sobre las aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética. Los alumnos contestaran un cuestionario acerca del tema.</p>	
--	--	---	--

DILEMAS ÉTICOS¹

- 1.- Aun cuando el derecho al aborto está garantizado en muchos países, la decisión nunca es fácil. Imagínate que puedes saber con exactitud desde el comienzo de la gestación de tu hijo:
 - a) morirá al cabo de nueve meses, por atrofia muscular espinal
 - b) sufrirá toda la vida de fibrosis quística, enfermedad crónica muy dolorosa, y morirá a los 20 años
 - c) sufrirá la corea de Huntington a la edad de 40 años y morirá a los 50
 - d) sufrirá la enfermedad de Alzheimer a los 60 años.
 - e) será sordo congénito
 - f) padecerá enanismo, aunque será normal en todos los aspectos restantes.
 - g) tendrá predisposición a sufrir estados agudos maníaco-depresivos, que se controlarán solo parcialmente con medicación.
- ¿En qué casos abortarías? (supón que eres joven y que puedes tener más hijos en el futuro si así lo deseas). Indistintamente a la elección que hagas, ¿lo considerarías poco ético si lo hiciera otra pareja? ¿Qué principios crees que subyacen en tu elección?

- 2. Supón que puedes saber con seguridad que sufrirás:
 - a) corea de Huntington a los 40 años;
 - b) enfermedad de Alzheimer a los 60.
 - ¿Te gustaría saberlo?
 - ¿Esto cambiaría tu vida?

¹ Dilemas éticos tomados de: Curtís, H. y Barnes, N. S. (1996).

- 3. ¿ Deben las compañías de seguros tener derecho a:
 - a) ¿gravar las pólizas con cuotas más altas a los individuos con alto riesgo de enfermedad genética?
 - b) ¿conocer los resultados de las pruebas de diagnosis genéticas?
 - c) ¿excluir de las pólizas a los niños cuya diagnosis prenatal demuestra que padecerán una enfermedad genética aguda?

- 4. Supón que el 10 por ciento de los trabajadores está especialmente predispuesto a un cáncer inducido por un producto químico industrial. Tiene el empresario:
 - a) ¿la obligación de velar por la seguridad de esta minoría?
 - b) ¿el derecho de obligarlos a una prueba-diagnosis antes de contratarlos?
 - c) ¿el derecho de no contratar a estos trabajadores?
 - d) ¿el derecho de hacerles pagar un seguro médico suplementario?
 - ¿Variaría tu respuesta si la minoría fuera del 1 % de los trabajadores ó del 40% de los trabajadores?

I. ESTRATEGIA DIDÁCTICA

I-B. SEGUNDA INTERVENCIÓN (Ciclo lectivo 2008-1)

BIOLOGÍA I

TERCERA UNIDAD. ¿CÓMO SE TRANSMITE Y MODIFICA LA INFORMACIÓN GENÉTICA EN LOS SISTEMAS VIVOS?

TEMA II. LA INGENIERÍA GENÉTICA Y SUS APLICACIONES

OBJETIVOS GENERALES

Para el tema II. La ingeniería genética y sus aplicaciones, en el programa indicativo, se plantean como objetivos educativos que el alumno:

- Relacione los conocimientos adquiridos sobre la tecnología del ADN recombinante con algunas aplicaciones de la manipulación genética.
- Aplique habilidades, actitudes y valores para la obtención, comprobación y comunicación del conocimiento, al llevar a cabo investigaciones.
- Desarrolle una actitud científica, crítica y responsable ante el avance y aplicación de los conocimientos biológicos en el campo de la genética.
- Desarrolle actitudes y valores relativos a una relación armónica con la naturaleza al asumir que comparte aspectos con los demás sistemas vivos².

OBJETIVOS PARTICULARES

El alumno:

- Describe la tecnología del ADN recombinante y sus aplicaciones.
- Valora las implicaciones de la manipulación genética.
- Valora las implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos

² Programa de estudios de biología I a IV. Universidad Nacional Autónoma de México Colegio de Ciencias y Humanidades. Área de Ciencias Experimentales, México 2005.

OBJETIVOS PARA TODA LA UNIDAD 3.

El alumno:

- Aplica habilidades, actitudes y valores al llevar a cabo actividades documentales y experimentales que contribuyan a la comprensión de la transmisión y modificación de las características hereditarias.
- Aplica habilidades, actitudes y valores para comunicar de forma oral y escrita la información derivada de las actividades realizadas.

TERCERA UNIDAD

¿CÓMO SE TRANSMITE Y MODIFICA LA INFORMACIÓN GENÉTICA EN LOS SISTEMAS VIVOS?

PROPÓSITO: Al finalizar la Unidad, el alumno identificará los mecanismos de transmisión y modificación 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.

MARCO TEÓRICO

Tema II. La ingeniería genética y sus aplicaciones.

Subtema II.1. Aspectos generales de la Tecnología del ADN recombinante.

II.1.1. Repaso histórico

II.1.2. Tecnología del ADN recombinante.

1ª PCR

2ª Secuenciación automatizada del ADN

3º Microarreglos

4º Hibridación del ADN

Subtema II.2. Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: Organismos transgénicos, terapia génica.

II.2.1. Plantas y animales transgénicos.

II.2.2. Terapia génica

Subtema II.3. Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos.

II.3.1. Proyecto Genoma Humano.

II.3.2. Aspectos éticos y legales.

BIOLOGÍA I

FECHA: 1ª sesión y 2ª sesión, se llevaron a cabo el 14 y 16 de Agosto de 2007, respectivamente. (2 horas cada sesión).

Introducción al curso:

Las dos sesiones se utilizaron para informar a los alumnos acerca del propósito de la presente investigación, así como para presentar los objetivos que se pretendían lograr durante el tema del curso que trabajaría con ellos, las estrategias de enseñanza-aprendizaje que se seguirían, y la forma de evaluar. También se hizo un encuadre del tema, utilizando mapas conceptuales para ubicar a los alumnos en la temática que se pretendía abordar en las sesiones que su profesor permitió trabajar con ellos.

Los alumnos resolvieron un test sobre estilos de aprendizaje y un cuestionario de inteligencias múltiples³, que ayudaron al diseño final de las estrategias planeadas para el tema dos de la tercera unidad del curso de Biología 1, con la finalidad de promover el desarrollo de sus inteligencias.

Abanico de tareas que se propusieron, como parte de las actividades para que los alumnos desarrollaran sus inteligencias múltiples: un cuento acerca de lo visto en la clase (en forma de tira cómica); una canción; un poema; una maqueta; un dibujo; una carta dirigida a una persona a la que aprecien o un mapa conceptual o mental; un ensayo; un acróstico; un crucigrama; una sopa de letras.

³ Tomado de: Contreras O. y del Bosque A. E. (2004). *Aprender con estrategia. Desarrollando mis inteligencias múltiples*. Editorial Pax México.

3ª sesión

FECHA: 14 de noviembre del 2007 (2 horas).

OBJETIVO: Los alumnos valorarán las aportaciones de los científicos en los avances logrados acerca del conocimiento de la genética y sus aplicaciones.

CONTENIDO TEMÁTICO	ESTRATEGIAS	EVALUACIÓN	BIBLIOGRAFÍA
<p>Tema II. La ingeniería genética y sus aplicaciones.</p> <p>II.1. Aspectos generales de la Tecnología del ADN recombinante.</p> <p>II.1.1. Repaso histórico</p>	<p>Los alumnos resolverán un pretest, acerca del tema "la ingeniería genética y sus aplicaciones".</p> <p>Se proporcionará a los alumnos, material bibliográfico acerca de diversos autores que contribuyeron al conocimiento de la genética.</p> <p>Los alumnos harán una línea de tiempo por equipo, en la que ilustrarán una secuencia histórica de las aportaciones realizadas por los científicos.</p> <p>Junto con los alumnos, haremos un repaso histórico, acerca de las aportaciones hechas por los científicos al conocimiento de la genética. Utilizando la proyección de una presentación acerca del tema (previamente elaborada) y la línea del tiempo elaborada por los alumnos, como material de apoyo.</p> <p>Finalmente se hará un resumen grupal acerca de las principales aportaciones al desarrollo de la genética.</p> <p>Se dejará de tarea a los alumnos que elijan, para elaborar de forma personal, entre cualquiera de los ejercicios propuestos en el abanico de tareas, en el que plasmen lo visto en la clase.</p>	<p>Revisión y calificación de: línea de tiempo.</p> <p>-Participación individual y por equipo, en cada actividad.</p> <p>- Elaboración del ejercicio que elijan hacer de tarea, de forma individual.</p> <p>- Pertinencia de las actividades realizadas.</p>	<p>Bonfil M. <i>50 años de la doble hélice. La molécula más bella del mundo. ¿Cómo ves?</i> No. 10, pp. 10-16.</p> <p>Curtis, H. y Barnes, N.S. (2005). <i>Invitación a la Biología</i>, 6ª ed. Madrid: Médica Panamericana.</p> <p>Ísita R. (2001). <i>El camino al descubrimiento del ADN. ¿Cómo ves?</i> Edición especial sobre las ciencias del genoma, No. 3, diciembre, pp. 31-33.</p> <p>SEARLE de México. <i>Premios Nobel de Fisiología y Medicina</i> (1962). <i>Descubrimiento de la estructura del ADN</i>. S.A. de C. V. Editorial Circuito Farmacéutico. S.A. de CV, PP. 9-23.</p> <p>Vidal J. R. (1992). <i>Historia de la genética Herederos de Mendel</i>. Muy interesante, edición especial. No. 10, pp. 22-27.</p>

4ª sesión (16 de noviembre de 2007 (1 hora)).

5ª sesión (21 de noviembre de 2007 (2 horas)).

OBJETIVO: Describe la tecnología del ADN recombinante y sus aplicaciones.

CONTENIDO TEMÁTICO	ESTRATEGIAS	EVALUACIÓN	BIBLIOGRAFÍA
<p>II.1. Aspectos generales de la Tecnología del ADN recombinante.</p> <p>II.1.2. Tecnología del ADN recombinante.</p> <p>1ª PCR</p> <p>2ª Secuenciación automatizada del ADN</p> <p>3º Microarreglos</p> <p>4º Hibridación del ADN</p>	<p>Iniciará la clase con la lectura, por parte de los alumnos, de algunos de los ejercicios que realizaron de tarea, acerca de la revisión histórica de las aportaciones hechas a la genética.</p> <p>Se explicará a los alumnos aspectos generales de la tecnología del ADN recombinante utilizando una presentación como material de apoyo.</p> <p>Se aclarará las dudas que hayan quedado acerca del tema.</p> <p>Se proporcionará a los alumnos una copia del material bibliográfico, acerca del tema visto en la clase, para que les sirva de guía en la realización de un ejercicio de tarea, que ellos elijan del abanico de tareas que harán de forma individual.</p>	<p>Participación individual en la realización y lectura de algunos de los ejercicios realizados de tarea acerca de las aportaciones de los científicos.</p> <p>Prestar atención a la clase y participación oral.</p> <p>Pertinencia de las actividades realizadas.</p>	<p>Alberts B. (1996). <i>Biología Molecular de la Célula</i>. : 3ª ed. España: Omega.</p> <p>Calva E. (2001). "El genoma humano" ¿Cómo ves? Edición especial sobre las ciencias del genoma. No. 3, pp. 13-17.</p> <p>Clark D. P., et al. (2005). "Molecular Biology made simple and fun", 3ª edition. EEUU: Cache River Press.</p> <p>Curtis H. y Barnes, N.S. (2005). <i>Invitación a la Biología</i>, 6ª ed. Madrid: Médica Panamericana.</p> <p>Purves, W.K. et al. (2002). <i>Vida la Ciencia de la Biología</i>, 6ª ed. México: Medica Panamericana.</p>

6ª sesión (23 de noviembre de 2007 (1 hora)).

7ª sesión (26 de noviembre de 2007 (2 horas)).

OBJETIVO: Describe la tecnología del ADN recombinante y sus aplicaciones.

CONTENIDO TEMÁTICO	ESTRATEGIAS	EVALUACIÓN	BIBLIOGRAFÍA
II.1. Aspectos generales de la Tecnología del ADN recombinante. II.1.2. Tecnología del ADN recombinante. 1ª PCR 2ª Secuenciación automatizada del ADN 3º Microarreglos 4º Hibridación del ADN	Iniciará la clase con la lectura por parte de los alumnos, de algunos de los ejercicios de tarea, que realizaron, en los que plasmaron lo visto en la clase anterior. Se aclararan las dudas que hayan quedado acerca del tema. Los alumnos por equipo, resolverán un Rally acerca de la Tecnología del ADN recombinante. Los alumnos explicaran, al grupo, sus respuestas al Rally. Se resolverán las dudas y se complementará el tema utilizando una presentación como material de apoyo.	-Revisión y calificación del ejercicio que realizaron de tarea. -Participación individual y por equipo, en el Rally. Prestar atención a la clase y participación oral. - Pertinencia de las actividades realizadas.	Rally diseñado por la autora de este trabajo.

8ª sesión

FECHA: 28 de noviembre de 2007 (2 hora).

OBJETIVO: Valora las implicaciones de la manipulación genética.

CONTENIDO TEMÁTICO	ESTRATEGIAS	EVALUACIÓN	BIBLIOGRAFÍA
II.2. Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: Organismos transgénicos, terapia génica. II.2.1. Plantas y animales transgénicos. II.2.2. Terapia génica.	Se proporcionará, a los alumnos, información acerca del tema, un ejemplo para tres equipos y otro ejemplo diferente para otros tres equipos, leerán y prepararan el ejemplo que les toco para explicarlo al grupo. Utilizaremos como material de apoyo una presentación, elaborada previamente, para complementar el tema y aclarar dudas. Utilizando la información revisada en la sesión, los alumnos realizaran un ejercicio del abanico de tareas, acerca del tema visto.	-Participación individual y por equipo, en cada actividad. - Pertinencia de las actividades realizadas.	Bibliografía para los alumnos. Clark David P., et al. (2005). <i>"Molecular Biology made simple and fun"</i> 3rd edition, editorial Cache River Press, Printed in the United States of America. Traducción y adaptación de dos textos: - La tecnología transgénica: La toxina para insectos de <i>Bacillus thuringiensis</i> . - Dolly: la oveja clonada.

9ª sesión

FECHA: 30 de noviembre de 2007 (1 hora).

OBJETIVO: Valora las implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano.

CONTENIDO TEMÁTICO	ESTRATEGIAS	EVALUACIÓN	BIBLIOGRAFÍA
Subtema II.3. Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos. II.3.1. Proyecto Genoma Humano. II.3.2. Aspectos éticos y legales.	Iniciará la clase con la lectura por parte de los alumnos, de alguno de los ejercicios que realizaron de tarea. Se presentará el tema II.3 al grupo, incluyendo a los alumnos en la discusión, utilizando una presentación como material de apoyo, se aclararan las dudas acerca del tema. Los alumnos realizaran, de forma individual, un ejercicio que ellos elijan del abanico de tareas.	Revisión y calificación del ejercicio de tarea. -Participación individual y por equipo, en cada actividad. - Pertinencia de las actividades realizadas.	- Balbás P. (2002). <i>De la biología molecular a la biotecnología</i> . México: Trillas - Curtís, H. y Barnes, N.S.(2005). <i>Invitación a la Biología</i> , 6ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana. - Guerrero M. <i>Células troncales: la controversia</i> . En: ¿cómo ves? Año 6, No. 62, 14-02, México, 2004, pp. 10-14. - Soberón F. X. (2003). <i>La ingeniería genética, la nueva biotecnología y la era genómica</i> , 3ª ed. México: Fondo de cultura económica. La ciencia para todos, No.145. Entre otros textos.

10ª sesión

FECHA: 3 de diciembre de 2007 (2 horas).

OBJETIVO: Valora las implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos.

CONTENIDO TEMÁTICO	ESTRATEGIAS	EVALUACIÓN	BIBLIOGRAFÍA
Subtema II.3. Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos II.3.1. Proyecto Genoma Humano. II.3.2. Aspectos éticos y legales del proyecto.	Iniciará la clase con la lectura por parte de los alumnos, de alguno de los ejercicios que realizaron de tarea. Se presentaran a los alumnos algunos casos en los que se invita a la reflexión acerca de la clonación artificial y la terapia génica. Se hará un debate para que los alumnos defiendan su posición acerca del tema.	Revisión y calificación de los ejercicios que realizaron de tarea. Participación individual y por equipo en las actividades realizadas en la sesión. Pertinencia de las actividades realizadas.	Misma bibliografía de la sesión 9ª.

DILEMAS ÉTICOS⁴

- 1.- Aun cuando el derecho al aborto está garantizado en muchos países, la decisión nunca es fácil. Imagínate que puedes saber con exactitud desde el comienzo de la gestación de tu hijo que:
 - a) morirá al cabo de nueve meses, por atrofia muscular espinal.
 - b) sufrirá toda la vida de fibrosis quística (Infección crónica da lugar a la destrucción del pulmón, ocasionando la muerte, enfermedad muy dolorosa), y morirá a los 20 años.
 - c) sufrirá la enfermedad de Alzheimer a los 60 años.
 - d) será sordo congénito
 - e) padecerá enanismo, aunque será normal en todos los aspectos restantes.
 - f) tendrá predisposición a sufrir estados agudos maniaco-depresivos, que se controlarán solo parcialmente con medicación.
- ¿En qué casos abortarías? (supón que eres joven y que puedes tener más hijos en el futuro si así lo deseas). Indistintamente a la elección que hagas, ¿lo considerarías poco ético si lo hiciera otra pareja?
- 2. Supón que puedes saber con seguridad que sufrirás:
 - a) corea de Huntington (enfermedad neurodegenerativa en la que las neuronas se desgastan, es hereditaria y causada por un defecto genético en el cromosoma No 4), a los 40 años.
 - b) enfermedad de Alzheimer (que se manifiesta como deterioro cognitivo y trastornos conductuales. Se caracteriza en su forma típica por una pérdida progresiva de la memoria) a los 60.
 - ¿Te gustaría saberlo?
 - ¿Esto cambiaría tu vida?
- 3. Deben las compañías de seguros tener derecho a:
 - a) ¿cobrar las pólizas con cuotas más altas a los individuos con alto riesgo de enfermedad genética?
 - b) ¿conocer los resultados de las pruebas de diagnóstico genéticas?
 - c) ¿excluir de las pólizas a los niños cuya diagnosis prenatal demuestra que padecerán una enfermedad genética aguda?

⁴ Dilemas éticos tomados y modificados de: Curtís, H. y Barnes, N. S. (1996).

- 4. Supón que el 10 por ciento de los trabajadores está especialmente predispuesto a un cáncer inducido por un producto químico industrial. Tiene el empresario:
 - a) ¿la obligación de velar por la seguridad de esta minoría?
 - b) ¿el derecho de obligarlos a una prueba-diagnosís antes de contratarlos?
 - c) ¿el derecho de no contratar a estos trabajadores?
 - d) ¿el derecho de hacerles pagar un seguro médico suplementario?
- ¿Variaría tu respuesta si la minoría fuera del 1 % de los trabajadores ó del 40% de los trabajadores?

II. TEST DE INTELIGENCIAS MÚLTIPLES

Nombre _____
completo _____
Grupo _____ Materia _____
Fecha _____

Cuestionario de inteligencias múltiples⁵.

El siguiente cuestionario está diseñado para reconocer tus talentos, facultades y habilidades. Elige las frases que estén de acuerdo con tu manera de ser y marca la que más se identifique contigo de cada grupo de afirmaciones:

Uno

- a. Cuando tengo un conflicto me ayuda a escribir acerca de ello.
- b. Todo a su tiempo, en su lugar y a su hora.
- c. Provoco el respeto mutuo como integrante de un grupo.
- d. Me cuesta participar en la plática social.
- e. Se me dificulta permanecer largo tiempo sentado, pues necesito moverme.
- f. Soy aficionado a la radio.
- g. Me oriento bien, de modo que generalmente nunca me pierdo.
- h. Me encanta pasar un día de campo.

Dos

- a. Cuando hablo o escribo me gusta encontrar el término adecuado.
- b. Me siento seguro cuando planifico mis actividades.
- c. Prefiero convivir con otro que estar sólo.
- d. Me molestan las personas vacías.
- e. Me gusta bailar.
- f. Si tengo tiempo libre me parece buena opción asistir a conciertos.
- g. Observo la textura, el manejo de la luz y los contornos de los objetos.
- h. En el lugar donde vivo me gusta que haya plantas y flores.

Tres

- a. Me agrada hablar acerca de lo que leo y lo que vivo.
- b. Puedo resolver problemas con facilidad.
- c. En una discusión puedo entender el punto de vista de las dos partes.
- d. Elijo actividades de mayor reflexión y profundidad.
- e. Me expreso con ademanes.
- f. Considero apasionada la vida de los grandes músicos.
- g. Me encanta la arquitectura y las obras de arte.

Cuatro

- a. Me apasiona la idea de expresarme verbalmente.
- b. Tiendo a organizar datos dentro de una estructura lógica.
- c. Comparto objetos con los demás aunque no me los devuelvan.
- d. Disfruto de la soledad.
- e. Estoy convencido de que un gesto vale más que mil palabras.

⁵ Tomado de: Contreras Gutiérrez Ofelia y del Bosque Fuentes Ana Elena (2004). *Aprender con estrategia. Desarrollando mis inteligencias múltiples*. México: Editorial Pax.

- f. Me identifico con las personas que tocan un instrumento.
- g. Tengo facilidad para explicarme con el uso de bocetos.
- h. El santuario de las mariposas monarca es uno de mis lugares favoritos.

Cinco

- a. Tengo facilidad para aprender idiomas.
- b. Me molesta la inexactitud y la improvisación.
- c. Las personas suelen acercarse a mí en busca de consejo y apoyo.
- d. Soy exigente conmigo mismo.
- e. Me gusta destacar en algún deporte.
- f. La música me inspira, de manera que rindo más cuando trabajo con música de fondo.
- g. Al comprar un libro me llama la atención el diseño de la portada.

Seis

- a. Uno de mis pasatiempos favoritos es la lectura.
- b. Puedo prever las consecuencias de un hecho o evento.
- c. Me gusta asistir a reuniones sociales.
- d. Me incomoda cuando los demás no están de acuerdo conmigo.
- e. Para conocer las montañas me gusta escalarlas.
- f. Cuando escucho música me detengo para identificarla.
- g. En una fotografía me fijo en la perspectiva y el enfoque.
- h. Disfruto el mar cuando miro las olas y escucho sus sonidos.

Siete

- a. Cuando voy a una librería, siempre hay un libro que me atrae.
- b. Me desespero cuando las cosas no salen como las he planeado.
- c. Me gusta asistir a cursos por las personas que conozco en ellos.
- d. Siempre me incomoda tener que hablar de mis sentimientos.
- e. Siempre llevo el ritmo al caminar.
- f. Suelo tararear la canción de moda.
- g. Prefiero trabajar en lugares iluminados por la luz solar.
- h. Siento que el contacto con la naturaleza me llena de alegría.

Ocho

- a. Me gusta llevar un diario o anotar las cosas importantes que suceden en mi vida.
- b. Me alteras una persona poco organizada.
- c. Siempre me llaman para organizar y animar las fiestas.
- d. Me gustan los momentos de intimidad en la penumbra.
- e. Utilizo mi cuerpo para expresarme.
- f. Disfruto mucho los conciertos de música en vivo.
- g. Los cuadros de paisaje son los que más me gustan.
- h. Por la noche tengo la costumbre de mirar las estrellas.

Nueve

- a. Tengo facilidad para convencer a los demás.
- b. Si estoy en un teatro, cuento cuántas butacas hay.
- c. Para mí, una forma de descansar reside en convivir con las personas.

III. TEST DE SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN FAVORITO (ESTILOS DE APRENDIZAJE)

Nombre
completo _____
Grupo _____ Materia _____
Fecha _____

TEST DE SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN FAVORITO⁶ (De acuerdo con el modelo PNL)

Elige la opción más adecuada:

1.- Cuando estás en clase y el profesor explica algo que está escrito en el pizarrón o en tu libro, te es más fácil seguir las explicaciones:

- a) escuchando al profesor
- b) leyendo el libro o el pizarrón
- c) te aburres y esperas que te den algo que hacer a ti

2.- Cuando estás en clase:

- a) te distraen los ruidos
- b) te distrae el movimiento
- c) te distraes cuando las explicaciones son demasiado largas.

3.- Cuando te dan instrucciones:

- a) recuerdas con facilidad las palabras exactas de lo que te dijeron
- b) te cuesta recordar las instrucciones orales, pero no hay problema si te las dan por escrito
- c) te pones en movimiento antes de que acaben de hablar y explicar lo que hay que hacer.

4.- Cuando tienes que aprender algo de memoria:

- a) memorizas mejor si repites rítmicamente y recuerdas paso a paso
- b) memorizas lo que ves y recuerdas la imagen (por ejemplo, la página del libro)
- c) memorizas a base de pasear y mirar y recuerdas una idea general mejor que los detalles.

5.- En clase lo que más te gusta es que:

- a) se organicen debates y que haya diálogo
- b) que te den el material escrito, con fotos y diagramas.
- c) que se organicen actividades en que los alumnos tengan que hacer cosas y puedan moverse

6.- Marca la frase con la que te identifiques más:

- a) Prefieres los chistes a los comics.
- b) Cuando escuchas al profesor te gusta hacer anotaciones del tema.
- c) Eres visceral e intuitivo, muchas veces te gusta/disgusta la gente sin saber bien por qué.

⁶ Fuente: Robles, Ana, <http://www.galeon.com/aprenderaaprender/general/indice.html>

7.- Marca la frase con la que te identifiques más:

- a) Suelen hablar contigo mismo cuando estás haciendo algún trabajo.
- b) Tus cuadernos y libretas están ordenados y bien presentados, te molestan los tachones y las correcciones.
- c) Te gusta tocar las cosas y tiendes a acercarte mucho a la gente cuando hablas con alguien.

Respuestas:

- 1.- a) auditivo b) visual c) kinestésico 2.- a) auditivo b) visual c) kinestésico
3.- a) auditivo b) visual c) kinestésico 4.- a) auditivo b) visual c) kinestésico
5.- a) auditivo b) visual c) kinestésico 6.- a) auditivo b) visual c) kinestésico
7.- a) auditivo b) visual c) kinestésico.

Ahora representa tus preferencias cognitivas en la siguiente tabla, coloreando para cada pregunta la letra que elegiste, cuenta cuántas veces seleccionaste cada una de las opciones y anótalo al final de cada columna.

Respuesta	a) auditivo	b) visual	c) kinestésico
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
Número total			

IV. RALLY

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL NAUCALPAN
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ASPECTOS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA
DEL ADN RECOMBINANTE
Rally

SAAVEDRA

ELABORÓ. BIÓLOGA MARINA MENDIETA

INSTRUCCIONES

Lee el texto y posteriormente contesta las preguntas y realiza las actividades que se te solicitan al final del texto.

Tecnología del ADN recombinante.

Las investigaciones realizadas por los biólogos moleculares, han hecho posible la manipulación del ADN, al diseñar técnicas a través de las cuales se pueden añadir o quitar fragmentos de genes, modificando así la información genética de un organismo. Gracias a la tecnología del ADN recombinante en la actualidad se puede estudiar con mayor detalle la estructura y función de los genes.

Para estudiar un gen individual, se le debe aislar del resto del genoma ya que, cada gen, representa una pequeña sección dentro de un cromosoma y, en ese sitio, no puede ser estudiado de forma particular.

El ADN se puede romper mecánicamente, pero también es posible obtener fragmentos específicos mediante la utilización de enzimas de algunos organismos. Estos fragmentos pueden ser ADN genómico, cDNA o ADN obtenido de oligonucleótidos sintéticos.

La recombinación *in vitro* del ADN comprende la purificación de material genético a partir de cualquier fuente, su manipulación y modificación enzimática en un tubo de ensayo, su unión química con otras moléculas de ADN, su introducción a células hospederas y la selección de aquellas células que adquirieron el ADN modificado, donde finalmente las moléculas construidas o modificadas se propagan indefinidamente.

Purificación del ADN.

Primero se debe extraer el ADN, posteriormente se debe eliminar cualquier sustancia contaminante. Se utilizan disolventes para eliminar las sustancias pesadas y la precipitación del ADN para eliminar impurezas pequeñas.

Actualmente se conoce una gran cantidad de enzimas, con las que se puede modificar el ADN, cortar, pegar, modificar los extremos y sintetizar nuevas cadenas. También se utilizan métodos mecánicos y químicos para teñir las moléculas, separarlas por tamaños, inducir mutaciones o híbridos, marcarlas con reactividad, sintetizar nuevas moléculas y tener una gran cantidad de copias.

Enzimas para la manipulación del ADN.

Muchos microorganismos producen enzimas que modifican y digieren o rompen el ADN. Como las enzimas de restricción, presentes en las bacterias que de forma natural, son capaces de degradar el ADN extraño que penetra a la célula, sin alterar su propio ADN. Algunas de ellas dejan cortes rectos y otros escalonados en la molécula de ADN (imagen 1).

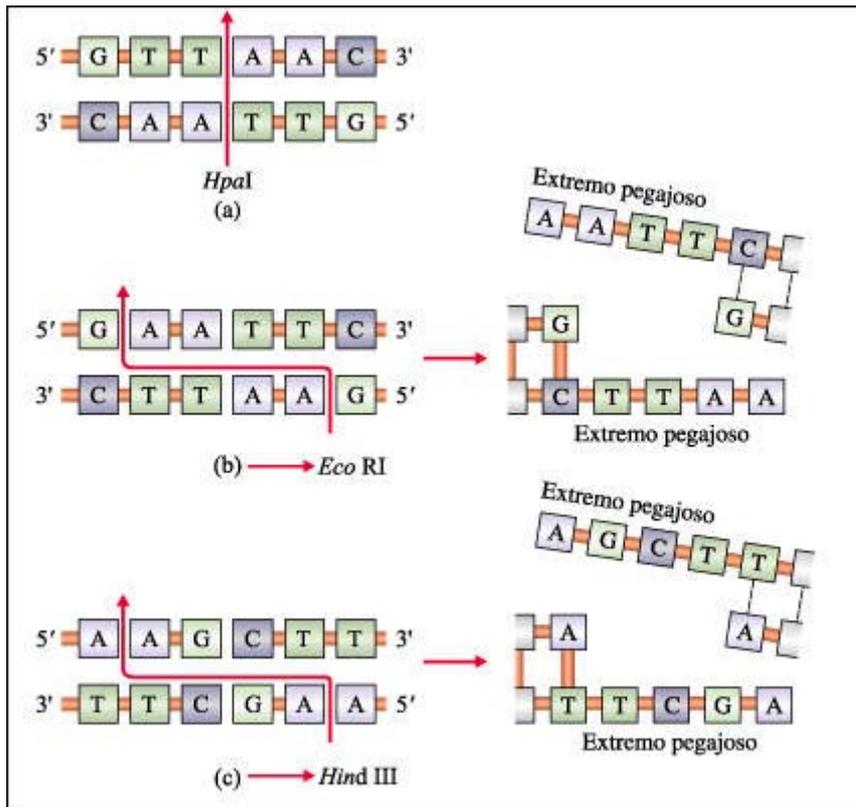


Imagen no. 1 Secuencias de nucleótidos de ADN reconocidas por a) HpaI, deja corte recto b) EcoR, corte escalonado o pegajoso y c) HindIII, corte escalonado o pegajoso.

Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en: www.educa.aragob.es/iescarin/depart/biogeo/va.

Las enzimas de restricción reconocen secuencias palindrómicas, que son secuencias que se pueden leer de la misma forma de derecha a izquierda que de izquierda a derecha, por ejemplo:

Cuando actúa la enzima que reconoce y corta esta secuencia, forma segmentos que se separan de la doble cadena. Como esos segmentos se pueden volver a unir si encuentran su complemento, se les llama extremos cohesivos o pegajosos.

Se puede reasociar un segmento de restricción proveniente de un organismo con otro segmento, generado por la misma enzima pero en diferente organismo, se obtiene una molécula híbrida, a la que se le llama ADN recombinante.

Para reasociar dos moléculas de ADN, ya sea del mismo organismos o de distintos organismos, es necesario volver a formar el enlace fosfodiéster, la enzima que puede realizar este enlace es la ADN ligasa. El ADN recombinante obtenido de esta forma necesita aun transcribirse y traducirse, y solamente lo puede hacer dentro de una célula, además de que debe ser capaz de replicarse porque de lo contrario se podría diluir y perderse después de que la célula se divida.

Para introducir ADN extraño a una célula primero se inserta en vehículos de clonación o vectores, que pueden ser; cósmidos sintéticos, plásmidos o

bacteriófagos. Ya que se encuentra el vector y el ADN que se desea clonar, dentro de la célula, esta se replica y se pueden obtener múltiples copias o clones de la misma secuencia. El doctor Francisco Bolívar Zapata, científico mexicano, construyó uno de los primeros vehículos de clonación, el plásmido pBR322, en una estancia posdoctoral, a mediados de los setenta en la Universidad de California, San Francisco (Soberón, 2003).

Reacción en cadena de la polimerasa o PCR

Por medio de este método, se pueden obtener grandes cantidades de ADN a partir de una secuencia pequeña de ADN *in vitro*, en poco tiempo y sin utilizar células vivas. Esta técnica fue desarrollada en 1985 por Kary Banks Mullis.

Para que se lleve a cabo la PCR se requiere: la secuencia de ADN que se quiere multiplicar, que sirve como molde o templado; los oligonucleótidos sintéticos P1 y P2, que se utilizan como iniciadores de la cadena (cebadores); una ADN polimerasa resistente a temperaturas mayores a 92 °C, y los cuatro desoxirribonucleótidos trifosfato –dATP, dGTP, dCTP y dTTP–.

La mezcla se somete a cambios de desnaturalización, hibridación y elongación, que se repiten por cerca de 30 ciclos (imagen 2):

Desnaturalización, se somete la mezcla a una temperatura de 95 °C por algunos minutos, para romper los puentes de hidrógeno, lo que provoca la separación de las dos cadenas del ADN molde.

Hibridación, se reduce la temperatura aproximadamente a 55 °C, lo que facilita el apareamiento de los cebadores con sus bases complementarias.

Elongación, se eleva la temperatura de la mezcla a cerca de 75 °C, lo que permite que la ADN polimerasa vaya agregando los nucleótidos en la cadena complementaria partiendo del extremo -OH 3' de los cebadores, en dirección 5' a 3'. Y así se duplica el ADN en cada ciclo sucesivo.

La PCR tiene diversas aplicaciones, como para detectar enfermedades genéticas en el feto, para estudios de identidad de padres e hijos o de algún homicida, entre otras aplicaciones.

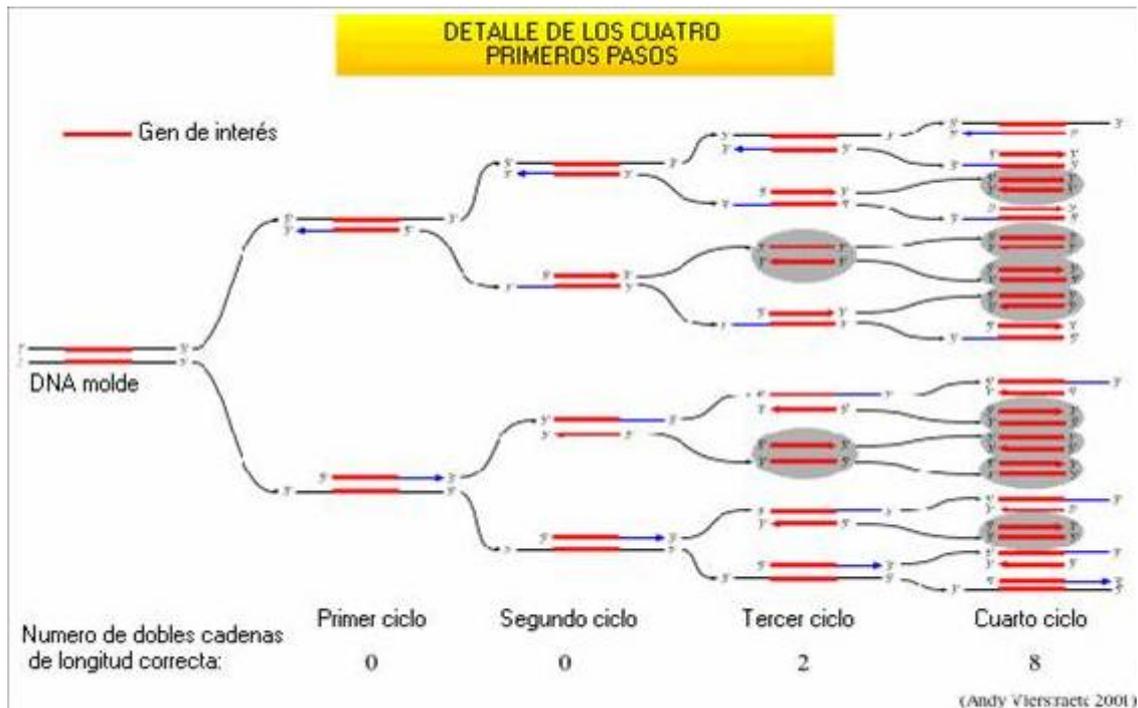


Imagen no. 2. PCR.

(Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en:
www.monografias.com/trabajos11/Tamau/.shtml)

Secuenciación de ADN.

Se puede obtener la secuencia de los nucleótidos de una molécula de ADN por el método enzimático o por el químico.

Método enzimático de Sanger

En este método los fragmentos de ADN se generan por síntesis de ADN empleando una ADN polimerasa. En la actualidad este método se ha automatizado, y es el más utilizado en la secuenciación de diversos genomas, incluyendo el del ser humano.

Los requerimientos son: un templado de ADN de cadena sencilla, un oligonucleótido iniciador, y la ADN polimerasa.

En resumen la secuenciación automatizada de ADN comprende los siguientes pasos:

- El ADN se divide en fragmentos que luego se clonan y subclonan.
- Cada pedazo corto se usa como plantilla para generar un conjunto de fragmentos que difieren entre sí, en longitud, en una sola base.
- Los fragmentos se separan mediante electroforesis.
- Se identifica la base que queda al final de cada fragmento. Se recrea la secuencia original de las bases (A, T, C y G) de cada pedazo corto generado en el primer paso.
- Las secuencias cortas se ensamblan en una secuencia larga (imagen 3).

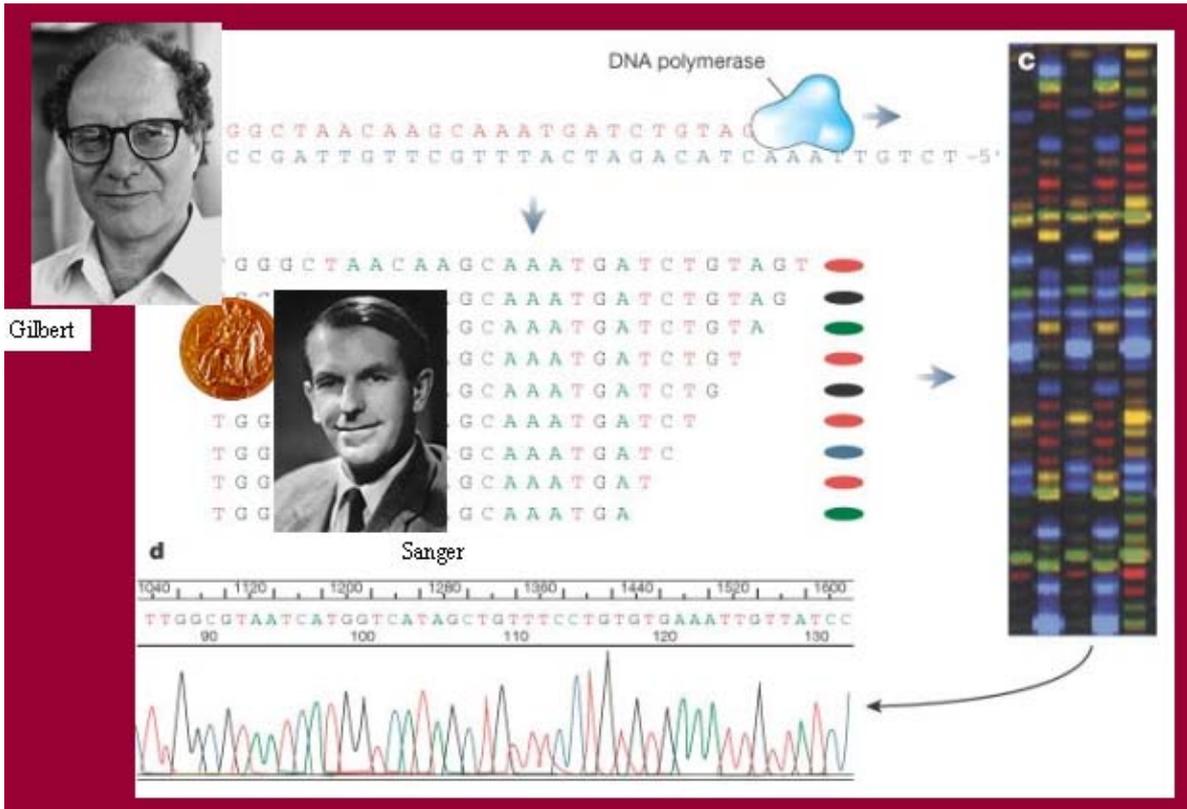


Imagen no. 3. Secuenciación del ADN, método de Sanger.
 (Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en:
www.ttk.pte.hu/biologia/genetika/biotech/bto.htm)

MICROARREGLOS O CHIPS DE ADN.

Los microarreglos de ADN son soportes sólidos en los cuales se encuentran inmovilizados, en un área pequeña, de cientos a miles de genes de manera ordenada. Los soportes sólidos pueden ser laminillas de vidrio para microscopio (imagen 4), laminillas de silicón o membranas de nylon (imagen 5). En los microarreglos, el ADN representa una parte o todos los genes de un organismo que puede ser impreso, depositado o sintetizado directamente sobre la superficie sólida.

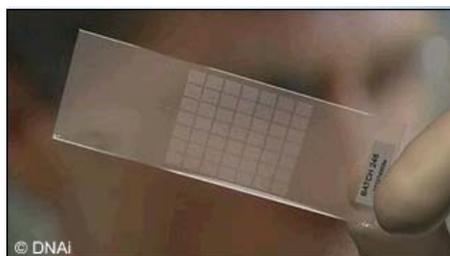


Imagen no. 4. Microarreglo fabricado por medio de la colocación

de material en la laminilla de vidrio.

(Imagen tomada el 10 de septiembre de 2007 en: <http://www.dnai.org>).

La utilidad de los microarreglos es muy amplia, puede ir desde la detección de alguna enfermedad, o para analizar cualquier secuencia que queramos del ADN. Los microarreglos se basan en la hibridación de secuencias complementarias de los ácidos nucleicos a una escala microscópica. Se utilizan etiquetas fluorescentes que pueden detectarse y utilizarse para localizar patrones de hibridación de distinto tipo de células.



Imagen no. 5. Microarreglo fabricado por medio de síntesis de Oligonucleótidos in situ.

(Imagen tomada el 10 de septiembre de 2007 en: <http://microarray.niddk.nihgov/array.asp>).

Hibridación del ADN.

Las técnicas de hibridación de ácidos nucleicos permiten identificar un fragmento de ADN o de ARN utilizando la capacidad que tienen estas moléculas de unirse a secuencias de nucleótidos complementarias.

Estas técnicas se utilizan para detectar determinados genes, con la finalidad de purificarlos y caracterizarlos a partir de extractos celulares, también se utilizan para localizarlos en las células, tejidos y organismos, asimismo se puede utilizar una sonda preparada a partir de un gen de un determinado organismo para detectar genes relacionados evolutivamente.

El ADN se puede obtener por clonaje o por métodos químicos. El fragmento de ADN se marca utilizando radioisótopos o por algún método químico para que durante la hibridación se pueda detectar su incorporación a moléculas de doble cadena.

Un fragmento de ADN o ARN se puede marcar con radioisótopos para utilizarse como sonda para identificar una secuencia de ADN similar. La sonda se pone en contacto con la muestra que queremos identificar y las moléculas

homólogas hibridan entre sí. Posteriormente se expone la mezcla a una película de rayos x para detectar los sitios donde ocurrió la hibridación.

El método Southern blot, se usa para localizar genes en geles de poliacrilamida o agarosa. En este método primero se separa el ADN en un gel y se fija en una membrana, donde se puede identificar la posición del fragmento de interés.

También hay una técnica que permite detectar secuencias de algún ácido nucleico en células o tejidos utilizando sondas de ácidos nucleicos que se pueden marcar con un colorante fluorescente. Esta técnica, se conoce como hibridación *in situ* (imagen 6).

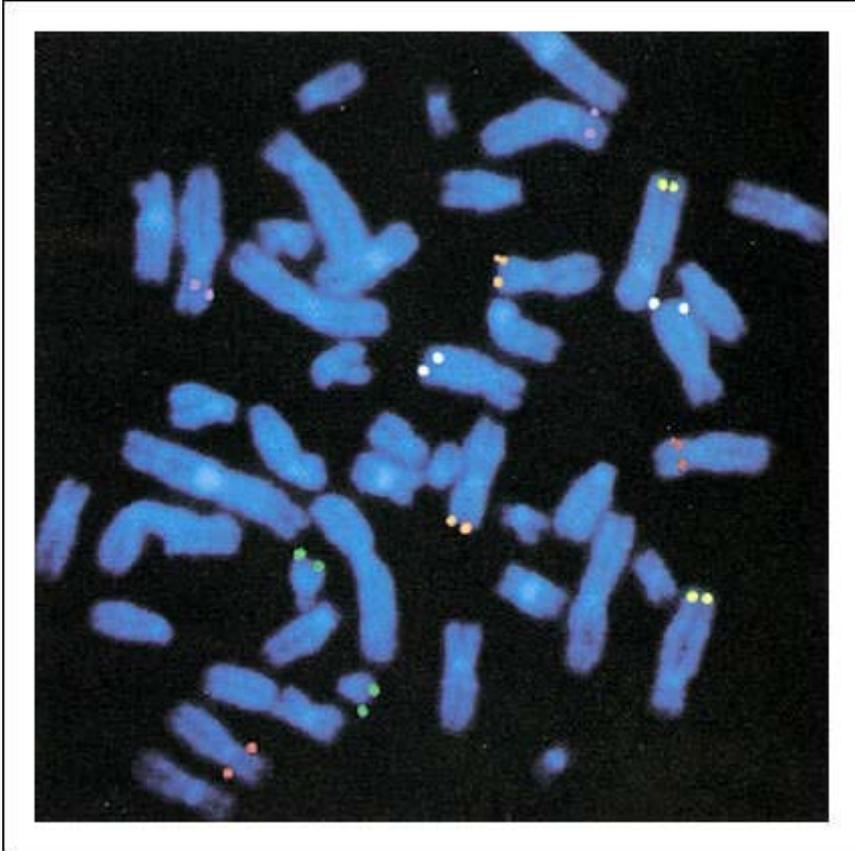


Imagen no. 6. Marcaje de secuencias específicas de nucleótidos mediante hibridación *in situ*.

(Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en:
www.educa.aragob.es/iescarin/depart/biogeno/va).

Diviértete

1.- ¿Por qué deben aislarse los genes para ser estudiados?

Acompaña tu respuesta con una flor natural de color púrpura.

Nombre del equipo

--

Tú puedes

2.- ¿Qué tipos de fragmentos específicos de DNA pueden ser estudiados?

- Acompaña tu respuesta con dos párrafos, en forma de cuento, acerca de las leyes de Mendel.

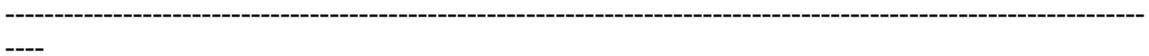
Nombre del equipo

Suerte

3.- ¿Por qué se utilizan las bacterias en la biotecnología?

- Acompaña tu respuesta con un dibujo de una bacteria, señalando sus estructuras internas.

Nombre del equipo



Ingeniería genética

4.- ¿Explica cómo funcionan las enzimas de restricción?

- Acompaña tu respuesta con una hoja en forma de corazón.

Nombre del equipo

ADN recombinante

5.- ¿Qué tipos de cortes pueden realizar en el DNA las enzimas de restricción?

- Acompaña tu respuesta con un dibujo de un gen.

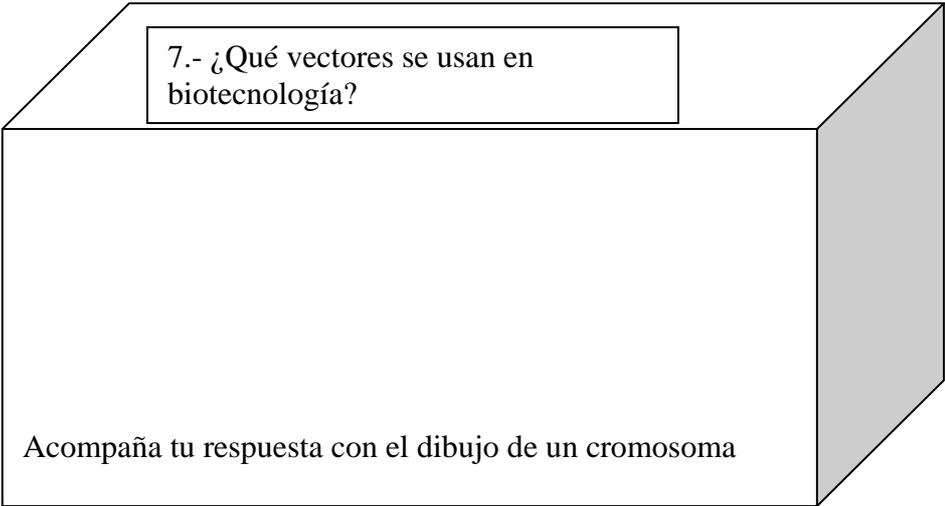
Nombre del equipo

Plásmido

6.- ¿Qué son los clones en genética molecular?

- Acompaña tu respuesta con una breve canción, a ritmo de rap, acerca de lo que significa para ti la ingeniería genética.

Nombre del equipo

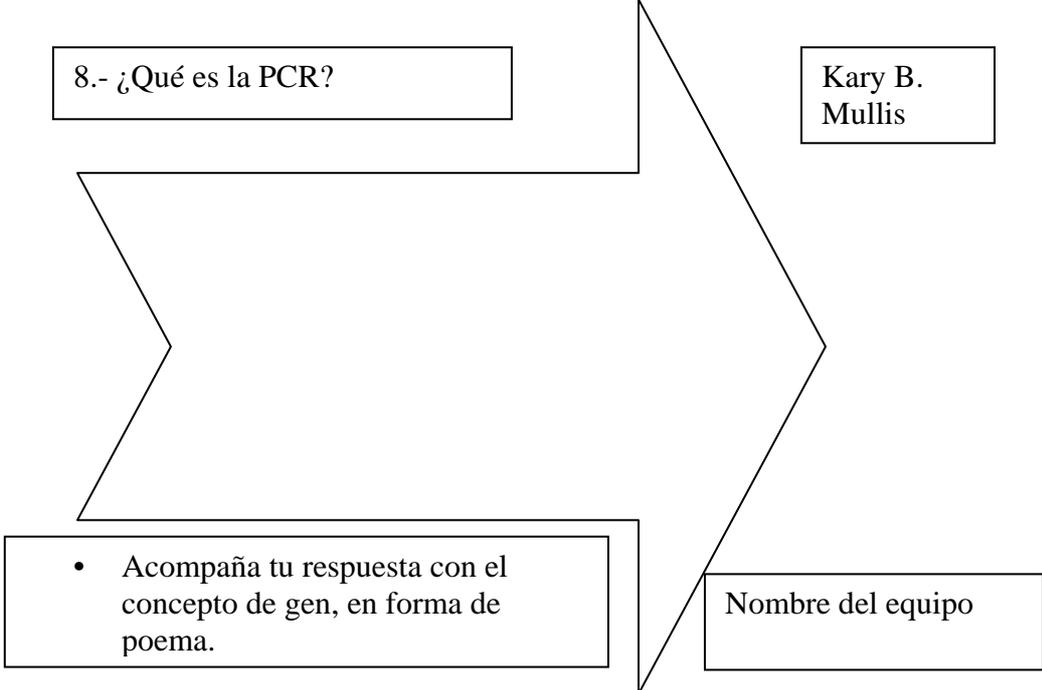


7.- ¿Qué vectores se usan en biotecnología?

Acompaña tu respuesta con el dibujo de un cromosoma

Clon

Nombre del equipo



8.- ¿Qué es la PCR?

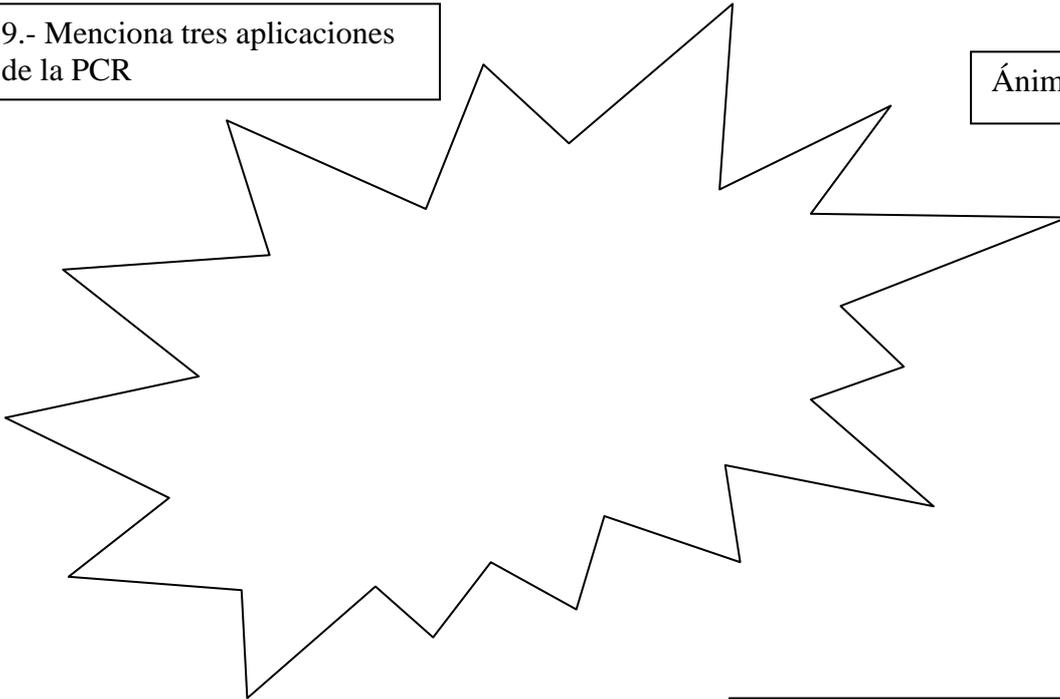
Kary B. Mullis

- Acompaña tu respuesta con el concepto de gen, en forma de poema.

Nombre del equipo

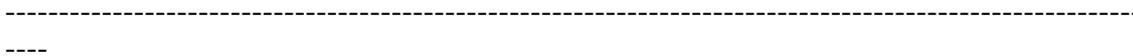
9.- Menciona tres aplicaciones de la PCR

Ánimo



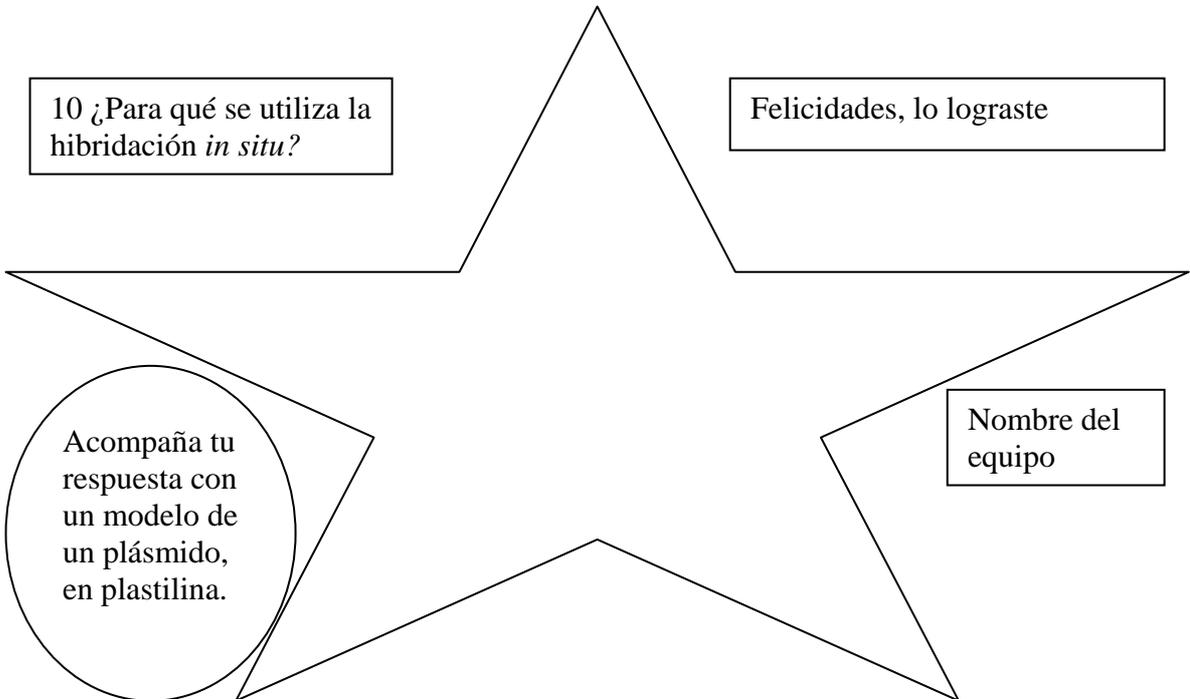
- Acompaña tu respuesta con un barco de papel

Nombre del equipo



10 ¿Para qué se utiliza la hibridación *in situ*?

Felicidades, lo lograste



Acompaña tu respuesta con un modelo de un plásmido, en plastilina.

Nombre del equipo

V. LA TECNOLOGÍA TRANSGÉNICA: LA TOXINA
PARA INSECTOS

La tecnología transgénica: La toxina para insectos de *Bacillus thuringiensis*.

Por miles de años, el hombre ha mejorado las plantas cultivadas y los animales domésticos mediante cruza selectivas, en la mayor parte de los casos, mediante ensayo y error. Hoy día es posible mejorar plantas, animales y aún humanos utilizando la ingeniería genética. Es posible hacer ingeniería en plantas, para hacerlas resistentes a diferentes plagas (insectos, nemátodos, hongos, virus).

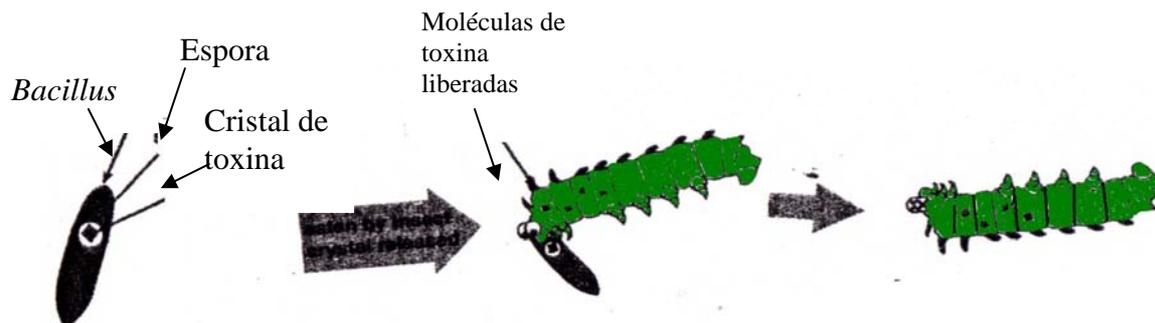


Fig. 1 Toxinas del insecto *Bacillus Thuringiensis*.

Tomemos el caso del uso de la bacteria *Bacillus thuringiensis* para proporcionar a las plantas, la capacidad de defenderse de las larvas de insectos (particularmente de las orugas). En lugar de rociar toxinas directamente a los insectos, la estrategia aquí es la de proporcionar a la planta las armas químicas para que ellas mismas se defiendan. Debemos recurrir a la ayuda como muchas otras veces, de nuestras pequeñas amigas las bacterias. Diferentes bacterias producen proteínas tóxicas que matan insectos y que no hacen daño a los animales superiores. La más conocida de estas toxinas es la que produce la bacteria *Bacillus thuringiensis*. Esta toxina es una proteína que se fabrica con una secuencia de aminoácidos que es dictada por un gen que no sólo ha sido clonado (aislado de la bacteria y usado para hacer muchas copias de éste), sino que ha sido mejorado por ingeniería genética (cambiando parte de la información que este gen contiene, buscando un uso más eficiente para que las plantas se defiendan de las orugas).

Cuando el gen de la toxina clonado ha sido insertado en plantas de jitomate, ha proporcionado cierta protección en contra de orugas. La protección no había logrado ser mayor, porque las plantas expresaban bajos niveles de la toxina, debido a que el gen que codifica esta toxina es un gen bacteriano que funciona muy eficientemente en la bacteria, no en las plantas, lo que exige hacer ajustes para mejorar su eficiencia en ellas.

Lo primero que debemos conocer es que la toxina original es una gran proteína, que contiene 1156 aminoácidos y que la energía que consume la célula para sintetizarla es muy alta (para imaginar su tamaño comparando, la mioglobina que ayuda a elevar el oxígeno disponible en los músculos tiene 153 aminoácidos, el citocromo C de vertebrados que participa en la respiración aerobia tiene 104), sin embargo, una secuencia de alrededor de 650 (poco más de

la mitad de la toxina completa) es suficiente para que mate insectos. Lo anterior invitó a cortar el gen original, de tal manera que expresara sólo los 650 aminoácidos requeridos para su actividad tóxica, evitando un mayor gasto de energía que requiere la síntesis de la toxina completa y en consecuencia, este ahorro energético conlleva una mayor eficiencia en la expresión.

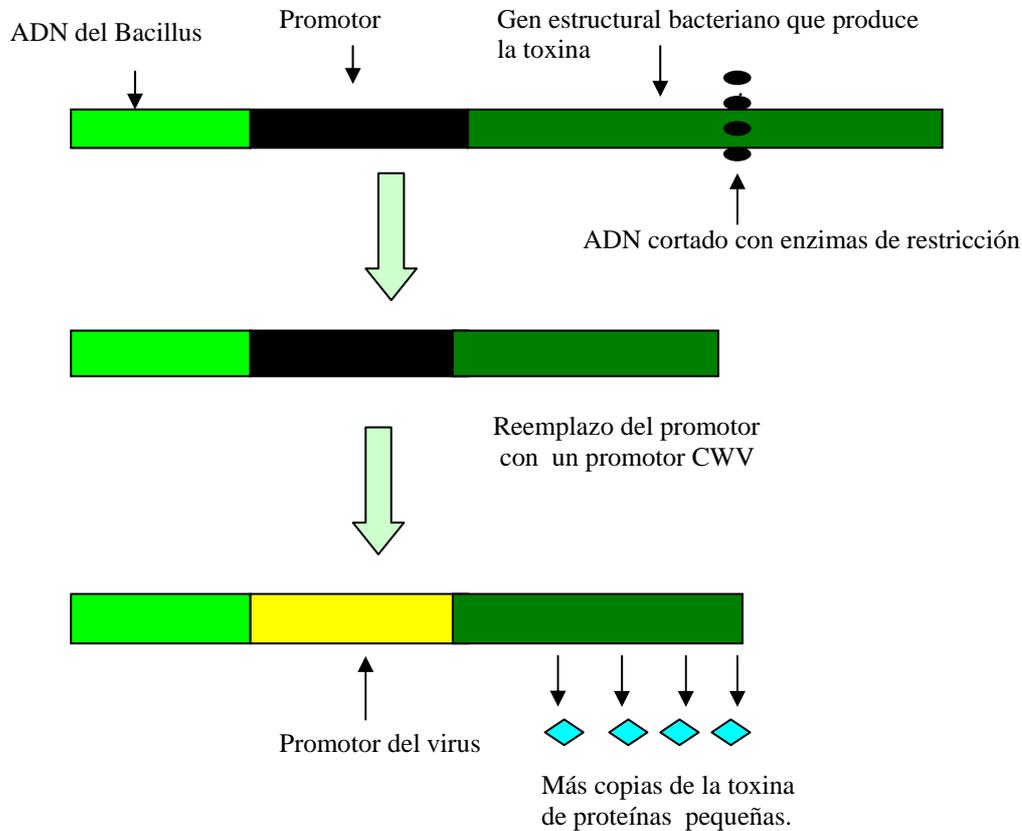


Fig. 2 Mejorando los genes tóxicos de insectos.

Una segunda línea de acción, consistió en favorecer que el promotor (los promotores son secuencias de nucleótidos en el ADN, que enlazan al complejo encargado de sintetizar ARN mensajero), tuviera una actividad alta para acelerar la síntesis de la toxina (esto es, conseguir un promotor que se encontrara todo el tiempo en un nivel alto de expresión de la toxina), para ello, se tuvo en cuenta el material genético de ciertos virus de plantas, que contiene pocos genes, pero los expresan en altos niveles cuando invaden las células de las plantas, en vista de que cuentan con un promotor muy activo. Se cortó el promotor de uno de estos virus (el del mosaico de la coliflor) y se incorporó al frente del gen de la toxina bacteriana, generando tras la infección un aumento en un factor de diez en la producción de la toxina.

La tercera y última línea de acción tomó en cuenta que las bacterias usan con más frecuencia ciertos codones (que son las unidades de código, formadas por una secuencia de 3 nucleótidos que sirven para escoger cada uno de los 20 aminoácidos con los que se construyen las proteínas) que las plantas usan poco, y en consecuencia tienen pocos RNAs de transferencia que se incorporen con esos codones y la velocidad de síntesis se limita. Con base en esto, se cambiaron algunos codones del gen bacteriano original, por aquellos codones equivalentes

(los que aseguran escoger el mismo aminoácido) que usaran mayormente las plantas logrando así que la síntesis se acelerara para producir 10 veces más toxina.

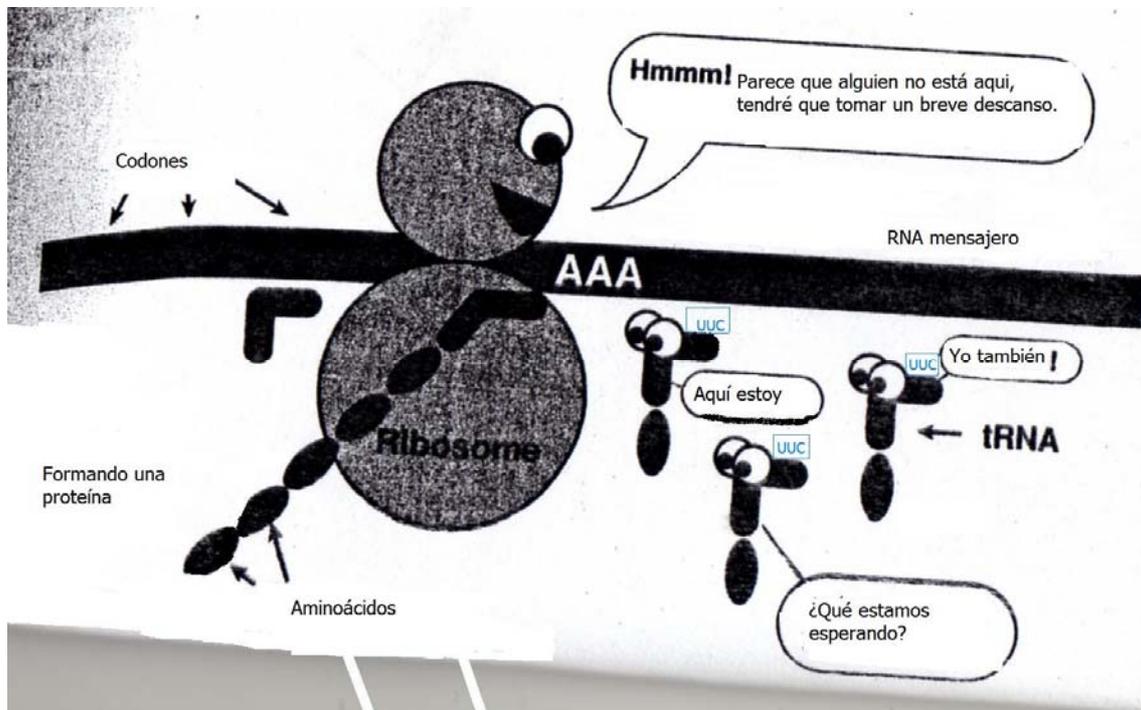


fig. 3 Codones raros que se utilizan poco en la síntesis de proteínas.

A continuación se proporciona información adicional por si existe interés por conocer más sobre la tercera línea de acción que ya se comentó y que en esencia consiste en que las diferentes especies no usan en la misma medida los 64 codones que universalmente se disponen para contar con la información que se necesita para mantener vivo a cada organismo y para hacer más organismos en cada especie.

El código genético es redundante, esto es, en la mayoría de los casos, tiene más de un codón que define la incorporación del mismo aminoácido en una posición determinada del péptido en síntesis (sólo el triptófano y la metionina son definidos por un solo codón), hay quienes usan el término “degenerado” en lugar de redundante. Llega a haber hasta 6 codones diferentes que definen el mismo aminoácido, como ocurre con la serina, arginina o leucina. Aunque para la síntesis de una proteína determinada se tiene que cumplir una secuencia única, se pueden escoger distintos codones para lograr la síntesis de la misma proteína, y en diferentes organismos, se favorecen distintos codones para definir el mismo aminoácido. En *Escherichia coli* el codón AAA que define Lisina, se usa 75% del tiempo y el codón AAG (que también define Lisina) se usa sólo el 25% del tiempo. En *Rhodobacter*, en contraste, sucede justo lo opuesto y se usa AAG 75% del tiempo, aun cuando las dos son bacterias.

¿Y todo esto cómo puede afectar cuánta proteína se pueda sintetizar?

Resulta que los RNAs de transferencia son las estructuras que se encargan de leer los codones (empleando para ello la secuencia llamada anticodón) y cuando la célula usa rara vez determinados codones, cuenta con escasos RNAs de

transferencia que contienen el anticodón correspondiente. Consecuentemente, si se incorporan genes cargados de codones AAA en células que casi nunca utilizan estos codones para incorporar lisina, los niveles de RNAs de transferencia que leen este codón se encuentran tan bajos, que la síntesis de las proteínas que contienen estos codones, decae. El gene de la toxina de insectos se ha modificado cambiando el tercer nucleótido de aquellos codones redundantes de poco uso en plantas, sustituyendo cerca del 20% de sus bases, logrando con ello un mayor parecido a los codones de uso más acostumbrado por las plantas. Como la proteína que se sintetiza tiene la misma secuencia de aminoácidos, la toxina sigue siendo la misma, pero la velocidad de producción después de esta manipulación, aumentó otras diez veces. Las plantas con genes de la toxina “Vegetalizados” conducidos por un promotor viral, pueden realmente “darle en la torre a las orugas”, si se atiende a que la producción de la toxina se multiplica por cien después de las manipulaciones.

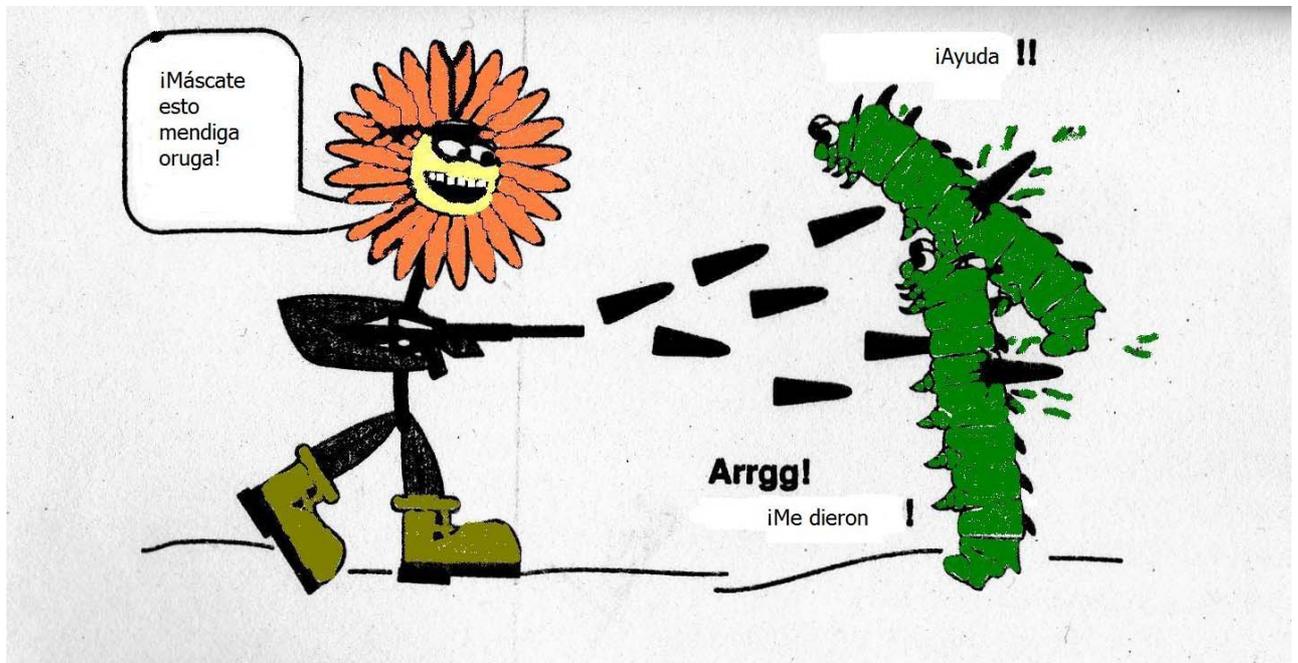


Fig. 4 La pesadilla de las orugas.

Bibliografía

Clark D. P., et al. (2005). "Molecular Biology made simple and fun" 3rd edition, editorial Cache River Press, Printed in the United States of America. Traducido por: Dr. Ignacio Peñalosa Castro. Edición: Biól. Marina Mendieta Saavedra.

VI. DOLLY: LA OVEJA CLONADA

DOLLY: LA OVEJA CLONADA.

¿Por qué clonar borregos?

Todos los borregos se ven igualitos. Además de mostrarte que puedes clonar animales completos, hay razones prácticas para clonar. Por milenios, los humanos han cruzado animales de rancho, intentando con ello mejorarlos. La duplicación genética permite distribuir ampliamente y muy rápido a un animal mejorado. Teniendo un grupo de animales clonados, que hubieran sido seleccionados por la calidad de su lana, leche, huevos, carne, según fuera el caso, sería muy ventajoso. También puede la clonación acelerar los procesos de ingeniería en los animales para hacerlos producir fármacos útiles en su leche.

La clonación involucra el uso de la tecnología genética para hacer duplicados genéticos exactos de un animal. Obsérvese que el nuevo animal clonado comienza su vida como una sola célula, se desarrolla para formar un embrión y tiene una etapa de cachorro hasta llegar al estado adulto, así aunque clonamos a un animal adulto, no obtenemos instantáneamente un duplicado completamente crecido. Empezamos por obtener un núcleo de una célula de un animal donador adulto. Recordemos que el núcleo contiene la información genética de la célula, agrupada en los cromosomas. El punto es hacer crecer un nuevo animal a partir de la información genética contenida en el núcleo.

Entonces ¿Cuál es el gran reto?

El problema es que aún cuando las células llevan la información genética para hacer un individuo completo, ellas no hacen eso normalmente. Las células en un embrión temprano son totipotentes, es decir, tienen la habilidad de dividirse y generar cualquiera de los tipos de células que tiene el cuerpo (hígado, cerebro, bazo, etc.), pero tiempo después, las células pierden esta cualidad. Se especializan y se comprometen a generar, digamos, sistema nervioso o tracto digestivo. La mayoría de las células en un adulto o bien ya no se dividen, o al dividirse producen líneas celulares especializadas. Durante el desarrollo, en cada tejido se activan ciertos genes y se apagan otros, produciéndose células diferentes como consecuencia de ello.

Los investigadores del Roslin Institute que concibieron el experimento de Dolly: Ian Wilmut y Keith Campbell tomaron, por biopsia, células de glándula mamaria de una oveja blanca Finn Dorset de 6 años. El animal estaba en el último trimestre de su gestación, momento en que las células mamarias están más diferenciadas y se multiplican. Las células tomadas se cultivaron in vitro y luego se colocaron durante cinco días en un medio de cultivo muy empobrecido en suero, dieta rigurosa cuyo efecto es provocar poco a poco la suspensión completa del ciclo celular (fase Go, <<G cero>>).

Cada una de estas células, en estado de casi hibernación, se introdujo en un ovocito no fecundado y enucleado de oveja Scottish Blackface (de cabeza negra). Los ovocitos así enucleados, que habían conservado la mayor parte de su citoplasma, fueron transferidos a un medio de cultivo a 37 °C. Se activaron con la ayuda de un primer impulso eléctrico; luego, y gracias a una serie de nuevos impulsos eléctricos, cada uno de ellos se fusionó con una célula mamaria de la oveja donante.

De esta manera se crearon no menos de 277 embriones a finales de enero de 1996. A continuación, fueron colocados en el oviducto de diversas hembras. Después de seis días, se recuperaron 247. Veintinueve se habían desarrollado

hasta el estado de mórula o de blastocisto y fueron transferidos al útero de 13 ovejas portadoras.

Aparentemente, tan sólo un embrión se desarrolló en feto y, posteriormente, en un cordero viable que nació el 5 de julio de 1996, al final de una gestación de duración casi normal y con un peso también normal.

La clonación de Dolly demostró que es posible regresar el “reloj adulto celular” a cero, y empezar el desarrollo otra vez.

Dolly no es un clon perfecto. El genoma de sus mitocondrias, que vienen del ovocito enucleado, no es el de su madre (la oveja donante de células mamarias). Todavía no se conoce bien la influencia de este genoma, pero su importancia es evidente en la determinación de las primeras etapas del desarrollo y a veces en el desencadenamiento de ciertas enfermedades. También hay otros elementos del citoplasma del ovocito que hay que tomarse en cuenta.

Obituario para Dolly

Dolly la borrega fue puesta a dormir con una inyección letal en febrero de 2003, a una edad de seis años y medio. Ella tenía una infección viral que dio origen a cáncer pulmonar. Las borregas de esta raza, a la que pertenece Dolly, que es la Finn Dorset, llegan a vivir por lo común, 11 o 12 años, pero como la mayoría de los animales clonados, murió prematuramente. Los telómeros (secuencias de ADN repetitivo en los extremos de los cromosomas de los eucariontes), de Dolly eran 20% más cortos que los normales y tenía artritis. No se encontraron en ella más signos de vejez prematura. No se sabe si el que haya sido clonada provocó su vida corta, muchos borregos no clonados de este tipo mueren por infecciones virales como ésta. La descendencia de Dolly, incluyendo a Bonnie que nació en 1998, y los triates que nacieron después, no mostraron acortamiento de telómeros, aunque todos ellos fueron concebidos normalmente y por supuesto, la mitad del DNA provino de los borregos padres.

INTERESES PARA CLONAR

El Roslin Institute es un organismo de investigación aplicada cuya misión es investigar para mejorar la productividad y la calidad de los animales de ganadería.

Los investigadores son pagados por el Estado Británico, pero la gestión está confinada a una empresa privada, PPL Therapeutics PLC, que contribuye también a su financiamiento. PPL tiene una filial en los Estados Unidos.

La principal razón de ser del Instituto Roslin es la producción, en la leche de animales transgénicos, de proteínas de interés médico.

Según Wilmut, su finalidad principal no es hacer clones, sino introducir en la célula cambios genéticos precisos. La clonación de embriones ovinos hace posible la creación de modelos animales para el estudio de ciertas enfermedades humanas, como la mucoviscidosis y el enfisema pulmonar.



Imagen No. 14. Clonación de Dolly
 (Imagen tomada el 14 de septiembre de 2007 de:
<http://heroesdelaciencia.blogia.com/temas/blog-alumn>).

Bibliografía

Clark David P., et al. (2005). "Molecular Biology made simple and fun" 3rd edition, editorial Cache River Press, Printed in the United States of America. Traducido por: Dr. Ignacio Peñalosa Castro. Edición: Biól. Marina Mendieta Saavedra.

Postel-Vinay y Millet A. (1997). ¿Qué tal Dolly? Mundo científico 180, pp.534-547.

VII. GLOSARIO



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL NAUCALPAN

BIOLOGÍA I

GLOSARIO

INGENIERÍA GENÉTICA Y SUS
APLICACIONES.

ALUMNO

GRUPO _____ EQUIPO _____

FECHA _____

Profesora. Marina Mendieta Saavedra.

ADN recombinante.

Moléculas de ADN híbridas, provenientes de distintos organismos.

ARNm. ARN mensajero.

Ácido nucleico encargado de llevar la información genética del núcleo al citoplasma.

ARNr. ARN ribosomal.

Ácido nucleico encargado de participar en la traducción de las proteínas

ARNt.

ARNs de transferencia son las estructuras que se encargan de leer los codones (empleando para ello la secuencia llamada anticodón).

Biología molecular. Estudios o técnicas acerca de los genes y las proteínas.

Clon. Células u organismos genéticamente idénticos producidos a partir de un ancestro por medio asexual.

Clonado. Aislado de la bacteria y usado para hacer muchas copias de éste.

Codón. Unidades de código, formadas por una secuencia de 3 nucleótidos que sirven para escoger cada uno de los 20 aminoácidos con los que se construyen las proteínas.

Código genético. Es la regla de correspondencia entre la serie de nucleótidos en que se basan los ácidos nucleicos y las series de aminoácidos que forman a las proteínas.

Código genético redundante.

En la mayoría de los casos, tiene más de un codón que define la incorporación del mismo aminoácido en una posición determinada del péptido en síntesis.

Cromosoma. Unidad genética constituida por una molécula de ADN.

Enzimas. Proteína que actúan como un catalizador para una reacción química.

Enzimas de restricción.

Es una enzima que puede reconocer una secuencia característica de nucleótidos dentro de una molécula de ADN y cortar el ADN en ese punto en concreto llamado sitio o diana de restricción o en un sitio no muy lejano a este, dependiendo de la enzima. Los sitios de restricción cuentan con entre 4 y 12 pares de bases, con las que son reconocidos.

Exón. Porción de una molécula de ADN en los eucariontes que codifica parte de un polipéptido.

Fenotipo. Manifestación observable o no observable de un determinado genotipo.

Genoma: Todo el material genético de un ser vivo.

Genoteca. Conjunto de moléculas recombinantes, que se mantienen generalmente en bacterias.

Genotipo. Componente genético de un organismo.

Hibridación. En el caso de los ácidos nucleicos, se refiere a la capacidad que tienen de asociarse a una hebra complementaria.

Ingeniería genética. Es la tecnología o más bien la biotecnología de la manipulación y transferencia de ADN de un organismo a otro.

Intrón. Porción de una molécula de ADN que no participa en la codificación de una molécula polipeptídica

In vitro. Condiciones experimentales dadas en un tubo de ensayo, en las que no incluyen seres vivos.

In vivo. Condiciones experimentales que incluyen seres vivos.

Nucleótido. Unidad mínima que conforma a los ácidos nucleicos, formada por una base nitrogenada, un azúcar y un fosfato.

Oligonucleotidos. Secuencia corta de ADN o ARN, con cincuenta o menos pares de bases.

Organismo transgénico. Organismo vivo que contiene un gen varios genes provenientes de otro ser vivo.

Plásmido. Molécula circular que contiene material genético accesorio, presente en las bacterias, elemento extracromosómico. Puede replicarse en forma independiente del cromosoma.

Promotor. Secuencias de nucleótidos en el ADN, que enlazan al complejo encargado de sintetizar ARN mensajero.

Proteínas. El nombre proteína proviene de la palabra griega πρῶτα ("prota"), que significa "lo primero".

Las proteínas son compuestos químicos muy complejos que se forman por la unión de aminoácidos.

Proteínas heterologas.

Combinación de dos tipos de proteínas de distinta procedencia.

Síntesis de proteínas. Proceso en el que participan los ácidos nucleicos ADN y los tres RNA (transferencia, ribosomal, mensajero), para la formación de proteínas.

Sonda de hibridización. Sección de ácido nucleico, ya sea de ADN o de ARN, que se utiliza para detectar secuencias complementarias.

Terapia génica. Consiste en la inserción de genes en las células de los tejidos de un individuo para tratar una enfermedad en general, y enfermedades hereditarias en particular. La terapia génica tiene como objetivo suplir un alelo defectuoso mutado por uno funcional

Traducción. Síntesis de una proteína. Ocurre sobre los ribosomas, que utilizan la información codificada en el ARN mensajero.

Transcripción. Síntesis de ARN, que utiliza una cadena de ADN como molde.

Transformación.

Procedimiento que permite introducir, directamente a células vivas, moléculas de ADN.

Transgénico. Célula u organismo que contiene ADN recombinante incorporado en su material genético.

Toxina. Sustancia química de naturaleza proteica.

Virus. Partícula infecciosa ultramicroscópica constituida por ácido nucleico (ADN o ARN), y proteínas que pueden reproducirse sólo en las células.

VIII. TEMA II. LA INGENIERIA GENÉTICA
Y SUS APLICACIONES

LA INGENIERÍA GENÉTICA Y SUS APLICACIONES.

En esta sección se desglosan los subtemas que se señalan en el programa indicativo del CCH, para el tema “la ingeniería genética y sus aplicaciones”, de cada uno de ellos se realiza una breve explicación.

Tema II. La ingeniería genética y sus aplicaciones.

Subtema II.1. Aspectos generales de la Tecnología del ADN recombinante.

II.1.1. Repaso histórico

II.1.2. Tecnología del ADN recombinante.

1ª PCR

2ª Secuenciación automatizada del ADN

3º Microarreglos

4º Hibridación del ADN

Subtema II.2. Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética:

Organismos transgénicos, terapia génica.

II.2.1. Plantas y animales transgénicos.

II.2.2. Terapia génica

II.2.3. Biotecnología en México.

Subtema II.3. Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos.

II.3.1. Proyecto Genoma Humano.

II.3.2. Clonación artificial.

II.3.3. Aspectos éticos y legales.

Tema II. La ingeniería genética y sus aplicaciones.

Subtema II.1. Aspectos generales de la Tecnología del ADN recombinante.

II.1.1. Repaso histórico

El estudio de la genética inició en el siglo XX y se ha desarrollado vertiginosamente en el siglo XXI, por lo que se le puede considerar como el siglo de la Ingeniería Genética, los avances van desde la secuenciación del ADN hasta la clonación de organismos.

A continuación se señalan algunos acontecimientos relevantes para el desarrollo de esta importante rama de la biología.

Año	Acontecimiento	Autor(es)
1665	Diseñó un microscopio que contaba con un sistema de iluminación integrada, y realizó observaciones de diversos organismos, descubriendo las células vegetales.	Robert Hooke (1635- 1703)
Primera mitad del siglo XIX.	Probó la existencia de las células animales y participó en el desarrollo de la teoría celular.	Theodor Schwan (1810- 1882)
1866	Publicó su trabajo acerca de las leyes de la herencia en experimentos con chícharo (<i>Pisum sativum</i>) en los que demostró que existen factores (a los que posteriormente se les denominó genes), que determinan las características de los seres vivos.	Gregorio Johann Mendel (1822-1884)
1869	Aisló material genético, a partir del núcleo de los glóbulos blancos, obtenidos de pus, le llamó nucleína, era el ADN.	Johan Friedrich Miescher (1844-1895)
1882	Publicó sus descubrimientos de la mitosis y los cromosomas humanos.	Walter Flemming (1843-1905)

Año	Acontecimiento	Autor(es)
1883	Descubrió el proceso de la Meiosis.	Edouard Van Beneden (1846-1910)
1900	Redescubrieron los trabajos de Mendel.	Carl Erich Correns (1864-1933), Hugo de Vries (1840-1935) y Erich von Tschermak (1871-1962).
1905	Publicó su trabajo sobre la determinación del sexo, por los cromosomas.	Nettie Maria Stevens (1861-1912)
1911	Estableció la teoría de las mutaciones. Él y sus colaboradores, demostraron que los cromosomas contienen los genes, y elaboraron los primeros mapas genéticos en la mosca de la fruta.	Thomas Hunt Morgan (1866-1945).

1928	Realizó trabajos con cepas de <i>Streptococcus pneumoniae</i> con cápsula, cuyas colonias tienen apariencia lisa (S) y cepas sin cápsula, cuyas colonias tienen apariencia rugosa (R). Descubrió un principio transformante (conocido hoy como ADN).	Fred Griffith (1879-1941)
1935	Aisló ADN puro por primera vez.	Anton Belozersky
1944	Demostraron que el ADN es la sustancia en donde se encuentra la información genética.	Oswald Avery (1877-1955), C. McLeod y M. McCarthy.
1950	Demostró que en el ADN es igual la proporción de las bases Adenina-Timina y Guanina-Citosina.	Erwin Chargaff (1905-2002).

Año	Acontecimiento	Autor(es)
1951	Describieron la estructura helicoidal del ADN, basándose en las fotografías que obtuvieron del ADN, utilizando difracción de rayos X.	Rosalind Franklin (1920-1958), Raymond Gosling (nació en 1926) y Maurice Wilkins (1916-2004).
1952	Comprobaron de manera definitiva que el ADN contiene el material genético.	Martha Cowles Chase (1927-2003) y Alfred Day Hershey (1908-1997).
1953	Publicaron los trabajos sobre difracción de rayos X, obtenidos de ADN cristalizado por Rosalind y Raymond Gosling.	Rosalind Franklin (1920-1958) y Maurice Wilkins (1916-2004).
1953	Describieron la estructura en doble hélice de la molécula del ADN.	James Dewey Watson (6 de abril de 1928) y Francis Harry Compton Crick (1916-2004).
1955	Descubrieron el ARN ribosomal.	Paul Zamecnick (nació en 1912) y Mary Stephensen.
1956	Descubrieron que las células humanas tienen 46 cromosomas.	Joe Hin Tjio (1916-2001) y Albert Levan (1905-1998).
1958	Demostraron que el ADN se replica por un mecanismo semiconservativo.	Matthew Messelson (24 de mayo de 1930) y Franklin Stahl (8 de octubre de 1929).
1958	Aislaron ADN de transferencia y comprobaron su función.	Mahlon Bush Hoagland (nació en 1921) y Paul Zamecnick (nació en 1912).
1958	Descubrió que el Síndrome de Down es una alteración en el cromosoma 21 del ser humano.	Jerome Lejeune (1926-1994).

Año	Acontecimiento	Autor(es).
1958	Aisló ADN polimerasa a partir de <i>Escherichia coli</i> .	Arthur Kornberg (1918-2007).
1958-1959	Demostraron que el RNAr es parte de la síntesis de proteínas.	James Dewey Watson (6 de abril de 1928) y Tisseries
1960-1961	Postularon la hipótesis del operon, y la existencia del ARN mensajero.	Francois Jacob (nació en 1920), Jaques Lucien Monod (1910-1976), Sydney Brenner (Nació en 1927), Gros y Matthew Messelson (24 de mayo de 1930).
1961	Descubrieron el primer ejemplo de un sistema de regulación transcripcional en el operon lac.	Francois Jacob (nació en 1920) y Jacques Lucien Monod (1910-1976).
1961-1966	Descifraron el código genético.	Marshall Warren Nirenberg (nació en 1927); Heinrich J. Matthaei; Phillip Leder; Har Gobind Khorana (nació en 1922); Robert W. Holley (1922-1993).

1967	Fue el primero en aislar la ADN ligasa.	Har Gobind Khorana (nació en 1922).
1968	Fue el primero en sintetizar oligonucleotidos.	
1970	Sintetizó por primera vez un gen.	
1970	Propuso el dogma central de la biología molecular.	Francis Harry Compton Crick (1916-2004).
1970	Descubrieron las endonucleasas de restricción.	Hamilton Smith (nació en 1931), Werner Arber (nació en 1929) y Daniel Nathans (1928-1999).

Año	Acontecimiento	Autor(es).
1970	Aislaron la endonucleasa de restricción de <i>Haemophilus influenzae</i>	K. Wilcox y Hamilton Smith (nació en 1931).
1970	Descubrieron la transcriptasa inversa.	Howard Martín Temin (1934-1994), David Baltimore (nació en 1938) y Renato Dulbecco (nació en 1914)
1972	Formó la primera molécula de ADN recombinante.	Paul Berg (nació en 1926).
1973	Formaron el primer organismo transgénico, introduciendo un fragmento de ADN de rana en un plásmido bacteriano, introducido en <i>Escherichia coli</i> .	Stanley Cohen (nació en 1922), Herbert Boyer y Annie Chang.
1974	Describió el nucleosoma.	Roger David Kornberg (nació en 1947).
1975	Produjeron los primeros anticuerpos monoclonales.	César Milstein (1927-2002) y Georges Köhler (1946-1995).

1975	Introdujeron el gen de la somatostatina en <i>Escherichia coli</i>	Herbert Boyer et al.
1976	Fundan <i>Genentech</i> , la primera compañía de biotecnología en EUA.	Herbert Boyer y Robert Swanson
1977	Desarrollaron métodos para determinar la secuencia de los nucleótidos del ADN.	Maxam y Walter Gilbert (nació en 1932), Frederick. Sanger (nació en 1918) y Colaboradores.
1977	Secuenció el genoma del bacteriófago Φ -X174.	Frederick. Sanger (nació en 1918).

Año	Acontecimiento	Autor(es)
1980	Crearon el primer organismo transgénico que permite la síntesis de una hormona humana en bacterias.	K. Itakura y colaboradores.
1981	Se reportó la secuencia del genoma de mitocondria humano.	S. Anderson, A.T. Bankier, B. G., Sanger, entre otros investigadores.
1982	Desarrollaron el primer producto recombinante que se utiliza como vacuna en humanos.	Pablo Valenzuela y Bill Rutter
1983	Construyeron las primeras plantas transgénicas.	M. Montagu y colaboradores
1984	Desarrolló la técnica de caracterización de ADN para identificar personas (Huella génica, por hibridación de ADN-ADN).	Alec John Jeffreys (nació en 1950).
1985	Aprobaron protocolos para la terapia Génica en humanos.	Los NIH (Institutos Nacionales de Salud en los EE.UU.).
1985	Desarrolló la técnica de la reacción encadena de la polimerasa o PCR.	Kary Banks Mullis (nació en 1944).
1986	Aprobó el primer vegetal transgénico.	La EPA (Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.).
1986	Desarrolló el tabaco transgénico resistente a herbicidas.	La compañía belga Plant Genetic Systems
1987	Desarrollaron cromosomas artificiales de levadura los YAC's.	M. Olson et al.
1988	Establecieron la oficina para la Investigación del Genoma Humano.	El Nacional Institute of Health (NIH) a iniciativa de James Dewey Watson.

Año	Acontecimiento	Autor(es).
1988	Se inició la formación del Gen Bank (Base de datos de secuencias genéticas).	Los NIH (Nacional Institutes of Health de EU.), la base de datos de ADN de Japón, del laboratorio Europeo de Biología Molecular.
1988	Produjeron y patentaron el ratón “ <i>Harvard</i> ” (altamente susceptible a desarrollar cáncer).	Philip Leder y Timothy Stewart.
1990	Desarrollaron el método de electroforesis capilar que permitió optimizar la automatización de los métodos para la secuenciación del ADN.	Barry Karger, Lloyd Smith y Norman Dovichi.
1990	Desarrollaron la primera terapia génica en una niña con “deficiencia ADA”.	W. Fench.
1990	Desarrollaron los FISH (Fluorescence In Situ Hybridización).	Guttenbach M y Schmid M.
1990	Desarrollaron los cromosomas artificiales de bacterias los BAC's.	Mel Simon et al.
1990	Produjeron una vaca lechera transgénica productora de proteínas de leche humana.	Gen Pharm Internacional.
1991	Se produce la primera confífera transgénica.	
1992	Obtiene plantas de arroz resistentes a herbicidas.	Dr. Tim Croughan
1994	Produjeron el jitomate “ <i>Flavr savr</i> ”.	Calgene, Inc.
1994	Desarrollaron los microarreglos (DNA chips).	Pat Brown et al.

Año	Acontecimiento	Autor(es).
1995	Publicaron la secuencia nucleotídica del primer genoma de un organismo vivo, el de <i>Haemophilus. influenzae</i> .	J. Graig Venter y Hamilton O. Smith de Celera Genomics y Claire M. Fraser del The Institut for Genomic Research.
1996	Reportó la secuencia nucleotídica del primer genoma de un eucarionte, el de la levadura <i>Sacharomyces cerevisiae</i> .	El programa mundial encabezado por André Goffeau. Involucró laboratorios europeos, americanos, canadienses y japoneses.
1996	Crearon la oveja Dolly por clonación de células adultas.	Ian Wilnut (nació en 1944) y Keith Campbell.
1997	Publican la secuencia del Genoma de <i>Escherichia coli</i> .	Blattner, Plunkett y colaboradores
1998	Cultivaron células troncales de embriones humanos.	Thomson y J. Gearhart.
1998	Reportaron la secuencia del primer genoma de un animal; el de <i>Caenorhabditis elegans</i> .	El Sanger Centre y el Genome Sequencing Center, bajo la dirección de John E. Sulston.
1999	Reportó la secuencia nucleotídica del cromosoma 22 del ser humano.	El consorcio internacional para el Proyecto del Genoma Humano (PGH), integrado por 20 países.
2000	Plantaron en campo una especie de camote resistente al ataque de virus.	Investigadores de Kenia
2000	Reportaron la secuencia de <i>Drosophila melanogaster</i> .	El consorcio público del PGH y la compañía Celera Genomics.
2000	Reportó la secuencia nucleotídica del genoma de una planta; el de <i>Arabidopsis thaliana</i> .	El consorcio internacional para el PGH.

Año	Acontecimiento	Autor(es).
2001	Reportaron simultáneamente, la secuencia nucleotídica del genoma humano.	El Proyecto del Genoma Humano (PGH) y Celera Genomics.
2002	Reportaron las secuencias nucleotídicas de los genomas del ratón (<i>Mus musculus</i>) y del arroz.	El consorcio formado por institutos de EU., Gran Bretaña y Canadá. Bajo la dirección del Dr. Simon Gregory y la Dra. Jane Rogers.
2003	Realizaron el primer trasplante autólogo de células troncales de adulto.	Investigadores japoneses
2003	Desarrollan por ingeniería genética un grano de café sin cafeína.	Investigadores japoneses
2003	Publicaron la secuencia completa del Genoma Humano.	El Consorcio Público Internacional dirigido por Eric Lander, del Sanger Centre y la compañía Celera Genomics dirigida por Craig Venter.
2006	Desarrolló la primera vacuna fabricada en una planta (protege a pollos de la enfermedad de Newcastle).	Amanda Walmsley, miembro del equipo científico de la Universidad de Monash, en Australia.

La biotecnología moderna, incluye la aplicación de tecnologías utilizadas para manipular el ADN, tales como las técnicas de ADN recombinante, las que tienen su base en la bioquímica, biología molecular y celular, usando organismos vivos o derivados de éstos, para elaborar sustancias químicas útiles al ser humano, en variados ámbitos, entre los cuales destaca el tratamiento de enfermedades o el aumento en el rendimiento y utilidad de las especies domesticadas.

Las investigaciones que se realizan acerca del genoma tienen dos grandes áreas de estudio. La primera es la estructural, que está orientada a la caracterización y localización de las secuencias que conforman el ADN que constituye a los genes, lo que permite la obtención de los mapas genéticos de cada organismo. La segunda es la funcional, dirigida hacia la recolección de información que se refiere al papel que desempeñan los genes.

La bioinformática ha permitido desarrollar ambas áreas de forma conjunta, actualmente se están elaborando estructuras miniatura denominadas biochips, que se pueden utilizar en el seguimiento de la expresión genética, lo que permite comparar la activación de genes en tejidos sanos y enfermos y analizar su papel, detectar polimorfismos y mutaciones, secuenciar fragmentos cortos

de ADN, realizar diagnósticos clínicos y detectar microorganismos patógenos, investigar los efectos toxicológicos de los fármacos, realizar seguimientos de terapia y contribuir a la medicina preventiva.

Las nuevas tecnologías de la biomedicina molecular ofrecen la posibilidad de vencer diversas enfermedades que hoy nos preocupan, como el cáncer o múltiples enfermedades autoinmunes, podremos obtener fármacos y muchas sustancias químicas que son necesarias en nuestra vida.

Estamos presenciando el nacimiento de una nueva era con posibilidades que nunca imaginamos, o que sólo fueron fantasías de películas futuristas. A corto plazo tendremos mapas completos de nuestros cromosomas, y con ello podremos saber las funciones que desempeña cada sección de ellos, así como su regulación, lo que nos permitirá fabricar organismos cuyos órganos sean como los de los seres humanos, con los que podrán realizarse transplantes cuando se requieran, así mismo, la terapia génica nos permitirá una atención a la medida de cada paciente, según sus características genéticas, se suministrarán medicamentos exclusivos para cada persona, eliminando los molestos efectos secundarios que nos originan los medicamentos que utilizamos en la actualidad para el tratamiento de diversas enfermedades.

Debemos prepararnos para manejar el poder que tendremos, en la manipulación de los seres vivos, como nunca antes se había podido hacer. Sobre todo es muy importante la formación que le demos a los jóvenes educandos de los que somos responsables, ya que se van a enfrentar a un mundo muy distinto al que nosotros vivimos, la manipulación de los seres vivos se puede dar tanto de manera positiva y obtener muchos beneficios, como de manera negativa y en lugar de que favorezca a la humanidad puede llevarla a su destrucción. Puede ocurrir que, como en el caso de la tecnología que se ha tratado de desarrollar en beneficio de la humanidad, que nos hemos esclavizado a ella. Realizamos más trabajo que muchos de nuestros antepasados, ya que la tecnología nos lo ha facilitado, lo que nos ha afectado teniendo mayor estrés, que a su vez ha ocasionado diversas enfermedades y mayores exigencias y en consecuencia ha surgido otro tipo de esclavitud.

Este enorme poder tendrá que ser utilizado con mucho cuidado, porque las posibilidades en sentido negativo son tantas como en sentido positivo; por esta razón, hoy en día se ha generado un debate, a nivel mundial, sobre las cuestiones éticas de manipular a los seres vivos, y sobre las consecuencias de alterar la naturaleza a tal grado que aún no somos capaces ni siquiera de imaginar.

Las investigaciones realizadas por los biólogos moleculares, han hecho posible la manipulación del ADN, al diseñar técnicas a través de las cuales se pueden añadir o quitar fragmentos de genes, modificando así la información genética de un organismo. Gracias a la tecnología del ADN recombinante en la actualidad se puede estudiar con mayor detalle la estructura y función de los genes.

La recombinación *in vitro* del ADN comprende la purificación de material genético a partir de cualquier fuente, su manipulación y modificación enzimática en un tubo de ensayo, su unión química con otras moléculas de ADN, su introducción a células hospederas y la selección de aquellas células que adquirieron el ADN modificado, donde finalmente las moléculas construidas o modificadas se propagan indefinidamente.

Purificación del ADN.

Primero se debe extraer el ADN, posteriormente se debe eliminar cualquier sustancia contaminante. Se utilizan disolventes para eliminar las sustancias pesadas y la precipitación del ADN para eliminar impurezas pequeñas.

Actualmente se conoce una gran cantidad de enzimas, con las que se puede modificar el ADN, cortar, pegar, modificar los extremos y sintetizar nuevas cadenas. También se utilizan métodos mecánicos y químicos para teñir las moléculas, separarlas por tamaños, inducir mutaciones o híbridos, marcarlas con reactividad, sintetizar nuevas moléculas y tener una gran cantidad de copias.

Enzimas para la manipulación del ADN.

Muchos microorganismos producen enzimas que modifican y digieren o rompen el ADN. Como las enzimas de restricción, presentes en las bacterias que de forma natural, son capaces de degradar el ADN extraño que penetra a la célula, sin alterar su propio ADN. Algunas de ellas dejan cortes rectos y otras forman cortes escalonados en la molécula de ADN (imagen 1 y 2).

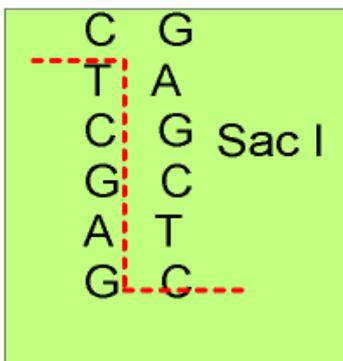
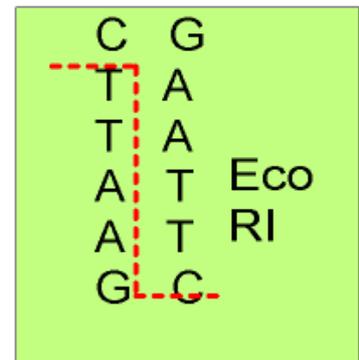
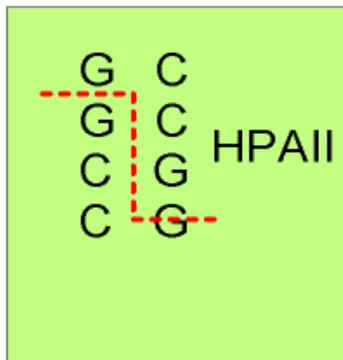
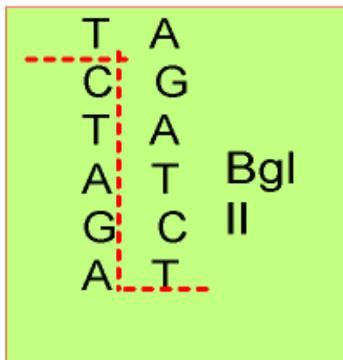
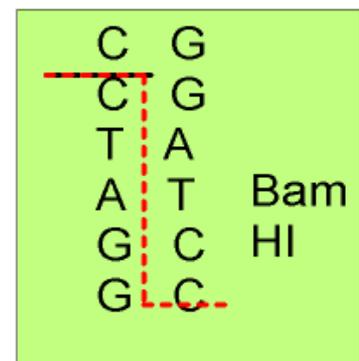
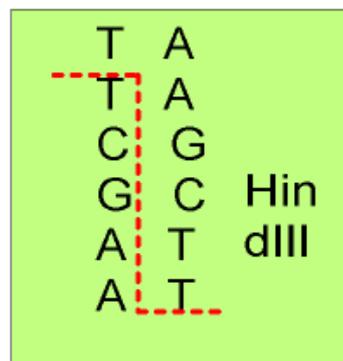
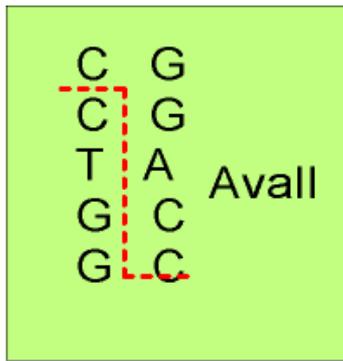


Imagen No. 1. Enzimas de restricción que dejan cortes escalonados.
 Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en:
<http://www.arrakis.es/~lbrabida/practica2.html>

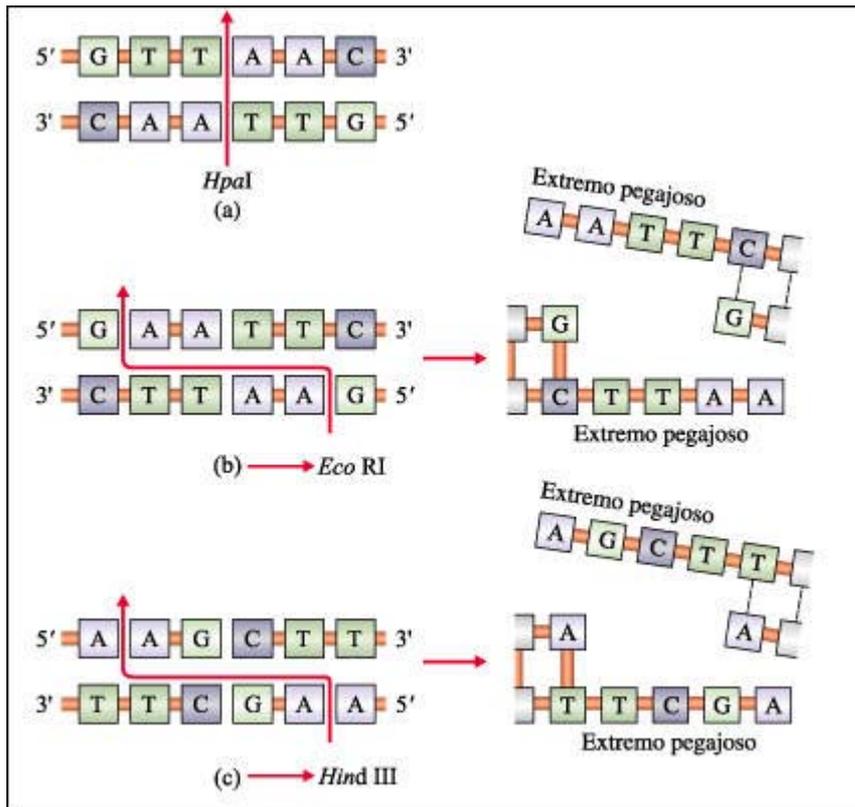


Imagen No. 2 Secuencias de nucleótidos de ADN reconocidas por a) *HpaI*, deja corte recto b) *EcoR*, corte escalonado o pegajoso y c) *HindIII*, corte escalonado o pegajoso.

Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en: www.educa.aragob.es/iescarin/depart/biogeo/va.

Las enzimas de restricción reconocen secuencias palindrómicas, que son secuencias que se pueden leer de la misma forma de derecha a izquierda que de izquierda a derecha, por ejemplo:

Enzima	Fuente	Secuencia que reconoce	Corte
<u><i>HindIII</i></u>	<u><i>Haemophilus influenzae</i></u>	5'AAGCTT -3'	5'---A AGCTT--- 3'---TTCGA A---
		3'TTCGAA -5'	
<u><i>SacI</i></u>	<u><i>Streptomyces achromogenes</i></u>	5'GAGCTC -3'	5'---GAGCT C---
		3'CTCGAG --5'	3'---C TCGAG-
<u><i>EcoRI</i></u>	<u><i>Escherichia coli</i></u>	5'GAATTC -3'	5'---G AATTC-

G--5'

3'CTTAAG

3'---CTTAA

Cuando actúa la enzima que reconoce y corta esta secuencia, forma segmentos que se separan de la doble cadena. Como esos segmentos se pueden volver a unir si encuentran su complemento, se les llama extremos cohesivos o pegajosos.

Se puede reasociar un segmento de restricción proveniente de un organismo con otro segmento, generado por la misma enzima pero en diferente organismo, se obtiene una molécula híbrida, a la que se le llama ADN recombinante.

Para reasociar dos moléculas de ADN, ya sea del mismo organismos o de distintos organismos, es necesario volver a formar el enlace fosfodiéster, la enzima que puede realizar este enlace es la ADN ligasa. El ADN recombinante obtenido de esta forma necesita aun transcribirse y traducirse, y solamente lo puede hacer dentro de una célula, además de que debe ser capaz de replicarse porque de lo contrario se podría diluir y perderse después de que la célula se dividiera.

Para introducir ADN extraño a una célula se utilizan vehículos de clonación, que generalmente son plásmidos. El doctor Francisco Bolívar Zapata, científico mexicano, construyó uno de los primeros vehículos de clonación, el plásmido pBR322, en una estancia posdoctoral, a mediados de los setenta en la Universidad de California, San Francisco (Soberón, 2003).

Resumiendo, la técnica del ADN recombinante requiere cuatro elementos esenciales:

1º Obtener fragmentos específicos de ADN.

2º Unión de fragmentos de ADN para obtener hebras continuas.

3º Introducción del ADN recombinante en células vivas.

4º Mecanismos para la replicación e identificación de la molécula de ADN dentro

de la célula viva donde se introdujo.

Obtención de fragmentos específicos de ADN.

Para obtener fragmentos de ADN, se pueden utilizar cuatro métodos distintos: a) digestión por endonucleasas de restricción, b) rompimiento mecánico controlado, c) síntesis enzimática y d) síntesis química.

El más utilizado es la digestión por endonucleasas de restricción, aunque no se pueden obtener fácilmente fragmentos grandes de ADN. El segundo método, se utiliza para obtener fragmentos largos de más de 10,000 pares de bases.

c) La síntesis enzimática se puede llevar a cabo copiando una molécula de ARNm para producir ADNc (ADN complementario), o utilizando la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Mediante el primer procedimiento se han clonado genes eucarióticos, aunque no se obtienen copias de intrones ni de regiones reguladoras ya que, el ADNc se obtiene de ARNm maduro.

Por medio de la **reacción en cadena de la polimerasa o PCR** se pueden obtener grandes cantidades de ADN a partir de una secuencia pequeña de ADN *in vitro*, en poco tiempo y sin utilizar células vivas. Esta técnica fue desarrollada en 1985 por Kary Banks Mullis.

Para que se lleve a cabo la PCR se requiere: la secuencia de ADN que se quiere multiplicar, que sirve como molde o templado; los oligonucleótidos sintéticos P1 y P2, que se utilizan como iniciadores de la cadena (cebadores); una ADN polimerasa resistente a temperaturas mayores a 92 °C, y los cuatro desoxirribonucleótidos trifosfato –dATP, dGTP, dCTP y dTTP–.

La mezcla se somete a cambios de temperatura que conducen a la desnaturalización, hibridación y elongación, que se repiten por cerca de 30 ciclos (imagen 3 y 4):

Desnaturalización. Se somete la mezcla a una temperatura de 95 °C por algunos minutos, para romper los puentes de hidrógeno, lo que provoca la separación de las dos cadenas del ADN molde.

Hibridación. Se reduce la temperatura aproximadamente a 55°C, lo que facilita el apareamiento de los cebadores con sus bases complementarias.

Elongación. Se eleva la temperatura de la mezcla a cerca de 75 °C, lo que permite que la ADN polimerasa vaya agregando los nucleótidos en la cadena complementaria partiendo del extremo -OH 3' de los cebadores, en dirección 5' a 3'. Y así se duplica el ADN en cada ciclo sucesivo.

La PCR tiene diversas aplicaciones, como la detección de enfermedades genéticas en el feto, estudios de identidad de padres e hijos o de algún homicida, entre otras.

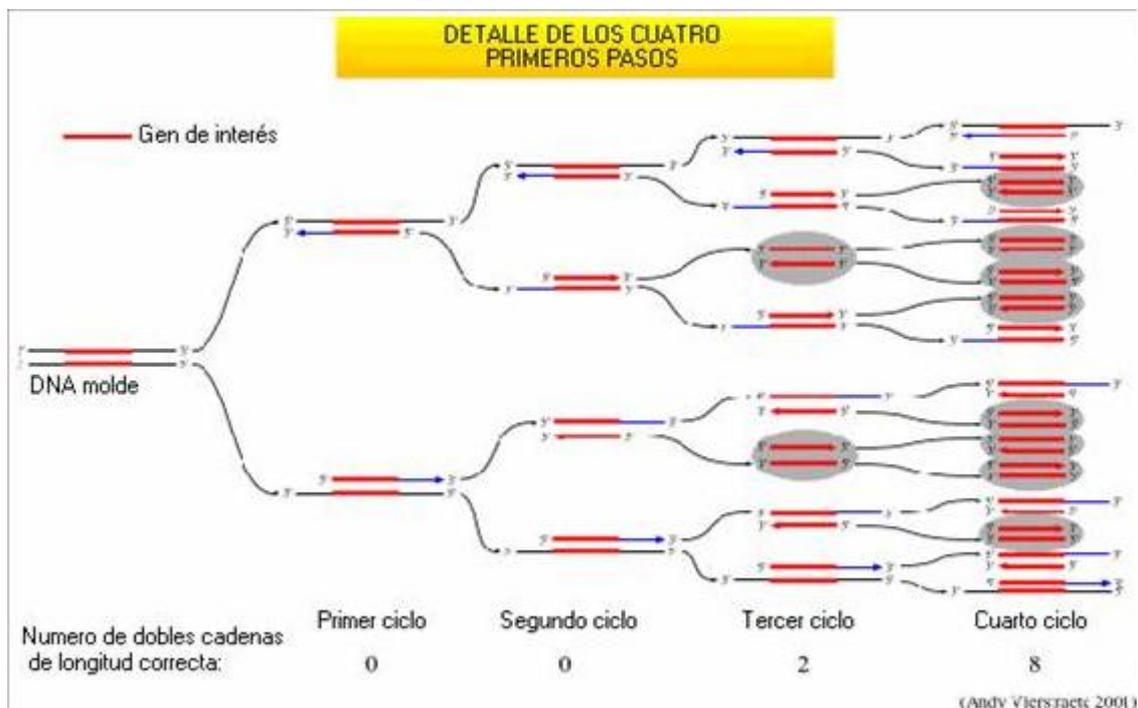


Imagen. No. 3. PCR.

(Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en: www.monografias.com/trabajos11/Tamau/.shtml)

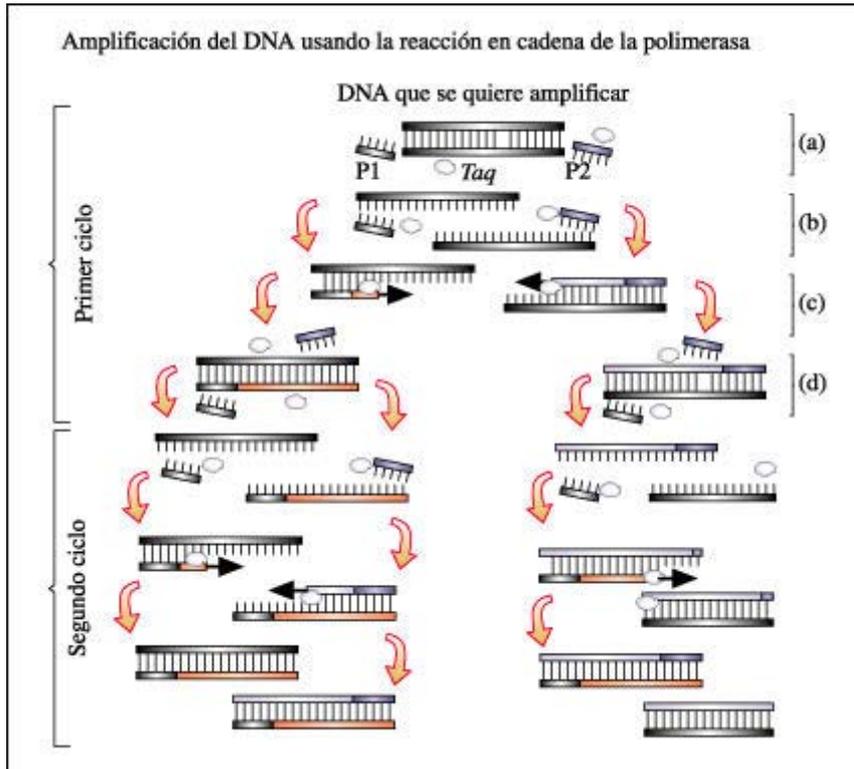


Imagen. No. 4. PCR.

(Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en:

(Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en:
Www.educa.aragob.es/iescarin/depart/biogeo/va.).

d) Síntesis química de ADN.

Se utiliza para obtener oligonucleótidos sintéticos de cadena sencilla, que luego se emplean para la construcción de genes, la PCR, hibridación de ácidos nucleicos, rastreo de genes, secuenciación de ADN, entre otras aplicaciones.

Secuenciación de ADN.

Se puede obtener la secuencia de los nucleótidos de una molécula de ADN por el método enzimático o por el químico.

Método químico de Maxam y Gilbert.

En este método, se obtienen fragmentos de ADN por rompimiento químico. Primero se marca radiativamente el extremo 5' del segmento de ADN, del que se tienen diversas copias, con gamma ^{32}P ó gamma ^{35}S dATP. Posteriormente se divide la solución con el ADN marcado en cuatro partes, las que se someten a un tratamiento químico distinto para romper las moléculas en cada una de las cuatro bases nitrogenadas. A la solución resultante se le somete a una electroforesis en un gel de poliacrilamida desnaturizante, del que se infiere la secuencia de nucleótidos del segmento de ADN original (imagen 5).

Método de secuenciación de Maxam y Gilbert.

Maxam-Gilbert sequencing

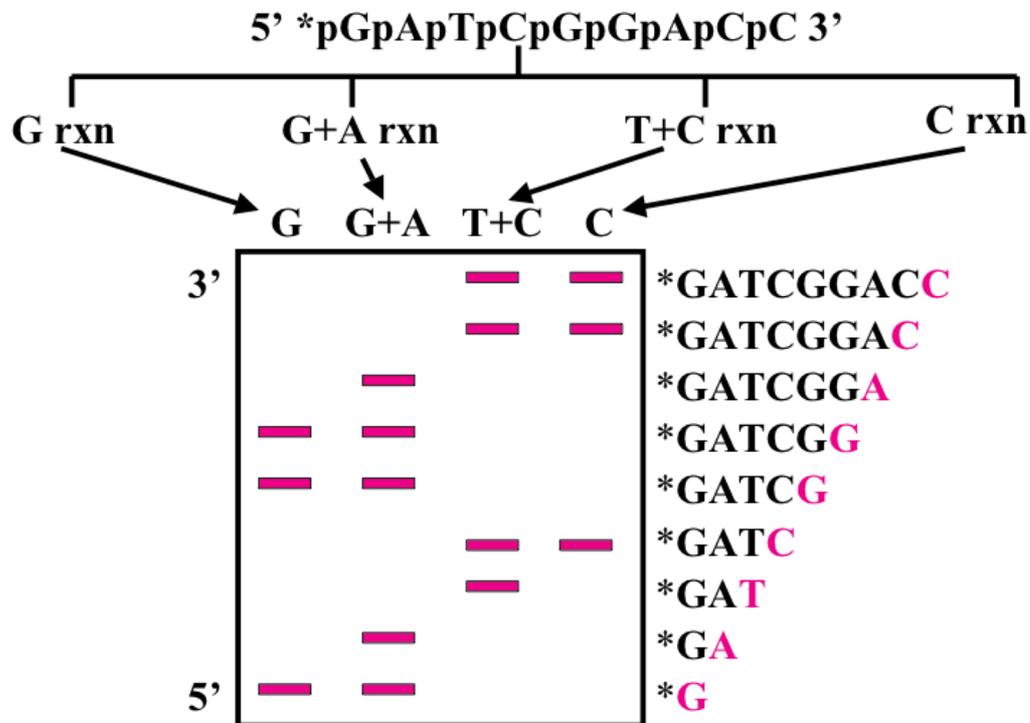


Imagen. No. 5. Método de Maxam-Gilbert para secuenciación de ADN.
 (Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en:
Biology200.gsu.edu/.../4564%20'04/lecture3.html)

Método enzimático de Sanger

En este método los fragmentos de ADN se generan por síntesis de ADN empleando una ADN polimerasa. En la actualidad este método se ha automatizado, y es el más utilizado en la secuenciación de diversos genomas, incluyendo el del ser humano.

Los requerimientos son: un templado de ADN de cadena sencilla, un oligonucleótido iniciador, y la ADN polimerasa.

Primero, un oligonucleótido se marca radiactivamente, luego ese oligonucleótido se aparea con el ADN de cadena sencilla que se va a secuenciar. La mezcla se separa en cuatro tubos, que contienen ddNTPs más uno de los nucleótidos terminadores (ddATP, ddCTP, ddGTP o ddTTP). La polimerasa sintetiza la cadena complementaria, al incorporarse un ddNTPs la síntesis se detiene, ya que los dideoxinucleótidos no pueden unirse con ningún otro nucleótido debido a que en su extremo 3' poseen un H y no OH, por lo que quedan como el último nucleótido de la cadena.

En la siguiente etapa, el producto es depositado en un gel, que se somete a electroforesis, posteriormente el gel se autorradiografía lo que permite leer la secuencia complementaria del ADN original (imagen 6).

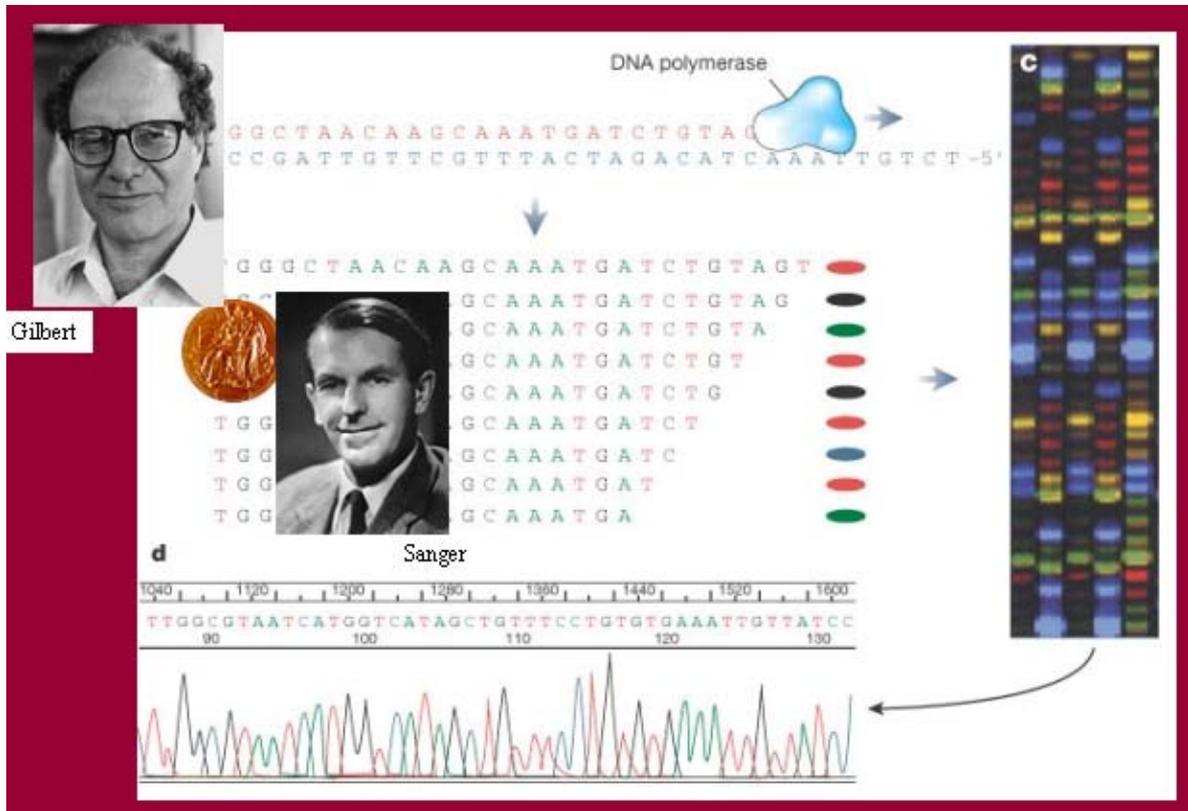


Imagen. No. 6 Secuenciación del ADN, método de Sanger.
 (Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en:
www.ttk.ptk.hu/biologia/genetika/biotech/bto.htm)

En resumen la secuenciación automatizada de ADN comprende los siguientes pasos:

- El ADN se divide en fragmentos que luego se clonan y subclonan.
- Cada pedazo corto se usa como plantilla para generar un conjunto de fragmentos que difieren entre sí, en longitud, en una sola base.
- Los fragmentos se separan mediante electroforesis.

- Se identifica la base que queda al final de cada fragmento. Se recrea la secuencia original de las bases (A, T, C y G) de cada pedazo corto generado en el primer paso.
- Las secuencias cortas se ensamblan en una secuencia larga

Secuenciación automática empleando el método enzimático. Es una alternativa al método de Sanger. Consiste en marcar el oligo cebador o los terminadores con un compuesto fluorescente y activar la reacción de secuencia. Los productos de la reacción se detectan directamente durante la electroforesis al pasar por delante de un láser que al excitar los fluoróforos permite detectar la fluorescencia emitida (imagen 7).

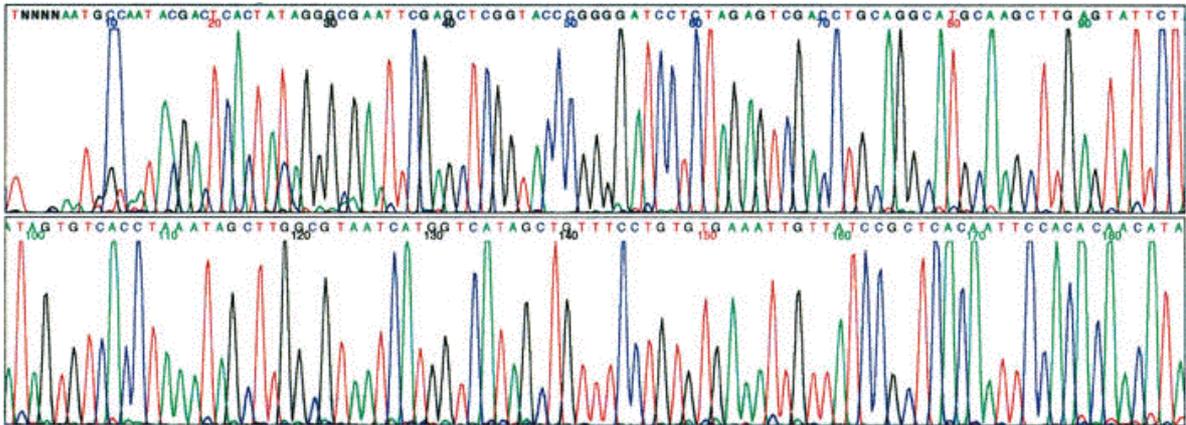


Imagen. No. 7. Secuenciación del ADN.
(Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en:
www.ttk.pte.hu/biologia/genetika/biotech/bto.htm).

Secuenciación empleando cebadores fluorescentes. Se realizan cuatro reacciones de secuencia distintas en cada una de las cuales, se añade el oligonucleótido cebador marcado con una sonda fluorescente distinta y un ddNTP diferente en cada una de ellas. Al finalizar las cuatro reacciones se mezclan en un único tubo (imagen 8).

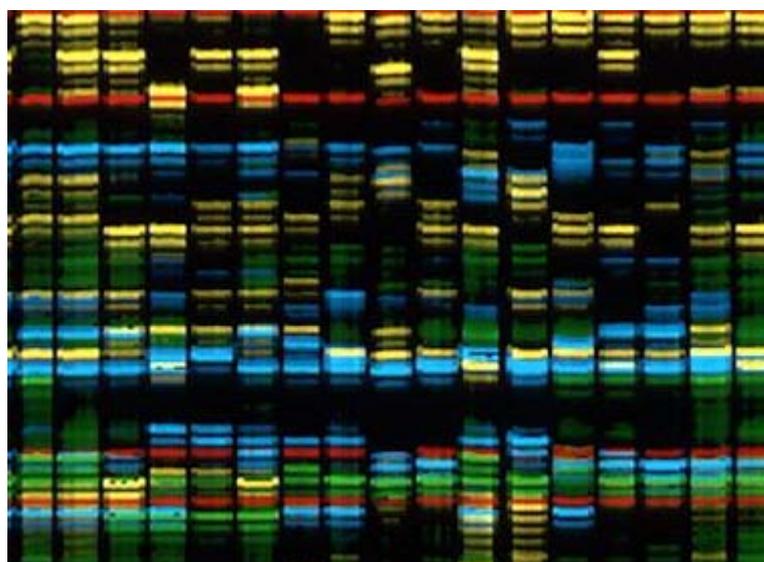


Imagen. No. 8. Lectura resultante con marcaje fluorocromo de ddNTPs
(Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en:
www.arbil.org/106geno.htm).

MICROARREGLOS O CHIPS DE ADN.

Los microarreglos de ADN son soportes sólidos en los cuales se encuentran inmovilizados, en un área pequeña, de cientos a miles de genes de manera ordenada. Los soportes sólidos pueden ser laminillas de vidrio para microscopio (imagen 9), laminillas de silicón o membranas de nylon (imagen 10). En los microarreglos, el ADN representa una parte o todos los genes de un organismo que puede ser impreso, depositado o sintetizado directamente sobre la superficie sólida.

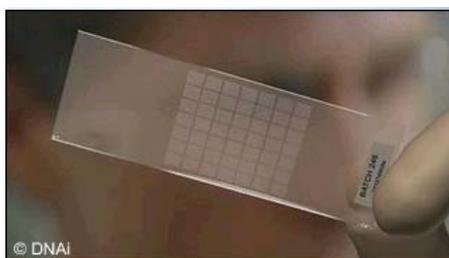


Imagen. No. 9. Microarreglo fabricado por medio de la colocación
de material en la laminilla de vidrio.
(Imagen tomada el 10 de septiembre de 2007 en:
<http://www.dnai.org>).

La utilidad de los microarreglos es muy amplia, puede ir desde la detección de alguna enfermedad, hasta analizar cualquier secuencia que queramos del ADN. Los microarreglos se basan en la hibridación de secuencias complementarias de los ácidos nucleicos a una escala microscópica. Se utilizan etiquetas fluorescentes que pueden detectarse y utilizarse para localizar patrones de hibridación de distinto tipo de células.

Los microarreglos pueden ser divididos en dos tipos principales, los cuales difieren en su construcción y en el número de condiciones que se pueden monitorear en cada caso:

Microarreglos de *spots* de cDNA u oligonucleótidos, los cuales también se conocen como microarreglos de dos colorantes y permiten comparar dos condiciones en la misma laminilla. En estos microarreglos, las moléculas de interés son depositadas directamente sobre la superficie sólida por medio de un robot. La composición de la superficie sólida en la cual se depositan las moléculas determinará cómo es que éstas serán inmovilizadas en la superficie.

Microarreglos de oligonucleótidos de alta densidad, los cuales sólo permiten monitorear una condición por arreglo. Affymetrix es la compañía que fabrica este tipo de microarreglos usando una combinación de fotolitografía y reacciones químicas para sintetizar los oligonucleótidos *in situ*.



Imagen No.10. Microarreglo fabricado por medio de síntesis de Oligonucleótidos in situ.
(Imagen tomada el 10 de septiembre de 2007 en:
<http://microarray.niddk.nih.gov/array.asp>).

Hibridación del ADN.

Las técnicas de hibridación de ácidos nucleicos permiten identificar un fragmento de ADN o de ARN utilizando la capacidad que tienen estas moléculas de unirse a secuencias de nucleótidos complementarias.

Estas técnicas se utilizan para detectar determinados genes, con la finalidad de purificarlos y caracterizarlos a partir de extractos celulares, también se utilizan para localizarlos en las células, tejidos y organismos, asimismo se puede utilizar una sonda preparada a partir de un gen de un determinado organismo para detectar genes relacionados evolutivamente.

El ADN se puede obtener por clonaje o por métodos químicos. El fragmento de ADN se marca utilizando radioisótopos o por algún método químico para que durante la hibridación se pueda detectar su incorporación a moléculas de doble cadena.

Por ejemplo, para obtener el ADN por clonaje, se agrega un fragmento de ADN a un plásmido acompañado de un gen que le confiere resistencia a un antibiótico, los plásmidos luego, son inoculados en bacterias que se siembran en medios de cultivo ricos para su reproducción. Los medios también contienen el antibiótico señal, lo que permite inferir que las colonias que crecen son las que contienen bacterias que adquirieron el plásmido que contenía el gen de resistencia al antibiótico.

Se seleccionan algunas colonias que posteriormente se replican y luego son tratadas las bacterias para romperlas y obtener el ADN que luego se hibridiza con un fragmento de interés.

Un fragmento de ADN o ARN se puede marcar con radioisótopos para utilizarse como sonda para identificar una secuencia de ADN similar. La sonda se pone en contacto con la muestra que queremos identificar y las moléculas homólogas hibridan entre sí. Posteriormente se expone la mezcla a una película de rayos x para detectar los sitios donde ocurrió la hibridación.

El método Southern blot, se usa para localizar genes en geles de poliacrilamida o agarosa. En este método primero se separa el ADN en un gel y

se fija en una membrana, donde se puede identificar la posición del fragmento de interés.

También hay una técnica que permite detectar secuencias de algún ácido nucleico en células o tejidos utilizando sondas de ácidos nucleicos que se pueden marcar con un colorante fluorescente. Esta técnica, se conoce como hibridación in situ (imagen 11).

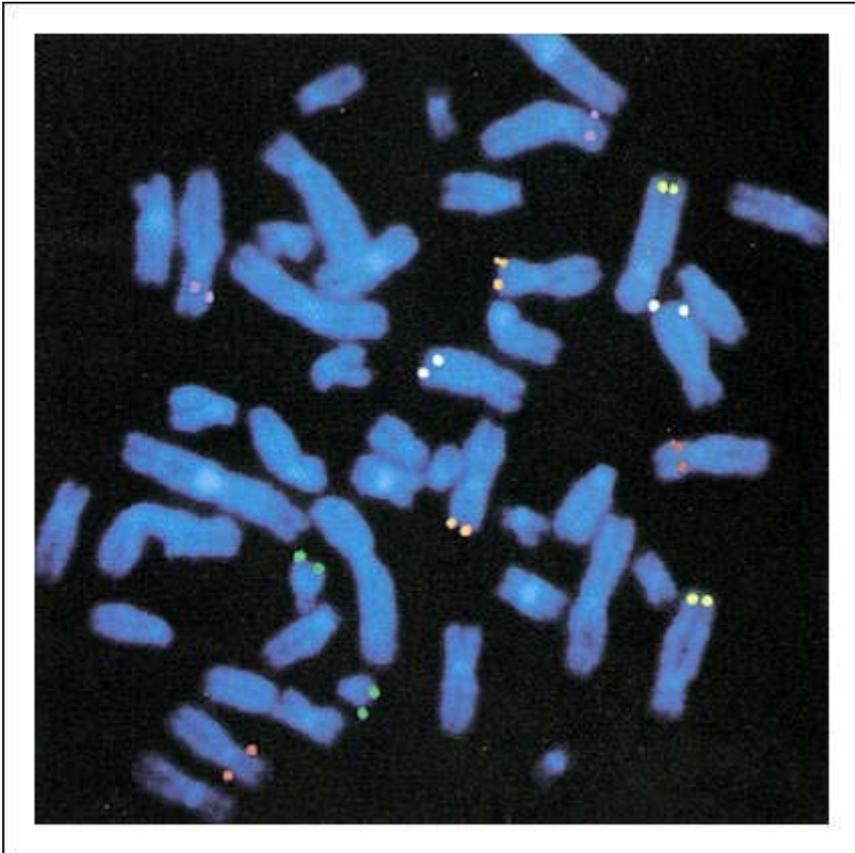


Imagen No. 11. Marcaje de secuencias específicas de nucleótidos mediante hibridación in situ.

(Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en:
www.educa.aragob.es/iescarin/depart/biogeo/va..).

Subtema II.2. Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: Organismos transgénicos, terapia génica.

II.2.1. Plantas y animales transgénicos.

Ingeniería genética en plantas

En la actualidad las plantas se han utilizado en la biotecnología para inocularles moléculas de ADN recombinante con diversos fines como: para producir proteínas recombinantes, polímeros, anticuerpos; para desarrollar resistencia a condiciones ambientales; resistencia a enfermedades producidas por virus como en el caso de tabaco, papaya, papa, arroz, calabaza y tomate; resistencia al ataque de hongos en arroz, tabaco y canola; en la papa

resistencia al ataque de bacterias; resistencia a herbicidas en tabaco, petunia, tomate, papa y algodón; cambiar el color de algunas flores; la elevación de la productividad de algunos cultivos; la alteración de su sabor, color, de sus cualidades nutricionales y de maduración, entre otros fines. También se han empleado para producir virus utilizados en la elaboración de vacunas.

En la ingeniería genética en plantas se utilizan vectores de clonación como virus (caulimovirus y los geminivirus), o el plásmido Ti de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, que inocula parte de su ADN a través de una herida que hace a la planta (imagen 12). En la actualidad se utiliza la técnica de la pistola genética para inyectar genes en algunas plantas.

Los virus que se emplean en ingeniería genética contienen ADN, no deterioran a las células que infectan, pero son inestables y no se heredan a la descendencia.



Imagen No. 12. Agallas de corona sobre una planta de tabaco.
(Imagen tomada el 28 de septiembre de 2007 en:
www.educa.aragob.es/iescarin/depart/biogeo/va...).

Ingeniería genética en animales

El cultivo de células animales, inicialmente se utilizó con el fin de obtener vacunas. Actualmente se produce una gran cantidad de proteínas y diversos productos, por ejemplo, inmunorreguladores, anticuerpos, factores de crecimiento, enzimas, hormonas, vacunas, interferones, y antígenos tumorales específicos. También se utilizan para el crecimiento de fibroblastos para su trasplante en casos de quemaduras severas.

En la actualidad se producen vacunas por ADN recombinante lo que a disminuido diversos problemas que se tenían con otros métodos. También se han desarrollado estrategias para producir respuestas antigénicas que protejan contra la infección viral.

Animales transgénicos.

Los animales transgénicos, son organismos a los que se les ha introducido material genético extraño, modificando su genoma. Por ejemplo, en ratones se introducen genes de interés en los núcleos de huevos fertilizados, luego se implantan en hembras. Algunos de los ratones que nacen de esos huevos contienen los genes que se implantaron, en todas sus células, estos organismos pueden tener descendencia a la que heredaran esos genes (Imagen 13).

Son ejemplo de organismos transgénicos: ratones, algunas especies de ganado bovino, porcino y caprino, aves, gatos, ovejas, entre otros.

Algunas aplicaciones de los transgénicos son:

La biosíntesis de proteínas heterólogas en las glándulas mamarias de mamíferos; la integración de genes que produzcan organismos resistentes a infecciones y enfermedades; el mejoramiento de las características de algún producto animal como mayor producción de huevos y con menor contenido de colesterol en las gallinas; resistencia a enfermedades en aves; la aceleración del crecimiento de peces como tilapia, carpa, salmón, etc., para disminuir los tiempos de crianza; el establecimiento de modelos animales para el estudio de enfermedades y defectos genéticos en humanos; la creación de animales modelo con genes que los predisponen a adquirir determinada enfermedad, con la finalidad de poder estudiarla.

En la actualidad se utilizan levaduras y otros hongos unicelulares, así como líneas celulares de insectos o de seres humanos como fabrica de proteínas. El microorganismo *Bacillus thuringiensis*, que de forma natural produce la toxina BT, que ataca insectos y arácnidos, se ha cultivado para obtener la toxina y suministrarla a los cultivos como un insecticida biodegradable y seguro ya que no afecta al ganado ni al ser humano.

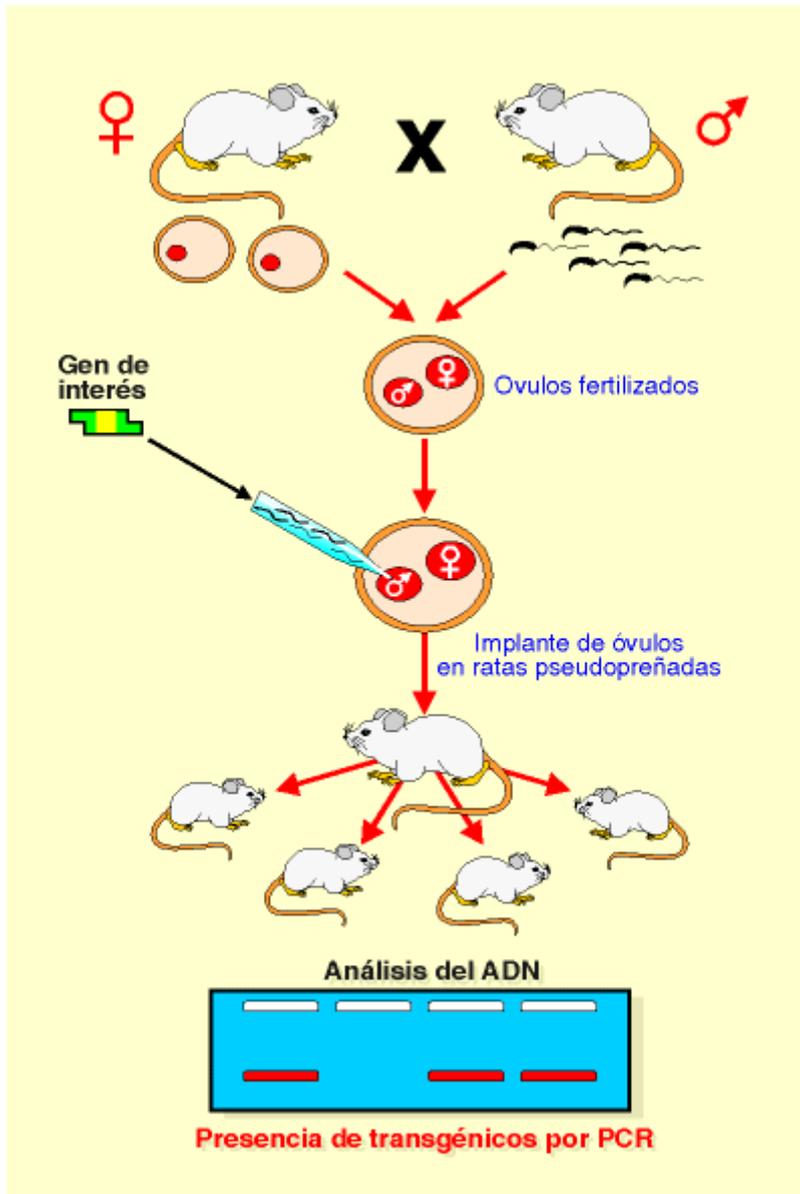


Imagen. No. 13. Transgénesis en ratones
 (Imagen tomada el 27 de septiembre de 2007 de:
www2.uah.es/./cienciasvida/cv3.htm)

II.2.2. Terapia génica.

La expresión "terapia génica (TG)" significa, en su origen, Introducción de material genético exógeno (natural o recombinante) en sujetos humanos para corregir deficiencias celulares expresadas en el nivel fenotípico, con el tiempo se ha ido ampliando hasta incluir transferencias génicas de naturaleza preventiva y aquellas que contribuyen al avance de la investigación médica. Las situaciones confusas inciden particularmente en las legislaciones que comienzan "desde cero", y en relación con la TG muchos países pueden imponer restricciones excesivas a la investigación basada en malentendidos muy difundidos y, entre otras cosas, cerrar la puerta a cualquier tipo de medicina predictiva o crear serios problemas de interpretación legal para el futuro.

Con la biomedicina molecular se pretende prevenir el padecimiento de enfermedades, a partir de su búsqueda o de su predisposición en los genes.

Aunque es difícil la interpretación de los resultados de las pruebas genéticas, ya que ser portador de un gen alterado no implica de manera necesaria el desarrollo de la enfermedad, y el grado en que ésta se dé.

Sin embargo, los avances en la biomedicina cada vez son mayores ya que van a la par de la biotecnología y la bioinformática, esta última permite analizar una gran cantidad de resultados en poco tiempo.

La identificación en el ADN de las causas de las enfermedades y el desarrollo de la industria biotecnológica, permitirá encontrar mejores métodos de diagnóstico, blancos terapéuticos y generar fármacos personalizados.

Se calcula que existen cerca de ocho mil enfermedades hereditarias, pero a nivel fetal sólo se han detectado unas 200. Aunque en la actualidad se conoce la función de unos diez mil genes, se espera que, en el futuro, se puedan descubrir las relaciones entre éstos y las enfermedades.

La terapia génica en la actualidad puede ser de dos tipos: la que se orienta a la corrección de algún defecto en la secuencia del ADN, y la que pretende restaurar las propiedades del funcionamiento celular mediante el ajuste en la regulación de la expresión de los genes.

Se permite la terapia génica en células somáticas, pero no en células germinales. Solamente se utiliza la terapia génica en enfermos que no se pueden curar con otros métodos y el paciente voluntariamente accede a ser sometido incluso a tratamientos que aun son experimentales.

Las estrategias que utiliza la terapia génica son:

Ex vivo: consiste en extraer células del paciente, modificarlas in vitro con un vector retroviral e implantarlas de nuevo al organismo con riesgo mínimo. El primer ejemplo de este tipo de terapia génica fue en el tratamiento de la enfermedad, deficiencia de adenosina deaminasa (ADA).

In vivo: consiste en administrar el gen corrector al paciente en lugar de hacerlo a células en cultivo. Se emplea en células difíciles de extraer e implantar nuevamente como es el caso de la mucoviscidosis.

Para llevar a cabo los tratamientos ha sido necesario desarrollar vectores que liberan el gene de interés en el tejido que se requiere. Los vectores pueden ser de origen viral basados en retrovirus, adenovirus, virus adenoasociados y virus de Herpes simples. También se han usado otros sistemas de origen no viral como la

inyección del ADN purificado, el bombardeo del tejido blanco con microproyectiles cubiertos de ADN y el uso de liposomas constituidos por ADN cubierto de lípidos.

Otro tipo de terapia génica incluye el uso de oligonucleótidos como agentes terapéuticos, que tienen el propósito de obstruir la expresión de genes que causan la enfermedad. Este es el caso en el que la terapia va dirigida a la regulación de la expresión.

Hay una opción más que emplea oligonucleótidos para cortar el ARNm, los cuales se conocen como ribozimas, su función es la de unirse a ciertas proteínas bloqueando su función y corrigiendo sustituciones de bases o mutaciones puntuales.

Riesgos:

A pesar de que la terapia génica ha tratado con éxito algunas inmunodeficiencias, este tipo de tratamiento supone ciertos riesgos para el

paciente, ya que existe la posibilidad de que aparezcan efectos no deseados al no poder discriminar las células en las que se integra el gen sano para fabricar las proteínas terapéuticas, ni tampoco la cantidad que deben producir.

Para superar este problema, se ha desarrollado una estrategia de terapia génica que ha permitido que el gen que es insertado en el paciente genere un nivel de proteínas equivalente al que tienen las células normales y, por tanto, no haya peligro de toxicidad. Además, se ha logrado que dicho gen se exprese sólo en las células en las que sí tiene que hacerlo.

Aunque dichos estudios se han centrado en el síndrome de Wiskott-Aldrich (patología congénita que se caracteriza por una inmunodeficiencia seria que se acompaña de alteraciones en las plaquetas y eccemas y que afecta a uno de cada 200.000 varones), la estrategia de terapia génica que han diseñado también podría aplicarse a otras inmunodeficiencias primarias, que dan lugar a más de 150 enfermedades congénitas distintas. Se trata de los vectores lentivirales, basados en secuencias víricas y que sirven para introducir de forma muy eficiente los genes terapéuticos en células que son de especial interés para la terapia génica, como las células madre hematopoyéticas, capaces de reconstituir todo el sistema inmune del paciente.

II.2.3. Biotecnología en México.

La mayoría de las organizaciones públicas y académicas dedicadas a la biotecnología se establecieron a partir de 1985.

El Dr. Luis Herrera Estrella del CINVESTAV Irapuato participó en el grupo de investigadores que desarrollaron la primera planta transgénica en el mundo.

El Instituto de Biotecnología de la UNAM (IBT), el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) y el Departamento de Biotecnología del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) son algunos ejemplos de los centros de investigación que realizan trabajos de primer nivel

La institución responsable de la regulación en México de los organismos genéticamente modificados, es la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM). Dicha Comisión agrupa a seis Secretarías de Estado y al CONACYT

México es uno de los diez principales países que siembran cultivos modificados genéticamente en el mundo.

Desde 1995 la Secretaría de Salud ha aprobado algunos productos biotecnológicos para consumo humano, por considerarlos inocuos:

PRODUCTO	CARACTERISTICA INTRODUCIDA
1995 Jitomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>) de maduración retardada.	Gen de poligalacturonasa del jitomate en antisentido.
1996 Papa (<i>Solanum tuberosum</i>) resistente a la catarinita de la papa. Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i>) resistente a insectos lepidópteros. Canola (<i>Brassica napus</i>)	Gen cry IIIA de <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>Tenebrionis</i> . Gen cry I © de <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>Kurstaki</i> . Gen 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato

resistente al herbicida glifosato.
cepa 4
Jitomate (*Lycopersicum esculentum*)
actividad
de maduración retardada reducida,
Soya (*Glycine max* L) resistente al
fosfato
herbicida glifosato.
subsp.

1998

Jitomate (*Lycopersicum esculentum*)
de maduración retardada.

1999

Canola (*Brassica napus*) resistente al
herbicida glufosinato de amonio

2000

Algodón (*Gossypium hirsutum*)
spp
resistente al herbicida glifosato.

2001

Canola (*Brassica napus*) resistente
al herbicida glufosinato de amonio

Papa (*Solanum tuberosum*)
resistente a la catarinita de la papa
tenebrionis
y al virus del enrollamiento de la hoja
de la papa.

Papa (*Solanum tuberosum*)
resistente a la catarinita de la papa
y al virus de la papa.
PVY.

2002

Algodón (*Gossypium hirsutum*)
resistente a insectos lepidópteros
y tolerante al herbicida glifosato.

CP4

sintetasa de *Agrobacterium sp.*

Gen de poligalacturonasa con

del jitomate

Gen 5-enolpiruvilshikimato-3-

sintetasa de *Agrobacterium*

cepa 4.

Fragmento del gen de la
aminociclopropano
ácido carboxílico sintetasa del
jitomate.

Gen de fosfinotricina acetil
transferasa de *Streptomyces*
viridochromogenes.

Gen EPSPS de *Agrobacterium*

cepa CP4.

Gen de fosfinotricina acetil
transferasa de *Streptomyces*
viridochromogenes.

Gen Cry IIIA de *Bacillus*
thuringiensis supsp.

y gen de la replicasa del virus
de la PLRV

Gen Cry IIIA de *Bacillus*
thuringiensis supsp. *tenebrionis*
y gen de la cápside del virus

Gen Cry IA(c) de *Bacillus*
thuringiensis subsp. *kurstaki*
HD-73 y gen CP4 EPSPS
de *Agrobacterium sp.* cepa

Las características que se les han conferido a los cultivos son: tolerancia a herbicidas, resistencia a plagas de coleópteros o lepidópteros, resistencia a enfermedades virales, tolerancia a sequía o frío, tolerancia a aluminio, maduración retardada del fruto.

Las plantas que se han modificado son: jitomate, tabaco, piña, plátano, papaya, papa, calabacita, soya.

Las compañías dedicadas a la biotecnología: Calgene y Zeneca, Ciba-Geigy, Grupo Pulsar, CINVESTAV, Monsanto, Híbridos Pioneer.

Subtema II.3. Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos.

II.3.1. Proyecto Genoma Humano.

El genoma consiste en el ácido desoxirribonucleico (ADN) de un organismo, incluyendo genes y regiones no abiertas a la transferencia de mensajes genéticos. Son los genes contenidos en los cromosomas, los contenedores de la información necesaria para sintetizar todas las proteínas.

El proyecto para descifrar la información genética contenida en los cromosomas del ser humano inició en 1990 con el consorcio público denominado Proyecto Genoma Humano (PGH), que se integro por 18 países y con un financiamiento público.

Algunos años después la compañía Celera Genomics inició sus trabajos con recursos privados. Ambas agrupaciones trabajaron por separado.

El 12 de febrero de 2001 el Consorcio Internacional de carácter público, y la empresa privada Celera Genomics dieron a conocer al mundo el mapa provisional del genoma humano. Bajo la dirección de Eric Lander del Centro Sanger, en Cambridge, Reino Unido, el primer grupo publicó la secuencia en la revista Nature. Por su lado, la empresa estadounidense, dirigida por Craig Venter, lo hizo en Science.

A mediados de abril del 2003, 50 años después de que fuera develada la estructura de doble hélice del ADN, se anunció que casi había sido completada la totalidad del mapa genético humano. Ambos consorcios presentaron sus resultados de manera conjunta, de entre los que hoy se sabe que:

Las personas compartimos 99.99 % del código genético, el restante 0.01 % marca lo que nos diferencia.

Sólo del 2 al 3% del genoma codifica proteínas, las moléculas que determinan el funcionamiento del organismo.

El 4.8% de los genes tiene que ver con reacciones químicas dentro y fuera de las células.

El ADN contiene 30 mil genes que constituyen al ser humano.

Cada gene es un segmento de ADN que controla una función celular específica. El ADN conduce la reproducción de la célula y es el responsable de transmitir a la célula la información para que realice todas sus funciones. Así como toda la información necesaria para que cada región del cuerpo funcione y sea creada con exactitud esta incluida en el ADN.

El 10.2% del ADN se encarga de producir enzimas que catalizan las reacciones bioquímicas de nuestro cuerpo.

El 5% tienen como función participar en la estructura de la célula.

La información obtenida por el proyecto Genoma Humano, es de carácter público y puede ser consultada por cualquier persona que tenga acceso a la red.

Los avances en la genética en nuestro tiempo son notorios. Y también son comunes los debates éticos que implica obtener este conocimiento.

Hay quienes están a favor del desarrollo de la genética y quienes no, los que están a favor argumentan los beneficios que podremos obtener al identificar enfermedades malignas causantes de malformaciones o de acortar el periodo de vida de los seres humanos. Los que están en contra manifiestan su temor de que la manipulación de la información genética pueda utilizarse para ejercer control sobre la humanidad, y otro tipo de discriminación agregado al que se ha ejercido hasta nuestros días.

II.3.2. Clonación artificial.

El término clona significa retoño o vástago, Se utilizo para referirse a la multiplicación de organismos a partir de retoños o vástagos derivados de un progenitor, que en el caso de las plantas daban como resultado hijos idénticos que sus padres. En la actualidad se pueden obtener clones en diferentes niveles de organización, que va desde el molecular hasta organismos completos, como la oveja Dolly.

En el caso de la oveja Dolly, para clonarla obtuvieron, por biopsia, células de glándula mamaria diferenciadas, de una oveja blanca Finn Dorset de 6 años. Las células fueron cultivadas in vitro y luego se pusieron en un medio de cultivo empobrecido, durante cinco días, lo que provoco la suspensión del ciclo celular en estado G₀.

De otra oveja Scottsh Blackface, se obtuvieron ovocitos a los que se les extrajo el núcleo, esos ovocitos enucleados se colocaron en un medio de cultivo a 37 °C, una vez que los sacaron del medio fueron activados con un impulso eléctrico, y con varios impulsos eléctricos mas cada uno de ellos se fusionó con una célula, mamaria en estado G₀, de la oveja donante posteriormente el cigoto resultante se introdujo en una borrega distinta para su desarrollo, finalmente nació Dolly (Imagen. No. 14).

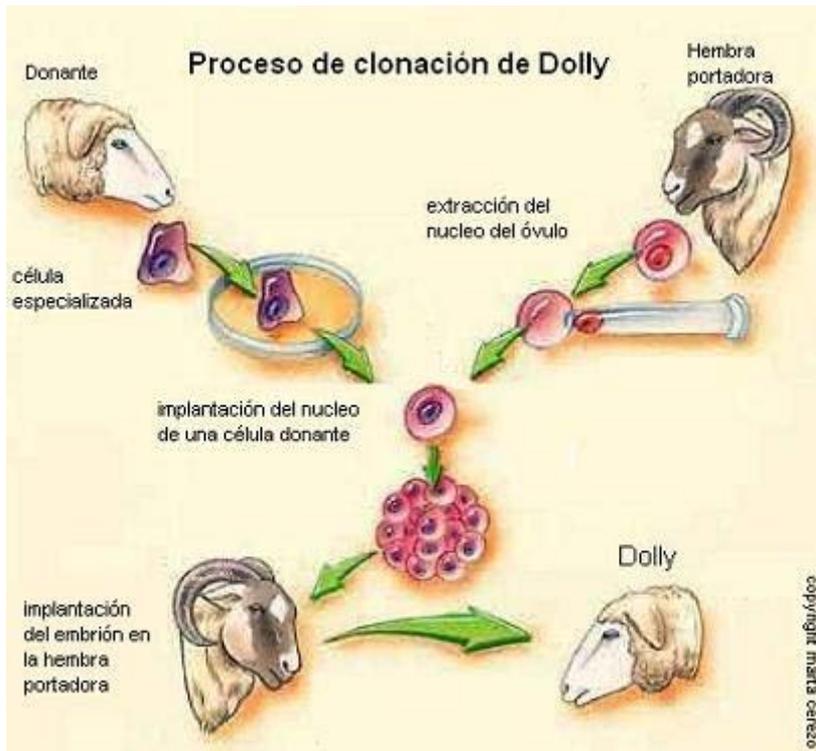


Imagen No. 14. Clonación de Dolly
(Imagen tomada el 14 de septiembre de 2007 de:
<http://heroesdelaciencia.blogia.com/temas/blog-alumn>).

Respecto a este punto en México, la comisión de Salud de la Cámara de Diputados aprobó el 28 de abril del 2004 la experimentación e investigación científica para la clonación terapéutica sin clonar embriones humanos. Y se publicó la ley de bioseguridad el 18 de marzo de 2005 durante el gobierno del presidente Vicente Fox Quesada.

El interés de obtener clones de un organismo se centra en algunos puntos principales como: tanto en animales como en plantas, que sean comestibles y comerciales, se puedan obtener en abundancia por medio de este procedimiento con el pretexto de remediar la hambruna a nivel mundial, lo que realmente tiene un trasfondo a nivel de intereses económicos particulares.

También existe el interés del ser humano de obtener clones de sí mismos, como hasta la actualidad no hay ningún argumento válido para hacer tal cosa, aún no ha sido aprobado.

II.3.3. Aspectos éticos y legales.

Los debates en torno a la manipulación genética, giran sobre el libre acceso que se tiene a las investigaciones que se están desarrollando a nivel mundial, a través de la red, y acerca de las pretensiones de la compañía Celera Genomics de patentar y vender sus descubrimientos a quien le ofrezca mayor remuneración económica.

La ONU expresó en 1998 en su Declaración Universal sobre el Genoma Humano *“que el patrimonio genético de los seres humanos no se puede estar sometiendo a intereses comerciales....El genoma humano es la base de la*

*unidad fundamental de todos los miembros de la familia humana y del reconocimiento de su dignidad física y su diversidad.” “En sentido simbólico es el patrimonio de la humanidad”.*⁷

Sí la ingeniería genética se desarrolla como se prevé en los próximos años, los grandes consorcios que tengan el control de esa información tendrían ganancias millonarias y con ello el control del resto de la humanidad, ellos tendrán la posibilidad de vender esta información a quien deseen y al precio que elijan.

Con las posibilidades que plantean los avances en la detección a tiempo de diversas enfermedades, su tratamiento y cura, así como la posibilidad de elegir el sexo y las características deseables, nuestros descendientes tendrán la posibilidad de optar porque sus hijos no sufran ningún tipo de enfermedad.

Tendríamos que resolver diversas interrogantes, como si es o no correcto que unos cuantos posean información que nos pertenece a todos los seres humanos y que además lucren con ella a sus semejantes. Ocurriría como en la actualidad, que sólo unos cuantos tienen acceso a tratamientos médicos costosos, y como la mayoría de los habitantes del mundo son pobres entonces no tendrían acceso a este tipo de tratamientos que seguiría beneficiando a unos cuantos, y que además generaría otro tipo de discriminación ya que si los ricos y poderosos pudieran elegir las mejores características físicas y de salud que tendrían sus hijos entonces los pobres se considerarían inferiores porque serían enfermos y con características no deseables para la humanidad dominante.

Existiría un tipo de discriminación genética, que originaría diversos tipos de exclusión para la humanidad, ya que un empleador podría elegir al tipo de personal idóneo a sus intereses, podría exigir pruebas genéticas para elegir enterarse del tipo de enfermedades que puede sufrir su personal, e incluso elegir las características físicas deseables para el puesto que ofrezca. Y existirían los trabajos asignados para cada tipo de personas, los de raza inferior (no seleccionados genéticamente) tendrían los empleos con menor remuneración y estarían al servicio de los de la raza dominante (los seleccionados genéticamente).

También las aseguradoras podrían con esta información exigir mayores cuotas o negar las pólizas, a las personas que tengan predisposición a sufrir enfermedades crónicas.

Con este tipo de información se prestaría a que en diversos ámbitos de la sociedad se discriminara a la gente que no hubiese sido seleccionada genéticamente y habría otro tipo de segregación.

Existe también la posibilidad de optar por que los avances en la genética se utilicen para beneficio común de la humanidad y entonces tendríamos la opción de tener una vida más sana y segura, en un mundo donde se podrían curar o prevenir las enfermedades, en donde habría alimento necesario y suficiente para todos y en donde podría haber igualdad de condiciones para todos los seres humanos.

Como la naturaleza del ser humano es en cierto sentido egoísta se ha hecho necesario formular leyes para manipular la información genética, como es el caso del la ley de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados

⁷ Declaración universal sobre el Genoma Humano, 1997. Op. cit.

(LBOGM), formulada durante el gobierno del presidente Fox en la República Mexicana, y que entró en vigor el 2 de mayo de 2005⁸.

La LBOGM tiene que ver con el desarrollo tecnológico que tiene como base la biotecnología que manipula información genética en seres vivos, plantas y animales, que pueden causar un impacto dañino al medio ambiente afectando incluso la diversidad biológica, que en México es muy abundante (es uno de los 12 países a nivel mundial que posee megadiversidad biótica). Tiene como fin regular las actividades de utilización, liberación, exportación e importación de organismos genéticamente modificados con el fin de prevenir y evitar los posibles riesgos que estas acciones pudieran infringir a la salud humana o al medio ambiente y a la diversidad biológica.

Durante la historia del ser humano han existido distintos tipos de discriminación, ya sea por pertenecer a diferente religión, raza, etnia, color, etc. Tratando siempre de justificar la superioridad de una raza sobre las otras y de este modo ejercer dominio sobre los otros menos favorecidos.

A propósito de las cuestiones de discriminación, como ya se mencionó con anterioridad, un dato muy interesante para las relaciones humanas es que el 99.9% del Genoma es idéntico en todos los seres humanos y que sólo el 0.01% determina los rasgos físicos que nos diferencian. Lo que nos lleva a reflexionar acerca del trato que damos a nuestros semejantes.

Los propios científicos promovieron la emisión de reglas de seguridad para la manipulación genética en los laboratorios.

Esas reglas han pasado por tres etapas principales: primera etapa, hubo una reglamentación estricta respecto al uso de cepas de microorganismos, uso de genes peligrosos para la salud, la construcción de sistemas físicos de contención de organismos y la prohibición de liberar organismos modificados genéticamente al ambiente; segunda etapa, se atenuaron las reglamentaciones formuladas en la primera etapa, lo que ocasiono que se desarrollaran gran cantidad de organismos modificados genéticamente y se distribuyeran en el mercado; y la tercera etapa, en la que principalmente, existe la preocupación referente a los aspectos éticos sobre la reglamentación del uso de patentes de organismos, sobre la terapia génica, acerca del consumo de transgénicos y de los usos que se les va a dar al conocimiento que se tiene acerca del genoma humano (Balbás, 2002).

Sobre todo cómo hacer para que los beneficios de tales conocimientos se extiendan a toda la humanidad de acuerdo a cada cultura y a cada región del planeta sin que únicamente beneficien a unos cuantos.

Uno de los problemas que se discute acerca de la manipulación genética en organismos es que se teme tengan consecuencias drásticas, que afecten a la biodiversidad que existe actualmente, que los sembradíos de transgénicos puedan ocasionar la diseminación de características modificadas a otras plantas no contempladas para ello, se argumenta que el trasplante de genes afecta la naturaleza de los seres vivos, por lo que se considera una práctica muy drástica e invasiva con consecuencias que no se pueden prever.

Otro aspecto se refiere a las implicaciones económicas, políticas y sociales de la biotecnología. En ausencia de efectos nocivos bien documentados se ha optado por seguir una tendencia de precaución, en la que se asume que puede existir riesgo en la diseminación de una nueva tecnología.

⁸ Ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados 18 de marzo del 2005.

Es necesario que los seres humanos, en los diversos ámbitos en los que nos desarrollamos, reflexionemos, discutamos, analicemos y establezcamos bajo qué condiciones se puede manipular la información genética de los seres vivos, y además se debe seguir legislando acerca de esa manipulación para que sea regulada y respetada a nivel mundial.