



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

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

CAMPO DE CONOCIMIENTO: BIOLOGÍA

**SECUENCIA DIDÁCTICA
PARA EL APRENDIZAJE DE LA
INGENIERÍA GENÉTICA Y SUS APLICACIONES,
EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN DOCENCIA PARA
LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (BIOLOGÍA)

P R E S E N T A

JUDITH ELIZABETH NÚÑEZ REYNOSO

Tutor:

Dr. Ramón Víctor Moreno Torres
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Comité Tutor:

Dr. Miguel Ángel Martínez Rodríguez
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Dra. Norma Ulloa Lugo
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, noviembre 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



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

María Teresa Pía Reynoso Rangel †

Raúl Núñez Quintero †

*Por la vida, educación, motivación, ejemplo, bondad,
sacrificios,...*

infinita paciencia, sensible comprensión, ... su ¡AMOR!

Hermanos

Familiares

Amigos

A quienes he amado y me han amado

Por su cariño y acompañamiento a lo largo de mi vida.

A los Profesores

*Modelos de superación, que valoran y confían en el poder
de su misión y viven con entusiasmo su profesión.*

A los Alumnos

Razón de ser y existir de mi docencia

A G R A D E C I M I E N T O S

A la:

Universidad Nacional Autónoma de México

Por mi formación profesional y de postgrado

Escuela Nacional Colegio de Ciencia Y Humanidades

Por mi formación como bachiller y académico

Dirección General de Asuntos del Personal Académico DGAPA

Por la beca para estudios de la MADEMS

Al Doctor:

Ramón Víctor Moreno Torres

TUTOR DE TESIS,

A los Doctores:

Norma Yolanda Ulloa Lugo

Miguel Ángel Martínez Rodríguez

COMITÉ TUTORAL,

Adrián Cuevas Jiménez

Aquiles Negrete Yankelevich

*SÍNODOS
JURADOS PARA EXAMEN DE GRADO*

Ofelia Contreras Gutiérrez

*COORDINADORA
ESTUDIOS DE POSTGRADO MADEMS,*

Dra. Arlette López Trujillo

*RESPONSABLE ACADÉMICO
FES IZTACALA,*

Por sus aportaciones, con admiración respeto

A LOS PROFESORES DE LA MADEMS, BIOLOGÍA

Por sus enseñanzas

M. en C. Irma Elena Dueñas García

M. en C. Laura Castañeda Partida

Dra. María Eugenia Héres Pulido

Mtra. Myrna Miriam Valera Mota

Dra. Ofelia Contreras Gutiérrez

Dra. Patricia Covarrubias Papahiu

Dr. Eugenio Camarena Ocampo

Dr. Ismael Ledesma Mateos

Dr. Jorge Ricardo Gersenowies Rodríguez

Dr. Miguel Monroy Farias

Dr. Elías Piedra Ibarra

M. en C. Rafael Chávez López

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO

Por su amistad

M. en D. Alejandro Anaya Soto

C. Ana Berta Ledesma Silva

Lic. Ana Isabel Buendía Yáñez

M. en C. Andrés Hernández López

Dra. Gabriela Silva Urrutia

Lic. Javier Ruiz Reynoso

M. en C. Jesús Aguilera García

M. en C. Juan Gómez Pérez

L. C. G. Nohemí Guzmán Núñez

Lic. Manuel T. Chávez Velázquez

M. en C. M. de los Ángeles Robledo A.

C. Félix Espinosa Saldaña

A LOS ACADÉMICOS DEL

“GRUPODOCENTE COLABORATIVO, GDC”

*Por su amistad, enseñanzas y experiencias vividas,
durante la formación de profesores*

A LOS PROFESORES Y ALUMNOS QUE PARTICIPARON EN LA INVESTIGACIÓN

Y

A TODAS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON EN LA REALIZACIÓN DE LA PRESENTE TESIS

Por su contribución y apoyo

GRACIAS

RESUMEN

"El precio de la perfección es la práctica constante"
Andrew Carnegie

El presente trabajo tuvo como propósitos *"apoyar el proceso de aprendizaje enseñanza de la ingeniería genética y sus aplicaciones"*; *"captar el interés, la participación activa y conciente del alumno para que construya aprendizajes e incorpore en su manera de ser, hacer y pensar una ética de responsabilidad ante los avances de la genética, los problemas de salud y los de supervivencia global"* y *"orientar la labor educativa de los profesores que imparten Biología I, en el CCH Azcapotzalco"*; los objetivos *"elaborar una secuencia didáctica, para el aprendizaje de la Ingeniería Genética y sus aplicaciones, en el nivel medio superior"*; seleccionar y elaborar los recursos e instrumentos de evaluación necesarios e implementar y evaluar la secuencia.

Previo al diseño de la secuencia se realizó una investigación diagnóstica -documental y de campo- para conocer la institución educativa que se pretendía apoyar, caracterizar a sus alumnos (a partir de variables sociodemográficas, antecedentes curriculares, indicadores académicos y conocimientos previos) y a los profesores que imparten la materia de Biología, indagar cómo llevan el proceso de enseñanza aprendizaje de la ingeniería genética y la problemática que afecta o impide su aprendizaje. La investigación reflejó que: el tema, al ser el último del curso, es poco atendido y el rendimiento académico de los alumnos es el más bajo del curso; los profesores consideran que necesitan cursos de actualización en el tema, existe, entre los profesores, imprecisión sobre los conceptos básicos que deben aprenderse para dar por atendidos los objetivos institucionales y el plantel no cuenta con recursos didácticos, preparados ex profeso, para apoyar a alumnos y profesores, de ahí la importancia de la presente contribución.

La secuencia se confeccionó en atención al marco teórico institucional, disciplinario y psicopedagógico-didáctico y socio-ético-educativo, sustentado en la *"Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar (Díez, 2006)"*, paradigma sociocognitivo de aprendizaje enseñanza que responde a las exigencias de la actual sociedad del conocimiento y considera como objetivos educativos el desarrollo de procesos cognitivos, afectivos y la inteligencia como arquitectura del conocimiento, usando como medios los contenidos curriculares y los procedimientos, en ambiente de aprendizaje colaborativo.

La secuencia didáctica incluyó *"Modelo T"* (Díez, 2006), 4 planes de clase (con actividades centradas en el aprendizaje del alumno), que incorporan momentos de inicio, desarrollo y cierre, fases con su respectiva técnica, organización de la intervención, tarea académica, producto, evaluación, tiempo, prácticas sociales y celebración), recursos didácticos e instrumentos de evaluación (rúbrica de autoevaluación y coevaluación de valores y actitudes desempeño alumno; la del desempeño del equipo y la de heteroevaluación; lista de control; cédula de desempeño y lista de cotejo del desempeño de la profesora), presentados como anexos. La inteligencia cognitiva se promovió con el desarrollo de las capacidades prebásicas, básicas y superiores (creatividad, pensamiento crítico, toma de decisiones y solución de problemas), la afectiva con los valores civismo, honestidad y tolerancia y la arquitectónica con técnicas de aprendizaje colaborativo y la producción de resúmenes, carteles, organizadores gráficos, entre otros.

Los propósitos y objetivos del trabajo de tesis se alcanzaron dado que la secuencia didáctica atendió la problemática detectada en la investigación diagnóstica, apoyó el proceso de aprendizaje enseñanza de la ingeniería genética, orientó la labor educativa de los profesores; desarrolló en los alumnos la inteligencia escolar y los aprendizajes solicitados por la institución.

ÍNDICE

"La educación no crea al hombre, le ayuda a crearse a sí mismo".

Maurice Debesse

	Página
Dedicatoria y Agradecimientos	1
Resumen	4
Índice	5
Introducción	8
Capítulo 1. Antecedentes	10
1. 1. La Educación Media Superior en México	10
1. 1. 1. Marco Legal y Oferta Educativa	10
1. 1. 2. Semblanza Histórica	11
1. 1. 3. Rendimiento Académico	12
1. 2. La Ciencia, la Cultura Científica, la Biología y la Ingeniería Genética en el Bachillerato del CCH	17
1. 2. 1. La Ciencia y la Cultura Científica	17
1. 2. 2. Importancia de la Biología en la Cultura Básica del Bachiller del CCH	17
1. 2. 3. Importancia de la Ingeniería Genética en la Cultura Básica del Bachiller del CCH	18
1. 3. Justificación Académica. Propósitos y Objetivos	20
1. 3. 1. Problemática Educativa Vinculada a la Ingeniería Genética	20
1. 3. 2. Investigación Educativa Diagnóstica, en el CCH Azcapotzalco	20
1. 3. 3. Diseño de Secuencia Didáctica	23
Capítulo 2. Marco Teórico	24
2. 1. Marco Teórico Institucional	24
2. 1. 1. Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades	24
2. 1. 2. Normatividad para la Producción Académica en el CCH	24
2. 1. 3. Programa de Estudios de la Asignatura de Biología I	25
2. 2. Marco Teórico Disciplinario	26
2. 2. 1. Células, Genes, DNA y Dogma Central de la Biología Molecular	26
2. 2. 2. Ingeniería Genética y la Tecnología del ADN Recombinante	28
2. 2. 3. Aplicaciones e Implicaciones de la Manipulación Genética	29

2. 2. 4. Aplicaciones e Implicaciones Bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la Clonación de Organismos	29
2. 3. Marco Teórico Psico-Pedagógico-Didáctico y Socio-Ético-Educativo	30
2. 3. 1. Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar	31
2. 3. 2. Modelo T o Modelo T de Martiniano	34
2. 3. 3. Aprendizaje en Ambiente Colaborativo -Aprendizaje Cooperativo-	34
Capitulo 3. Metodología de Trabajo	36
Capitulo 4. Resultados	37
4. 1. Resultados de la Investigación Educativa dirigida a Profesores	37
4. 1. 1. Caracterización de los profesores que imparten Biología y de la enseñanza y el aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones, en el CCH Azcapotzalco	37
4. 1. 2. Caracterización de la Planta Docente a través de las Variables Sociodemográficas	38
4. 1. 3. Opiniones sobre la enseñanza aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones	40
4. 2. Resultados de la Investigación Educativa dirigida a Alumnos	48
4. 2. 1. Caracterización de los alumnos de 3 ^{er} semestre. Antecedentes curriculares	48
4. 2. 2. Caracterización de alumnos de 3 ^{er} semestre a través del “ <i>Instrumento para el Alumno</i> ”... ..	49
4. 2. 3. Caracterización de los alumnos de 5 ^o semestre. Antecedentes curriculares	51
4. 2. 4. Caracterización de los alumnos de 5 ^o semestre a través del “ <i>Instrumento para el Alumno</i> ”	51
4. 2. 5. El proceso de enseñanza y de aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones	52
4. 2. 6. De los conocimientos previos identificados a través del diagnóstico y los alcanzados con la aplicación de la secuencia didáctica, objetivo de tesis	55
4. 3. Resultados del trabajo de tesis y evidencias de aplicación	59
4. 3. 1. Resultados del trabajo de tesis	59
4. 3. 2. Evidencias	62
Capitulo 5. Secuencia didáctica para el aprendizaje de la Ingeniería Genética y sus Aplicaciones, en el Nivel Medio Superior	64
5. 1. Modelo T	67
5. 2. Plan de Clase para los <i>Aspectos generales de la tecnología del ADN recombinante</i> ..	68
5. 3. Plan de Clase para las <i>Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: organismos transgénicos y terapia génica</i>	74
5. 4. Plan de Clase para las Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano	78
5. 5. Plan de Clase para las Implicaciones bioéticas de la clonación de organismos	83

Conclusiones. Consideraciones finales	88
Anexos	95
De la Investigación Educativa Diagnóstica	96
Anexo A. Investigación Educativa “ <i>Instrumento para el Profesor</i> ”	97
Anexo AA. Objetivo de cada pregunta (reactivo) del “ <i>Instrumento para el Profesor</i> ”	101
Anexo B. Investigación Educativa “ <i>Instrumento para el Alumno</i> ”	104
Anexo BB. Objetivo de cada pregunta (reactivo) del “ <i>Instrumento para el Alumno</i> ”	106
De la Secuencia Didáctica e Instrumentos de Evaluación	108
Anexo 1. Escenario ADN recombinante	109
Anexo 2. Texto 1. La Ingeniería Genética,... Diseños a la Medida	111
Anexo 3. Actividad 1. Elementos Involucrados en la Tecnología del DNA Recombinante	115
Anexo 4. Actividad 2. Cromosoma Eucarionte con Gen de Interés	116
Anexo 5. Actividad 3. Plásmido, Vector o Vehículo Transportador	117
Anexo 6. Texto 2. Aplicaciones e implicaciones de la Manipulación Genética	118
Anexo 7. Texto 3. ¡Se ilumina la biociencia! proteína verde fluorescente, GFP	122
Anexo 8. Texto 4. Ética y Bioética	125
Anexo 9. Texto 5. A cada quien su,... código genético ¡en CD ROM! Proyecto Genoma Humano	127
Anexo 10. Actividad 4. El Proyecto Genoma Humano, Un misterio por resolver	132
Anexo 11. Texto 4. ¿La mejor opción? ¡Decisión para dar Vida! o ¿Muerte?	136
Anexo 12. Texto 7. Clonación de organismos	138
Anexo 13. Actividad 5. Sopa genética. Conceptos Clave	144
Anexo 14. Celebraciones y Estímulos	145
Anexo 15. 1 ^{er} Instrumento de evaluación Rúbrica: Autoevaluación y Coevaluación. Valores y Actitudes. Desempeño del Alumno	147
Anexo 14. 2 ^o Instrumento de evaluación. Rúbrica: Autoevaluación y Coevaluación. Valores y Actitudes. Desempeño del Equipo	148
Anexo 17. 3 ^{er} Instrumento de evaluación Rúbrica del Maestro. Heteroevaluación. Valores y Actitudes. Desempeño del Alumno	149
Anexo 18. 4 ^o Instrumento. Lista de Control del Profesor	150
Anexo 19. 5 ^o Instrumento. Cédula de Desempeño Académico. Autoevaluación cuantitativa, cualitativa del alumno y Lista de Cotejo para la evaluación del desempeño del profesor	151
Bibliografía	153

INTRODUCCIÓN

“Importante tener algo que hacer en cada momento y una razón para hacerlo”

Sistema Lancasteriano

La UNAM reconoce la importancia de la Educación Media Superior del país, muestra de ello es la creación de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS) que canaliza los trabajos de tesis al mejoramiento de la calidad del aprendizaje en dicho nivel. Es el caso de la presente tesis cuyo objetivo fue elaborar una *“secuencia didáctica para el aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones en el nivel medio superior”*, bajo el sustento teórico del paradigma sociocognitivo humanista la *“Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar”* (Díez, 2006, p. 174)”, en ambiente de aprendizaje colaborativo. Para lo cual se consideró necesario realizar una investigación diagnóstica (documental y de campo) para conocer a la institución educativa a la que se pretendía apoyar, caracterizar a sus alumnos (a partir de variables sociodemográficas, antecedentes curriculares, indicadores académicos y conocimientos previos) y profesores que imparten la asignatura de Biología I, cómo llevan el proceso de enseñanza aprendizaje del tema y los factores que condicionan, afectan o impiden el aprendizaje. Los resultados de la investigación fueron la referencia para elaborar la secuencia didáctica. Cabe señalar que el presente trabajo de tesis contribuye al compromiso central del Colegio de Ciencias y Humanidades *“mejorar la calidad de los aprendizajes”*, expresado en su Plan General de desarrollo 2010-2014¹. Los programas prioritarios en los que se pretende incidir y que la Dirección General del CCH admite como necesarios son:

Mejorar el aprovechamiento escolar y la formación integral de los alumnos. Al proponer un paradigma educativo y una metodología de trabajo escolar; los recursos didácticos (con contenido actualizado, novedosos, que propicien la construcción de aprendizajes de conceptos, habilidades, actitudes y valores, de forma exitosa) e instrumentos de evaluación alternativos.

Fortalecer los cursos ordinarios. Al proporcionar al docente una propuesta pedagógica, centrada en el alumno, que guíe su actuar a través de un modelo de planeación detallada, implementación y evaluación de la misma y al alumno una forma amena de aprender contenidos, vinculados con su realidad, interactuando con sus compañeros (aprendizaje socializado).

Formación integral de los profesores (como profesionales de la docencia). En la secuencia didáctica el académico encontrará el *“Modelo T de Martiniano”* (Díez, 2006, p. 254), es una guía didáctica que incorpora los ámbitos disciplinario, psico-pedagógico-didáctico y socio-ético-educativo y la aplicación en el aula de la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar, lo que permitirá, desde el aprendizaje enseñanza de la biología, fortalecer su quehacer e impulsar una docencia de calidad.

En los antecedentes se ofrece: a) una visión de la educación media superior en México (marco legal, oferta educativa, semblanza histórica y rendimiento académico en ese nivel educativo y en el bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM en el tema de ingeniería genética, del curso de Biología I); b) los aspectos que sustentan la necesidad de incorporar, dentro de la cultura básica del Bachiller, una formación científica, biológica y de la ingeniería genética (temática de la tesis) en particular; c) la justificación académica (problemática educativa: bajo porcentaje de acreditación en la asignatura de Biología I y de rendimiento en el tema motivo tesis); como argumentos para proponer el diseño de una secuencia didáctica y la conveniencia de efectuar una investigación diagnóstica, previa al diseño de la secuencia, para conocer el contexto, problemática y necesidades por resolver y atender. Incluyen, además, los propósitos y objetivos del trabajo de tesis, *capítulo 1*.

¹ CCH Plan General de Desarrollo para el Colegio de Ciencias y Humanidades 2010-2014. México: UNAM.

La secuencia didáctica se sustentó en un marco teórico institucional que refiere las características del Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades, la normatividad para la producción académica (pertinencia, calidad y trascendencia) y los requerimientos del Programa de Estudios de la asignatura de Biología I [enfoques (disciplinario y didáctico), estrategias, propósitos de la Biología en el CCH, aprendizajes indicativos y evaluación (diagnóstica, formativa y sumativa)]. El marco teórico disciplinario –dirigido a profesores- que establece y describe los preconceptos y conceptos básicos involucrados con la ingeniería genética, acordes a la profundidad del nivel educativo. Inicia describiendo la célula (como la unidad estructural, funcional y de origen de los sistemas vivos), los genes, el DNA, el dogma central de la biología molecular, los aspectos generales de la ingeniería genética y la tecnología del ADN recombinante y finaliza con ejemplos de aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética, del proyecto genoma humano y de la clonación de organismos. El marco teórico psico-pedagógico-didáctico y socio-ético-educativo detalla: la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar (paradigma sociocognitivo humanista de aprendizaje enseñanza que privilegia el desarrollo de capacidades y valores -objetivos de enseñanza- usando como medios los contenidos curriculares y los métodos o procedimientos); el Modelo T de Martiniano (diseñado por Martiniano Román Pérez), como propuesta de planificación de la actuación docente en el aula y las características del “*aprendizaje en ambiente colaborativo*” (Gómez, J., Guzmán, N., Ramírez, R., et. al. 2013), *capítulo 2*.

La metodología, actividades e instrumentos empleados en las dos etapas en que se realizó la investigación educativa, en el CCH Azcapotzalco, se describen en el *capítulo 3*. Los resultados se integran en el capítulo 4, se citan primero los obtenidos de la investigación diagnóstica dirigida a profesores, [incluye el balance global de participación de la muestra, la caracterización de los docentes que imparten Biología a través de las variables sociodemográficas (sexo, edad, presencia y edad de los hijos, grado académico, antigüedad en el CCH, número de asignaturas impartidas en el semestre lectivo (2012-1), carga horaria, turno, trabajo alternativo, las opiniones (interpretadas por quien suscribe y algunas textuales a manera de ejemplos) sobre la satisfacción por ser docente, cómo llevan el proceso de enseñanza aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones y la problemática enfrentada durante la aplicación del “*Instrumento para el Profesor*”. Posteriormente se detallan los resultados de la investigación dirigida a alumnos, los cuales permitieron caracterizar la muestra de alumnos de 3º y 5º semestres en relación a sus antecedentes curriculares, indicadores académicos (conocimientos previos y conocimientos adquiridos en el curso sobre ingeniería genética y sus aplicaciones), opiniones sobre el proceso de enseñanza aprendizaje del contenido motivo de tesis, obtenidos a partir de la aplicación del cuestionario “*Instrumento para Alumnos*”. Por último los resultados del trabajo de tesis, evidencias de la realización de la investigación diagnóstica, la aplicación de la secuencia didáctica y el empleo de los recursos didácticos seleccionados o elaborados.

La propuesta educativa para el logro de los aprendizajes que la institución demanda, se presenta en el “*Capítulo 5. Secuencia didáctica para el aprendizaje de la Ingeniería Genética y sus Aplicaciones, en el Nivel Medio Superior*”, incluye datos generales (autor, institución sede, asignatura que apoya y su ubicación en el Plan y en el Programa de Estudios, propósitos de la materia y de la unidad, temática, contenidos conceptuales, procedimentales, actitudinales, el *qué* contenido, el *cómo* se logrará el aprendizaje, *con qué* recursos, roles y organización y *para qué* aprender el contenido); Modelo T y plan de clase de cada subtema -“*aspectos generales de la tecnología del ADN recombinante*” “*las aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: organismos transgénicos y terapia génica*”, “*las implicaciones bioéticas del proyecto genoma humano*” “*las implicaciones bioéticas de la clonación de organismos*” (CCH, 2003)-. Los elementos que se detallan en el plan de clase son: aprendizajes indicativo y operativo, estrategia general, tarea académica del profesor, momentos de la intervención educativa -inicio desarrollo y cierre con sus respectivas fases-, técnicas, organización de la intervención didáctica, tarea académica del alumno, producto a presentar, evaluación, tiempo, roles, prácticas sociales (valor, actitud y microactitud) y actividades extractase, tanto indispensables como recomendadas. Finalmente en las conclusiones se ofrecen algunas impresiones personales sobre la experiencia vivida, recomendaciones a la institución y a los profesores, aportes del trabajo de tesis, problemática y perspectiva a futuro.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

“El saber, entendido como fuerza que impulsa de manera determinante al desarrollo, tanto individual como social, constituye una condición necesaria para el crecimiento, la democracia, la equidad y la libertad.”

Juan Ramón de la Fuente

1. 1. La Educación Media Superior en México

El presente capítulo ofrece una visión general de la Educación Media Superior (EMS) en Sistema Educativo Mexicano (SEM), en cuanto a su marco legal, oferta educativa, semblanza histórica, problemática con énfasis en el rendimiento académico de los alumnos del Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM, en el tema de ingeniería genética, del curso obligatorio de Biología I.

1. 1. 1. Marco Legal y Oferta Educativa

“La educación en México está regida por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2007) y por la Ley General de Educación (SEP LGP, 2001), desde ambos documentos se derivan los Acuerdos y Leyes específicas para cada uno de los diferentes niveles del SEM”, (Monroy, et al., 2009, p. 11).

“El artículo 37º de la Ley General de Educación (SEP-LGE, 2001) señala que la educación media superior comprende el nivel de bachillerato y la educación profesional que no requiere bachillerato. Se cursa en dos o tres años” (Monroy, et al., 2009, p. 35).

El sistema tiene dos modalidades: bachillerato propedéutico (o general que prepara para ingresar a la educación superior); y bachilleratos propedéuticos y terminales (los que además de ser propedéuticos, confiere títulos de nivel medio profesional. Se cursan en manera abierta o escolarizada y están incorporados a la Secretaría de Educación Pública SEP o a alguna Universidad estatal o nacional.

En México existe una gran diversidad de instituciones que ofrecen educación media superior. Están las vinculadas con la Subsecretaría de Educación Media Superior, SEMS de la SEP¹ tal es el caso de los Centros de Capacitación para el Trabajo Industrial, CECATI de la Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo, DGCFT; los Centros Tecnológicos del Mar, CETmar y los Centros de Estudios Tecnológicos de Aguas Continentales de la Dirección de Educación en Ciencias y Tecnología del Mar, DGECyTM; los Centros de Bachillerato Tecnológico Agropecuario, CBTA y los Tecnológico Forestal, CBTF de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, DGETA; los Centros de Estudios de Bachillerato, CEB y los Colegios de Bachilleres, CB, de la Dirección General de Bachillerato, DGB; el Colegio Nacional de Educación Profesional, CONALEP; la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial, DGETI; los Centros de Estudios Tecnológicos Industriales y de Servicios, CETIS y los Centros de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios, CBTIS.

Además están los Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos, CECyT y Centros de Estudios Tecnológicos CET del Instituto Politécnico Nacional, IPN; los Colegios de Estudios Científicos y Tecnológicos de los Estados, CECyTE's; el Telebachillerato de la Secretaría de Educación de los Gobiernos de los Estados; las Preparatorias abiertas, escolarizadas y/o autoestudio, privadas, incorporadas a la SEP, a la UNAM o a alguna Universidad Autónoma; el Instituto de Educación

¹ SEP. Subsecretaría de Educación Media Superior, SEMS. Consultado el 15 de abril de 2012, en http://www.sems.gob.mx/es/Portal/planteles_sems.

Media Superior del D. F., IEMS²; el Bachillerato de la Secretaría de la Defensa Nacional. SEDENA³; el Bachillerato del Sistema Educativo Naval. Secretaría de Marina, SEMAR⁴ y el Bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM con dos subsistemas el de la Escuela Nacional Preparatoria, ENP y la **Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, CCH** que es la **institución sede del presente trabajo de tesis.**

1. 1. 2. Semblanza Histórica

“La historia del nivel medio superior de la educación en México ha estado lleno de tropiezos, improvisaciones, respuestas coyunturales,... y como consecuencia de ello, de una infinidad de propuestas educativas, propósitos y calidades...” (CCH, 2009 b, p. 13).
Una de las razones de una oferta tan disímbola es que la población, en edad de estudiar el bachillerato (15-19 años), ha crecido exponencialmente en los últimos 30 años”.

Sus orígenes pueden encontrarse en 1551, cuando por cédula Real, se funda, la Real y Pontificia Universidad de México⁵. Para 1857 las instituciones donde se impartía educación media y media superior eran los Colegios mayores de San Pedro y San Pablo y el de San Ildefonso. Con el establecimiento de la República y la institución de la Constitución de 1857, el presidente Juárez, encomendó la reestructuración de la enseñanza y el establecimiento de las bases de la nueva organización para la educación pública y para 1867, expidió la "Ley Orgánica de Instrucción Pública en el Distrito Federal", en la que se establecía la fundación de la Escuela Nacional Preparatoria, cuyos estudios serán requeridos para ingresar a las Escuelas de Altos Estudios.

En 1910 la educación media superior y superior se reorganizan con la inauguración de la Universidad Nacional de México, presidida por el presidente de la república Porfirio Díaz y fue el colofón a las fiestas del centenario de la Independencia de México⁶.

“Desde la década de los años 70, y en respuesta a presiones sociales y políticas, se transitó de impulsar la creación de instituciones educativas (CCH, Colegio de Bachilleres, CONALEP) a buscar mecanismos que ordenaran su crecimiento y oferta educativa”. (CCH, 2009 b, p. 13).

En sus orígenes el Colegio de Ciencias y Humanidades, en aras de ofrecer una mayor calidad educativa y consolidar la filosofía, consideró aspectos del Informe Faure de la Comisión Internacional de la UNESCO⁷. Entre éstos están: los pilares de la educación -aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a ser-; el interés por la aplicación de nuevas tecnologías; la promoción de una cultura de innovación; de una educación para todos (con énfasis en la investigación y la enseñanza de las ciencias), entre otros. En 1996 el CCH incorporó otro pilar de la educación, el aprender a vivir juntos (aprender a convivir o vivir con los demás, -tan necesario en México-), producto de la revisión y actualización del Plan y Programas de Estudio y de revisar el Informe Delors⁸.

² IEMS. Instituto de Educación Media Superior del DF. Sistema de Bachillerato del Gobierno del Distrito Federal, Consultado el 15 de abril de 2012, en www.iems.df.gob.mx.

³ SEDENA. Bachillerato de la Secretaría de la Defensa Nacional, Opciones de Bachillerato. Consultado el 15 de abril de 2012. <http://www.sedena.gob.mx/index.php/educacion-militar/admision-educacion-militar/opciones-con-bachillerato>.

⁴ SEMAR. Sistema Educativo Naval. Bachillerato de la Secretaría de Marina, consultado el 15 abril 2012. <http://www.semar.gob.mx/siseduna.php>.

⁵ UNAM. Consultado el 14 de Abril de 2012 http://www.pontificia.edu.mx/nuestra_universidad_historia.htm.

⁶ La UNAM en breve. 1910, origen y organización de la Universidad Nacional de México, consultado el 12 de Abril de 2012. http://www.100.unam.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=115&lang=es.

⁷ Faure, E., Herrera, F. Kaddoura, A.-R., et al. (1973) Aprender a ser. La educación del futuro. España: Alianza/UNESCO. ISBN 92-3-301017-1. Consultado el 12 enero de 2012. <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001329/132984s.pdf>.

⁸ Delors, Jacques, Coordinador de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI (1996). Informe de la UNESCO. Compendio La Educación es un tesoro. Consultado el 10 febrero de 2012. <http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001095/109590so.pdf>.

En 1982 “se reconoció al bachillerato como un ciclo con objetivos y personalidad propios, que corresponde a una edad crucial de la vida de los jóvenes y que debe proveer una formación integral y no solamente propedéutica” (CCH, 2009 b, p. 13.), en el Congreso Nacional del Bachillerato, celebrado en Cocoyoc, Morelos. A partir de dicho reconocimiento se han impulsado esfuerzos para ordenar, dar sentido y finalidad a este nivel educativo, tal es el caso de:

- √ el proceso de **revisión, actualización, evaluación** de **Planes y Programas** de Estudio del bachillerato universitario en 1990-1996 y en CCH, ajustes 2002 a 2004, revisión en 2009-2015,
- √ el surgimiento de la **Comisión Metropolitana de Instituciones Públicas de Educación Media Superior** (COMIPEMS), en **1996**, para organizar el registro, evaluación e ingreso a las escuelas públicas de la zona metropolitana de la ciudad de México, en aras de ofrecer mayor equidad y oportunidad en el acceso a la educación. A partir del 2000 la UNAM participa como integrante del COMIPEMS, pero asume la responsabilidad en la aplicación del examen y la selección de los alumnos que ingresarán a la ENP y CCH,
- √ la **Reforma Integral de Educación Media Superior RIEMS** 2009-2010, impulsada por la Secretaría de Educación Pública (SEP), junto con el Consejo Nacional de Autoridades Educativas (CONAEDU) y la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) que plantea la creación del Sistema Nacional de Bachillerato en el país, con un Marco Curricular común, con base en competencias genéricas, disciplinares y profesionales, la definición y regulación de las distintas modalidades de oferta y de tránsito entre escuelas y un modelo de certificación de los egresados.

La UNAM, en ejercicio de su autonomía, no participó en la RIEMS manteniendo sus dos sistemas de educación media superior.

Cabe señalar que en la década de los años noventa del siglo XX, se realizó un movimiento de reforma del ciclo del bachillerato, en el ámbito internacional, que buscaba identificar y definir en forma explícita los aprendizajes concretos a los que debe orientarse la educación en ese nivel. La UNAM se integró a ese esfuerzo con la revisión y actualización de los programas de estudio y al elaborar, el Consejo Académico del Bachillerato (de 1998 a 2001), el documento Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el Bachillerato de la UNAM (NCFB), el cual fue actualizado y aprobado el 15 de agosto del 2006⁹.

Para el año 2008, a iniciativa de la Rectoría, se dio un nuevo impulso a la definición de aprendizajes disciplinarios propios de un bachillerato formativo y propedéutico universitario a través del Programa Integral de Fortalecimiento al Bachillerato, de la Secretaría de Desarrollo Institucional (SDEI). Para ello, consideró las observaciones al NCFB, sobre la necesidad de actualizar y reducir el número de contenidos. El trabajo se publicó con el título “*Conocimientos Fundamentales para la Enseñanza Media Superior. Una propuesta de la UNAM para su bachillerato*” (Ruiz, Ortega y Arnaud, 2008). Elaborado por distinguidos académicos de licenciatura, postgrado y bachillerato de más de veinte entidades de la UNAM. Incluye los conocimientos que, a juicio de los grupos de trabajo, son indispensables para que los alumnos ingresen a la licenciatura y para que se sumen como personas responsables a la sociedad. El H Consejo Técnico del CCH reconoció el esfuerzo realizado por la SDEI y lo consideró “*un aporte más a la perspectiva universitaria del nivel medio superior*”, (CCH, 2009 d, p. 4).

1. 1. 3. Rendimiento Académico

Pese a los esfuerzos hechos por el sistema educativo mexicano, el problema de bajo rendimiento académico sigue latente. Monroy, *et al.* (2009, p. 85) menciona que “*Los resultados educativos a nivel nacional son pobres. Muchos alumnos abandonan la escuela. No encuentran placer ni*

⁹ Consejo Académico del Bachillerato, CAB. (2006). *Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el Bachillerato de la UNAM*. BIOLOGÍA. México: CAB-UNAM. Obtenido en enero de 2012. http://www.cab.unam.mx/nucleo_con/nucleo.html.

sentido por el aprendizaje. Numerosos profesores tienen desencanto por su profesión docente. Es una profesión socialmente devaluada. Más de la mitad de los alumnos que permanecen en las aulas, sólo aprenden a imitar o a reproducir lo que los profesores dicen, hacen o sienten. Los estudiantes no aprenden a reflexionar, a criticar, a resolver problemas ni a aplicar el conocimiento. Así sucede porque muchos profesores no se atreven a pensar ni les interesa contar con un pensamiento crítico y creativo. ¿Cómo pueden enseñar lo que no tienen?”.

A continuación se citan los resultados del rendimiento académico de los alumnos del CCH a través de diferentes instituciones e instrumentos.

El Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes, PISA, de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, **OCDE**, evalúa el grado en que los estudiantes de 15 años de edad (de cualquier grado escolar) aplican los conocimientos en situaciones de la vida real, las competencias básicas en lectura, matemáticas y ciencias. PISA se ha aplicado cada tres años, desde el 2000. Cada año profundiza en la evaluación de un área, en los años 2000 y 2009 profundizó en lectura, en 2003 enfatizó en matemáticas y en 2006 en ciencias. Maneja una escala de 6 niveles de desempeño definidas en función de lo que los alumnos pueden hacer. Los alumnos del nivel 1, no poseen capacidades para la vida en la sociedad actual, los de nivel 2 presentan el mínimo necesario, mientras que los que alcanzan los niveles 5 y 6 están preparados para realizar actividades cognitivas complejas¹⁰. En México la aplicación del PISA está a cargo del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, INEE.

En el **2000**, México obtuvo resultados por debajo del promedio de la OCDE. En 2003 el desempeño de los jóvenes fue inferior al obtenido en el 2000 y reflejó que alrededor del 58 % de los jóvenes de 15 años asisten a la escuela, mientras que en otros países asiste casi el 100 %¹¹.

En **2006**, los resultados mostraron que los alumnos continúan bajo el promedio de OCDE. El **18 %** de los alumnos no alcanzaron ningún nivel, el **33%** tienen el nivel 1, dan explicaciones obvias que se obtienen directamente de la evidencia dada. El **31%** poseen el nivel 2 conocimiento científico adecuado para proporcionar explicaciones en contextos familiares, pueden llegar a conclusiones basadas en investigaciones simples. Tienen un razonamiento directo y llegan a interpretaciones literales de los resultados de una investigación científica o de la solución tecnológica de un problema. El **15%** del nivel 3 pueden identificar los temas científicos descritos en distintos contextos, seleccionar hechos y conocimientos para explicar fenómenos y aplicar modelos simples o estrategias de investigación. Interpretan y usan conceptos científicos de diferentes disciplinas y los pueden aplicar directamente. Son capaces de desarrollar oraciones cortas utilizando hechos, y tomar decisiones basadas en el conocimiento científico. Y sólo el **3%** de los alumnos se ubicó en el **Niveles 4 a 6**.

En **2009** México obtuvo el **último** lugar de los 34 países miembros de la OCDE. Los jóvenes mexicanos están por debajo del Nivel 2, lo que implica que muchos jóvenes no han adquirido las competencias mínimas para la vida plena y productiva de la sociedad del conocimiento, no están siendo preparados para una vida y los de mejores resultados no han desarrollado competencias para ocupar puestos de alto nivel en los diversos ámbitos de la sociedad. El puntaje menor fue en el área de ciencias 416, 419 en matemáticas y 425 en lectura, puntajes inferiores al promedio de la OCDE¹².

¹⁰ Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura OEI (diciembre 5 2007). México - Informe PISA 2006. Obtenida el 27 de abril de 2012.

<http://www.oei.es/noticias/spip.php?article1491>.

¹¹ Vidal, R. y Díaz, M. A. (2004, pp. 178-183). Resultados de las pruebas PISA 2000 y 2003 en México. Habilidades para la vida en estudiantes de 15 años. Obtenida el 3 abril de 2012.

http://www.inee.edu.mx/images/stories/Publicaciones/Estudios_internacionales/PISA2000_2003/Partes/informepisa07.pdf.

¹² Cruz, M. (diciembre 7 2010). México y Latinoamérica en los resultados PISA de la OCDE. CST. Obtenida el 28 de marzo de 2012. <http://mx.ibtimes.com/articles/7742/20101207/ocde-pisa-resultados-mexico-america-latina-educacion.htm>.

Díaz, Flores, y Martínez, (2007)¹³ opinan que el **bajo rendimiento** se debe a la **sobrecarga de contenidos** curriculares y las fallas en la formación de los maestros que hacen que éstos privilegien el **manejo superficial de contenidos y no el dominio de habilidades complejas**. Además muestra la **necesidad de emplear enfoques pedagógicos** que trabajen en profundidad **contenidos clave**, ideas que fueron **inspiración** para la presente propuesta de trabajo de **tesis**.

Diagnóstico Académico para la Revisión Curricular del CCH

En 2009, a 13 años de haberse implementado el Plan y Programas de Estudios Actualizado la DGCCH, inició un nuevo proceso de revisión curricular. Como preámbulo a esta revisión realizó un diagnóstico académico sobre las características de la población estudiantil a su ingreso, trayectoria escolar, eficiencia terminal y diagnóstico de ingreso a licenciatura, de las últimas generaciones.

Dicho diagnóstico reflejó que la población estudiantil, a su ingreso al CCH en los últimos años, concluyeron la secundaria en tres años y su edad es de 16 años o menos, tabla 1.

Tabla 1. Edad al Ingreso al CCH

Rangos de Edad en Años	Generación					
	1996*	1997*	1998	2000**	2002	2009
16 o menos	89.27%	85.50%	86.46%	89.15%	88.15%	90.37%
17 a 20	8.88%	12.20%	11.66%	9.20%	10.43%	8.63%

En CCH. (2009 b Cuadernillo 2, p. 16), cita que *Los datos corresponden a una muestra de la generación. **Fuente: CENEVAL (1999) Hoja de Datos Generales, Examen Metropolitano de Ingreso al Bachillerato, 1999.

Se reporta un incremento en el promedio secundaria en los rangos superiores a 8 y los alumnos no se enfrentaron a la reprobación, lo que habla de actitudes de constancia y atención a los estudios, tabla 2.

Tabla 2. Promedio de Secundaria

Promedio Secundaria	Generación					
	1996*	1997*	1998	2000**	2002	2009
7.0 a 7.5	19.87%	22.12%	24.16%	24.99%	21.79%	14.87%
7.6 a 8.0	18.14%	24.18%	24.15%	20.90%	23.62%	16.18%
8.1 a 8.5	22.45%	23.04%	21.68%	19.76%	21.57%	18.04%
8.6 a 10	39.55%	30.66%	30.00%	34.34%	33.02%	50.91%

En CCH. (2009 b Cuadernillo 2, p. 24), cita que: *Los datos corresponden a una muestra de la generación. **Fuente: CENEVAL (1999) Hoja de Datos Generales, Examen Metropolitano de Ingreso al Bachillerato, 1999.

El resultado del examen de ingreso al bachillerato universitario es el primer criterio académico para admitir a los alumnos. Los resultados muestran incremento en el número de aciertos en las últimas generaciones, sin embargo el promedio menor a 7 indica un desempeño deficiente, tabla 3.

¹³ Díaz, M. A., Flores, G. y Martínez, F. (2007). PISA 2006 en México. México: INEE Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. ISBN 968-5924-23-6. Obtenida el 1 de abril de 2012. <http://www.oei.es/evaluacioneducativa/pisa2006-w.pdf>.

Tabla 3. Promedio Examen de Ingreso al CCH

Promedio Examen de Ingreso	Generación		
	2000**	2002	2009
< a 5.1	40.72%	54.65%	0
5.1 a 7.0	59.07%	43.03%	71.37%
7.1 a 10	0.21%	2.31%	28.63%
Media	5.28	5.11	6.85

En CCH. (2009 b Cuadernillo 2, p. 25,) cita que: *Los datos corresponden a una muestra de la generación.

**Fuente: CENEVAL (1999) Hoja de Datos Generales, Examen Metropolitano de Ingreso al Bachillerato, 1999.

A mediados de los 90s el CCH inicio la aplicación del Examen Diagnóstico de Ingreso EDI para abundar en los antecedentes académicos de los alumnos de nuevo ingreso sobre habilidades matemáticas, comprensión de lectura, dominio de conceptos de química y de historia. Los resultados mostraron un bajo desempeño, la media de la calificación obtenida **no supera los 5 puntos**, (CCH. 2009 b, p. 26), resultados que contrastan con los del desempeño en secundaria.

El Examen Diagnóstico Académico EDA evalúa la funcionalidad y pertinencia de los programas de estudio de las asignaturas del Plan de Estudio del CCH aprobado 1996. Los resultados para Biología I, muestran que los alumnos alcanzan menos del 50 % de los aprendizajes esperados, tabla 4, y el rendimiento es menor conforme avanza el semestre, tabla 5.

Tabla 4. Histórico de la Media de Aciertos en el EDA para Biología I

Porcentaje	Periodo de Aplicación									
	2000-1	2001-1	2002-1	2003-1	2004-1	2005-1	2006-1	2007-1	2008-1	2012-1
	42.2 %	36.8 %	33.1 %	27.4 %	44.4 %	40.9 %	38.6 %	36.2 %	42.5 %	44.8 %

Fuente: EDA. Fuente: http://www.cch.unam.mx/planeacion/sites/www.cch.unam.mx.planeacion/files/languages/Exp_Biol_1.jpg.

Tabla 5. Resultados del EDA en las Unidades del Programa de Biología I. Semestre 2011-1.

Unidad	Resultado correcto	Número de reactivos	Nivel cognitivo
1ª ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas vivos?	51.0 %	5	Conocimiento
2ª ¿Cómo se lleva a cabo la regulación, conservación y reproducción de los sistemas vivos?	49.8 %	10	Comprensión y conocimiento
3ª ¿Cómo se transmite y modifica la información genética en los sistemas vivos? Tema II. La ingeniería genética y sus aplicaciones	41.6 %	7	Aplicación
√ Describe la tecnología del ADN recombinante y sus aplicaciones.	Tema motivo de tesis		Conocimiento
√ Reconoce las aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética.			Comprensión
√ Expresa las implicaciones bioéticas del proyecto Genoma Humano y de la clonación de organismos.			
Promedio General de la Asignatura = 4.78			

Fuente. Secretaría de Planeación: http://seplan.cch.unam.mx/br/noe_verTabla.php y http://www.cch.unam.mx/planeacion/sites/www.cch.unam.mx.planeacion/Exp_Biol_1.jpg(JPGImagen.888x560pixeles)

En las últimas generaciones se reporta una mejora de la eficiencia terminal, con porcentajes por encima del promedio nacional (53%) y un aumento en el porcentaje de alumnos que realizaron su bachillerato en tres años con promedio (superior a 8).

La **Dirección General de Evaluación Educativa** DGEE de la UNAM diagnostica los conocimientos y habilidades que tienen una mayor influencia en el desempeño escolar de los alumnos en los primeros semestres en el nivel licenciatura. Aplica tres exámenes: conocimientos generales (Matemáticas, Física, Química, **Biología**, Historia Universal, Historia de México, Literatura, Geografía, Filosofía); español (compresión de lectura, gramática, redacción, vocabulario y ortografía); e inglés (nivel de dominio alto, intermedio bajo e intermedio medio).

En CCH, (2009 c, p 35), se cita el promedio de porcentaje de aciertos de los egresados del CCH, *“resultado de los exámenes para el diagnóstico de conocimientos de los alumnos que ingresan a nivel Licenciatura, años 1995-2007”* que es del **53.31%**, está por debajo de la preparatoria abierta (60.93%), de los bachilleratos incorporados a la UNAM (60.60%), de los CECyT del IPN (59.60%), de los incorporados a la SEP (55.23%), de la Escuela Nacional Preparatoria (56.30%) y sólo por arriba de la Normal Superior (48.39%), del Colegio de Bachilleres (47.62%) y del CONALEP (47.54%).

Las Facultades de Química e Ingeniería de la UNAM también aplican diagnósticos en aras de mejorar su egreso.

En la Facultad de Química la aprobación y *“el desempeño académico de los alumnos del Colegio estuvo por debajo de la ENP tanto en conocimientos como habilidades”*, Promedio en 1^{er} semestre 6.3, generación 2007, 6.4 generación 2008 y 6.9 en ambas generaciones de la ENP, (CCH, 2009 c, p. 39).

En la Facultad de Ingeniería la calificación promedio en el examen diagnóstico de ingreso de las generaciones 2008 y 2009 del CCH fueron inferiores a los de la ENP y los de otros bachilleratos. (CCH, 2009 c, p. 40), tabla 6.

Tabla 6. Promedio de Calificación en Examen Diagnóstico de Ingreso a la Facultad de Ingeniería, Generaciones 2007 y 2008

Generación	Calificación Promedio		
	CCH	ENP	OTROS
2008	3.87	4.76	5.18
2009	3.51	4.59	5.09

El bajo desempeño escolar a nivel nacional y en el CCH en particular, descrito hasta aquí, es un hecho que demanda la intervención comprometida de las instituciones educativas, de sus docentes y de los tesisistas egresados de la MADEMS.

Como muestra de responsabilidad social y compromiso con la MADEMS-UNAM se presenta este trabajo de tesis el cual pretende ofrecer una alternativa (al proceso de aprendizaje enseñanza) para lograr aprendizajes de calidad sobre el tema de Ingeniería Genética, enmarcados en el Programa de Estudios de la asignatura de Biología I y contribuir a la formación integral de los profesores y bachilleres del CCH Azcapotzalco.

1. 2. La Ciencia, la Cultura Científica, la Biología y la Ingeniería Genética en el Bachillerato del CCH

“Quien se atreve a enseñar, nunca debe dejar de aprender”

Jonh Cotton Dana

1. 2. 1. La Ciencia y La Cultura Científica

“La ciencia forma parte de nuestra cultura”... “se considera, además, uno de los máximos logros de la mente humana”... “La cultura científica... es conocimiento que se adquiere en las actividades escolares, es habilidad que se utiliza en el trabajo, el hogar, en la vida cotidiana, y es necesaria para crecer y crear. Es actitud que se expresa en el análisis y el comportamiento crítico ante el cambio, y se manifiesta en las acciones y elecciones que hacemos, es un valor formativo esencial para nuestra identidad individual y colectiva”... “La cultura científica y tecnológica está en el centro del debate que se lleva a cabo en la sociedad contemporánea”. Gregory y Millar (1998) citado por Negrete (2012, p. 23).

El avance de la ciencia y sus metodologías, la constante búsqueda del bienestar social, la innovación tecnológica, el desarrollo económico, la sobrepoblación, la pérdida de biodiversidad, cambio climático,... hacen indispensable dotar a los estudiantes de bachillerato de **formación en cultura científica básica**, que les provea de los elementos teóricos para: a) acrecentar el interés y la sensibilidad para asumirse como ser vivo, valorar la vida, la biodiversidad –gestación y evolución-; b) adoptar actitudes críticas, de respeto y responsabilidad ante las acciones que llevan al deterioro ambiental; c) participar activa y conscientemente en programas de desarrollo sostenible, a emprender acciones de conservación (uso consiente y racional del agua, energía, químicos, alimentos, recursos naturales,... la no generación de desechos sólidos “basura”), d) valorar los aportes, aplicaciones e implicaciones (ambientales, sociales o económicas) del conocimiento científico y desarrollo tecnológico y lo lleve a tomar decisiones y posturas informadas; entre otros.

Lograr una cultura científica implica: adquirir conciencia de lo que es la ciencia, conocer su significado, cómo funciona, motivos, contenidos, procesos, metodologías (para construir y validar conocimientos), contextos y factores sociales que la impulsan o limitan, la práctica científica (el quehacer de los investigadores quienes producen el conocimiento o las innovaciones científicas, sus virtudes, carencias y debilidades como entes falibles); éxitos, fracasos y limitaciones (para comprender los asuntos públicos relacionados con ella); la responsabilidad social (de las aplicaciones e implicaciones en la vida cotidiana), el papel de quienes regulan o promueven la investigación (instituciones y gobierno), la relación de la ciencia con la sociedad (Negrete, 2012) y aprender a relacionar los conceptos científicos con los fenómenos del mundo real para dar respuesta a los intereses de la comunidad.

1. 2. 2. Importancia de la Biología en la Cultura Básica del Bachiller del CCH

La Biología es el estudio científico de la vida, desde el gen hasta el ecosistema. Describe las características de los seres vivos, investiga cómo funcionan (causas próximas) y el por qué de su origen y evolución (causas remotas o últimas). Las actividades y conocimientos que genera están directa o indirectamente ligados con el bienestar humano, su desarrollo y permanencia en el planeta y con la protección del ambiente. Sus disciplinas (biología molecular, microbiología,

genética, fisiología, ecología, etc.) aportan conocimientos para la solución de problemas alimentarios, industriales, tecnológicos, de salud pública, reproductivos, entre otros, de ahí su gran trascendencia social, económica, política, ambiental, ética e ideológica.

El estudio de la Biología en el bachillerato CCH está orientado a conformar la cultura biológica básica del estudiante. Cultura que le permita generar explicaciones de los sistemas vivos, mediante la integración de conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores desarrollados en la construcción, reconstrucción y valoración de conceptos biológicos fundamentales; lleva a los alumnos a:

- comprender que la biología, como toda ciencia, se encuentra en constante construcción-validación; que sus explicaciones son resultado del trabajo de muchos hombres de ciencia, a lo largo de la historia; que sus aportes están presentes en la vida diaria, p. e., en el desayuno (con el cereal enriquecido con las vitaminas necesarias para el desarrollo y buen funcionamiento del cuerpo), en la elaboración de vacunas (que previenen epidemias), medicamentos o productos para prevenir el acné; en el mejoramiento de semillas (maíz, sorgo,...) o fibras (como algodón con el que se elaboran camisetos o jeans), etc.;
- reconocer sus: a) objetos de estudio (gen, célula, tejido, órgano, organismo, población, comunidad, ecosistema y bioma) como biosistemas complejos cuyos componentes están relacionados, de modo tal, que el objeto se comporta como una unidad, como sistemas dentro de un orden jerárquico (niveles de organización biológica), todos igualmente importantes y con propiedades emergentes (patrones genéticos, taxonómicos y ecológicos) y propiedades derivadas de los principios que los unifican, como conservación (metabolismo), regulación (de su medio interno u homeostasis), comunicación, reconocimiento, reproducción, continuidad (herencia), cambio (evolución), transformación, interacción y diversidad-, b) enfoques, c) ámbitos de acción, d) metodologías para obtener y validar sus conocimientos (descriptiva, experimental,...) y e) relaciones con otras ciencias y con la tecnología;
- concebir a) que los seres vivos se originaron a través de una evolución química; tienen en la información genética las instrucciones para su desarrollo y reproducción; están formados por células (su unidad estructural, funcional y de origen); se hayan genéticamente emparentados porque han evolucionado a partir de otros organismos similares; b) a la biodiversidad, adaptación y extinción como consecuencias de los mecanismos de evolución (selección natural, mutación, recombinación, deriva genética, flujo de genes); las generalizaciones de la Biología: Teoría del Gen, la Teoría Celular y la Teoría de la Evolución;
- comprobar que los sistemas vivos presentan unidad química y molecular (mismos bioelementos y biomoléculas) y que pueden convertir moléculas tomadas de su ambiente en nuevas moléculas biológicas (se alimentan, digieren y asimilan), reproducen, desarrollan, diferencian, crecen, mueren, mueven, mutan, organizan, responden, comunican, interaccionan, excretan, secretan,...);
- visualizar que las acciones egoístas e irresponsables de la especie humana están originando la sobrepoblación, la sobreexplotación de recursos naturales, la pérdida de la biodiversidad, la contaminación y deterioro ambiental, el calentamiento global, el cambio climático, entre otros,
- entender el funcionamiento de los seres vivos y sus interacciones, el papel de los humanos en su entorno y las repercusiones del “progreso” científico, tecnológico y económico en el gran ecosistema llamado Planeta Tierra.

1. 2. 3. Importancia de la Ingeniería Genética en la Cultura Básica del Bachiller del CCH

La biología moderna está relacionada directa o indirectamente con otras disciplinas científicas como las matemáticas, la física, la química o la informática; trabajan en equipo para acercarnos al

entendimiento de la naturaleza. La ingeniería genética ejemplifica el trabajo conjunto de las ciencias para generar conocimiento y bienestar social económico y ambiental; evidencia algunas aplicaciones de la Biología en la solución de problemas que afectan la estabilidad de la biosfera, la sobrevivencia de la biodiversidad y de la especie humana, por lo que el tema es una oportunidad para incorporar en la manera de ser, hacer y pensar una ética de responsabilidad social ante el avance científico y tecnológico y pueda tomar de decisiones al percibir tanto sus bondades como las consecuencias negativas.

Collins y Pinch (1993) citado por Negrete (2012, p. 27) con el objetivo de mostrar como funciona la ciencia, tanto la que tiene éxito como la que fracasa *“presentan historias sobre la ciencia que ilustran debilidad humana y falta de determinación y resolución (ciencia Golem). Oponen estas historias a la forma predominante de presentar el conocimiento científico como infalible y relacionado directamente con la realidad. Señalan el peligro de que la ciencia tenga la imagen de cuerpo perfecto de conocimientos, es que suscita expectativas irreales en la sociedad,...”*. La ciencia es útil, pero fuera de control puede poner en riesgo a la humanidad y a la biodiversidad¹⁴.

Los dilemas sociales y éticos debidos a las aplicaciones e implicaciones de la ingeniería genética (alimentos transgénicos, terapia genética, y clonación,...) ponen de manifiesto la necesidad de que el bachillerato ofrezca una educación científica básica, en este tópico.

Entre las contribuciones de la ingeniería genética están el poder:

- √ conocer, controlar y combatir la contaminación, las plagas; crear vacunas, fármacos o terapias genéticas contra las enfermedades congénitas o degenerativas que han surgido por la invasión de los ecosistemas y la convivencia forzada con los humanos e inclusive las derivadas de la búsqueda de evitar el envejecimiento,
- √ aplicar la manipulación genética al diseño de organismos transgénicos para atender la demanda de alimentos y servicios (al aumentar la producción ganadera, agrícola, acuícola y forestal, la producción industrial -de enzimas, vitaminas, hormonas,...-) y la insuficiencia de órganos para trasplante,
- √ desarrollar técnicas para, a) el cultivo de células troncales y de tejidos; la congelación de óvulos, espermatozoides y embriones humanos (técnicas empleadas en medicina reproductiva -reproducción asistida y clonación-); b) la clonación de organismos; c) el desarrollo de pruebas genéticas que permitan diagnosticar la presencia de genes disfuncionales (generadores de enfermedades), genes de valor humano en el embrión (como compatibilidad genética, sexo,...) o genes dañados en profesiones de riesgo (bomberos, militares, radiólogos,...); c) obtener la secuencia del genoma humano y el de otras especies,
- √ identificar individuos para establecer parentesco (pruebas de paternidad); reconocer criminales, cadáveres o personas desaparecidas (en medicina forense); determinar y diferenciar especies, elaborar genealogías (en taxonomía), establecer rutas migratorias o patrones de colonización (en biología y antropología) y desarrollar filogenias -parentesco entre especies actuales y fósiles- (en evolución).

Las aplicaciones e implicaciones de la ingeniería genética son tratadas en el capítulo 2, numeral 2. Marco Teórico Disciplinario y con mayor profundidad en los textos de apoyo elaborados como recursos didácticos para la secuencia didáctica, motivo de tesis, (anexos 2, 6, 7, 8, 9, 11 y 12).

¹⁴ *“El Golem, es un ser de la mitología judía que sigue las órdenes de su amo. Este ser es fuerte y torpe a la vez, puede destruir a su amo si las instrucciones que recibe no son precisas. La analogía del Golem y la ciencia es precisamente de que ésta no es una entidad autónoma a partir de la que se puedan inferir los riesgos, sino son la sociedad y los científicos los que mandan y determinan el uso de la ciencia”* Negrete, 2012, p. 27).

1. 3. Justificación Académica. Propósitos y Objetivos

“El futuro de la sociedad no está en las manos de la juventud sino en la de los adultos que forman a la juventud”

Martiniano Román Pérez

1. 3. 1. Problemática Educativa Vinculada a la Ingeniería Genética

“Un profesor es el que te enseña, un maestro es del que aprendes”.

Lucio Anneo Séneca

El proceso de enseñanza aprendizaje, implementado en el CCH Azcapotzalco, no ha logrado la formación integral perfilada. El Examen Diagnóstico Académico EDA aplicado a las generaciones del 2002 al 2009 muestra que el promedio de acreditación de Biología I es del 73.7 %; un rendimiento académico menor al 45% y del 40% en el tema II, Ingeniería genética y sus aplicaciones (CCH, 2011). En el ámbito axiológico los alumnos poco valoran su formación académica, la actividad científica y su entorno escolar o ambiental.

El tema de ingeniería genética posee una complejidad conceptual que dificulta el proceso de enseñanza y aprendizaje. Requiere del alumno la comprensión de conocimientos previos con alto nivel de abstracción (sobre química, biología molecular, genética y evolución), y del profesor una adecuada actualización, dada la reciente gestación del contenido. Dicha actualización se dificulta por la falta de literatura científica para el nivel medio superior. Por otro lado la planta docente del CCH se encuentra en proceso de renovación. Los profesores fundadores, a más de 40 años de servicio, están siendo sucedidos por profesionistas recién egresados, quienes necesitan recursos didácticos para apoyar su naciente labor y promover los aprendizajes en los alumnos.

1. 3. 2. Investigación Educativa Diagnóstica, en el CCH Azcapotzalco

Para estar en posibilidad de proponer una secuencia didáctica que propicie los aprendizajes de la ingeniería genética, en el CCH Azcapotzalco, se consideró esencial efectuar una investigación documental y de campo para conocer a la institución educativa donde se aplicaría la secuencia (su Modelo Educativo, Plan y Programa de Estudios, perfil de egreso, entre otros), a los alumnos, a los profesores que imparten la asignatura, cómo realizan el proceso de enseñanza aprendizaje del tema y su problemática.

1ª Etapa.

“Nada se aprende sin un poco de trabajo”

Santa Teresa de Jesús

1. 3. 2. 1. Investigación dirigida a los Profesores que imparten Biología

[Ver anexo A, “Instrumento para el Profesor” y el objetivo de cada pregunta en el anexo AA”]

Propósitos

- Caracterizar a los profesores en base a variables sociodemográficas.
- Conocer cómo llevan el proceso de enseñanza aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones y la problemática que afecta o impide su aprendizaje.

Los elementos de la intervención didáctica por investigar y que dieron origen al “*Instrumento para el Profesor*” (cuestionario) fueron:

A. El tiempo y contenido que establece la institución en su Programa de Estudios.

¿El **tema**, la **ingeniería genética** y sus aplicaciones, es relevante, está vinculado con la vida real del estudiante para ser de su interés?

¿El **tiempo programado** para alcanzar el aprendizaje del tema es el adecuado?, ¿Cuál es el **tiempo real** que destinan los profesores?

¿La **ubicación de la asignatura** en la estructura curricular es la pertinente para dotar a los alumnos de los conocimientos previos para el aprendizaje del tema?, ¿La ubicación del tema en la estructura del curso (dentro del programa) es la pertinente para dotar a los alumnos de los conocimientos previos necesarios para su comprensión y asimilación?

¿El **nivel de profundidad** de los aprendizajes solicitados corresponden al desarrollo cognitivo del alumno?

¿Qué **contenidos previos** consideran los profesores que deben poseer los alumnos para lograr la comprensión del tema?

¿Qué **contenidos conceptuales** “básicos/clave” consideran los profesores indispensables para el aprendizaje del tema?

¿Qué **contenidos procedimentales y actitudinales** piensan los profesores que deben manifestar los alumnos para dar por logrado el aprendizaje?

¿Qué **aprendizaje** sobre la ingeniería genética y sus aplicaciones, conservan los alumnos después de un año de haber llevado el curso de Biología I?

B. El docente

¿Ha comprendido y contribuye a lograr el **perfil de egreso** que la institución solicita, a través de la asignatura que imparte?

¿Su **estilo docente**, la **formación, actualización, vocación, compromiso, creatividad** son los adecuados para guiar la construcción de los aprendizajes en el contexto actual?

¿Las **estrategias, técnicas o métodos** de enseñanza y de aprendizaje, los **instrumentos y momentos** de evaluación,...) son las adecuadas para el alumno y el nivel educativo?

¿A qué **problemática** se enfrenta durante el proceso de enseñanza aprendizaje del tema?

¿Qué **compromisos ideológicos** ante las aportaciones de ingeniería genética?

¿Cuáles son sus **necesidades de formación o actualización** disciplinaria y/o psico-pedagógica-didáctica?

C. El alumno

¿Presenta **conocimientos previos** relacionados con la ingeniería genética?, ¿son basados en conocimiento científico o son de sentido común?

¿Emplea **estrategias**?, ¿posee **hábitos de estudio**?, ¿son los adecuados?

¿Está consciente de sus **necesidades y deficiencias** académicas?, ¿dedica el **tiempo suficiente** para lograr su aprendizaje considerando sus necesidades o deficiencias?

¿Le encuentra sentido o está **motivado por aprender** los contenidos del curso?

¿Qué **actividades** le resultan adecuadas para mantener el **interés** por aprender?

¿Qué **factores** inciden a favor o en contra de su **rendimiento académico**?

¿Qué **compromisos ideológicos**, que no corresponden al conocimiento disciplinario, posee el alumno ante las aportaciones de Ingeniería Genética?

D. Las **estrategias, técnicas y actividades didácticas**

¿Cuáles utilizan los profesores? ¿Por qué?

E. Los **recursos didácticos**

¿La **institución** ha elaborado recursos para apoyar el aprendizaje del tema?, ¿están a disposición de los profesores y alumnos?, ¿se emplean?, ¿son pertinentes y de calidad?

¿La **producción editorial** que existe en el acervo bibliográfico del plantel ¿representa una verdadera herramienta para que los alumnos se apropien de los contenidos del tema?

1. 3. 2. 2. **Investigación, dirigida a alumnos**

[Ver “*Instrumento para el Alumno*”, anexo B y objetivo de cada pregunta en anexo BB]

Propósitos

- Caracterizar a los **alumnos**, que participaran en la investigación educativa, en relación a sus **antecedentes curriculares** y a través de variables sociodemográficas e indicadores académicos.
- Conocer la percepción de los estudiantes sobre:
 - a) la **preparación del profesor** que les imparte o impartió el curso de Biología I;
 - b) las **estrategias, actividades y recursos** didácticos de enseñanza aprendizaje que utilizó para el tema de ingeniería genética y cuáles prefieren ellos;
 - c) la **importancia del tema** en su vida cotidiana.
- Indagar los **conocimientos previos** que los alumnos de 3^{er} semestre (grupo control) poseen para la comprensión de la ingeniería genética y sus aplicaciones y favorecer su aprendizaje, además de los recursos o medios que emplearon para adquirirlos, (antes de ser impartido por el profesor -pretest-).
- Conocer los **aprendizajes logrados** por los alumnos de 3^{er} semestre (grupo control) después de haberla abordado en el curso, -postest-), la metodología didáctica empleada para el logro de los aprendizajes y los factores que favorecieron o evitaron el logro de los aprendizajes.
- Conocer los **conocimientos que conservan** los alumnos de 5^o sobre la ingeniería genética después de un ciclo escolar.

2ª Etapa.

Elaboración, implementación, evaluación y ajustes a la secuencia didáctica, motivo de tesis, a partir de los resultados de la investigación.

1. 3. 3. Diseño de Secuencia Didáctica

“La educación consiste en enseñar a los hombres, no lo que deben pensar, sino a pensar”

Calvin Goolidge

Propósitos

- Apoyar el proceso de **aprendizaje enseñanza** de la ingeniería genética y sus aplicaciones.
- Captar el **interés**, la **participación** activa y consiente del alumno para que construya aprendizajes e incorpore en su manera de ser, hacer y pensar una ética de responsabilidad ante los avances de la genética, los problemas de salud y los de supervivencia global.
- Orientar la **labor educativa de los profesores** que imparten Biología I, en el CCH Azcapotzalco, en apego al nivel medio superior, Modelo Educativo, Programa de Estudios y al empleo de la “*Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar*”¹⁵, paradigma de aprendizaje enseñanza que privilegia el desarrollo de capacidades (enseñar a pensar) y el ejercicio de valores (enseñar a ser y a convivir) usando como medios los contenidos curriculares (aprender a saber sobre un campo disciplinario) y los métodos o procedimientos (aprender a hacer) Díez, 2006), en ambiente de aprendizaje colaborativo¹⁶.

Se optó por la Teoría Tridimensional por ser un paradigma sociocognitivo humanista que involucra las líneas de formación disciplinaria, psico-pedagógico-didáctica y socio-ético-educativa (ejes de la MADEMS), responde a las exigencias de la sociedad del conocimiento y al Modelo Educativo del CCH, en cuanto a que impulsa la formación integral de profesores y alumnos.

Objetivo General

Elaborar una secuencia didáctica, para el aprendizaje de la Ingeniería Genética y sus aplicaciones, en el nivel medio superior, en apego al Modelo Educativo del CCH y bajo el sustento teórico de la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar, en ambiente de aprendizaje colaborativo.

Objetivos Específicos

- Desarrollar una investigación educativa diagnóstica sobre el estatus de los profesores, alumnos y del proceso de enseñanza y de aprendizaje del tema.
- Seleccionar y elaborar los recursos didácticos (textos, videos, imágenes,...) requeridos, considerando los resultados de la investigación diagnóstica.
- Diseñar los instrumentos de evaluación para la secuencia didáctica.
- Implementar y valorar la secuencia didáctica creada.

¹⁵ La Teoría se describe, a detalle, en el Capítulo 2, numeral 2.3. Marco Teórico Psico-Pedagógico-Didáctico y Socio-Ético-Educativo, 2.3.1 Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar.

¹⁶ La metodología se describe en el Capítulo 2, numeral 2.3. Marco Teórico Psico-Pedagógico-Didáctico y Socio-Ético-Educativo 2.3.3 Aprendizaje en ambiente colaborativo –aprendizaje cooperativo-..

Capítulo 2. Marco Teórico

“Es importante lo que sabes, pero es más importante lo que haces con lo que sabes”

*Grupo Docente Colaborativo, GDC
Grupo de Trabajo Institucional, CCH.*

Para atender el objetivo de tesis, *“elaborar una secuencia didáctica, para el aprendizaje de la Ingeniería Genética... en apego al Modelo Educativo del CCH...”*, se precisó conocer a la Institución y establecer el marco teórico institucional que normara el diseño de dicha secuencia.

2. 1. Marco Teórico Institucional

“Educar más y mejor a un mayor número de mexicanos”

CCH-UNAM

2. 1. 1. Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades

El CCH es una institución educativa de nivel medio superior, pertenece a la Universidad Nacional Autónoma de México. Es un bachillerato propedéutico, general y único. Forma en cultura básica, integral (incorpora en su currícula contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales), con visión científica, intelectual, humanística, ética y social; en donde el alumno es el sujeto de la cultura y actor de su propia educación-formación. Sus orientaciones son: aprender a aprender (desarrollar habilidades de pensamiento y procesos metacognitivos; comprender contenidos y manejar métodos, para adquirir conocimientos a lo largo de su vida); aprender a ser (ejercitar valores estéticos, éticos y cívicos); aprender a hacer (leer -dos lenguajes -matemático y español-, escribir, escuchar, comunicar, investigar, traducir, formular y resolver problemas, tomar decisiones, etc.- y métodos –experimental e histórico social-); aprender a convivir (a adquirir habilidades sociales y trabajo en equipo). Perfil de egreso: individuo creativo, crítico, reflexivo, argumentativo, con conciencia de las razones de su saber y actuar; con valores y límites; útil a su medio ambiente natural y social. El profesor es orientador del proceso de construcción del aprendizaje, dispuesto a aprender mientras enseña y a seguir aprendiendo. (CCH, 1996).

2. 1. 2. Normatividad para la Producción Académica en el CCH

Los criterios e indicadores para la producción académica¹ son:

Pertinencia. Responde a las prioridades institucionales, viabilidad, consistencia con el enfoque pedagógico, la metodología, los propósitos, contenidos, aprendizajes, estrategias, nivel educativo, lenguaje y estructura; instrumentos y procedimientos de evaluación del Programa de Estudios.

Calidad. Congruencia en el trabajo desarrollado, coherencia en las etapas del proceso docente - planeación, desarrollo y evaluación; actualidad de los conceptos y bibliografía.

Trascendencia. Mejora la enseñanza de la asignatura, al avance de la docencia, presenta originalidad y creatividad en el tratamiento conceptual y didáctico.

¹ CCH. (2008a, 23 de mayo). Protocolo de Equivalencias para el Ingreso y la Promoción de los Profesores de Carrera Ordinarios del CCH, 3ª versión. *Gaceta CCH*; Suplemento especial número 4. pp 7-8.

2. 1. 3. Programa de Estudios de la Asignatura de Biología I, (CCH, 2003)

El Programa de Estudios de Biología I está orientado a conformar la cultura básica en este campo del saber y a propiciar el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que les permitan aprender de nuevos conocimientos y a ejercer una ética de responsabilidad individual, social y ambiental. A continuación se describen algunos aspectos relevantes.

Enfoques para la Asignatura de Biología I. Disciplinario y Didáctico

Enfoque Disciplinario. El CCH propone un tratamiento integral de la biología, basado en cuatro ejes complementarios: a) el pensamiento evolucionista que unifica la explicación de las características, procesos y mecanismos de los sistemas vivos, b) el análisis histórico que brinda una visión del quehacer científico considerando el contexto metodológico, ideológico, social, político y económico en que se gestó y el carácter provisional de las explicaciones científicas, c) las relaciones sociedad-ciencia-tecnología que fomentarán una actitud reflexiva sobre el manejo y cuidado del ambiente y una actitud ética ante el avance del conocimiento científico y tecnológico para la mejora de la calidad de vida y ante las consecuencias negativas, d) las propiedades de los sistemas vivos, llevarán al reconocer a los seres vivos como biosistemas con propiedades emergentes. La secuencia del contenido disciplinario, en las cartas descriptivas, responden a ¿qué? características, ¿cómo? aspecto fisiológico y ¿por qué? aspectos evolutivos.

Enfoque Didáctico. Constructivismo. Concibe al alumno como el sujeto principal del proceso enseñanza-aprendizaje; al profesor como un mediador entre el alumno y el contenido y al aprendizaje como una actividad de permanente cuestionamiento, construcción y reconstrucción, en donde el nuevo aprendizaje se edifica sobre lo que ya se conoce. Permite libertad de pensamiento para relacionar lo aprendido con situaciones del mundo real y, comprender y asimilar las nuevas experiencias.

Las **estrategias**, para la Tercera Unidad del curso de Biología I, deberán:

- ser diversas (debates, mesas redondas, análisis de textos o audiovisuales, ejercicios, conferencias, visita instituciones y centros de investigación,...), organizarse en apego a los propósitos (generales y de unidad), aprendizajes y conocimientos previos; para adquirir, ampliar y aplicar la información y evaluar el logro de los aprendizajes y procesos;
- propiciar el aprendizaje gradual y continuo de los contenidos de enseñanza (principios, habilidades, actitudes y valores) y la participación individual y colectiva para el intercambio de percepciones, reformulen y asimilen la nueva información;
- interesar a los alumnos por lo que van a aprender; identificar, formular y solucionar problemas a través de la investigación -búsqueda, selección, análisis, organización e interpretación de información de diferentes fuentes-;
- elaborar informes de sus actividades y presentarlos en forma oral o escrita; emitir juicios o tomar decisiones informadas.

Las **actividades**, que integran las estrategias, se organizarán en tres momentos:

- √ **apertura** para motivar, enunciar propósitos, contenido, detectar conocimientos previos;
- √ **desarrollo** actividades centradas en el aprendizaje de los contenidos escolares;
- √ **cierre** para formar una visión sintética y crítica del material estudiado, transferir aprendizajes a otros contextos y reorganizar sus esquemas referenciales.

Propósito de la Biología en el CCH. Que el alumno aprenda a generar explicaciones acerca de los sistemas vivos, mediante la integración de conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores desarrollados en la construcción, reconstrucción y valoración de conceptos biológicos fundamentales.

Aprendizajes Indicativos. El Plan de Estudios del CCH enfatiza que los aprendizajes serán el centro de la visión y acción institucional. El nivel de profundidad de los aprendizajes del Tema II, Ingeniería genética y sus aplicaciones está definido, en el programa de estudios, por las capacidades describe, valora y aplica, mientras que en los reactivos del Diagnóstico Académico EDA² el CCH ha utilizado describe, reconoce y expresa.

La **evaluación** tiene un papel retroalimentador del proceso de docencia. Busca conocer la relación entre las finalidades educativas, las actividades desarrolladas, los resultados del proceso. Debe ser continua y en tres modalidades:

- √ **Diagnóstica.** Detectará los conocimientos previos, para adecuar el proceso de docencia al nivel que los alumnos posean y optar por las estrategias más adecuadas para superar sus dificultades.
- √ **Formativa.** Permitirá detectar avances o dificultades en la adquisición de los aprendizajes, juzgar la eficacia de las estrategias y recursos didácticos y así saber qué ajustes hacer.
- √ **Sumativa.** Servirá para valorar el nivel de dominio que los alumnos han alcanzado en relación con los aprendizajes establecidos. Se deberá aplicar al concluir cada fase de aprendizaje.

2. 2. Marco Teórico Disciplinario

"Amar a la naturaleza es amarse a si mismo"
Seattle, Gran Jefe Indio Piel Roja de Seattle, Tribu Suquamish

Para cumplir con el propósito de tesis, *"apoyar el proceso de aprendizaje enseñanza de la ingeniería genética..."*, el objetivo *"elaborar la secuencia didáctica y los recursos didácticos..., considerando los resultado de la investigación diagnóstica,"* y subsanar la imprecisión existente entre los académicos sobre los conceptos base-clave del tema, se estableció el marco el teórico disciplinario, que incorpora los contenidos centrales que se sugiere abordar en el CCH. Dirigido al docentes, bajo la supervisión del Dr. Ramón Moreno Torres, profesor de genética de la FESI-UNAM. La información se amplía con la presentada en los textos dispuestos para la secuencia.

2. 2. 1. Células, Genes, DNA y Dogma Central de la Biología Molecular

Las células son la unidad estructural, funcional y de origen de todos los sistemas vivos; funcionan como entidades programadas capaces de alimentarse, metabolizar, auto-construirse, reproducirse -dando origen a otra similar o igual-, y todo esto, mediante un conjunto de instrucciones contenidas en el ácido desoxirribonucleico (DNA) o material genético. Esta macromolécula está constituida por unidades monoméricas llamadas nucleótidos compuestas a su vez por bases nitrogenadas unidas a una desoxirribosa y a un grupo fosfato, formando dobles cadenas unidas en forma estérica por el azúcar y el fosfato, y por puentes de hidrógeno entre las cadenas. Los puentes de hidrógeno que se establecen entre las bases nitrogenadas adenina con timina y guanina con citosina, son siempre específicos. De tal manera que se constituye un modelo de replicación en el que se

² Instrumento de medición para evaluar la funcionalidad y pertinencia de los Programas de Estudio de las asignaturas del Plan de Estudios del CCH y los aprendizajes logrados por los alumnos.

pueden originar dos cadenas idénticas, con base en el apareamiento de los nucleótidos, a partir de una cadena molde.

Las secuencias de nucleótidos presente en el DNA, marcadas por señales propias de la molécula, constituyen los genes que son responsables de la secuencia de aminoácidos de cada proteína y las proteínas, con toda su gama funcional. Estas proteínas son responsables tanto de la estructura como de la función celular, así como, del comportamiento e interacción con el medio, constituyéndose así el fenotipo del organismo.

Debe quedar claro que una proteína funciona gracias a la secuencia de aminoácidos que la constituye, dando origen en su estructura. Sin embargo, ese conjunto ordenado de aminoácidos es producto de dos procesos fundamentales, la:

- a. **transcripción** que es el proceso mediante el cual se sintetiza un ácido ribonucleico mensajero (RNAm) utilizando como molde el DNA, para esto, se debe localizar el sitio de inicio de la transcripción que se podría considerar el principio del gen,
- b. **traducción** consiste en que la secuencia nucleotídica de éste RNAm sea expresada como la secuencia de aminoácidos de la proteína indicada. Por ejemplo la insulina, producida en las células pancreáticas, es resultado de la transcripción del gen para insulina encontrada en el núcleo como una secuencia de nucleótidos de DNA, que fue transcrita, en este mismo sitio, a secuencia de RNA y, al salir del núcleo, traducida a la secuencia de aminoácidos que conforma la insulina.

Se le llama dogma de la biología molecular a la siguiente secuencia.

DNA se <i>transcribe</i> en → Gen DNA (secuencia de desoxinucleótidos de insulina)	RNA se <i>traduce</i> en → RNAm (secuencia de ribonucleótidos de insulina)	PROTEÍNA Insulina (secuencia de aminoácidos)
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

Todas las células y todos los seres vivos siguen esta secuencia de pasos para producir sus proteínas. Debido a que la secuencia de nucleótidos indica la secuencia de aminoácidos y todos los organismos tienen secuencias de nucleótidos como programa informativo, ¿Sería posible **reunir secuencias** de nucleótidos de **diferentes organismos**?

En principio, la naturaleza nos ha enseñado que no es posible que dos organismos de especies diferentes produzcan descendencia exitosa, en algunos casos de especies cercanas, se producen los denominados **híbridos** estériles, por ejemplo los hijos de caballo y burra llamados mulas.

Conforme se conocían con mayor profundidad los mecanismos genéticos presentes en los microorganismos se descubrieron elementos genéticos que conferían la denominada fertilidad, factor F o plásmido F, y en ocasiones la capacidad de vivir en presencia de antibióticos, -resistencia a antibiótico por el plásmido R-. Estas propiedades podían pasar de una a otra especie bacteriana diferente. No obstante la manera de transferir el DNA "**transferencia**" tiene particularidades, es decir, si se trata de una especie bacteriana, habría cepas o variantes que, al establecer contacto con otras células de su tipo les pueden pasar la información contenida en su DNA "**conjugación** bacteriana". En otras ocasiones el DNA derivado de una bacteria que podría estar muerta, es tomado por una bacteria viva y que adquiere la propiedad "**transformación**". Además es posible la transferencia de información entre bacterias a través de **virus** que las infecten "**transducción**".

El paso de DNA funciona si y solo si la célula receptora es capaz de reconocerlo y si se transfieren genes, es decir, unidades de información completas. Ya que si un segmento de DNA no lleva una

información que podamos detectar, no será posible saber que ese gen fue transferido y si el DNA tiene un origen y secuencia diferentes a los que la célula receptora pueda registrar, entonces seguramente los mecanismos de vigilancia propios del genoma, terminarán por eliminarlo.

2. 2. 2. Ingeniería Genética y la Tecnología del ADN Recombinante

Es el uso ingenioso, conciente y dirigido de materiales hereditarios “genes” de los que se tiene información, con fines específicos de beneficio humano. Por ejemplo, se puede producir insulina en grandes cantidades por métodos de fermentación bacteriana, similares a la producción de cerveza, a bajo costo. Como ejemplo de **organismos transgénicos** diseñados por ingeniería genética están:

- **bacterias con gen humano** para producir **insulina**, para tratar **diabéticos**,
- **bacterias con gen humano** de un factor de **coagulación sanguínea**, para tratar **hemofílicos**,
- **plantas de jitomate y manzana** con genes que **matan pulgones**, bioinsecticida,
- **zanahorias, plátanos** con genes que producen **antígenos bacterianos**, biovacunas.

Una de las técnicas de ingeniería genética es la **tecnología del ADN recombinante** la cual utiliza:

- a. **DNA de interés.** Material hereditario del que sabemos cual(es) son sus productos y pueden aportar beneficios.
- b. **Enzimas de restricción, restrictasas o endonucleasas de restricción.** Son proteínas que cortan el DNA en sitios con secuencias específicas, algo así como unas “tijeras moleculares”; se obtienen de diferentes microorganismos a los que deben su nombre, ejemplo la *Eco RI* significa restrictasa de *Escherichia coli* tipo I. Recuérdese que el DNA está compuesto por secuencias de nucleótidos, si una secuencia tiene una serie de nucleótidos específicos puede ser reconocida por una enzima de restricción. Existen muchos tipos de enzimas de restricción y por lo mismo con una batería de este tipo se puede cortar prácticamente el DNA de cualquier organismo. Estas enzimas liberan segmentos cohesivos, si dos DNAs de diferente origen se cortan con la misma enzima tendrán los mismos elementos cohesivos, lo que permitirá que se forme un DNA con dos orígenes. Existen endonucleasas que rompen el DNA formando segmentos romos. Tanto los segmentos cohesivos como romos se unen con enzimas ligasas.
- c. **Enzimas ligasas.** Son proteínas que tienen la propiedad de unir fragmentos de DNA de tal manera que si tenemos fragmentos que nos interesa que se encuentren en la misma secuencia los podemos reunir, en el laboratorio, mediante este tipo de enzimas.
- d. **Gen marcador.** Es un fragmento de DNA codificante de una proteína que podemos detectar con facilidad, por ejemplo una proteína, codificada por un gen marcador, que puede fluorecer o cambiar la coloración o la forma del organismo.
- e. **Vector o vehículo genético transportador.** DNA propio de un organismo al que se le une DNA de interés, ajeno a este organismo, con el propósito de que el organismo receptor no elimine el DNA extraño. Los plásmidos son los vectores biológicos más utilizados en ingeniería genética y existen para todos los tipos celulares (procariontes y eucariontes). Los virus son otros vectores biológicos, que por su capacidad para entrar en las células que infectan, son capaces de introducir DNA de interés a la célula que queremos que lo exprese. También se puede introducir DNA a la célula a través de vectores mecánicos como: micropipetas (inyección directa), pistolas de genes (con balas de oro) o electroporación (haciendo poros en la membrana celular con electricidad).

- f. **DNA recombinante o híbrido.** Es un DNA que se encuentra mezclado con otro (de diferentes orígenes u organismos) con el cual sería prácticamente imposible que se combinara en forma natural, por ejemplo reunir genes humanos con genes bacterianos, genes de plantas con genes de animales,...
- g. **Célula u organismo receptor.** Es la célula u organismo en la que se coloca el DNA recombinante para ser expresado, producido o estudiado.
- h. **Palíndromo genético.** Son secuencias cortas de nucleótidos que se leen o que contienen las bases equivalentes en dirección 5' → 3' en ambas cadenas. Normalmente estas secuencias son los sitios de restricción (corte). Cuando se realiza el corte pueden liberar extremos **cohesivos** con algunas de las bases nitrogenadas no apareadas o extremos romos en donde los fragmentos liberados tienen todas sus bases nitrogenadas apareadas.
- i. **Biotecnología.** Es el uso de organismos o de procesos realizados por los organismos que se ponen al servicio o bienestar del hombre. La ingeniería genética es uno de los procedimientos biotecnológicos. Otro ejemplo de biotecnología es la producción de biogas pero éste no tiene relación con la ingeniería genética sino con la industria.

2. 2. 3. **Aplicaciones e Implicaciones de la Manipulación Genética**

Aplicaciones de la manipulación genética:

- √ Mejoras en el proceso industrial con organismos transgénicos.
- √ Producción de vacunas, antibióticos, insulina, factores de coagulación sanguínea, hormonas,... con organismos transgénicos.
- √ Biorremediación con microorganismos transgénicos capaces de degradar contaminantes como los "lodos activados" que descontaminan agua por la digestión anaerobia y obtención de metano.
- √ Tratamiento de enfermedades o defectos genéticos a través de la terapia génica. La terapia génica es la utilización de secuencias génicas funcionales que se introducen en organismos, con genes disfuncionales, con el fin de recuperar la función, por ejemplo:
 - Vacuna multivalente en contra de la infección de *Papiloma Humano Oncogénico*.
 - Moléculas anti-virales, anti-gen de algunos factores del virus de SIDA (en investigación).
 - Secuencias anti-gen (ribozimas vs. distrofina) para actuar contra la distrofia muscular de Duchene.
 - Secuencias anti-gen empleadas en problemas de hipertensión arterial.

Implicaciones bioéticas de la manipulación genética, organismos transgénicos. No existen en la naturaleza esos organismos que estamos fabricando y no se tiene certeza de lo que puede pasar. ¿Mejoran de la calidad de vida? ¿Dañan la salud, al ambiente, la economía?

Implicaciones Bioética de la Terapia génica. Para la introducción de la secuencia terapéutica se han utilizado cápsides virales y un paciente murió por causa del tratamiento.

2. 2. 4. **Aplicaciones e Implicaciones Bioéticas del Proyecto Genoma Humano y de la Clonación de Organismos**

Entre los objetivos del Proyecto Genoma Humano estuvo determinar la secuencia nucleotídica de todo el genoma, con esa información se puede establecer la cantidad de los genes en los cromosomas y el orden de los mismos, aunque ya se contaba con mapas cromosómicos obtenidos

con otros métodos; este proyecto aumentó el nivel de precisión de la información (mapa de genes) al establecer la secuencia de los nucleótidos en los genes (secuenciación) de la especie humana al igual que ya se había hecho con algunos virus y bacterias. Su conocimiento permitiría descubrir:

- las causas de los defectos asociados a genes (en el nivel de replicación, transcripción o traducción) y proponer alternativas de solución (terapia génica),
- la solución a problemas de pérdida de órganos en función de conocer los procesos de formación de los mismos,
- las relaciones evolutivas de las especies y las razones de la variación racial,
- las variaciones específicas de los genes que tienen que ver con el comportamiento.

Con las herramientas de ingeniería, sería posible el desarrollo de un modelo humano con "todas las cualidades", sin embargo el principal defecto del proyecto es que no todo está en los genes, ejemplo aún cuando ya se ha concluido la secuenciación, no sabemos en dónde o cuáles son los genes de la esperanza, del amor y de la fraternidad ni justificar el porqué de la agresividad o el dominio de unos humanos a otros.

Aplicaciones del Proyecto Genoma Humano. Diagnosticar la propensión al desarrollo de enfermedades incapacitantes o en la edad adulta; incremento del riesgo de muerte por la presencia o ausencia de ciertos genes.

Implicaciones del Proyecto Genoma Humano. La información del genoma de las personas podría ser usada para limitar la contratación laboral; negar tratamientos médicos o la compra de seguros médicos y de vida a personas con ciertos genes, promover decisiones de aborto en función de las cualidades genéticas; con fines segregacionales "quién decide" cuáles son los "mejores genes", mentes brillantes como la de J. D. Watson (el de la doble hélice) considera que los negros son ¡genéticamente menos inteligentes! lo dijo en una conferencia.

Implicaciones Bioéticas de la Clonación de Organismos. La clonación de organismos, en algunos casos, es una versión refinada de la propagación vegetativa de frutales o de plantas ornamentales.

El clonar animales y plantas en peligro de extinción ¿conveniente? Estamos relativamente lejos de esta situación. En la clonación animal se han presentado ideas como la de clonar a personajes como Mahatma Gandhi o a Adolfo Hitler, esto genera incomodidad. Además puede hacer pensar que se tendrían humanos desechables ya que ninguno sería indispensable.

2. 3. Marco Teórico Psico-Pedagógico-Didáctico y Socio-Ético-Educativo

"...educar es creer en la perfectibilidad humana, en la capacidad innata de aprender y en el deseo de saber que la anima, en que hay cosas (símbolos, técnicas, valores, memorias, hechos...) que pueden ser sabidos y que merecen serlo, en que los hombres podemos mejorararnos unos a otros por medio del conocimiento..."

Fernando Savater

Para alcanzar los propósitos "apoyar el proceso de aprendizaje y enseñanza...", "captar el interés, la participación activa y consiente del alumno...", "orientar la labor educativa de profesores..." desde el punto de vista psico-pedagógico-didáctico y socio-ético-educativo, se diseñó la secuencia didáctica bajo la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar, paradigma sociocognitivo

humanista, propuesto por Martiniano Román Pérez³ y Eloisa Díez López⁴, dado que, a juicio de quien escribe, responde a la misión del Modelo Educativo del CCH y a las propuestas educativas para la actual sociedad del conocimiento.

2. 3. 1. Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar

"El conocimiento es poder y el poder crea conocimiento"

*Eloisa Díez López y
Martiniano Román Pérez*

La Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar asume por inteligencia escolar el pensamiento o conocimiento que utiliza el estudiante para aprender (en el aula y fuera de ella), se construye y reelabora continuamente, es producto del aprendizaje y de una construcción social, es mejorable con la mediación y técnicas adecuadas por medio de entrenamiento cognitivo y afectivo, "...es tridimensional en cuanto a que posee tres dimensiones fundamentales" (Díez, 2006, p. 174):

a. **Cognitiva.** Conjunto de procesos cognitivos (capacidades, destrezas y habilidades). Se desarrolla por medio de estrategias y actividades académicas.

√ Las **capacidades** son habilidades de pensamiento generales empleadas para aprender y seguir aprendiendo "*herramientas productoras de cultura*" (Díez, 2006, p. 179). El número a desarrollar en las escuelas es de unas 30 y deben ser identificadas en el Proyecto Educativo Institucional. Se clasifican en:

Prebásicas: percepción, atención y memoria.

Básicas: comprensión o razonamiento lógico; orientación espacio-temporal; expresión oral y escrita y socialización.

Superiores: pensamiento creativo, pensamiento crítico, pensamiento resolutivo (resolución de problemas) y pensamiento ejecutivo (toma de decisiones).

√ Las **destrezas** son habilidades de pensamiento específicas. Un conjunto de destrezas desarrollan una capacidad.

√ Una **habilidad** es un paso mental. Un conjunto de habilidades despliegan una destreza.

A nivel didáctico se plantean objetivos cognitivos por capacidad, por destreza o por habilidad.

b. **Afectiva.** Conjunto de procesos afectivos (valores, actitudes y microactitudes). Se sustenta en principios morales y éticos y desarrolla por medio de la imitación de modelos, de contenidos (sentido discursivo), métodos (formas de hacer) o normas (sentido impositivo). La clave para su desarrollo radica en las estrategias de aprendizaje.

√ Los **valores**, a nivel psicopedagógico se consideran conjuntos de actitudes, sus componente son cognitivos, comportamentales (conducta) y fundamentalmente afectivos.

³ Román Pérez Martiniano. Catedrático de la Facultad de Educación, Departamento de Didáctica, E. U. y de la Universidad Complutense de Madrid. mroman@edu.ucm.es, (Díez, 2006).

⁴ Eloisa Díez López. Profesora de Psicología del Pensamiento en la Universidad Complutense de Madrid. Su investigación centrada en programas de mejora de la inteligencia y desarrollo de capacidades. ediez@psi.ucm.es, (Díez, 2006).

- ✓ Las **actitudes**, son predisposiciones estables hacia... Un conjunto de microactitudes revelan una actitud. Entre los valores y sus actitudes aplicables en el aula están:

Tolerancia: comprender al otro, respetar opiniones, respeto a sí mismo y a los demás, saber escuchar, saber ceder, saberse disculpar, sentido de equipo, valoración propia y de los demás,

Honestidad: coherencia, constancia, disponibilidad, esfuerzo, honradez, lealtad, rectitud, sinceridad y trabajo bien hecho.

Civismo: convivencia, fraternidad, sentido cívico, rechazo a las desigualdades, búsqueda de la paz, defensa de la pluralidad, respeto: a la ciencia a la salud, a las normas sociales, al medio ambiente, y responsabilidad social.

- ✓ Las **microactitudes** son conductas prácticas, la manifestación observable de una actitud, de un valor.

A nivel didáctico, se formulan objetivos afectivos por valor, actitud o microactitud.

c. Arquitectónica, como arquitectura mental o del conocimiento.

- ✓ Conjunto de **procesos de aprendizaje** o **formas de aprender** y construir conocimiento, implica **cómo** se construye el pensamiento, cómo se aprende.
- ✓ Conjunto de **productos** o **esquemas mentales** relacionados que indican lo realmente asimilado (contenidos y métodos). Es el **cómo se almacena** el conocimiento en la memoria a largo plazo. Se apoya en el desarrollo de la imaginación del estudiante y concreta cuando la representa en modelos conceptuales (organizadores gráficos como redes, esquemas, mapas conceptuales o mentales, tablas, cuadros sinópticos, carteles, entre otros), dándole significado al conocimiento y potenciando la memoria constructiva.

Gráfico 1. Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar

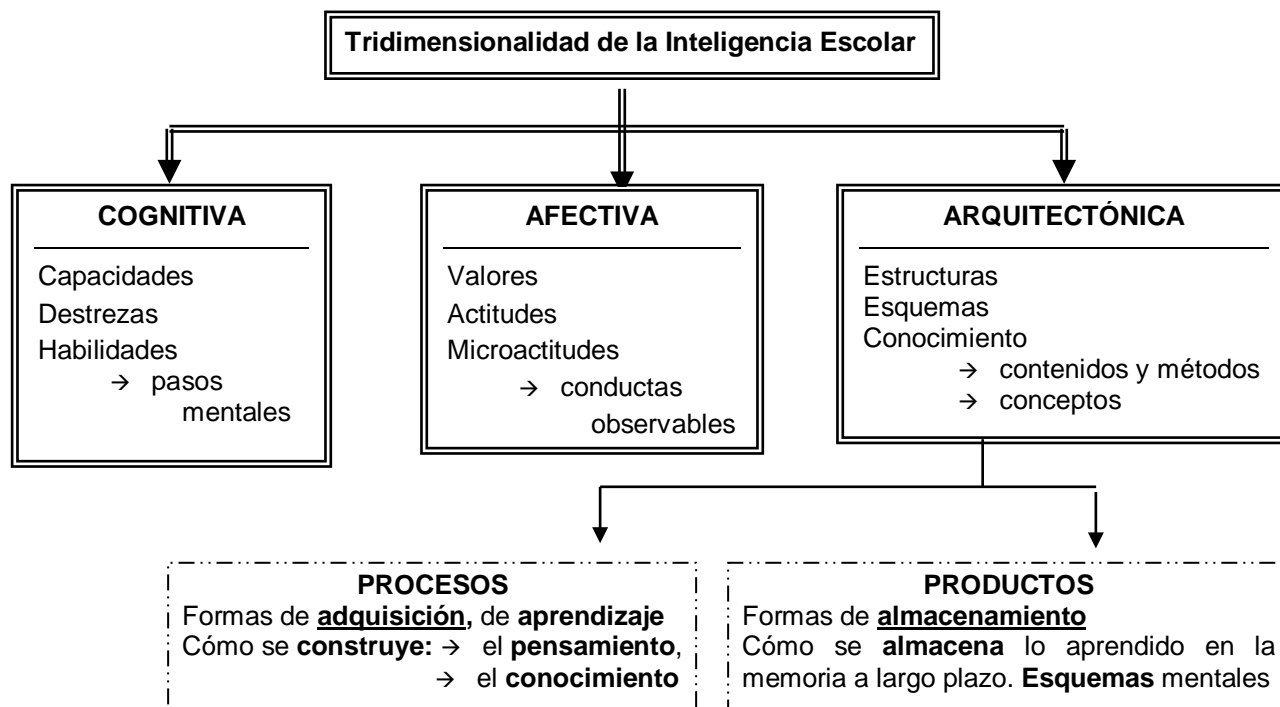
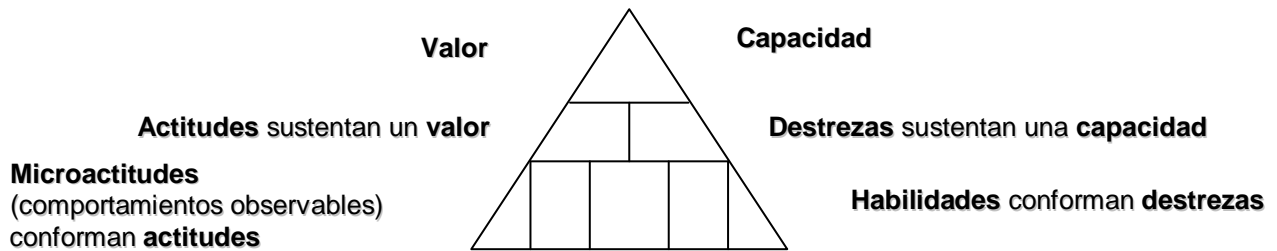


Gráfico 2. Representa: una **capacidad** como un conjunto de **destrezas y habilidades**
un **valor** como un conjunto de **actitudes y microactitudes**.



Entre los supuestos teóricos en que se apoya la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar están:

Aprender a aprender: *“Implica el uso de estrategias cognitivas, metacognitivas y modelos conceptuales. Ello supone orientar el currículum hacia pensar bien, a aprender a pensar, como el desarrollo del pensamiento y sus capacidades, enseñando a aprender. Lo cual también implica un aprender a enseñar...”*, (Díez, 2006, p. 179).

Arquitectura del conocimiento. Los contenidos y los métodos para ser aprendidos y asimilados han de ser presentados en forma de esquemas mentales que generen una estructura mental organizada –arquitectónica-. *“Implica construir mentes ordenadas, sintéticas y sistémicas que posibiliten el aprendizaje, científico, constructivo, significativo, preferentemente por descubrimiento, almacenando adecuadamente en la memoria los conceptos aprendidos para posibilitar su recuperación cuando se necesiten”* (Díez, 2006, p. 179). Advierte los niveles de organización de productos en hechos captados por la observación, datos asociados y coleccionados por medio de la inferencia, información de datos interrelacionados por medio de la inferencia, conocimiento interiorizado por medio de la asimilación, sabiduría a partir de un juicio y la transformación y, talento. Sus niveles son estructuras, esquemas y conocimiento (concepto).

Competencias: *“las capacidades, valores, contenidos y métodos-procedimientos que un alumno debe adquirir al finalizar un proceso educativo. El perfil de egreso está constituido por el conjunto de competencias adquiridas”* (Díez, 2006, p. 180).

Conocimiento: *“conjunto de herramientas para aprender y seguir aprendiendo (capacidades, destrezas y habilidades), asociado a contenidos sintéticos y sistemáticos para desarrollar mentes bien ordenadas y también como métodos o formas de hacer”* (Díez, 2006, p. 180).

Cultura: *“el conjunto de capacidades, valores, contenidos y métodos que utiliza una sociedad”* (Díez, 2006, p. 179).

Currículum: *“selección cultural... y un modelo de aprendizaje enseñanza”, “intervención en procesos cognitivos y afectivos”* (Díez, 2006, p. 180-181).

Enseñanza: *“mediación en el aprendizaje y mediación en la cultura”* (Díez, 2006, p. 180) y la **enseñanza centrada en procesos:** desarrollo de mentes ordenadas usando como medios los contenidos y métodos, *“desarrollo de capacidades y/o valores... por medio de estrategias de aprendizaje”*, (Díez, 2006, p. 179).

Estrategias de aprendizaje. Las actividades del aula, *“el camino para desarrollar destrezas que desarrollan capacidades y desarrollar actitudes que desarrollan valores por medio de contenidos y métodos”* (Díez, 2006, p. 179).

Paradigma sociocognitivo (humanista). “Trata de integrar al estudiante (actor) y escenario (contexto) en un modelo de aprendizaje-enseñanza” y al profesor como “mediador de la cultura social e institucional, mediador del aprendizaje y arquitecto del conocimiento (Díez, 2006, p. 180).

2. 3. 2. Modelo T o Modelo T de Martiniano

El Modelo T, desarrollado por Martiniano Román Pérez, es un instrumento que permite la aplicación y desarrollo en el aula de la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar. Presenta las dimensiones cognitiva (capacidades) y afectiva (valores) de la inteligencia como objetivos o fines del aprendizaje y la dimensión arquitectónica (contenidos y métodos de enseñanza) como medios para lograrlos. Se apoya en el axioma “los contenidos y los métodos son medios para desarrollar capacidades y valores” (Díez, 2006, p. 254). Se le ha descrito como un modelo didáctico constructivista que integra de forma sintética, sistemática y global los elementos básicos del currículum; un marco conceptual; una guía didáctica; un diseño curricular de aula o una programación de la actuación docente, resumida, coherente, secuencial e integral (Díez, 2006).

Tiene forma de doble T: la **T** de medios y la **T** de objetivos. Se elabora en una hoja para ofrecer una imagen visual fácil de recordar. La planeación inicia al definir qué capacidades y destrezas se desarrollarán, después se establecen los métodos y en el ambiente de trabajo afectivo y por último con qué contenido.

MODELO T	
(Programación de un curso, unidad, tema o clase)	
MEDIOS	
Dimensión Arquitectónica (arquitectura del conocimiento) de la Inteligencia escolar	
CONTENIDOS ¿Qué?	MÉTODOS/PROCEDIMIENTOS ¿Cómo?
Hechos→datos→información→conocimiento→sabiduría Conceptos → teoría → principio Saber disciplinario organizado	Actividades→ técnicas→ estrategias,... → formas de hacer . Esquemas→ modelos→ mapas,...→ formas de almacenar el aprendizaje científico, constructivo y significativo; en ambiente colaborativo.
OBJETIVOS	
CAPACIDADES Y DESTREZAS ¿Para qué?	VALORES Y ACTITUDES ¿Para qué?
Dimensión Cognitiva de la Inteligencia	Dimensión Afectiva de la Inteligencia

2. 3. 3. Aprendizaje en Ambiente Colaborativo -Aprendizaje Cooperativo-

“El método de aprendizaje cooperativo es el empleo didáctico de grupos reducidos en los que los alumnos trabajan juntos para maximizar su propio aprendizaje y el de los demás” Johnson, Johnson y Holubec (1999, p 14) citado por Díaz-Barriga y Hernández (2010, p. 107). Los grupos trabajan de forma coordinada para resolver tareas académicas y todos se benefician del esfuerzo de todos (responsabilidad compartida), ejercen influencia recíproca donde cada miembro llega a afectar a los otros en sus creencias, conductas, valores, opiniones, conocimientos, entre otros.

El método de aprendizaje cooperativo parte de la concepción sociocultural de Vigotsky de que el alumno no aprende en solitario, sino que, la construcción de su conocimiento o actividad autoestructurante está mediada por la influencia de los otros (docente y compañeros en el ámbito escolar), por lo que la actividad interpersonal desempeña un rol central en el logro del aprendizaje. Díaz-Barriga y Hernández (2010) mencionan que el aprendizaje es una actividad de re-construcción y co-construcción de los saberes de una cultura y la enseñanza es un proceso de negociación de significados y de establecimiento de contextos mentales compartidos, donde resaltan la colaboración y el trabajo en equipo.

Arends (1994) citado en Díaz-Barriga ⁵ y Hernández⁶ (2010, p 101) opina que *“las raíces intelectuales del aprendizaje cooperativo se encuentra en una tradición educativa que enfatiza un pensamiento y una práctica democráticos, en el aprendizaje activo y en el respeto al pluralismo en sociedades multiculturales por lo que debe desarrollarse un elevado grado de igualdad entre sus miembros, democracia en sus decisiones y participaciones, simetría entre roles, tareas, desempeños”*.

Grupos⁷ o Equipos de Aprendizaje Cooperativo. Se recomienda que los **grupos** se formen con un máximo 6 alumnos. Además considerar que a menor tiempo para la realización de una tarea menor el tamaño del grupo. Existen tres tipos de grupos de aprendizaje cooperativo:

- √ **Base** o de largo plazo. Los alumnos trabajarán juntos, al menos un ciclo escolar. Se pretende que sus integrantes establezcan relaciones responsables y duraderas, se brinden apoyo para lograr un buen rendimiento académico. Se recomienda que sean heterogéneos en cuanto a sexo, nivel académico, clase social, raza, edad, afinidades, intereses,...
- √ **Formal.** Los estudiantes trabajan en torno a una tarea de aprendizaje para organizarla, resumirla, integrarla y explicarla. Funcionan por una hora y hasta varias semanas.
- √ **Informal.** Los estudiantes realizan actividades de enseñanza directa, demostraciones, discusiones de película, lectura de textos, explorar, generar expectativas, cerrar una clase,... su permanencia límite es una clase. Pueden ser heterogéneos u homogéneos.

Componentes Básicos del Aprendizaje Cooperativo, (Johnson, Jonson y Holubec, 1990; 1999, citado por Díaz-Barriga y Hernández, 2010):

- **Interdependencia positiva.** Sucede cuando los alumnos perciben y establecen un vínculo tal que no pueden lograr el éxito por separado, coordinan sus esfuerzos para terminar la tarea y superar el resultado individual, se responsabilizan de su aprendizaje como del otro, comparten conocimientos, ideas, recursos, se apoyan y celebran juntos el logro del objetivo de equipo.
- **Interacción promocional cara a cara.** Permite el intercambio verbal (sobre como resolver problemas, enseñar el propio conocimiento, discutir conceptos, ayudar, retroalimentar, influir en el razonamiento de los demás en la generación de conclusiones, modelar, recompensar dar acompañamiento emocional en pro del aprendizaje y la superación y ejercer presión sobre los alumnos poco motivados para integrarse y trabajar por el bien común y por aprender,...); la interacción social (en relación con los materiales y las actividades académicas).
- **Responsabilidad individual y valoración personal.** Evaluación del avance y contribución personal (en relación al grupo) y de las necesidades de apoyo de cada alumno para terminar la actividad (y evitar que unos descansen en el trabajo de los demás), cada integrante realiza con seriedad y calidad los compromisos asumidos y la tarea asignada.
- **Habilidades interpersonales (sociales) y de manejo de grupos pequeños.** Implica conocer y confiar unos en otros, comunicarse de manera precisa y asertiva, aceptarse, apoyarse, resolver conflictos de forma constructiva, tomar decisiones consensuadas, implica valores y actitudes como honestidad, tolerancia, disposición al diálogo, equidad,... y el ejercicio de roles.
- **Procesamiento de grupo.** Reflexión sobre si las actitudes, acciones y relaciones de trabajo, convivencia y comunicación del equipo están siendo útiles y eficaces para el logro de los objetivos, aprendizajes, toma de decisiones. Proponen y acatan acciones para mejorar.

⁵ Dra. en Pedagogía Frida Díaz Barriga Arceo. UNAM-Facultad de Psicología. fdba@servidor.unam.mx. (Díaz-Barriga y Hernández 2010).

⁶ Mtro. en Psicología Educativa Gerardo Hernández Rojas. UNAM-Facultad de Psicología. (Díaz-Barriga y Hernández 2010).

⁷ En la secuencia didáctica, motivo de tesis, se utilizará el término equipo, para evitar la confusión con el uso de grupo académico (que es el asignado por la institución en un nivel, aula, horario y profesor).

CAPITULO 3. METODOLOGÍA. INVESTIGACIÓN EDUCATIVA EN EL CCH AZCAPOTZALCO

"Me lo contaron y lo olvidé, lo vi y lo entendí, lo hice y lo aprendí"
Kung Fu Tse, K'un-fu-tzu o Confucio

3. 1. Investigación documental. Caracterización de los alumnos de 3^{er} y 5^o semestres, a partir de los antecedentes curriculares, tomando como referentes el Plan de Estudios "Mapa Curricular" y los Programas de Estudio de las asignaturas de Química I y II, Taller de Cómputo, Física I, Biología I y II.

3. 2. Investigación de campo. Caracterización de los profesores que imparten la materia de Biología, de los alumnos de 3^o y 5^o semestres (a partir de variables sociodemográficas, indicadores académicos y conocimientos previos) y del proceso de enseñanza y de aprendizaje que se implementa en los cursos de Biología I para el tema de ingeniería genética y sus aplicaciones.

La investigación se realizó a partir del diseño y aplicación del cuestionario: "*Instrumento para el Profesor*" (IP), se aplicó a los profesores en activo en el semestre lectivo y que tuvieron a bien participar (anexo A) y del "*Instrumento para el Alumno*" (IA), aplicado a los alumnos inscritos en los grupos académicos propuestos por la asesora de práctica docente de la MADEMS, Mtra. María de los Ángeles Robledo Andrade. El instrumento incorporó preguntas de falso o verdadero; de respuesta: a identificar, breve y a desarrollar (anexo B).

Se establecieron los indicadores y la justificación de cada pregunta incorporada en los cuestionarios (ver anexos AA del IP, y BB del IA). Se consultaron los horarios oficiales presentes en la Jefatura del Área de Ciencias Experimentales (de los grupos de Biología I) y en la de Histórico Social (de los grupos de Filosofía I) para la programación de la aplicación.

1^a etapa.

Dirigida a profesores adscritos al plantel Azcapotzalco. Se contactó dos veces a los profesores.

En la 1^a visita se informó el objetivo de la investigación, se le solicitó su participación, se le entregó el "*Instrumento para el Profesor*" y se concertó la fecha y el horario para su devolución. El tiempo previsto con cada profesor fue de alrededor de 15 minutos, para no entorpecer su plan de clase.

En la 2^a visita se aclararon dudas, recibieron comentarios o sugerencias y se recuperó el "*Instrumento para el Profesor*".

Dirigida a alumnos de 3^{er} y 5^o semestres.

Alumnos de 3^{er} semestre que cursaban la asignatura de Biología I. Se visitó al grupo control para informar al profesor titular del grupo los objetivos de la investigación y solicitar su autorización para aplicar el "*instrumento para el alumno*" (pretest), antes de que abordará el tema de Ingeniería Genética, y aplicar el mismo instrumento (postest) al concluir la impartición del tema.

Alumnos de 5^o semestre que cursaron Biología I y cursaban la asignatura obligatoria de Filosofía I. Se efectuó la aplicación del "*instrumento para el alumno*" en grupos de Filosofía para garantizar que los alumnos hayan sido atendidos por diferentes profesores de Biología.

2^a etapa. Dirigida a alumnos de 3^{er} semestre. Implementación de la Secuencia Didáctica

Se informó al profesor titular del grupo académico "grupo experimental" y a los alumnos los objetivos de la investigación, se les solicitó su aprobación para participar en ella y resolver en ese momento el "*instrumento alumno*" (antes de implementar la secuencia didáctica, pretest), para implementar la secuencia didáctica (motivo de tesis) y concluir con la aplicación del instrumento alumno (postest), una vez finalizada la implementación de la secuencia didáctica.

CAPITULO 4. RESULTADOS

"No es iletrada la persona que no sabe leer, lo es la persona que no sabe aprender"

Alvin Toffler

4.1. Resultados de la Investigación Educativa dirigida a Profesores

*"El educador mediocre habla. El buen educador explica.
El educador superior demuestra. El gran educador inspira"*

William Arthur Ward

4. 1. 1. Caracterización de los profesores que imparten Biología y de la enseñanza y el aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones, en el CCH Azcapotzalco

A continuación se presenta el análisis de los resultados de la aplicación del "*Instrumento para el Profesor*", (anexo A), aplicado para caracterizar a la planta docente que imparte Biología en el CCH Plantel Azcapotzalco, a través de variables sociodemográficas e indicadores relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones.

Participación de Profesores. Balance Global de la Muestra

En el semestre 2012-1, la planta docente adscrita al Plantel Azcapotzalco, que imparte la materia de Biología, estaba integrada por 73 profesores, diez de ellos, desempeñaban alguna comisión académico-administrativa, por estudios o ejerciendo año sabático. El balance de la participación voluntaria o la abstención se representa en la tabla 4. 1.

Tabla 4. 1. Participación de Profesores. Balance Global			
Descripción		Número	Porcentaje
Planta docente adscrita al Plantel Azcapotzalco que imparte Biología.		73	100 %
Profesores no activos durante el semestre 2012-1, por comisión .		10	13.69 %
Muestra programada para la investigación	Profesores en activo , (con horas frente a grupo), semestre 2012-1.	63	100 %
	Profesores que participaron en la investigación educativa.	42	66.67 %
	Profesores no participantes porque estaban enfocados en preparar sus pruebas de concurso para obtener la definitividad en el CCH.	8	12.69 %
	Profesores no participantes porque: - no se les encontró en su laboratorio, (algunos de ellos estaban programados para hacer las pruebas de concurso, otros preparándolas). - se les entregó el instrumento, pero no se les volvió a localizar. - no impartían la asignatura de Biología I y decidieron abstenerse. - resolvieron no participar	13	20.63 %

4. 1. 2. Caracterización de la Planta Docente a través de las Variables Sociodemográficas

1. Sexo.

La planta docente estaba constituida por un mayor número de mujeres **52 %**.

De la población investigada, las profesoras representaron el **60%**, ver tablas 4. 2 y 4. 3.

Los profesores participantes, de ambos sexos, mostraron buena disposición para contestar el cuestionario, independientemente del nombramiento contractual.

Sexo	Número	Porcentaje
Femenino	38	52 %
Masculino	35	48 %
Total	73	100 %

Sexo / Nombramiento	Carrera		Asignatura		Total	Porcentaje
	Titular	Asociado	Definitivo	Interino		
Femenino	8	3	8	6	25	60 %
Masculino	9	0	6	2	17	40 %
Total	17	3	14	8	42	100%
	20		22			

2. Edad del profesor.

El 88% de los profesores que imparten Biología, rebasan los 30 años, ver tabla 4. 4.

Los profesores, de cualquier edad, manifestaron la necesidad y el interés por la implementación de cursos de formación o actualización sobre el tema.

Nombramiento / Rango de edad	Carrera	Asignatura	Total
Menos de 30 años	0	5	5
Más de 30 años	20	17	37
Total	20	22	42

3. Presencia y edad de los hijos.

Todos los profesores participantes tienen hijos, predomina el rango de edad de 0 a 13 en los de asignatura y de más de 19 en los de carrera, ver tabla 4. 5.

Las aportaciones proporcionadas por los profesores, con o sin hijos, reflejaron semejante grado de compromiso e interés para con su labor educativa.

Nombramiento / Edad de los hijos	Carrera	Asignatura	Total
0 a 13	6	13	19
14 a 19	2	5	7
19 o más	12	4	16
Total	20	22	42

4. Grado académico.

El 59.5 % de los profesores refiere tener un postgrado, hecho que en su mayoría se debe a la implementación de la MADEMS, tabla 4. 6.

Independientemente del grado académico, manifestaron interés de participar en cursos de formación y de actualización.

Nombramiento / Grado académico	Carrera	Asignatura	Total
Licenciatura	10	7	17
Maestría	10	13	23
Doctorado	0	2	2
Total	20	22	42

5. Antigüedad docente, en el CCH.

En la investigación participaron profesores de todos los rangos de antigüedad, por lo que se considera representativa la muestra. Cabe resaltar que los profesores de mayor antigüedad poseen plaza de carrera y el 23.8% de ellos rebasa los 30 años de servicio, ver tabla 4. 7.

6. Número de asignaturas impartidas en el semestre 2012-1, en el CCH.

Los profesores de carrera o los de asignatura con mayor antigüedad tienden a impartir una asignatura por semestre mientras que los de asignatura “interinos”, al no tener grupos fijos, solicitan los grupos vacantes de diversas asignaturas, en la búsqueda de un mayor ingreso, tabla 4. 8.

Nombramiento / Rango de Antigüedad	Carrera	Asignatura	Total	
Menos de 5 años	0	6	6	21
5 a 10 años	0	9	9	
10 a 20 años	2	4	6	
20 a 30 años	8	1	9	21
Más de 30 años	10	2	12	
Total	20	22	42	

De manera complementaria, la tabla 4. 8 muestra que la investigación captó similar participación de profesores de carrera y de asignatura.

Nombramiento/ Asignaturas impartidas	Carrera		Asignatura		Total	
	#	%	#	%	#	%
Una	11	55%	9	45%	20	48 %
Dos	8	40 %	12	60%	20	48 %
Más	1	5 %	1	5 %	2	4 %
Total	20	48%	22	52%	42	100%

7. Carga horaria (número de grupos).

La investigación mostró que:

√ la mayor parte de los grupos académicos son atendidos por profesores de signatura (52%), cantidad que se supera ya que, como se indicó en la tabla 4. 1, más del 12.7% de los maestros de asignatura no participaron en la investigación.

Nombramiento / Carga horaria	Carrera	Asignatura	Total
4 a 10 horas (1 a 2 grupos)	1	4	5
11 a 20 horas (3 a 4 grupos)	19	4	23
21 a 30 horas (5 a 7 grupos)	0	14	14
Total	20	22	42

√ los profesores en su mayoría atiende de 3 a 4 grupos, rango que atienden comúnmente los profesores de carrera, ver tabla 4. 9.

Nombramiento / Turno	Carrera	Asignatura	Total
Matutino	16	9	25
Vespertino	3	9	12
Mixto	1	4	5
Total	20	22	42

8. Turno.

Se tuvo especial interés en realizar la

investigación en el turno vespertino, por ser el turno que presenta menor desempeño académico, lamentablemente fue el turno en dónde no se localizó al profesorado, su representación fue 32.42%, ver tabla 4. 10.

9. Trabajo alternativo.

Los profesores que participaron en la investigación se dedican sólo a la docencia en el CCH, tabla 4. 11.

Nombramiento/ Trabajo alternativo	Carrera	Asignatura	Total	Porcentaje
Si	1	2	3	7 %
No	19	20	39	93 %
Total	20	22	42	100 %

10. ¿Actualmente se siente satisfecho, profesionalmente, al ser docente?

El 95.23 % refirió estar satisfecho de su profesión.

Los profesores de:

a) carrera mencionaron, que entre los beneficios personales que les ha dado la docencia, están:

- *la formación y actualización disciplinaria, pedagógica y tecnológica permanente;*
- *adecuadas prestaciones, servicios y oportunidades de desarrollo; horarios cómodos, oportunidad de revitalizarse con el vigor juvenil; libertad para innovar en la docencia, la oportunidad de preparar a los jóvenes, formar en cultura biológica y en valores, generar el gusto por las ciencias naturales y el respeto a la vida.*

Nombramiento / Satisfacción	Carrera	Asignatura	Total
Si	20	20	40
No	0	2	2
Total	20	22	42

b) asignatura relataron que: *les gusta enseñar la disciplina, trabajar con jóvenes inquietos y ávidos de aprender, ampliar perspectivas, es una oportunidad para generar conciencia de las ventajas de tener una profesión y ayudar al país a través de formar a los alumnos.*

El 4. 77 % de los profesores (2 de 42) mencionaron inconformidad. El profesor del turno matutino “*por el sistema de otorgamiento de estímulos y para acceder a las plazas de carrera*” y el profesor del vespertino “*por la paga y el no reconocimiento de la importancia de su trabajo*”, tabla 4.12.

Ejemplos de respuestas textuales dadas por profesores de carrera:

- *“Preparar a los jóvenes, futuros ciudadanos, que se enfrentarán a una sociedad, planeta cambiante. Los alumnos con una preparación académica y política tendrán más herramientas para enfrentar cualquier problema”.*
- *“Constantemente me actualizo, el horario es cómodo, tengo la oportunidad de hacer cambios y modificaciones para mi docencia”.*
- *“Me gusta difundir los procesos biológicos a los alumnos para formarlos con una cultura biológica, además que le tomen gusto a las ciencias naturales”.*
- *“Me gusta impartir conocimiento, ideas, pensamientos, el vigor juvenil, su necesidad de modelos éticos, su búsqueda de un lugar en su país, sus anhelos de realizarse y de darse por engrandecer a México”.*

Ejemplos de respuestas textuales dadas por profesores de asignatura:

- *“Los conocimientos con los que nos formamos van cambiando y al interaccionar con los alumnos nos permite ver otras perspectivas”.*
- *“Por el sistema de otorgamiento de estímulos hace que los profesores se dediquen a realizar actividades que les permita acceder a ellos y descuiden la actividad fundamental del CCH, la enseñanza y el sistema para acceder a las plazas de carrera, es una lucha entre grupos de poder, corrupción, interés personales, etc. (aunque se proyecte otra cosa) hecho que deja sin sentido en participar en concursos “de selección con carácter académico”.*
- *“...nuestra paga es indigna pues no corresponde con la importancia de nuestro trabajo”.*

4. 1. 3. Opiniones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones.

11. ¿Considera **relevante**, para la **formación básica** del estudiante del Bachillerato del CCH, el tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** (curso de Biología I, 3ª unidad, tema II)?

Opiniones a favor de profesores:

- **Carrera.** Es un tema actual y coadyuva a mantenerse a la vanguardia de los nuevos conocimientos; permite ubicar a la Biología como una ciencia en constante construcción; tiene importancia en la solución de problemas socio-biológicos, sus aplicaciones producen bienestar al hombre y en otras áreas; permite al alumno visualizar la utilidad y aplicación que tiene el conocimiento que ha visto en el curso; permite ejemplificar la interdisciplina en la obtención de conocimiento científico.

Nombramiento / Relevancia	Carrera	Asignatura	Total
Si	20	20	40
No	0	2	2
Total	20	22	42

- **Asignatura.** Es ejemplo de la aplicación e integración del conocimiento; es de interés general, controversial, ligado a la vida humana; aporta conocimientos para tomar decisiones apropiadas en la vida diaria; fomenta la valoración crítica del conocimiento.

Opinión en contra (profesores de **asignatura**). El tema tiene dificultad para ser comprendido por el alumno; implica la manipulación genética y avances tecnológicos.

Ejemplos textuales expuestos por profesores de **carrera, a favor:**

- *“Es un contenido de actualidad y coadyuva a mantenernos a la vanguardia de los nuevos conocimientos”.*
- *“El conocimiento que genera esta temática permite a nuestr@s alumn@s ubicar a la biología como una ciencia actual y no como una ciencia acabada”.*
- *“Por su importancia en la solución de problemas socio-biológicos”.*
- *“Es un tema actual que tiene muchas aplicaciones para producir bienestar en el ser humano y aplicación en otras áreas”.*
- *“La temática se relaciona no sólo con el área biológica (medicina, psicología, biología, etc.) sino también con el área de sociales y la de económica administrativa”.*

Ejemplo textual expuesto por profesor de **asignatura, en contra:** *“Es difícil abordar el tema de síntesis de proteínas, el pretender que entiendan el de la Ingeniería Genética, es muy ambicioso”.*

12. ¿Juzga que el **tiempo** indicado en el programa de estudios, para el **aprendizaje** del tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** (aproximadamente 12.5 horas), es suficiente?

Opinión / Nombramiento	Carrera	Asignatura	Total
Si	20	20	40
No	0	2	2
Total	20	22	42

Opiniones a favor, profesores de:

- **Carrera.** Se trata de aspectos generales, describir la tecnología ADN recombinante y valorar sus implicaciones; los temas que le anteceden proporcionan las bases para la comprensión del tema.

- **Asignatura.** Si se usan las estrategias adecuadas y se motiva al alumno por ese aprendizaje; el tema sólo es para contribuir a la formación científica.

Ejemplos de respuestas textuales de profesores de **carrera a favor** del tiempo establecido en el programa de estudios:

- *“En los temas anteriores como biomoléculas, duplicación del ADN y mecanismos de la herencia proporcionan bases para la comprensión de la ingeniería genética, por lo que no se requiere más tiempo”.*
- *“Si tomamos en cuenta que el programa indicativo de la asignatura está saturado de contenidos, me parece tiempo suficiente”.*

Argumentos textuales que respaldan el **desacuerdo** con el tiempo establecido en el programa.

- *“Es un tema muy amplio y difícil, vinculado con la medicina, industria, agricultura y ganadería y que requiere el conocimiento de muchos conceptos (complejos) que se tienen que integrar y reestructurar conforme el alumno va aprendiendo”.*
- *“En la práctica, no se tiene ese tiempo, tenemos menos”.*
- *“Dada la relevancia para conformar la cultura básica del alumno debería proporcionarle más tiempo, pero debido al exceso de contenidos temáticos del programa no es suficiente el tiempo para su revisión, (valorar su importancia)”.*
- *“El curso tiene un exceso de contenido y por lo general se dedica más tiempo del establecido en el programa a temas previos. Por lo que el tiempo real que les queda para el tema es insuficiente”.*

13. ¿Estima que el **momento** en que se imparte el tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** dentro de la **estructura curricular** (Biología I en 3^{er} semestre) es el adecuado?

Opinión / Nombramiento	Carrera	Asignatura	Total
Si	11	14	25
No	7	7	14
Duda	2	1	3
Total	20	22	42

La mayor parte de las opiniones hicieron alusión a la estructura del contenido en el curso y no a la estructura curricular de la Biología en el Área de Ciencias Experimentales y en el Plan de Estudios.

Otros expresan estar de acuerdo con la lógica de la materia dentro de la curricula - Plan de estudios, mientras que un profesor sugiere el que se imparta o se refuerce en Biología III.

14. ¿Encuentra que el **momento** en que se imparte el tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** dentro de la **estructura del curso** (3^a unidad, tema II -último tema del curso-) es el adecuado?

- Opiniones **a favor** de la **lógica del curso**.

El programar el tema al final del curso, permite a los alumnos adquirir las bases teóricas (conocimientos previos) necesarias para la comprensión del tema y construcción del aprendizaje, tales como: biomoléculas, ADN, ARN, gen, célula, duplicación del ADN, reproducción, leyes de Mendel y mecanismos de la herencia. Sigue la secuencia de los contenidos anteriores.

Opinión / Nombramiento	Carrera	Asignatura	Total
Si	12	13	25
No	6	9	15
Duda	2	0	2
Total	20	22	42

- Opiniones **en contra**: se debe ver cuando se ve replicación del ADN, síntesis de proteínas y mutación. Quizá sería pertinente su revisión cuando se analizan biomoléculas. Falta de sustento teórico; está programado al final de curso y los alumnos están más concentrados en los concursos de ofrendas y en la proximidad de las vacaciones y fiestas decembrinas, hecho que aminora su atención.

15. ¿Qué hacer para lograr que el alumno, en su autonomía de aprendizaje, **construya con interés los aprendizajes** de la Ingeniería Genética y sus Aplicaciones?

Las propuestas se centran en el empleo de casos reales de aplicación de la ingeniería genética que hayan generado implicaciones médicas, legales, éticas, sociales, religiosas, ambientales, etc., y en las que los alumnos puedan aportar opiniones o, el planteamiento de problemas relacionadas con su vida o entorno (principalmente que se vivan en México), para los cuales puedan aportar alternativas de solución, para que su aprendizaje sea significativo. También sugieren el empleo de estrategias de ABP, aprendizaje contextualizado y situado, método de casos, recurrir a la imaginación y ciencia ficción. Un profesor mencionó la necesidad de **dominar el tema** por enseñar y realizar una adecuada planeación (no modelar improvisación a los alumnos).

Ejemplos textuales:

- *“Iniciar el tema con una introducción de la importancia de construir, modificar, mejorar el funcionamiento de una máquina y las formas de conservar su funcionamiento con mínimo costo y máximo rendimiento”*,
- *“Fundamentar su importancia para conservar y continuar la vida así como las posibilidades de mejorar la vida de la humanidad y hacerla más saludable”*.

16. Con base en su **experiencia** ¿qué **sugiere** para **lograr el aprendizaje** del tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones?**

Las sugerencias se concentran en el empleo de:

- **Recursos:** conferencias, imágenes, películas, documentales, guías de video, artículos de revistas de divulgación (¿Cómo ves?), trípticos con lo relevante, rotafolios, modelos, acetatos, diapositivas.
- **Técnicas y actividades:** prácticas, cuestionarios, ejercicios de simulación de la manipulación genética para crear organismos transgénicos, juegos, cuadros sinópticos, maquetas, mapas conceptuales y mentales, trabajo colaborativo para el estudio de materiales, análisis de textos, videos e imágenes, lluvia de ideas a partir de preguntas generadoras, investigación experimental, documental, entrevistas a especialistas, navegación en la Web y exposición de lo investigado, estudios de caso, hojas didácticas, visitas a hospitales, institutos y centros de investigación.
- **Estructura adecuada del contenido:** partiendo de lo conocido a lo desconocido, es decir, de lo simple a lo complejo, de los antecedentes de la ingeniería genética a los nuevos hallazgos.
- **Estructura de la clase:** aplicar actividades de inicio, desarrollo y cierre.
- **Conocimientos previos:** asegurarse que los alumnos posean conocimientos previos sobre estructura y función ADN, biomoléculas, célula, la síntesis de proteínas, la replicación, genética, para que a través de ellos comprendan el tema.

17. De acuerdo a su experiencia considera que el **tema** de **Ingeniería Genética** -tecnología del ADN recombinante, organismos transgénicos, terapia génica, proyecto genoma humano, clonación- ¿resulta de **interés para los alumnos?**

Casi en su totalidad, los profesores comentan que el tema si es de interés para el alumno dado que:

- son contenidos actuales de biología que los alumnos escuchan en los medios de comunicación y en diferentes escenarios -caricaturas, películas, series, documentales, revistas, discursos de los políticos etc.- y que son controversiales por sus aplicaciones benéficas y por sus riesgos.

Opinión / Nombramiento	Carrera	Asignatura	Total
Si	18	20	38
No	0	2	2
Duda	2	0	2
Total	20	22	42

- Motivan temas que implican beneficios para el hombre y de los sistemas vivos.
- Entran a un mundo que les parece de ciencia ficción y les da curiosidad.
- Son temas muy complejos para ellos, pero si se manejan con inteligencia (con buenas estrategias) pueden resultar motivantes y de interés para ellos. También dependerá del enfoque y entusiasmo que brinde el profesor.

Los argumentos de profesores que consideran que No es un tema de interés para el alumno son:

- Los alumnos se sienten presionados y saturados de actividades por estar al término del semestre (es el último tema del curso), están próximos a las vacaciones de fin de año por lo que se vuelven indiferentes, ver tabla 4.17.

18. ¿A qué **problemática** se ha enfrentado durante el proceso de **enseñanza aprendizaje** de la temática?

- La carga y complejidad del contenido disciplinario en el programa de Biología I, ocasiona que se destine más tiempo a los temas previos, por lo que se agota el tiempo para impartirlo y si se aborda el periodo es tan corto que no es posible profundizar.
- Carencia de conocimientos previos, concepciones alternativas erróneas o prejuicios que predisponen a los alumnos; la complejidad intrínseca del tema; posturas religiosas o políticas; falta de hábitos de lectura, estudio, interés organización y constancia en la realización de tareas o asistencia a clase, (opinión común en los profesores del **turno vespertino**).
- Desconocimiento de actividades prácticas, de fuentes de información actuales y confiables que sean de fácil comprensión para los no especialistas y el material audiovisual a veces es complejo para la comprensión de los alumnos.

19. ¿Qué **posiciones ideológicas** ha identificado, en los **alumnos**, a favor o en contra de las **Aportaciones** de la **Ingeniería Genética**?

Los profesores refieren que hay en los alumnos posturas de todo tipo, los que:

- √ no tienen posición ideológica, porque desconocen del tema o lo ven como ciencia ficción,
- √ están a favor pensando en su bienestar y en valor de los avances científicos y tecnológicos,
- √ están en contra por cuestiones éticas, religiosas, desinformación, prejuicios heredados, mal uso dado al conocimiento en función de intereses económicos, el posible daño a la salud (miedo al consumo de alimentos transgénicos) y al ambiente.

20. ¿Qué **recursos didácticos** (libros, estrategias, manuales,...) que la **institución** ha elaborado para apoyar el aprendizaje de la temática **conoce**?

La mayor parte de los profesores argumentan No conocer la producción institucional en apoyo al tema y por ello han elaborado mis propios materiales. Hay profesores que participan en un grupo de trabajo y elaboraron un paquete didáctico, mismo que sólo el grupo utiliza.

Lo anterior confirmó que no existen recursos elaborados ex profeso para el tema que sean de uso público y general, por lo que uno de los objetivos del trabajo de tesis fue elaborar los recursos como alternativa de formación y actualización de profesores y alumnos.

En relación a cuál(es) **recursos emplea**, reportan gran diversidad:

- √ Animaciones

- √ Artículos de revistas de divulgación científica ej. ¿Cómo vez?, de la Gaceta UNAM.
- √ Guías de estudio
- √ Lecturas elaborados por los profesores o textos de Genética de la Red
- √ Libros, los citados en el Programa de Estudios y otros.
- √ Paquetes didácticos elaborados para Biología I y estrategias de colegas
- √ Presentaciones PowerPoint.
- √ Documentales de National Geographic, Discovery Channel, etc.

21. ¿Qué **factores** conoce que inciden en el **rendimiento académico** de los estudiantes para abordar este tema?

Las apreciaciones están relacionadas con el:

- **Alumno:** poca motivación o interés (reflejado en la inasistencia, incumplimiento en la realización de tareas y de estudio), posesión o ausencia de conocimientos previos, aspectos personales (poca confianza para expresar sus ideas y baja autoestima), relaciones interpersonales alumno-alumno o alumno-profesor, la presión que ejercen todos los profesores para concluir sus programas al termino del semestre y el deseo del alumno de terminar lo antes posible para los festejos de fin de año.
- **Profesor:** falta de conocimientos para abordar el tema o de motivación para efectuar su labor.
- **Contexto:** nivel socioeconómico, problemas familiares, momento en que está programada su impartición (fin del año víspera de fiestas decembrinas), comentario frecuente en profesores del turno vespertino.
- **Programa de Estudios** con exceso de contenidos declarativos.

22. ¿Qué **estrategias de enseñanza y aprendizaje** implementa para el **logro de los aprendizajes**, de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones**, en respuesta al **tiempo real** que destina al tema?

La tabla 4.18 integra el número de profesores que refieren emplear las estrategias de enseñanza aprendizaje para el tema.

Además de las citadas en el instrumento, los profesores anotaron otras, como:

- asistencia a conferencias y museos,
- debates y plenarias,
- revisión de un tutorial, expone preguntas y todos damos respuesta a lo planteado,
- lectura de artículos de revistas de divulgación científica,
- exhibición y análisis de películas, videos o documentales,
- investigación documental, análisis de información, síntesis.

¿Qué **recursos** emplea?

Estrategia/Nombramiento	Carrera	Asignatura	Total
El alumno investiga y expone	15	19	34
El profesor expone	15	14	29
El alumno investiga y hace informe	11	11	22
El profesor utiliza cuestionarios	13	9	22
El profesor organiza juegos	5	6	11
El profesor da el tema por visto	0	1	1

Actividades lúdicas
Artículos de revistas
Audiovisuales
Conferencias
Cuestionarios
Diapositivas

Equipo de cómputo
Fotocopias/impresos
Guías de estudio
Internet
Libros
Pizarrón

Presentaciones en
PowerPoint
Resúmenes de artículos
Visitas a empresas que
utilizan biotecnología

¿Cómo **evalúa**?

- √ Detectando conocimientos previos (evaluación diagnóstica), después evaluando las producción de los alumnos (evaluación formativa) y con examen (evaluación sumativa o integral).
- √ Aplicando cuestionarios, exámenes orales, escritos o a domicilio, instrumentos de evaluación (listas de cotejo, rúbricas, mapas conceptuales, portafolio, bitácora); con las preguntas de los alumnos más que de sus respuestas.
- √ Con el cumplimiento de actividades, tales como: trabajos escritos (ensayos, narraciones tipo cuentos de ciencia ficción, resúmenes, reportes de prácticas, informes investigaciones bibliográficas, resolución de cuestionarios), realizadas; organización de ideas (lógica), la participación individual, en equipo y grupal en las discusiones o exposiciones de las investigaciones o lecturas.
- √ Un profesor refirió **qué evalúa**: conocimiento y manejo de conceptos, expresión oral y escrita.

23. ¿Considera que los **alumnos cuentan** con el **sustento teórico** para comprender el tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** y alcanzar los aprendizajes indicados en el programa de Biología I?

Opinión/Nombramiento	Carrera	Asignatura	Total
Si	8	11	19
No	10	9	19
En duda	0	1	1
No contestó	2	1	3
Total	20	22	42

El 45.3 % de los profesores considera que si cuentan los alumnos con el sustento teórico lo dicen debido a que los contenidos del curso, que le anteceden, son la base y son coherentes con la ingeniería genética y sólo dependerá de la calidad del aprendizaje adquirido, por cada alumno, en los diferentes momentos del curso, mientras que otro 45.3 % opina que no pues el aprendizaje es de nivel cognitivo alto “valorar” y aunque los temas que anteceden a la ingeniería genética representan el sustento teórico para favorecer su aprendizaje, no todos los alumnos comprenden o adquirieren el nivel de conocimientos previos necesarios para abordar este nuevo tema en su vida educativa. Los alumnos traen fuertes deficiencias desde secundaria y en gran medida depende del profesor asegurarse que el alumno en verdad aprenda.

24. **Cite**, hasta 5, **conceptos clave relacionados a los siguientes contenidos temáticos**:

Los resultados reportados reflejan falta de consenso, entre los profesores, sobre los conceptos clave que los alumnos deben comprender para alcanzar el aprendizaje indicativo en su nivel de profundidad. Tabla 4.20.

Tema y subtemas	Número de conceptos
Ingeniería Genética	80
√ Tecnología del DNA recombinante	59
√ Organismos transgénicos	73
√ Terapia génica	59
√ Proyecto del Genoma Humano	51
√ Clonación	66

25. ¿Considera necesaria la **implementación de cursos** de formación para los **docentes** de reciente ingreso o de actualización para los de mayor experiencia, sobre la temática?

El 95.23% de los profesores están conscientes de que la ciencia está en constante avance y revisión, que la ingeniería genética es resultado de este avance y que tiene gran trascendencia en las personas, la sociedad, el ambiente y que siempre un docente debe permanecer a la vanguardia del conocimiento, independientemente de la edad, grado académico, carga horaria, etc., por ello estuvieron de acuerdo en la necesidad de que se impartan cursos. Tabla 4.21.

Opinión / Nombramiento	Carrera	Asignatura	Total
Si	19	21	40
No	1	1	2
Total	20	22	42

Los temas sugeridos para los cursos y el número de coincidencias son:

Ámbito disciplinario:

Avances terapéuticos (1),
 Bioética (2),
 Biología celular y molecular (1),
 Bioquímica (1),
 Biotecnología (4),
 Clonación (1),
 Cultivo *in vitro* cómo se hace, ventajas y desventajas (1),
 Evolución (1),
 Extracción del DNA (1),
 Fertilización in Vitro y Exposición con células troncales (1),
 Genes reporteros, tipos y función (1),
 Genética molecular (1), Genómica (1),

Historia, actualización del tema (1),
 Ingeniería genética con relación a los contenidos del curso y ejemplos (12),
 Lo relacionado con la disciplina (1),
 OGMs (1), Proteómica (1),
 Proyecto Genoma Humano (1),
 Técnicas de biología molecular (1),
 Técnicas nuevas (1),
 Técnicas: secuenciación, electroforesis, cómo se hacen (1),
 Tecnología del ADN recombinante (5),
 Terapia Génica (3),
 Transgénesis (1),
 Vectores (1).

Ámbito pedagógico:

Estrategias de aprendizaje sobre la temática en particular (1),
 Estrategias didácticas en técnicas de ingeniería genética (3).

De la investigación educativa dirigida a profesores se puede resaltar que los docentes del CCH, que participaron en la investigación:

- √ se sienten satisfechos de su profesión y están dispuestos a actualizarse; requieren conocer y usar algún modelo psicopedagógicodidáctico-socioéticoeducativo y estrategias elaboradas *ex profeso* para apoyar su proceso de enseñanza aprendizaje, en particular de ingeniería genética,
- √ consideran el tema indispensable en la cultura básica del estudiante,
- √ refieren que las horas que marca el programa de estudios para lograr el nivel de profundidad de los aprendizaje de la ingeniería genética es suficientes, no así el tiempo real que les queda debido a la sobrecarga conceptual del curso y que antecede al tema,
- √ ignoran si la ubicación del tema en el mapa curricular es la adecuada y están de acuerdo con la ubicación del tema en la estructura del curso para proveer de los conocimientos previos necesarios para la construcción de los nuevos aprendizajes, pero el reto es garantizar que los alumnos en verdad los adquieran y mantener la motivación e interés por aprender,

- √ la falta de actualización y formación en los profesores se evidenció en la indeterminación de los **conceptos clave** para lograr el nivel y los aprendizajes del tema. A manera de contribución, en la secuencia didáctica se incluyó una propuesta de dichos conceptos básicos, los cuales se explicitaron en los planes de clase y explicaron en textos de apoyo de cada temática.

4. 2. Resultados de la Investigación Educativa dirigida a Alumnos

"Educación, es lo que la mayoría recibe, muchos transmiten y pocos tienen"

Karl Kraus

La investigación se realizó para caracterizar a los alumnos de 3^{er} y 5^o semestres a partir de sus antecedentes curriculares (tomando como referentes el Plan de Estudios "mapa curricular" y los programas de estudio de las asignaturas de Química I y II, Taller de Cómputo, Física I y Biología I, II y III) y a partir de la aplicación del cuestionario "Instrumento para el Alumno" (anexo B), que contempló variables sociodemográficas, indicadores académicos y conocimientos previos que, sobre ingeniería genética poseían. Además, para conocer su opinión sobre cómo se lleva a cabo la enseñanza y el aprendizaje de dicho tema, en los cursos de Biología I, en el CCH Azcapotzalco y la repercusión que tuvo la implementación de la secuencia didáctica, producto de éste trabajo de tesis.

En la investigación participaron, en sus diferentes fases, 121 alumnos, de ambos sexos, del turno matutino y del vespertino. Tabla 4.22.

Tabla 4. 22. Balance Global de Participación de Alumnos								
Alumnos Participantes			Femenino		Masculino		Número por	
Semestre	Grupo /Muestra		Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Grupo	Fase
1 ^a fase	3 ^{er}	Control, Pre test	15	58%	11	42%	26	93
		Control, Pos test						
	5 ^o	Matutino	26	76%	8	24%	34	
		Vespertino	18	55%	15	45%	33	
Total 1^a fase			59	100%	34	100%	93	
2 ^a fase	3 ^{er}	Experimental, Pre test	21	75%	7	25%	28	28
		Experimental, Pos test						
Total global			80	66%	41	34%	121	

4. 2. 1. Caracterización de los alumnos de 3^{er} semestre. Antecedentes curriculares

La revisión del plan y programas de estudios reveló que los estudiantes inscritos en 3^{er} semestre han cursado:

- √ Química I y II (en 1^o y 2^o semestres respectivamente) asignaturas que ofrecen un acercamiento a los conceptos de átomo, elemento, mezcla, molécula, compuesto, reacción química, enlaces

iónico y covalente, compuestos inorgánicos y orgánicos y enzimas, que los lleva a la comprensión de que el ordenamiento de los átomos en el espacio determina las propiedades de los compuestos, conocimientos que servirán de andamiaje para la comprensión del tema de ingeniería genética.

- √ Taller de cómputo donde aprenden el uso de software (procesadores de textos, hoja de cálculo, PowerPoint,...) y navegación en Internet lo que posibilita a los alumnos a realizar búsquedas de información y digitalización de resúmenes, informes, esquemas, entre otras tareas académicas.

Las primeras temáticas del curso de Biología I, enmarcadas en el programa de estudios, son el sustento para que el alumno aprenda el tema de ingeniería genética y valore los avances del conocimiento biológico con relación a la manipulación genética y sus repercusiones en la sociedad. En la primera unidad el alumno conoce la importancia de las biomoléculas en el funcionamiento de la célula y reconoce a la célula como la unidad estructural y funcional de los sistemas vivos al analizar su estructura, organización y funcionamiento; en la segunda unidad el estudiante aprende los principios básicos de los procesos de conservación (metabolismo – anabolismo y catabolismo como procesos bioenergéticos-, fotosíntesis, respiración, fermentación, replicación del ADN, síntesis de proteínas) y reproducción para comprender cómo funcionan y perpetúan los sistemas vivos. La tercera unidad lleva al alumno a identificar 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.

De forma paralela al curso de Biología I, llevan Física I, en donde perciben la utilidad de ésta ciencia para el desarrollo tecnológico.

4. 2. 2. Caracterización de los alumnos de 3^{er} semestre a través del “Instrumento para el Alumno”

El “*Instrumento para el Alumno*” se aplicó al grupo control antes de que la profesora titular impartiera el tema de ingeniería genética (pretest) y una vez concluida su enseñanza, (postest).

El grupo control, estuvo integrado por 26 alumnos, 15 mujeres y 11 hombres, todos menores de 18 años, quienes asistían a clase de forma regular. El 92.3 % de sus integrantes, no realiza una actividad laboral remunerada, mientras que el 7.7 % sí, (una alumna y un alumno de los 26 del grupo), la actividad laboral del alumno (baterista) le ha generado una asignatura reprobada, no así a la alumna (repcionista) quien es regular, en cuanto a rendimiento ambos refieren tener promedio superior a 8. Su actividad laboral no esta relacionada con la carrera que elegirán.

El 87% del grupo (20 de los 26 alumnos) tienen promedio superior a 8, el 13 % restante posee un promedio de 7 a 7.9. El 85 % de los alumnos no adeudan materias “son regulares” (22 de 26), el 15 % son irregulares (4 de 26), su condición de rezago va de 1 a 3 asignaturas. El 53 % (14 de 26) hacen menos de una hora para llegar a la escuela (de ida y vuelta) y relatan vivir en las colonias aledañas, el 47 % restante (12 de 26) hace más de una hora. El 69 % (18 de 26) goza de privacidad para el estudio y el 96 % (25 de 26) cuentan con recursos y servicio de Internet para apoyar sus tareas escolares. El 54 % del grupo dedica de 0 a 2 h, el 42% de 2 a 4 h y sólo el 4 % dedica más de 4 h para realizar actividades extraescolares y estudiar. Sus intereses profesionales, que indirectamente nos pueden indicar afinidad por la temática, se dirigen a las carreras de medicina, psicología, química, biología, ciencias genómicas y veterinaria. Tabla 7.1.

El “*instrumento para el Alumno*” se aplicó al grupo experimental (pre-test) y (postest), antes y después de la implementación de la secuencia didáctica producto del presente trabajo de tesis. El grupo estuvo integrado por 28 alumnos, 21 mujeres y 7 hombres, todos menores de 18 años, quienes asisten a clase regularmente. El 82 % de sus integrantes, no realiza actividad laboral remunerada (23 de 28), mientras que el 18 % sí, (4 alumnas y un alumno), la actividad laboral en

una alumna (estilista) le ha generado la reprobación de una asignatura y un promedio de 7.9 a 7, no así las alumnas que trabajan en bodega Aurrera (promedio de 8.9 a 8), tienda de regalos (promedio superior a 9) y la que ayuda al negocio familiar (promedio 8.9 a 8), al alumno trabaja en tienda de abarrotes (promedio entre 7.9 a 7), quienes son regulares. Su trabajo desvinculado con la carrera a elegir.

El 68 % de los alumnos (19 de 28) tienen promedio superior a 8, el 68 % no adeudan materias "son regulares" (19 de 28), el 32 % son irregulares (9 de 28) y su condición de rezago va de 1 a más de 3, asignaturas. El 68 % (19 de 28) hacen más de una hora para llegar a la escuela (de ida y vuelta). El 68 % (19 de 28) goza de privacidad para el estudio y el 86 % (24 de 28) cuentan con recursos y servicio de Internet para apoyar sus tareas escolares. El 50 % del grupo dedica de 2 a 4 h para realizar de actividades extraescolares y estudiar y sólo el 28.6 % le dedica más de 4 h. Sus intereses profesionales, que indirectamente nos pueden indicar afinidad por la temática, se dirigen a las carreras de medicina, psicología, bioquímica, biología, terapia física y veterinaria. En la tabla 4.23, se presenta en negritas los datos de mayor valor y que respaldan lo descrito.

Tabla 4.23. Caracterización de los Alumnos de 3^{er} Semestre, Turno Matutino											
Grupos / Sexo / N° / Porcentaje. Variables Sociodemográficas e Indicadores Académicos		Grupo Control 308 A					Grupo Experimental 315 B				
		Femenino		Masculino		Total x grupo	Femenino		Masculino		Total x grupo
		#	%	#	%		#	%	#	%	
Sexo	Número alumnos	15	58 %	11	42%	26	21	75%	7	25%	28
Edad	Menos de 18 años	15	58 %	11	42%	26	21	75%	7	25%	28
Actividad laboral	Si	1	3 %	1	9 %	2	4	14 %	1	4 %	5
	No	14	97 %	10	91%	24	17	61%	6	21 %	23
Rendi- miento	Promedio ≥ a 9	4	87 %	1	64 %	5	5	18%	1	3.6 %	6
	Promedio de 8.9 a 8	9		6		15	12	43%	1	3.6 %	13
Acadé- mico	Promedio de 7.9 a 7	2	13 %	4	36 %	6	2	7 %	4	14 %	6
	Promedio ≤ a 6.9	0					2	7 %	1	3.6 %	3
Rezago	Cero	14	97 %	8	73 %	22	15	53.6%	4	14 %	19
	Una	0	0 %	2	18 %	2	4	14 %	3	11 %	7
	Dos	0		1	9 %	1	0	0	0	0	0
	Tres	1	3 %	0	0	1	1	3.6 %	0	0	1
	Más	0					1	3.6 %	0	0	1
Tiempo traslado	≤ a 1 hora	11	73 %	3	23 %	14	4	14 %	3	11 %	7
	Más de 1 hora	4	27 %	8	73 %	12	17	61%	4	14 %	21
Privaci- dad	Si	8	53 %	10	91 %	18	16	57 %	3	11 %	19
	No	7	47 %	1	9 %	8	5	18%	4	14 %	9
Internet	Si	15	58 %	10	38 %	25	19	68 %	5	18%	24
	No	0	0	1	4 %	1	2	7 %	2	7 %	4
Horas de estudio	De 0 a 2 h	9	35%	5	19 %	14	4	14 %	2	7 %	6
	Más de 2 a 4 h	6	23 %	5	19 %	11	10	36 %	4	14 %	14
	Más de 4 h	0	0	1	4%	1	7	25 %	1	4%	8
Carreras vinculadas con la ingeniería genética y número de veces en que fueron solicitadas por los alumnos		Medicina = 6		Medicina = 5		11	Medicina = 9		Veterinaria = 1		--
		Psicología = 3		Psicología = 3		6	Psicología = 2		-----		--
		Química = 2		Veterinaria = 2		--	Bioquímica = 2		-----		--
		Biología = 2		C. Genómicas = 2		--	Biología = 2		-----		--
		Cs. Genómicas 2		-----		--	Terapia Física=1		-----		--

4. 2. 3. **Caracterización de los alumnos de 5º semestre. Antecedentes curriculares**

Los alumnos inscritos en 5^{er} semestre cursaron en 4º semestre Biología II, cuyo Programa de Estudios incluye las teorías que explican el origen y evolución de los sistemas vivos, reconocen a la diversidad como resultado de mecanismos evolutivo, la relación entre diversidad y ambiente, el funcionamiento de los ecosistemas, el efecto del incremento de la población humana y en el deterioro ambiental. Los contenidos antes citados no retoman específicamente aspectos de la ingeniería genética y sus aplicaciones por lo que las respuestas que dan al “*Instrumento para el Alumno*” reflejan el aprendizaje que conservan del tema, después de un año escolar.

4. 2. 4. **Caracterización de los alumnos de 5º semestre a través del “Instrumento para el Alumno”**

El “*Instrumento para el Alumno*” se aplicó a dos grupos de Filosofía I (asignatura obligatoria) porque se estructuran con alumnos asignados al azar, por ende cursaron Biología I con diferentes profesores, disímiles procesos de enseñanza aprendizaje y escenarios. Cada alumno dio su percepción del estilo docente de su profesor y de la efectividad de las estrategias o recursos usados. De ahí la riqueza e importancia de rescatar dichas experiencias como referente para la construcción de la secuencia didáctica.

El grupo, del turno matutino, estuvo integrado por 34 alumnos, 26 de sexo femenino y 8 masculino, de ellos el 94% es menor de 18 años (32 de 34). El 18 % realiza una actividad laboral remunerada, 3 de estos alumnos son mujeres y su rendimiento académico, en apariencia, no se ve afectado dado que son alumnas regulares y su promedio superior a 8, no así los 3 varones quienes son irregulares aunque dos de ellos tienen promedio superior a 8.

En cuanto al rendimiento académico del grupo el 73 % tiene promedio superior a 8 (25 de 34), cabe señalar que en un 24% las mujeres alcanzan promedios superiores a 9. El 24 % del grupo tiene promedio entre 7 y 7.9 (8 de 34) y sólo el 3% reporta un promedio inferior a 6.9 (1 de 34). El 54 % de las mujeres y el 38 % de los hombres son estudiantes regulares. En cuanto al rezago, 9 alumnos adeudan una asignatura, dos deben 2, tres deben 3 y 3 deben más de tres. El 47 % invierte en el traslado a la escuela (de ida y vuelta) menos de una hora y el 53 % más tiempo. El 76 % goza de privacidad para estudiar (26 de 34 tiene habitación personal) y el 100 % cuenta con recursos y servicio de Internet. El 68% del grupo dedica de 1 a 2 h para las actividades extractase.

El grupo del turno vespertino, estuvo integrado por 33 alumnos, 18 mujeres y 15 hombres; el 60% menor de 18 años (20 de 33) y el 40 % mayor de 18. El 24 % realiza una actividad laboral (6% más que en el turno matutino). El 24 % tiene un rendimiento académico entre 8 y 8.9 (8 de 33), el 54 % tiene promedio entre 7 y 7.9 (18 de 33) y sólo el 21 % reporta un promedio inferior a 6.9 (7 de 33). Sólo el 18 % de los estudiantes son regulares (6 de 33). El 57 % de los que están en situación de rezago adeudan de tres a más (19 de 33).

El 48 % (16 de 33) emplean un tiempo de traslado a la escuela (ida y vuelta) de menos de una hora. El 67 % del grupo (22 de 33) reportan tener habitación personal, mientras que el 33 % carece de ella. En cuanto a los recursos y servicio de Internet el 82 % (27 de 33) cuentan con ellos. Para la realización de actividades extractase el 76% (25 de 33) dedican de entre 2 y 4 h, casi el doble de tiempo que los alumnos del turno matutino, sin embargo el rendimiento es inferior y el rezago mayor.

En cuanto a los intereses profesionales, en el turno matutino se observa clara afinidad por carreras de las Áreas de Ciencias Biológicas y de la Salud y en segundo lugar por las del Área de las Ciencias Físico-Matemáticas y las Ingenierías. En contraste en el turno vespertino las preferencias se inclinan hacia las carreras de las Áreas de Ciencias Sociales, Humanidades y Artes. En la tabla 4.24, se ubican en negritas los datos de mayor frecuencia y que amparan lo expuesto.

Tabla 4. 24. Caracterización de los Alumnos de 5º Semestre											
Grupos / Sexo / Nº / Porcentaje. Variables Sociodemográficas e Indicadores Académicos		Grupo 506 Turno Matutino					Grupo 548 Turno Vespertino				
		Femenino		Masculino		Total x grupo	Femenino		Masculino		Total x grupo
		#	%	#	%		#	%	#	%	
Sexo	Número alumnos	26	76%	8	24%	34	18	55%	15	45%	33
Edad	Menos de 18 años	24	71%	8	24%	32	13	39%	7	21%	20
	Más de 18 años	2	6%	0	0%	2	5	15%	8	24%	13
Actividad laboral	Si	3	9%	3	9%	6	3	9%	5	15%	8
	No	23	68%	5	15%	28	15	45%	10	30%	25
Rendimiento Académico	Promedio \geq a 9	8	24%	0	0%	8	0	0%	0	0%	0
	Promedio de 8.9 a 8	11	32%	6	18%	18	6	18%	2	6%	8
	Promedio de 7.9 a 7	7	21%	1	3%	6	9	27%	9	27%	18
	Promedio \leq a 6.9	0	0%	1	3%	1	3	9%	4	12%	7
Rezago, Reprobadas	Cero	14	41%	3	9%	17	4	12%	2	6%	6
	Una	6	18%	3	9%	9	4	12%	1	3%	5
	Dos	2	6%	0	0%	2	2	6%	1	3%	3
	Tres	3	9%	0	0%	3	2	6%	2	6%	4
	Más	1	3%	2	6%	3	6	18%	9	27%	15
Tiempo traslado	\leq a 1 hora	11	32%	5	15%	16	10	30%	6	18%	16
	Más de 1 hora	15	44%	3	9%	18	8	24%	9	27%	17
Privacidad	Si	21	62%	5	15%	26	11	33%	11	33%	22
	No	5	15%	3	9%	8	7	21%	4	12%	11
Internet	Si	26	76%	8	24%	34	14	42%	13	39%	27
	No	0	0%	0	0.0%	0	4	12%	2	6%	6
Horas de estudio	De 0 a 2 h	12	36 %	11	33 %	23	3	9 %	1	3 %	4
	Más de 2 a 4 h	5	15 %	1	3 %	6	20	59 %	5	14%	25
	Más de 4	1	3 %	3	9 %	4	3	9 %	2	6 %	5
Carreras vinculadas con la ingeniería genética y número de veces en que fueron solicitadas por los alumnos		Medicina = 5		Medicina = 1		Veterinaria = 2		Odontología = 1			
		Psicología = 2		Bioquímica = 1		Odontología = 1		Biología = 1			
		Veterinaria = 1		Gastronomía = 2		Enfermería = 1		-----			
		QFB = 1		-----		Psicología 1		-----			
		Odontología = 2		-----		Medicina 1		-----			

4. 2. 5. El proceso de enseñanza y de aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones.

Respuestas de alumnos a las preguntas 13 a 17 del “Instrumento para el Alumno”, (anexo B).

La percepción que el *grupo control* tiene sobre la preparación de su profesora para guiar su aprendizaje de la ingeniería genética, fue favorable en su totalidad. El 34 % de los estudiantes de 5º semestre, turno matutino, consideró que su profesor no contaba con conocimientos para guiar el aprendizaje, no sólo del tema en cuestión, sino de los temas del curso. Esta apreciación se elevó hasta 42% en el vespertino, [pregunta 13]. La tabla 4.25, ilustra en negritas las apreciaciones de mayor frecuencia.

En cuanto al tipo de actividades con las que los estudiantes consideran que aprenden mejor o que les resultan más efectivas, [pregunta 14] se tiene que el 45 de los 93 estudiantes de la muestra eligieron a la explicación con pizarrón como la que les resulta más efectiva, siguiéndoles la investigación previa a la clase y la discusión de videos temáticos. 44 alumnos señalaron como menos adecuada la exposición por los alumnos, aunque fuera enriquecida por el profesor.

Poesión	Matutino			Vespertino			Porcentaje global
	Femenino	Masculino	% apreciación	Femenino	Masculino	% por turno	
Con conocimientos	16	7	68 %	10	9	57 %	63%
Sin conocimientos	10	1	32 %	8	6	42 %	37%
Total por genero	26	8	100 %	18	15	100 %	
Total por turno	34			33			

Muestra / indicador	Grupo 3 ^{er} semestre 308 A, Matutino		Grupo 5o Matutino		Grupo 5o Vespertino		Total Mujeres	Total Hombres	Total Muestra	Suma Aprendido	Lugar
Sexo	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres					
Número alumnos	15	11	26	8	18	15	59	34	93		
Explicación con pizarrón, aprendo:											
Mejor	4	3	18	3	10	7	32	13	45	77	1
Regular	8	5	6	2	5	6	19	13	32		
Menos	3	3	2	3	3	2	7	8	16		
Investigación previa a la clase y su empleo en el desarrollo de la clase, aprendo:											
Mejor	7	4	9	2	6	5	22	11	33	68	2
Regular	5	5	10	3	7	5	22	13	35		
Menos	3	2	7	3	5	5	14	10	25		
Discusión de videos temáticos, aprendo:											
Mejor	2	4	11	3	4	5	17	12	29	62	3
Regular	4	3	8	4	10	4	22	11	33		
Menos	9	4	7	1	4	6	20	11	31		
Explicación con PowerPoint, aprendo:											
Mejor	4	2	8	2	5	6	17	10	27	62	4
Regular	5	6	11	4	5	4	20	14	35		
Menos	6	3	7	2	8	5	21	10	31		
Escribiendo resúmenes, cuadros sinópticos, mapas,... , aprendo:											
Mejor	9	4	4	4	8	4	21	12	33	57	5
Regular	4	2	10	1	3	4	17	7	24		
Menos	2	5	12	3	7	7	21	15	36		
Empleo de juegos y competencias, aprendo:											
Mejor	4	2	11	4	7	6	22	12	34	56	6
Regular	3	4	5	2	6	2	14	8	22		
Menos	8	5	10	2	5	7	23	14	37		
Resolución de cuestionarios, aprendo:											
Mejor	5	6	3	3	5	4	13	13	26	56	7
Regular	8	1	8	4	3	6	19	11	30		
Menos	2	4	15	1	10	5	27	10	37		
Actividades en equipo, aprendo:											
Mejor	3	3	7	2	4	6	14	11	25	59	8
Regular	6	5	11	2	6	4	23	11	34		
Menos	6	3	8	4	8	5	22	12	34		
Exposición estudiantil, ampliada por el profesor, aprendo:											
Mejor	4	5	3	1	8	3	15	9	24	49	9
Regular	5	2	6	2	4	6	15	10	25		
Menos	6	4	17	5	6	6	29	15	44		

La gran diversidad en las preferencias de los alumnos, no permitió establecer cuáles son las actividades más efectivas para generar aprendizaje ni si el sexo influye en la preferencia, pero si confirmaron la presencia en un aula, de todos los tipos de inteligencia o modos de pensamiento a los que hace referencia Howard Gardner –verbal lingüístico, lógico matemático, visual espacial, cinestésico corporal, interpersonal, intrapersonal, musical rítmico, naturalista, filosófica, espiritual y emocional. He aquí la opinión de Joaquín (alumno de 5º semestre turno matutino) *“es difícil decir cuál es la actividad con la que mejor aprendo porque depende de la clase y mucho del maestro, de lo que sabe y nos pide, de su gusto por enseñar, yo para estudiar prefiero buscar videos y hacer esquemas”*. La tabla 4.26 muestra, en negritas, las actividades que los alumnos reconocen como efectivas y por tanto eligieron con mayor frecuencia.

En relación a la(s) **actividad(es) que empleó el profesor para la enseñanza y el aprendizaje** de la Ingeniería Genética y sus Aplicaciones, los alumnos mencionaron: la explicación del profesor, la investigación documental del alumno y la exposición o el informe de lo investigado, [pregunta 15].

La tabla 4.27 muestra las respuestas de alumnos de 3^{er} semestre y la tabla 4.28 las respuestas de los de 5^o semestre.

Actividades/Sexo	Femenino	Masculino	Total	Porcentaje
El profesor lo explicó	15	11	26	100 %
Investigaste y expusiste	10	5	15	58 %
Investigaste e hiciste informe	5	6	11	42 %
Otro	0 = no hubo respuestas			

Actividades/Turno/Sexo	Matutino		Vespertino		Total	Porcentaje
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino		
El profesor lo explicó	22	5	13	10	50	38%
Se dio el tema por visto	10	5	8	7	30	23%
Investigaste y expusiste	11	5	5	8	29	22%
Investigaste e hiciste informe	7	6	4	4	21	16%
Otro: actividades manuales y prácticas, trabajo final	1	1	0	0	2	2%
Total	51	22	30	29	132	100 %

La pregunta 16, sobre el **medio por el cual los alumnos adquirieron sus conocimientos de ingeniería genética** mostró que los alumnos reconocen en primer lugar a la escuela y en segundo lugar a los videos científicos y documentales, ver tablas 4.29 y 4.30.

Medios/Sexo	Femenino	Masculino	Total	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Escuela	12	5	17	24 %	24 %
Videos científicos o documentales	9	7	16	23 %	47 %
Revistas de divulgación	11	0	11	15 %	62 %
Revistas científicas	4	5	9	13 %	75 %
Amigos/familia	6	1	7	10 %	85 %
Películas comerciales	2	3	5	7 %	92 %
Internet	0	5	5	7 %	99 %
Periódicos	0	1	1	1 %	100 %
Total	44	27	71	100 %	

Medios/Turno/Sexo	Matutino		Vespertino		Total	Porcentaje
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino		
Escuela	24	5	14	10	54	31%
Videos científicos o documentales	11	4	14	6	35	20%
Internet	12	5	8	8	33	19%
Revistas científicas	7	4	5	1	17	10%
Amigos/familia	3	0	2	6	11	6%
Revistas de divulgación	3	2	1	3	9	5%
Películas comerciales	4	0	2	1	7	4%
Periódicos	2	1	0	2	5	3%
No se del tema	0	0	1	1	2	1%
Total	66	21	47	38	173	100 %

Las respuestas a la pregunta **¿Qué, de lo que has aprendido sobre Ingeniería Genética, te servirá en tu vida cotidiana?** revelan que en el grupo control se alcanzaron parcialmente los aprendizajes indicativos, hecho que se confirma con los resultados a la pregunta 18. [Pregunta 17 del instrumento para el alumno].

Entre las respuestas textuales dadas por alumnos se tiene:

“ahora sé qué pasa en el organismo, cómo se puede dar origen a dos o más seres”; “se relaciona con medicina y otras”, “se que soy susceptible a contraer enfermedades”, “cómo pueden nacer gemelos o tener hijos gemelos; entender embarazos múltiples en mascotas y como se puede evitar enfermedades”, “cómo se dan ciertos tipos de embarazos”.

Respuestas de alumnas:

“cómo existen los gemelos”, “se aplica en reproducción, alimentación, salud y vida del humano”, “se puede predecir enfermedades”, “se que existe la clonación de una oveja, alimentos transgénicos, se pueden modificar los genes.

4. 2. 6. De los **conocimientos previos** identificados a través del diagnóstico y los **alcanzados** con la aplicación de la secuencia **didáctica**, objetivo de tesis.

[Pregunta 18 del “Instrumento para el Alumno”].

La pregunta 18 del “Instrumento para el Alumno” incluyó: 7 reactivos para identificar conocimientos previos y 13 para reconocer conocimientos específicos sobre la Ingeniería genética y sus aplicaciones. Los reactivos del 8 al 11 permitieron detectar conocimientos sobre la tecnología del ADN recombinante, los del 12 al 14 de las aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética (organismos transgénicos y terapia génica), los del 15 al 18 de las implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y el 19 y 20 de las implicaciones bioéticas de la clonación de organismos.

La tabla 4.31 contiene el registro de calificaciones, según el número de aciertos en la pregunta 18. En negritas se resalta la frecuencia de alumnos que tuvieron calificación aprobatoria (superior a 6), el promedio del grupo y el rendimiento académico.

Tabla 4. 31.. Conocimientos previos y conocimientos logrados por los Alumnos sobre la Ingeniería Genética

Número de aciertos	Calificación	Grupo Control Número de alumnos				Grupo Experimental Número de alumnos				Grupos de 5º semestre Número de alumnos			
		Pretest		Postest		Pretest		Postest		Matutino		Vespertino	
		F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M
0 a 5	0 a 2.5	1				1	1						
6	3	1		1		1							
7	3.5	1	1			1						1	
8	4	1				1	3			1			
9	4.5		1	2		1				1		1	
10	5	3	3	1	1	1	1			5	2	1	2
11	5.5	1	1	3	2	5				4	1	6	3
12	6	1			3	1				6	1	6	3
13	6.5	2	1	4	1	5				3	1	1	2
14	7	2	1	1	3	2	1	7	1	3	1	1	3
15	7.5	1	1			2	1	1	2		1		2
16	8			1				6	3	3	1	1	
17	8.5			1	1			2					
18 a 20	9 a 10			1				5	1				
Total		14	9	15	11	21	7	21	7	26	7	18	15
Promedio calificación		4.5	5.5	6.13	6.36	5.42	4.52	7.95	7.86	6	6.21	5.75	6.23
Promedio grupo		5.37		6.23		5.3		7.9		6.04		5.9	
Diferencia en el Rendimiento		Promedio final - Promedio inicial 6.23 - 5.37 = <u>0.86</u>				Promedio final - Promedio inicial 5.3 - 7.9 = <u>2.6</u>				Promedio Matutino - Promedio Vespertino 6.04 - 5.9 = <u>0.14</u>			

La tabla 4.32 muestra, a través del número de respuestas incorrectas, los temas que presentaron mayor dificultad para ser comprendidos por los alumnos, aún después de haberse impartido el tema de ingeniería genética por los profesores, y en el caso del grupo 315 B (experimental) en seguida de haberse aplicado la secuencia didáctica objetivo de tesis, (el 1^{er} lugar corresponde al de mayor número de errores y menor grado de comprensión).

Es satisfactorio observar, en la columna 8, que en el grupo experimental, donde se aplicó la secuencia didáctica (315 B), el número de errores en el postest fue en lo general menor.

Estos resultados permitieron detectar aquellos conceptos en los que hubo problema de comprensión y aprendizaje lo que sirvió para mejorar los textos de apoyo de cada subtema (ampliar, profundizar, modificar o ejemplificar).

Nota: Cabe señalar que no se consideró necesaria la validación estadística de los resultados de la investigación pues ésta sólo serviría de referente para elaborar la secuencia didáctica y hacerle los ajustes necesarios para mejorar su efectividad.

Tabla 4.32. Temas con Mayor Nivel de Dificultad. N° de Respuestas Incorrectas										
Tema	#	Reactivo / Respuesta correcta F= falso V = verdadero	3 ^{er} semestre. Grupo Control 308 A		5 ^o semestre Matutino Vespertino		3 ^{er} semestre. Gpo. Experimental 315 B		Postest + Test	
			Pretest	Postest	Test	Test	Pretest	Postest	Total	Lugar
Conocimientos previos	1.	F. El RNA es la molécula hereditaria.	7	6	16	9	6	5	36	11 ^o
	2.	V. El DNA es la molécula hereditaria.	1	1	7	4	0	0	12	19 ^o
	3.	F. El espermatozoide y el óvulo son moléculas hereditarias.	10	8	7	6	4	2	23	16 ^o
	4.	V. Un gen tiene la información para elaborar una proteína.	11	6	11	15	17	6	38	10 ^o
	5.	V. La molécula hereditaria es el molde para hacer dos iguales.	6	10	19	13	8	5	47	7 ^o
	6.	V. Recombinar es que dos moléculas hereditarias intercambien segmentos.	3	2	8	14	4	2	26	15 ^o
	7.	F. Recombinar es que una proteína se mezcle con el DNA y forme el cromosoma.	7	5	8	14	8	2	29	13 ^o
Tecnología del ADN	8.	V. Recombinar es pegar dos genes de diferentes organismos	15	19	26	18	15	4	67	4 ^o
	9.	V. Al pegar dos genes de diferentes organismos se busca que uno de ellos obtenga las <u>cualidades del otro.</u>	11	7	13	17	4	2	39	9 ^o
	10.	V. Al poner el gen para la leche materna humana en una mascota esta será modificada y producirá leche materna humana.	20	22	26	30	21	7	85	1 ^o
	11.	F. Al poner el gen para la leche materna humana en una mascota esta no será modificada y seguirá produciendo leche de mascota.	20	20	26	29	21	7	82	2 ^o
Manipulación genética	12.	F. Los organismos transgénicos o genéticamente modificados son potencialmente monstruos y no se deben producir.	7	8	13	14	11	0	35	12 ^o
	13.	V. Colocar un gen adecuado o el producto del gen para la producción de insulina en un diabético es un procedimiento de terapia génica.	11	9	10	8	8	0	27	14 ^o
	14.	F. Administrar insulina de cerdo a un diabético es un procedimiento de terapia génica.	13	11	13	13	18	12	49	6 ^o
Proyecto Genoma Humano	15.	V. Toda la información hereditaria de la especie humana se denomina genoma humano.	5	3	6	5	4	1	15	17 ^o
	16.	F. Una persona de la especie humana presenta todo el genoma humano.	20	16	22	20	20	18	76	3 ^o
	17.	V. El conocimiento del genoma de una persona permite predecir susceptibilidad a enfermedades que se presentarán en esa persona.	16	12	7	6	9	2	27	14 ^o
	18.	V. El conocer que una persona se podría enfermar en el futuro evitaría que le vendieran un seguro de vida o el precio sería mayor al de la generalidad.	18	16	19	19	16	8	62	5 ^o
Clonación	19.	F. Un clon de Mahatma Gandhi sería una persona idéntica a él y educado en México pensaría él como pensó.	10	2	4	5	10	2	13	18 ^o
	20.	V. Un clon de una planta comestible permitiría conservar las propiedades nutritivas por muchas generaciones.	13	13	15	12	14	1	41	8 ^o

Al analizar los resultados de la pregunta 18 se concluye que la mayor parte de los alumnos:

- √ reconocen al DNA como la molécula hereditaria de los seres vivos, descartan al RNA y a los espermatozoides u óvulo como moléculas hereditarias; consideran que el gen tiene la información para elaborar una proteína; que la molécula hereditaria es el molde para hacer dos iguales; que recombinar es el intercambio de segmentos entre dos moléculas hereditarias y no corresponde a la mezcla de proteínas con DNA para formar el cromosoma;
- √ mostraron dificultad al concebir que recombinar es pegar dos genes de diferentes organismos no así el hecho de que al pegar dos genes de diferentes organismos se busca que uno de ellos obtenga las calidades del otro, pero no pudieron aplicar el conocimiento y contestar como verdadero el hecho de que “al poner el gen para la leche materna humana en una mascota ésta será modificada y producirá leche materna humana y que al poner el gen para la leche materna humana en una mascota esta será modificada y producirá leche de mascota con leche humana;
- √ consideran que los organismos transgénicos o genéticamente modificados son potencialmente monstruos y no se deben producir y conciben que el colocar un gen adecuado o el producto del gen para la producción de insulina en un diabético es un procedimiento de terapia génica y no lo es el administrar insulina de cerdo a un diabético;
- √ saben que toda la información hereditaria de la especie humana se denomina genoma humano pero una persona de la especie humana no presenta todo el genoma humano y admiten que el conocer su genoma permitirá predecir la susceptibilidad a enfermedades, pero no conciben sus implicaciones como negar el derecho a la compra de un seguro de vida o le aumentarán su precio;
- √ comprendieron que un clon de Mahatma Gandhi nunca sería una persona idéntica a él y que el clon de una planta comestible conserva las propiedades nutritivas por muchas generaciones.

En relación a los conocimientos sobre la ingeniería genética el **grupo control**, en el pretest, obtuvo un promedio de calificación 5.37 y en el postest ascendió a 6.23, lo que representó un leve incremento en el aprendizaje, cuya diferencia es de **0.86**. El promedio del **grupo experimental**, en el pretest, fue de 5.2 y en el postest de 7.9, lo que representa una diferencia de **2.72**.

Este resultado se considera producto de varios factores entre ellos a la secuencia didáctica elaborada *ex profeso* para el tema (considerando sus actividades, recursos y metodología de trabajo en el aula “aprendizaje en ambiente colaborativo” que para muchos de ellos era novedosa), al interés y disponibilidad que manifestaron los alumnos por participar en la investigación. El promedio general de calificaciones obtenido por los **alumnos de 5º** semestre del turno matutino fue de 6.04 y de 5.9 el del vespertino, encontrándose una diferencia de = **0.14** entre turnos. Al comparar los resultados del postest entre el grupo control de 3º y los de 5º (ambos del turno matutino) se observa la disminución del recuerdo, después de un ciclo escolar ($6.23 - 6.04 = 0.19$). Tabla 4.31.

Los resultados, aquí expuestos, evidencian que se logró caracterizar a los:

- profesores (en base a variables sociodemográficas y en cómo llevan el proceso de enseñanza aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones, propósito de la investigación dirigida a los profesores,
- alumnos que participaron en la investigación (en relación a sus antecedentes curriculares, percepción sobre la preparación del profesor que les imparte o impartió el curso, de las estrategias, actividades y recursos didácticos que utilizó y cuáles prefieren, la importancia del tema en su vida cotidiana, los conocimientos previos que poseen para la comprensión del tema, los aprendizajes logrados (con y sin la secuencia didáctica) y los conocimientos que conservan los alumnos de 5º después de un ciclo escolar, propósitos de la investigación dirigida a los alumnos.

4. 3. Resultados del trabajo de tesis y evidencias de aplicación

"Educar a un joven no es hacerle aprender algo que no sabía, sino hacer de él alguien que no existía"

Ruskin John

4. 3. 1. Resultados del trabajo de tesis

A continuación se describen las acciones y productos realizados para atender el objetivo de tesis "elaboración de una secuencia didáctica, para el aprendizaje de la Ingeniería Genética y sus aplicaciones, en el nivel medio superior y crear los recursos didácticos e instrumentos de evaluación necesarios para su implementación" y responder a la problemática reflejada en la investigación diagnóstica -documental y de campo- sobre los hechos que afectan e impiden el aprendizaje del tema y que se mencionan a continuación:

- √ Reconocimiento de la **necesidad de formación y actualización** por parte de los profesores e **imprecisión** sobre los conceptos **básicos** que el alumno debe poseer para dar por adquirido el aprendizaje del tema.
- √ El plantel no cuenta con **recursos didácticos centrados en el aprendizaje del tema la Ingeniería Genética** y preparados ex profeso para apoyar a los alumnos y profesores de ese nivel educativo.
- √ La pertinencia de incorporar **actividades diversas** para incidir en todos los alumnos, dada la presencia de inteligencias múltiples en el aula y por ende diversidad de preferencias en los recursos didácticos a utilizar en su aprendizaje.
- √ La conveniencia de **orientar el quehacer docente de nuevos profesores** (que se están incorporando al CCH ante la jubilación de los profesores fundadores, a más de 40 años de su ingreso) y actualizar a los de mayor antigüedad sobre el contenido disciplinario. En los profesores de nuevo ingreso se detectó cierto dominio disciplinar pero carecen de elementos para ejercer la docencia con eficiencia, "no son profesionales en docencia", por lo que las acciones educativas que aplican (sin un marco teórico o modelo educativo) no logran el aprendizaje esperado.
- √ El rendimiento académico sobre el tema es el más bajo del curso, entre las causas están:
 - programa de estudios con gran riqueza de contenidos por lo que los profesores refieren que al ser el último del programa difícilmente les queda tiempo para abordarlo o si lo hacen es de forma apresurada, con investigaciones someras o exposiciones improvisadas por los alumnos, en un periodo no va más allá de dos o tres sesiones,
 - la distracción que generan los eventos sociales o culturales autorizados u organizados por la institución (concursos de ofrendas o disfraces de Halloween, celebraciones por aniversario del CCH,) y son coincidentes con la proximidad con el fin del semestre, fiestas decembrinas y periodo vacacional y el periodo en que está programada la impartición del tema. Además los alumnos no dedican tiempo suficiente al aprendizaje del tema por las tareas académicas, preparación de exámenes, entre otras actividades características de cierre de curso.

En relación a la imprecisión de conceptos básicos, en la secuencia didáctica **se proponen 26** de los 80 de los reportados en la investigación diagnóstica y para los 4 subtemas:

Aspectos generales de la tecnología del ADN recombinante, 13 conceptos, en contraste a los 59 citados en la investigación diagnóstica.

- | | |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1. Célula u organismo receptor (hospedero o huésped), | 7. Ingeniería genética, |
| 2. DNA de interés, | 8. Plásmido, |
| 3. DNA recombinante, | 9. Secuencia palindrómica (palíndromo), |
| 4. Enzimas ligasas, | 10. Sitio de corte, |
| 5. Enzimas de restricción (endonucleasas o restrictasas), | 11. Sitio de reconocimiento, |
| 6. Extremo cohesivo (escalonado), | 12. Tecnología del ADN recombinante, |
| | 13. Vector (vehículo genético transportador). |

Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: Organismos transgénicos, terapia génica, 3 conceptos, de los 73 señalados en la investigación diagnóstica para organismos transgénicos y los 59 para terapia génica.

- | | | |
|---------------------------|---------------------------|--------------------|
| 1. Manipulación genética, | 2. Organismo transgénico, | 3. Terapia génica. |
|---------------------------|---------------------------|--------------------|

Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y la clonación de organismos, 10 conceptos, de los 51 señalados en la investigación diagnóstica para las implicaciones bioéticas del Proyecto del Genoma Humano y 66 para las de la clonación de organismos.

- | | | |
|----------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Bioética, | 5. Célula Madre, | 9. Transferencia Nuclear, |
| 2. Proyecto Genoma Humano, | 6. Clon, | 10. Reproducción Asistida (Inseminación Artificial y Fecundación <i>In Vitro</i>). |
| 3. Mapeo Genético, | 7. Clonación, | |
| 4. Secuenciación, | 8. Enucleación, | |

El tema de Ingeniería Genética es un ejemplo de la aplicación de la **metodología científica** para la **generación de conocimiento** útil en la vida real. Los avances científicos sobre Ingeniería genética son considerables, sus aplicaciones prometedoras pero requieren de sustento teórico para poder tomar posiciones bioéticas bien fundadas.

Ante la carencia de **recursos didácticos** se elaboraron 7 textos en los que se describieron los conceptos básicos/clave y a partir de los cuales los alumnos pudieron buscar, seleccionar, organizar, interpretar, comprender y valorar la información para construir los aprendizajes. Su estructura se basó en el enfoque disciplinario señalado en el Programa de Estudio, (priorizando en tres de sus ejes complementarios, análisis histórico, relaciones sociedad-ciencia-tecnología y propiedades de los seres vivos), sus títulos son:

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. La Ingeniería Genética,... Diseños a la medida (anexo 2), | 5. A cada quien su... código genético ¡en CD ROM! Proyecto Genoma Humano PGH (anexo 9), |
| 2. Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética (anexo 6), | 6. ¿La mejor opción? ¡Decisión para dar vida! o ¿ muerte? (anexo 11), |
| 3. ¡Se ilumina la biociencia! Proteína Verde Fluorescente, GFP (anexo 7), | 7. Clonación de organismos (anexo 12). |
| 4. Bioética. Ética de la vida (anexo 8), | |

Se diseñaron seis actividades de aprendizaje para recordar e integrar contenidos y construir aprendizajes:

1. Escenario *¡Difícil de creer! ¿qué, cómo, cuándo, porqué ocurrió?* (anexo. 1).

2. Actividad 1. *Identificación de los elementos involucrados en la tecnología del DNA recombinante*, (anexo 3).
3. Actividad 2. *Localización de Cromosomas Eucariontes, Genes de Interés y Sitio Corte de EcoRI → G A A T T C*, (anexo 4).
4. Actividad 3. *Localización de Plásmidos (vectores o vehículos transportadores) y secuencia de reconocimiento de EcoRI → G A A T T C*, (anexo 5).
5. Actividad 4. *El Proyecto Genoma Humano, un misterio por resolver*, (anexo 10).
6. Actividad 5. *Sopa Genética. Conceptos Clave*, (anexo 13).

Se seleccionaron e incorporaron:

- √ 4 **videoclips** (*Biotecnología Herbert Boyer: corte y empalme génico; Ingeniería genética; Ingeniería Genética, Genoma humano*),
- √ dos **documentales** *La granja del Dr. Frankenstein y Clonación Humana* y como actividades complementarias se incorporaron 16 videoclips más.

Se elaboraron cuatro **presentaciones** PowerPoint para reforzamiento y cierre de cada subtema.

Para fomentar el aprender a ser y convivir y la cultura de agradecimiento, estímulo, reconocimiento al esfuerzo o logro y motivar, se realizaron 20 celebraciones, implementadas al inicio o fin de la actividad. Dicha contribución se presenta en el *documento ¡Dosis de ánimo al iniciar y celebración al terminar, como ganadores!* (anexo 14). Sus nombres y eslogan son:

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Corona del Triunfo.
¡Por el Reto!, ¡Lo Logramos! | 11. Copa del Honor.
12. ¡Los que Perseveran Triunfan! |
| 2. Ola de la Conquista.
¡Vamos por Todo!, ¡Prueba Superada! | 13. ¡Somos Mucho Más que dos!
¡Somos Equipo! |
| 3. Abrazo Poderoso.
¡Por la Victoria!, ¡Vencimos! | 14. ¡Estoy Contigo!
¡Estamos Juntos! ¡Somos Equipo! |
| 4. Estrella de la Confianza.
¡En Busca del Éxito!, ¡Lo Hicimos! | 15. Estrella de la Unidad.
¡Unamos ideas para hacer una mejor! |
| 5. Lazos que Fortalecen.
¡Ganamos Todos y Todo Ganamos! | 16. Circulo de la Equidad. ¡Objetivos
Comunes!, ¡Logros Compartidos! |
| 6. Columna de los Retos.
¡Todos para Uno y Uno para Todos! | 17. Nebulosa Colaborativa. ¡Juntos Hacemos
Más! ¡La Unión Hace la Fuerza! |
| 7. Manos a la Obra. ¡Querer es Poder!,
¡La Unión hace la Fuerza! | 18. Caverna de la Solidaridad.
¡Crezcamos Juntos! |
| 8. Genios en Acción.
¡A Crear!, ¡A Innovar!, ¡A Triunfar! | 19. Suma de Esfuerzos y Voluntades.
¡Juntos Superamos Todo! ¡Triunfamos! |
| 9. Espiral de Desafíos. ¡Todos Unidos
Hacemos Más!, ¡Hicimos mucho más! | 20. Suma Conocimiento para Multiplicar
Inteligencia ¡Hagamos Proezas! |
| 10. Abrazo Colaborativo. ¡Unamos
Esfuerzos! ¡Unamos Voluntades! | 21. Corazón Guerrero. ¡Un corazón, un
equipo, una aventura, una amistad! |

La secuencia didáctica, al diseñarse en el marco de la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar, impulsó la inteligencia cognitiva a través del desarrollo de nueve capacidades soportadas en dieciocho destrezas y sus respectivas habilidades. Tres capacidades prebásicas: atención

(destreza: concentración); memoria (destreza: recordar) y percepción (destrezas: describir e identificar); tres básicas la comprensión (destrezas: interpretar y relacionar); expresión-comunicación oral y escrita (destrezas: exponer y redactar); orientación espacio temporal (destrezas: localizar y representar); y socialización (destrezas: dialogar, investigar, opinar y trabajar en equipo); tres **superiores**: creatividad (destrezas: curiosidad e imaginar); pensamiento crítico (destreza: valorar/análisis crítico); pensamiento ejecutivo/toma de decisiones (destreza: decidir/seleccionar alternativas).

La inteligencia afectiva se promovió a través de tres valores, exhibidos con al menos diecinueve actitudes y sus correspondientes microactitudes. **Civismo** con actitudes de convivencia, fraternidad, rechazo a las desigualdades, respeto a la ciencia, respeto a la salud, respeto a las normas sociales, respeto al medio ambiente y responsabilidad social; **honestidad** con constancia, disponibilidad, esfuerzo, honradez, lealtad, trabajo bien hecho y **tolerancia** con respeto a sí mismo y a los demás, saber ceder, saber escuchar, sentido de equipo, valoración propia y de los demás. Fue vivida con autonomía, democracia y libertad lo que propicio motivación intrínseca y extrínseca y un clima de trabajo favorable para consolidar las características distintivas del aprendizaje en ambiente colaborativo: a) interdependencia positiva, b) interacción cara a cara, c) ejercicio de habilidades interpersonales “prácticas sociales” en grupos pequeños, d) responsabilidad individual y, e) evaluación de la eficiencia del trabajo en equipo/procesamiento grupal.

La inteligencia como arquitectura mental o del conocimiento se ejercitó a través de las actividades didácticas -formas de aprender- y los productos -formas de almacenar el conocimiento-.

La secuencia se estructuró con:

- ✓ con la programación global, la Modelo T de Martiniano, en donde se integraron los elementos del currículo: contenidos y métodos como medios para desarrollar capacidades y valores.
- ✓ cuatro planes de clase (con actividades centradas en el aprendizaje del alumno) que incorporan momentos de inicio, desarrollo y cierre, fases con su respectiva técnica, organización de la intervención, tarea académica, producto, evaluación, tiempo, prácticas sociales, celebraciones, actividades complementarias y recomendadas para apoyar a los alumnos que presentan dificultad para el aprendizaje o como reforzamiento.
- ✓ instrumentos de evaluación: rúbrica de autoevaluación y coevaluación de valores y actitudes desempeño alumno; la del desempeño del equipo y la de heteroevaluación; lista de control; cédula de desempeño y lista de cotejo del desempeño de la profesora.

La secuencia se diseño describiendo, a detalle, cada paso mental, actitud, producto,... a desarrollar por el alumno para **lograr el aprendizaje** de la ingeniería genética, consolidar su **formación integral** (inteligencia cognitiva, afectiva y estructural) y **orientar el quehacer docente**.

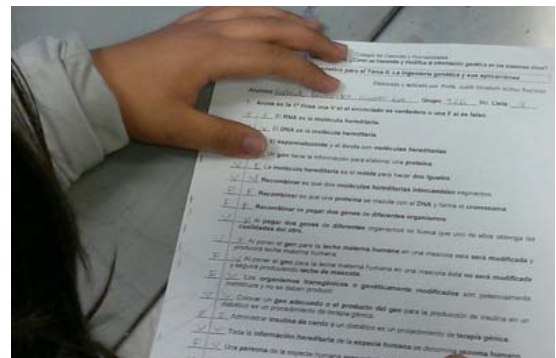
La aplicación y evaluación requirió más de las 12 horas programadas (2 h para la introducción al aprendizaje en ambiente colaborativo, 2 h para cada uno de los 4 subtemas y 2 h para la aplicación del pretest y postest), por lo cual fue necesario dejar algunas actividades extraclase.

4. 3. 2. Evidencias

El principio de la educación es predicar con el ejemplo.

Anna-Robert Jacques Turgot

De la realización de la Investigación Educativa Diagnóstica.



De los Recursos Didácticos Seleccionados y Elaborados



4. 3. 2. 3. De la Aplicación



Los resultados muestran que **se logró**: apoyar el proceso de aprendizaje enseñanza de la ingeniería genética y sus aplicaciones; captar el interés, la participación activa y consiente del alumno para que construya su aprendizaje y orientar la labor educativa de los profesores, **propósitos** del diseño de la secuencia didáctica, motivo de tesis.



CAPÍTULO 5. SECUENCIA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE DE LA INGENIERÍA GENÉTICA Y SUS APLICACIONES, EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR

"Largo es el camino de la enseñanza por medio de teorías;
breve y eficaz por medio de ejemplos"
"Los hombres aprenden mientras enseñan"

Lucio Anneo Séneca

I. DATOS GENERALES

Autor: Judith Elizabeth Núñez Reynoso.
Institución sede: Bachillerato del CCH.
Asignatura: Biología I, obligatoria.
Ubicación en el Plan de Estudios: Tercer semestre.

II. PROGRAMA DE ESTUDIOS.

UBICACIÓN Y MISIÓN DE LA TEMÁTICA.

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

Tema II. La ingeniería genética y sus aplicaciones.

Propósitos Educativos Generales del Curso de Biología I.

Que el alumno:

- *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.



Propósito de la Tercera Unidad. 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.

Contenidos ¿Qué? **Cultura Básica**

Contenidos **conceptuales/declarativos**, **temáticas** "saber decir de la disciplina":

√ **Aspectos generales de la tecnología del ADN recombinante.**

Conceptos clave: célula u organismo receptor (hospedero o huésped), DNA de interés, DNA recombinante, enzimas ligasas, enzimas de restricción (endonucleasas o restrictasas), extremo cohesivo (escalonado), ingeniería genética, plásmido, secuencia palindrómica (palíndromo), sitio de corte, sitio de reconocimiento, tecnología del ADN recombinante, vector (vehículo genético transportador).

- ✓ **Aplicaciones e implicaciones de la manipulación génica: organismos transgénicos, terapia génica.**

Conceptos clave: manipulación genética, organismo transgénico, terapia génica.

- ✓ **Implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano y la clonación de organismos.**

Conceptos clave:

- a) Bioética, Proyecto Genoma Humano, mapeo genético y secuenciación;
- b) célula madre, clon, clonación, enucleación, transferencia nuclear, reproducción asistida (inseminación artificial y fecundación *in vitro*).

Contenidos **procedimentales**, “saber hacer”:

- Reconocimiento, formulación y resolución de problemas.
- Búsqueda, análisis, interpretación, síntesis y registro de información de diferentes fuentes.
- Comunicación oral (escucha y explica) y escrita (lee y escribe).

Contenidos **actitudinales**, “saber ser”, “saber convivir”:

- Interés, curiosidad y sensibilidad por todas las manifestaciones de vida aprendiendo a valorarlas y a respetarlas.
- Valoración del trabajo científico, de sus avances, limitaciones, aplicaciones e implicaciones y su relación con el ambiente, la sociedad y la tecnología.
- Disposición, colaboración, perseverancia en la realización de actividades, individuales y grupales, para el logro de aprendizajes.

¿Para qué? Para que el estudiante, a través del contenido disciplinario “*La Ingeniería genética y sus aplicaciones*”, incorpore en su manera de ser, hacer y pensar los elementos necesarios para desarrollar una ética de responsabilidad ante el avance del conocimiento científico, en la emisión de opiniones fundamentadas, en la toma de decisiones informadas y acciones comprometidas para establecer una relación armónica con la sociedad y el ambiente.

¿Cómo? Al aplicar la Teoría Tridimensional de la inteligencia escolar en ambiente de aprendizaje colaborativo y vivenciando una cultura de reconocimiento, al interés y logro, con celebraciones.

¿Con qué? Con escenarios, videos, cuestionarios, modelos, textos, libros, revistas, TICs, etc.

III. APRENDIZAJE EN AMBIENTE COLABORATIVO. ROLES

Los roles, de igual importancia para el éxito del equipo, implicaron comunicación, establecimiento de acuerdos y compromisos. La designación del rol fue hecha por el profesor en los equipos base y en los informales fue por elección o consenso de los alumnos.

- ✓ **Coordinador (C).** Organizó materiales y modera el trabajo del equipo, con equidad y justicia. Fomentarán la asistencia, puntualidad y permanencia.
- ✓ **Checador de tiempo (CT).** Fomenta la autorregulación. Controla el ritmo de trabajo de cada integrante para que todos concluyan el producto, con calidad y en el tiempo establecido.
- ✓ **Supervisor de prácticas sociales (SPS).** Procura el buen funcionamiento del equipo y la disponibilidad e interés por las tareas colares, en un ambiente de colaboración, comunicación, civismo, honestidad y tolerancia y sentimientos de satisfacción por la pertenencia a su equipo.
- ✓ **Supervisor de producto (SP).** Asesora para que el equipo concluya el producto con calidad.
- ✓ **Supervisor de aprendizaje (SA).** Enseña lo que sabe, da ejemplos, formula preguntas para verificar el aprendizaje de cada miembro, solicita apoyo y asesoría al profesor si lo necesitan.

IV. ORGANIZACIÓN DE LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA. Individual, en equipos y grupal.

EQUIPOS:

- a) **binas** *heterogéneas (integradas con alumnos de diferente nivel de rendimiento académico);*
- b) **base** (o de *larga duración*) *heterogéneos* (6 equipos de 5 integrantes). El criterio para estructurarlos y asignarles rol es el nivel de desempeño académico. Los alumnos desconocen dicho criterio para evitar predisposiciones que limiten su comportamiento.

Conformación: se concentra al grupo en la entrada del aula, se nombran de 6 en 6. A cada sexta se le asigna el mismo rol y se les invita a que cada alumno elija y se incorpore libremente a una mesa diferente.

Se llaman a los alumnos de **menor rendimiento**, con o sin rezago. se les asigna el rol de **coordinador**. **Propósito:** el alumno (que por su bajo desempeño difícilmente es propuesto para ser coordinador) se sienta reconocido y alagado por la función encomendada, asuma compromiso, responsabilidad, confianza e incrementa su autoconcepto.

Siguen los estudiantes de **mayor rendimiento**, su rol es **supervisor de aprendizaje**. **Objetivo:** que el alumno enseñe y asesore a sus compañeros dado que posee conocimientos previos y hábitos de estudio que le permiten comprender y aprender con mayor facilidad.

Continúan estudiantes de **bajo rendimiento** o rezago. Su rol, **supervisor de prácticas sociales**. **Finalidad:** que incrementen su autoconcepto y asuman la responsabilidad de fomentar valores y actitudes adecuadas para su desarrollo personal y social, divulgando que existen formas beneficiosas de ser y comportarse.

Se citan alumnos de **alto rendimiento**; rol **supervisor de producto**. Estos alumnos por lo general poseen la disciplina y habilidades para elaborar productos bien hechos y a tiempo por lo que se espera que orienten y enseñen a sus compañeros. Los estudiantes restantes, de rendimiento intermedio, se les asigna el rol de **checador de tiempo**. **Intención:** desarrollar auto-organización, manejo del tiempo, compromiso, responsabilidad, confianza y liderazgo.

- c) **Informal** (o temporal), *heterogéneo u homogéneo*. Se integran de acuerdo a la metodología y la actividad a desempeñar. El alumno o el equipo deciden con autonomía y libertad el rol a desempeñar.

V. EVALUACIÓN

Diagnóstica. Proyectada para realizarse en la fase de inicio de cada plan de clase. Meta detectar conocimientos previos, expectativas, necesidades o problemáticas.

Formativa. a) **conceptual y procedimental:** ideada para monitorear, en cada plan de clase, el desarrollo de las tareas académicas y la elaboración de 10 productos bien hechos, mismos que serán sellados (a cada integrante del equipo) si y solo si todos terminan en el tiempo establecido y evidencian aprendizaje y calidad (veracidad, ortografía, orden, letra legible, limpieza y realizados con esmero e interés en el tiempo establecido). *El número de sellos acumulados se traducirá en una calificación numérica;* b) **actitudinal:** fraguada para monitoriar el desarrollo de valores y actitudes, a través de las Rúbricas de “*Autoevaluación y Coevaluación. Valores y Actitudes. Desempeño del Alumno*” (anexo 15, 1^{er} instrumento); “*Autoevaluación y Coevaluación. Valores y Actitudes. Desempeño del Equipo*” (anexo 16, 2^o instrumento); “*Heteroevaluación. Valores y Actitudes. Desempeño Alumno*” (anexo 17, 3^{er} instrumento) y *Lista de Control del Profesor* (anexo 18, 4^o Instrumento) para el registro de asistencia, actividades y observaciones. En la “*Cédula de Desempeño Académico*” (Anexo 19, 5^o instrumento) el alumno redactará la reflexión de su desempeño y el del profesor, al finalizar la implementación de la secuencia.

Sumativa. Programada para valorar el nivel de dominio que los alumnos alcanzan en relación con los aprendizajes establecidos. Los alumnos y el profesor alcanzan al integrar los valores otorgados a los sellos y a cada rúbrica. El resultado se traducirá en una calificación numérica.

5.1		MODELO T	
BIOLOGÍA I. 3ª UNIDAD. TEMA II. LA INGENIERÍA GENÉTICA Y SUS APLICACIONES			
MEDIOS			
CONTENIDOS		MÉTODOS	
<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. 		<p>Técnicas de aprendizaje colaborativo: problematización y construcción progresiva; exposición al interior del equipo, simultánea o en plenaria; jigsaw; slavin; enseñanza recíproca; repaso de apuntes, análisis e interpretación de escenario o textos; resolución de preguntas y ejercicios (analogía, modelos...); ordenación y síntesis de información en organizadores gráficos o resúmenes, en equipo.</p>	
OBJETIVOS			
CAPACIDADES Y <u>DESTREZAS</u>		VALORES Y <u>ACTITUDES</u>	
<p>PREBÁSICAS:</p> <p>ATENCIÓN <u>Concentración</u></p> <p>MEMORIA <u>Recordar</u></p> <p>PERCEPCIÓN <u>Describir</u> <u>Identificar</u></p> <p>BÁSICAS:</p> <p>COMPRENSIÓN-razonamiento lógico <u>Interpretar</u> <u>Relacionar</u></p> <p>EXPRESIÓN, comunicación oral y escrita <u>Exponer</u> <u>Redactar</u></p> <p>ORIENTACIÓN ESPACIO TEMPORAL <u>Localizar</u> <u>Representar</u></p> <p>SOCIALIZACIÓN <u>Dialogar</u> <u>Investigar</u> <u>Opinar</u> <u>Trabajar en equipo</u></p> <p>SUPERIORES:</p> <p>CREATIVIDAD- pensamiento creativo <u>Curiosidad</u> <u>Imaginar</u></p> <p>PENSAMIENTO CRÍTICO <u>Valorar-análisis crítico</u></p> <p>TOMAR DECISIONES-pensamiento resolutivo <u>Decidir-seleccionar alternativas</u></p>		<p>CIVISMO</p> <p><u>Convivencia</u></p> <p><u>Fraternidad</u></p> <p><u>Rechazo a las desigualdades</u></p> <p><u>Respeto a la ciencia</u></p> <p><u>Respeto a la salud</u></p> <p><u>Respeto a las normas sociales</u></p> <p><u>Respeto al medio ambiente</u></p> <p><u>Responsabilidad social</u></p> <p>HONESTIDAD</p> <p><u>Constancia</u></p> <p><u>Disponibilidad</u></p> <p><u>Esfuerzo</u></p> <p><u>Honradez</u></p> <p><u>Lealtad</u></p> <p><u>Trabajo bien hecho</u></p> <p>TOLERANCIA</p> <p><u>Respeto a sí mismo y a los demás</u></p> <p><u>Saber ceder</u></p> <p><u>Saber escuchar</u></p> <p><u>Sentido de equipo</u></p> <p><u>Valoración propia y de los demás</u></p>	

5.2. PLAN DE CLASE PARA LOS

ASPECTOS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA DEL ADN RECOMBINANTE

Aprendizaje Indicativo. El alumno: describe la tecnología del ADN recombinante y sus aplicaciones.

Aprendizaje Operativo por destreza. El alumno: describe los aspectos generales de la Tecnología del ADN recombinante y sus aplicaciones por medio escenario, textos, videos y modelos; con tolerancia, honestidad y civismo; en ambiente de aprendizaje colaborativo.

Estrategia general. Incluye 5 fases, en las que se desarrollan 18 destrezas (concentración, curiosidad, decidir, desear, dialogar, evaluar, exponer, identificar, imaginar, interpretar, investigar, localizar, opinar, recordar, redactar, relacionar, representar y reproducir) y 12 actitudes (convivencia; disponibilidad; esfuerzo; honradez; respeto a la ciencia; respeto a las normas sociales; responsabilidad social; saber ceder saber, escuchar; sentido de equipo; trabajo bien hecho y valoración propia y de los demás). En la fase I, de inicio, se hace el encuadre y la exhibición de un escenario con aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante, con el fin de motivar, intrigar e identificar conocimientos previos (que se evidenciarán a través de pistas, preguntas y problemas que los estudiantes formulen, evaluación diagnóstica). Las actividades de desarrollo (fases II a IV) están encaminadas a promover la construcción de aprendizajes al buscar respuestas en textos o videos y durante la elaboración de modelos. El cierre, fase V, involucra una exposición interactiva profesor-alumnos con la intención de recapitular el tema, enfatizar en el beneficio de aprenderlo para la vida del alumno, averiguar comprensión de conceptos clave, asegurar que todos los estudiantes sean capaces de *describir los aspectos generales de la tecnología del ADN recombinante*, evaluar aprendizajes y desempeño; reflexionar y deducir si con las acciones realizadas resolvieron su objetivo inicial. Programada en 2 sesiones de 2 h.

Tarea académica general del profesor. (a realizar a lo largo de toda la secuencia).

- √ hacer el encuadre (presentación) de la sesión: a) guiar al alumno para que ubique, dentro del Programa de Estudios, los propósitos, temática y aprendizajes a alcanzar; b) indicar los conceptos clave, la vinculación del tema con temáticas previas y la utilidad o el beneficio de aprenderla; c) informar sobre la metodología “estrategia general” y los recursos a utilizar; d) establecer los lineamientos, las prácticas sociales (compromisos de trabajo y convivencia intra o extra clase) y los criterios de evaluación; e) motivar, despertar interés y curiosidad, f) notificar y controlar el tiempo de cada fase.
- √ detectar las características académicas de los alumnos (conocimientos previos, necesidades, intereses, expectativas y problemática para el logro de aprendizajes), orientar o modelar las actividades para que el alumno las desarrolle de forma adecuada y en el tiempo requerido; monitorear periódicamente, retroalimentar ante dudas y dificultades de forma inmediata; propiciar la recapitulación o conclusión de lo abordado al finalizar la sesión y fomentar la cultura de evaluación (del desempeño individual y del trabajo de equipo, recursos, etc.) y de motivación, celebración y reconocimiento al esfuerzo por el aprendizaje logrado. Adecuar el plan de clase, según las necesidades del alumno y ante los imprevistos.
- √ preparar la distribución del aula, organizar la intervención didáctica (individual, en equipos o grupal); solicitar la atención durante las indicaciones; precisar la tarea académica y las características de los productos; asignar roles, distribuir gafetes, recursos didácticos e instrumentos de evaluación; propiciar la participación activa e interdependencia positiva.

INICIO DE LA INTERVENCIÓN EDUCATIVA

Fase I. Encuadre -presentación de la sesión- e identificación de conocimientos previos sobre la **tecnología del ADN recombinante**. Destrezas a desarrollar: **curiosidad, imaginar, decidir, exponer, opinar, decidir y redactar** -pistas, preguntas y objetivo-.

Técnica: problematización y construcción progresiva.

Organización de la intervención didáctica: *individual* y equipo *informal* heterogéneo.

Tarea académica. 1^{er} momento: El alumno:

√ elabora una tabla, ocupa el espacio de una página horizontal de su cuaderno, ver modelo,

Tipo Respuesta	Pistas (Ideas, detalles, características,...)	Preguntas (Dudas por resolver)	Decisión de equipo
Individual			Pregunta: Objetivo (o problema a investigar):
Equipo			Objetivo: Hipótesis (o explicación tentativa):

- √ observa el “**Escenario ¡Difícil de creer!**”, (anexo 1), reconoce pistas (ideas, puntos de vista, detalles, características,...) y las registra en la 2^a columna, del 2^o renglón de la tabla,
- √ plantea preguntas (problemas) a partir de sus pistas (lo que le gustaría saber) y las escribe en la 3^a columna del 2^o renglón de la tabla,
- √ elige una pregunta (el problema que prefiera responder) y la anota en la 4^a columna, 2^o renglón y redacta un **objetivo** anteponiendo a la **pregunta** un verbo en infinitivo.

NOTA: se orienta a los estudiantes para que planteen como objetivo “investigar y conocer lo que provocó las características que presentan los organismos del escenario”.

Producto: pistas, preguntas, objetivo o problema por resolver, en el 1^{er} renglón de la tabla.

Evaluación formativa: sello en el 2^o renglón de la tabla, (1^{er} sello).

Tiempo: 10 min y 5 negociables.

Prácticas sociales. Honestidad. Trabajo bi en hecho. Cumplir con formalidad y calidad las acciones o productos que se nos confían (veracidad, orden, legibilidad, ortografía, limpieza,...) en el tiempo previsto. Dar lo mejor en beneficio propio y de los demás. No pierde el tiempo, no se distrae ni distrae con pláticas fuera de lugar, celular, juegos,...

Tarea académica. 2^o momento: Los alumnos:

- √ expresan uno a uno y al interior del equipo sus pistas, preguntas y objetivo,
- √ opinan, imaginan, organizan ideas, llegan a acuerdos, deciden las **pistas** del equipo y las anotan en la 2^a columna, 3^{er} renglón de la tabla,
- √ redactan nuevas **preguntas**, a partir de las pistas, en la 3^a columna, 3^{er} renglón,
- √ dialogan, consensúan y eligen una **pregunta**, la redactan y anotan como **objetivo**, en la 4^a columna, 3^{er} renglón,
- √ elaboran una **hipótesis** -posible explicación o respuesta a su pregunta-, con lo que saben,
- √ imaginan y deciden alternativas sobre ¿qué harán para lograr su objetivo?, ¿cómo, dónde, quién, cuándo investigarán? y las redactan en su cuaderno.

Producto: pistas, preguntas, objetivo e hipótesis del equipo.

Evaluación formativa: sello en el 3^{er} renglón de la tabla, (2^o sello).

Tiempo: 10 min y 5 negociables.

Celebración: *Corona del Triunfo. ¡Por el Reto! ¡Lo Logramos!*, figura 1, anexo 14.

Prácticas sociales. Tolerancia. Saber escuchar: atender a los demás y tratar de entender sus opiniones y puntos de vista. Saber ceder: en la toma de decisiones flexibiliza conductas y opiniones de manera razonada.

DESARROLLO

FASE II. Destrezas: **investigar, interpretar, redactar y exponer** lo inquirido (averiguado).

Técnica: jigsaw (rompecabezas).

Organización: equipo informal heterogéneo (mismo de la fase I).

Tarea académica. Los alumnos:

- √ fragmentan y distribuyen equitativamente la lectura del “**Texto 1 La Ingeniería Genética,...** *diseños a la medida*”, (anexo 2),
- √ leen, imaginan, interpretan (dan sentido y significado al texto) y lo comprenden,
- √ identifican y subrayan los **conceptos clave** e **información necesaria** para solucionar su problema (objetivo),
- √ redactan un **resumen** con la información subrayada, en su cuaderno, y lo estudian,
- √ explican a sus compañeros lo estudiado, de forma clara y concreta, apoyándose en su **resumen** y les preguntan para asegurarse que hayan entendido y aprendido,
- √ amplían su **resumen**, a partir de las explicaciones recibidas, usan diferente color de tinta.

Producto: **resumen completo** del texto 1, en el cuaderno de cada alumno.

Evaluación formativa: **sello**, en el **resumen**, (3^{er} sello).

Tiempo: 30 min y 10 negociables.

Celebración: *Ola de la Conquista. ¡Vamos por Todo! ¡Prueba Superada!*, figura 2, anexo 14.

Prácticas sociales. Civismo. Convivencia: respetar y ser respetado, llevarse bien, ser amable, atento, solidario, usar por favor, saber agradecer, disculpase, dirige a los demás por su nombre.

FASE III. Destrezas: **concentrarse, recordar, reproducir y describir** la **tecnología del DNA recombinante**.

Técnica: Slavin, tres momentos.

Organización: *individual binas*, nuevo equipo informal heterogéneo, grupala.

Tarea académica. **1^{er} momento.** El alumno:

- √ atiende (de forma conciente, concentrada y sin distracciones) la exhibición del **video 1 Biotecnología Herbert Boyer: corte y empalme génico**; percibe, entiende y aprende cómo se hace el DNA recombinante (aspectos generales de la tecnología) y al finalizar la exhibición, recuerda y describe, en su cuaderno, como se hace el DNA recombinante. <http://www.youtube.com/watch?v=6t4ldqsryb4>, 4.39’,
- √ atiende e identifica los **elementos** implicados en la tecnología en el **video 2 Ingeniería genética**, al finalizar la exhibición, los recuerda y enlista. <http://www.youtube.com/watch?v=zZEjPzApkCc&feature=relmfu>, 1.59’.

NOTA: Para asegurar comprensión, se sugiere hacer pausas durante la exhibición del video.

2º momento.

binas.

Los alumnos:

- √ comparten información, enriquecen su **descripción** y **listado**, con otro color de tinta.

3er momento.

Equipo *informal* (integrado por *dos binas*).

Los alumnos:

- √ comparten información, enriquecen su **descripción** y **listado**, con nuevo color de tinta,
- √ explican al grupo, de forma clara y concreta, los **aspectos generales de la tecnología del DNA recombinante**. Lo hace un miembro de cada equipo elegido al azar.

Productos: **descripción, listado y explicación.**

Evaluación formativa: **sello** en la **descripción** y en el **listado**, (4º y 5º sellos).

Tiempo: 20 min y 10 negociables.

Celebración: *Abrazo Poderoso. ¡Por la Victoria! ¡Vencimos!*, figura 3, anexo 14.

Prácticas sociales. Honestidad. Disponibilidad: estar dispuesto a aprender, investigar, enseñar, participar, aportar, ayudar a los demás en su crecimiento, a realizar encomiendas, tareas y el rol asignado, con voluntad, interés, entusiasmo, esfuerzo, rectitud y justicia.

FASE IV. Localizar los elementos involucrados en la **tecnología del DNA recombinante.**

Representar: a) el aislamiento y corte de un **gen de interés** y de un **plásmido**, con EcoRI, la formación de fragmentos de DNA con extremos cohesivos; b) la formación de **DNA recombinante** y c) una **célula transgénica**.

Técnica: *modelo didáctico, aprender haciendo y hacer pensando.*

Organización: equipo *base* (se mantendrá durante las fases restantes).

Tarea académica. 1er momento Los alumnos:

- √ reconocen, en la **“Actividad 1. Elementos involucrados en la tecnología del DNA recombinante”** (anexo 3), la representación de **cadena de DNA**, subrayan los **nombres** de las **enzimas** de restricción con azul y con verde los de las **bacterias** de donde son extraídas;
- √ localizan y enmarcan las **secuencias reconocimiento** –palíndrome- y representan con rojo la **zona de corte** de la enzima de restricción,
- √ identifican e iluminan, con **diferente** color, el **fragmento** de la **cadena de DNA** ubicado a la *izquierda* del área de corte y el de la *derecha*,
- √ remarcan el **extremo -romo** o **cohesivo**- que dejaría la enzima de restricción, al cortar la cadena,
- √ inventan la **secuencia de nucleótidos** de las **cadena de DNA**, en los incisos 7 y 8, considerando la **complementariedad** entre **bases** nitrogenadas (A=T y C≡G) y en el inciso 8, anotan el nombre de la enzima restricción que prefieran y el nombre de la bacteria del que se extrae; ubican las **secuencias reconocimiento** y representan con rojo la zona de corte.

Producto: **actividad 1** terminada, por cada integrante del equipo.

Tiempo: 20 min y 10 negociables.

Celebración: *Estrella de la Confianza. ¡En Busca del éxito! ¡Lo hicimos!*, figura 4, anexo 14.

Prácticas sociales. Tolerancia. Sentido de equipo. ¡Todos unidos hacemos más! Implica respetar a los otros tal como son (creencias, preferencias, formas de vida, de hablar y de actuar) y aceptar su derecho a ser diferentes. Comprometerse para lograr el crecimiento del equipo, de sus metas y objetivos; llevarse bien y con-vivir en bien-estar, apreciar su trabajo y el de los demás, compartir material e información, aportar ideas, enseñar lo que sabe y ayudar a otros para que realicen sus tareas con calidad y en el tiempo programado, no descalificar.

Tarea académica. **2º momento** Los alumnos:

- √ localizan en el título, de la “**Actividad 2. Cromosoma Eucarionte con Gen de Interés**” (anexo 4), la **secuencia de reconocimiento** y el **sitio de corte** de la **enzima de restricción EcoRI** y **5 cadenas de DNA** (con los **genes de interés V, W, X, Y y Z**); recortan y distribuyen una **cadena** de DNA por alumno,
- √ enmarcan, en la cadena de DNA, la **secuencias de reconocimiento** (palíndrome), marcan con rojo la **zona de corte** de la enzima **Eco RI**, delinean los contornos de los **extremos cohesivos** que se formarán y cortan el **cromosoma**, con tijeras, como lo haría la enzima EcoRI,
- √ iluminan, con su color preferido, la **secuencia con el gen de interés** (área entre los cortes).

Producto: **fragmento de DNA** que contiene el **gen de interés**, con **extremos cohesivos**.

Tiempo: 15 min y 5 negociables.

Celebración: *Lazos que Fortalecen. ¡Ganamos Todos y Todo Ganamos!*, figura 5, anexo 14.

Prácticas sociales. Tolerancia. Valoración propia y de los demás. Valorarse y valorar a los demás como personas y compañeros; reconocer y apreciar su trabajo, estilo, ideas, aportes, enseñanzas, esfuerzos, entusiasmo, dinamismo y entrega.

Tarea académica: **3er momento.** Los alumnos:

- √ localizan en el título de la “**Actividad 3. Plásmido, Vector o Vehículo Transportador**” (anexo 5), la **secuencia de reconocimiento** y el **sitio de corte** de la **enzima de restricción EcoRI** y **5 cadenas de DNA** (que representan los **plásmidos J, K, L, M y N**),
- √ recortan y distribuyen un **plásmido** a cada estudiante,
- √ iluminan el **plásmido** con un color vistoso (se omite la instrucción si la impresión se hace en papel de color), enmarcan, en el plásmido, la **secuencias de reconocimiento**, marcan con rojo la **zona de corte** de la enzima **EcoRI**, remarcan los contornos de los **extremos cohesivos** que se formarán,
- √ unen, con dúrex o resistol, los extremos del **plásmido** (donde están los números o direcciones de lectura de la cadena de DNA) para que el plásmido adquiera forma **circular**,
- √ cortan el **plásmido**, como lo haría la enzima **EcoRI**, dejando evidentes los **extremos cohesivos**.

Producto: **plásmido cortado**, con **extremos cohesivos** evidentes.

Tiempo: 10 min y 5 negociables.

Celebración: *Columna de los Retos. ¡Todos para Uno y Uno para Todos!*, figura 6, anexo 14.

Prácticas sociales. Civismo. Respeto a las normas sociales. Acatar las normas de convivencia social como un estilo personal. Compartir tiempo y espacio llevándose bien. Ser solidario, amable, atento, cortés (saludar, disculparse, usar por favor, agradecer, dirigirse a las personas por su nombre -no por apodo-). No tomar lo que no nos pertenece ni perturbar la tranquilidad o el trabajo de los demás.

Tarea académica. **4º momento** Los alumnos:

- √ identifican el fragmento de DNA portador del **gen de interés** (obtenido en la actividad 2) y reconocen la **secuencia** de bases nitrogenadas en sus **extremos cohesivos**,
- √ identifican el **plásmido** (actividad 3) y reconocen la **secuencia** de sus **extremos cohesivos**,
- √ recuerdan la capacidad de apareamiento entre las bases A=T y C ≡ G de las cadenas de DNA y de acuerdo a ésta empalman los **extremos cohesivos complementarios** del **plásmido** y del **gen de interés**, los unen con dúrex (simulando la función de la **enzima ligasa**) y representan así la formación de una molécula de **DNA recombinante**.

Producto: modelo de molécula de **DNA recombinante**.

Tiempo: 10 min y 5 negociables.

Celebración: Manos a la Obra. ¡Querer es Poder! ¡La Unión hace la Fuerza!, figura 7, anexo 14.

Prácticas sociales. Civismo. Responsabilidad social. Realizar las labores y encargos con rigor y seriedad. Asumir compromisos, obligaciones y derechos por el bien común. Mantener una conducta amable, solidaria y ordenada en el aula. Conservar limpia el área de trabajo, salvaguardar el mobiliario y las instalaciones escolares, no graffita. Asistir puntualmente y permanecer con interés el tiempo programado para la clase. Estudiar día a día, acreditar exámenes y exhibir aprendizajes.

Tarea académica: 5º momento. Los alumnos:

- √ representan: a) la **membrana** de una célula bacteriana, abarcando una hoja de cuaderno y b) el **DNA cromosómico** (circular), en el interior de la célula, en uno de sus extremos,
- √ pegan la molécula de **DNA recombinante** o plásmido recombinante en el interior de la célula dibujada (en un espacio vacío), simulando la introducción del DNA recombinante en una **célula receptora**, transformándola en **transgénica**.
- √ recuerdan y describen al grupo los aspectos generales de la tecnología del ADN recombinante, lo hace un integrante de cada equipo elegido al azar.

Producto: modelo de **célula transgénica**, en el cuaderno de cada participante y **descripción**.

Evaluación formativa: **5 sellos**, en el modelo, (del 6º al 10º sello).

Tiempo: 10 min, no negociables.

Celebración: *Genios en Acción. ¡A Crear! ¡A Innovar! ¡A Triunfar!*, figura 8, anexo 14.

Prácticas sociales. Civismo. Respeto a la ciencia. Valorar el trabajo del científico, sus resultados (conocimiento científico), aplicaciones e implicaciones tecnológicas y sociales.

CIERRE

FASE V. Destrezas a desarrollar: **concentración, relacionar y evaluar** aprendizajes.

Técnica: exposición interactiva profesor-alumno.

Tarea académica: Los alumnos:

- √ atienden, de forma conciente, de tallada cuidadosa y sin distracciones la explicación de la profesora y la relacionan con los temas estudiados, preguntan y despejan sus dudas,
- √ comentan al interior del **equipo**, el problema que plantearon en la fase I y valoran si lograron resolverlo con las actividades desarrolladas,
- √ exponen al **grupo** su problema e informan si lograron resolverlo, lo hace un integrante de cada equipo elegido por sus compañeros democráticamente y evalúan su desempeño durante la intervención didáctica, en las rúbricas respectivas.

Tiempo: 30 min no negociables. **Celebración:** Espiral de Desafíos. ¡Todos Unidos Hacemos Más! ¡Hicimos mucho más!, figura 9, anexo 14.

Prácticas sociales. Honestidad. Honradez. Estudiar y acreditar exámenes. Trabajar, distribuir las tareas y materiales con equidad y justicia. Actuar correctamente, contestar con veracidad, sin falsear, falsificar, copiar, abusar o hacer trampa. Cumplir obligaciones y compromisos. Tratar con respeto y justa consideración. Ser bien intencionado, sincero, auténtico, fiable, íntegro en clase y en la vida.

5.3. PLAN DE CLASE PARA LAS

**APLICACIONES E IMPLICACIONES DE LA MANIPULACIÓN GENÉTICA:
ORGANISMOS TRANSGÉNICOS, TERAPIA GÉNICA**

Aprendizaje Indicativo. El alumno: valora las implicaciones de la manipulación genética.

Aprendizaje operativo por destreza. El alumno: valora las implicaciones de la manipulación genética por medio de cuestionario, textos, videos y explicaciones, con tolerancia, honestidad y civismo, en ambiente de aprendizaje colaborativo.

Estrategia general. Incluye 5 fases en las que se desarrollan 10 destrezas (concentración, dialogar, exponer, identificar, redactar, relacionar, representar, tomar decisiones y valorar) y 5 actitudes (constancia, esfuerzo, lealtad, rechazo a las desigualdades, respeto al ambiente). Al inicio, fase I, se hará el encuadre y reconocimiento de los conocimientos previos a través de la resolución de un cuestionario diagnóstico. Durante el desarrollo (fases II a IV), los alumnos analizan textos y videos, buscan, seleccionan, interpretan, organizan, sintetizan información, redactan resúmenes, construyen organizadores gráficos y se ofrecen explicaciones hasta que adquieren los conocimientos necesarios para valorar las aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: organismos transgénicos y terapia génica. Las actividades de cierre, fase V, incluyen una exposición interactiva profesor-estudiantes para recapitular, deducir el beneficio de aprender el tema para su vida; comprobar comprensión de conceptos clave y aprendizajes, contrastar lo que sabían al inicio con lo que aprendieron y autoevaluar y coevaluar su desempeño. Programada en 2 sesiones de 2 h.

INICIO

FASE I. Encuadre. Identificar conocimientos previos sobre la **manipulación genética.**

Técnica: cuestionario, en tabla.

Organización: individual y equipo informal heterogéneo.

Tarea académica. El alumno:

- elabora una tabla abarcando una página de su cuaderno horizontalmente, de acuerdo al modelo y responde sólo las **preguntas!** que de verdad conoce, en la **2ª columna “Lo que sé”**,
- expone sus respuestas al equipo y las complementa con los conocimientos que le aporten, en la **3ª columna “Lo que me aportaron”**, con otro color de tinta.

Cuestionario diagnóstico	Conocimientos previos		Lo que aprendí
	Lo que sé	Lo que me aportaron	
1. ¿Qué sabes sobre la manipulación genética?			
2. ¿Qué es un organismo transgénico?			
3. ¿En qué consiste la terapia genética?			
4. ¿Qué aplicaciones le ha dado el hombre a la manipulación genética?			
5. ¿Qué implicaciones tiene la manipulación genética?			

Producto: respuestas en la 1ª y 2ª columna (**conocimientos previos del alumno y del equipo**).

Evaluación formativa: 2 sellos, (uno en las respuestas de cada columna), (1° y 2° sellos).

Tiempo: 10 min y 5 negociables.

Celebración: Abrazo Colaborativo. ¡Unamos -Esfuerzos! ¡Unamos Voluntades! figura 10, anexo 14.

Prácticas sociales. Honestidad. Esfuerzo. Utilizar el tiempo, fuerza física, mental o emocional adecuada y necesaria para desarrollar eficientemente la tarea prevista, aprender y mejorar.

DESARROLLO

FASE II. Identificar, redactar, representar y exponer las aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética: organismos transgénicos y terapia génica.

Técnica: jigsaw 2 X 2, (dos textos leídos por 2 equipos y el posterior intercambio de 2 alumnos de cada equipo para intercambiar y completar información).

Los equipos 1, 2 y 3 trabajan el "**Texto 2. Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética**" (anexo 6),

Los equipos 4, 5 y 6 trabajan el "**Texto 3 ¡Se ilumina la biociencia!**", (anexo 7).

Organización: equipo informal heterogéneo.

Tarea académica. 1ª Parte. Los alumnos:

- √ fragmentan y distribuyen el texto asignado, equitativamente,
- √ leen imaginando, dando sentido y significado a lo que leen, lo comprenden,
- √ reconocen y subrayan, en el texto, la **información relevante** sobre las **aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética**,
- √ redactan, con la información subrayada, un **resumen** y/o la representan en un **organizador gráfico** (cuadro sinóptico, mapa conceptual o mental,...). Lo estudian hasta hacerse expertos,
- √ explican a sus compañeros, de forma clara y concreta, la información estudiada, apoyándose en su resumen u organizador gráfico; completan su resumen u organizador a partir de las explicaciones; lo estudian, se preguntan para asegurar comprensión y aprendizaje de la información importante del texto asignado.

2ª Parte. Reagrupación de equipos. Dos alumnos que trabajaron el texto 2 se intercambian con dos que trabajaron el texto 3. Equipo 1 intercambia con el 4, el 2 con el 5 y el 3 con el 6.

- √ explican a sus compañeros de forma clara y concreta la información estudiada, apoyándose en su resumen u organizador gráfico, les preguntan para asegurar comprensión y aprendizaje,
- √ redactan un nuevo resumen u organizador gráfico a partir de la información expuesta, con otro color de tinta, lo estudian y se aseguran que todos han aprendido lo relevante de los 2 textos.

Producto: resumen u **organizador gráfico** de los documentos 2 y 3.

Evaluación formativa: 2 sellos, uno por fase, (3° y 4° sellos).

Tiempo: 40 min y 20 negociables.

Celebración: Copa del Honor. ¡Los que Perseveran Triunfan!, figura 11, anexo 14.

Prácticas sociales. Honestidad. Constancia. Realizar con firmeza y convicción un trabajo continuo para conseguir los resultados de calidad esperados, evitar interrupciones. Enfrentar las dificultades con valor e imaginación, sin dejarse vencer ¡el que persevera con paciencia alcanza!

FASE III. Concentración, identificar y exponer las implicaciones de la **manipulación genética**.

Técnica: organización de información en tabla.

Organización: equipo *informal* heterogéneo (mismo de la fase II, con 2 expertos de cada texto).

Tarea académica. Los alumnos:

- ✓ elaboran, en el cuaderno, una tabla semejante al modelo,
- ✓ atienden, de forma conciente, detallada y cuidadosa (eliminan distractores) e identifican y enlistan las **aplicaciones** e **implicaciones** de la manipulación genética exhibidas en el “**Video 3. Ingeniería Genética**”, <http://www.youtube.com/watch?v=cqDWb4H4tel>. 9.55 min,

Manipulación Genética	
Aplicaciones	Implicaciones
1.-	1.-
2.-	2.-
3.-,...	3.-,...

- ✓ exponen sus listas al equipo y las complementan con los aportes recibidos.

Producto: **listados completos** en la tabla.

Evaluación formativa: **sello** en tabla, (5° sello).

Tiempo: 30 min y 15 negociables.

Celebración: ¡Estoy Contigo! ¡Estamos juntos! ¡Somos Equipo!, figura 13, anexo 14.

Prácticas sociales. Honestidad. Lealtad. Cumplir los deberes con rigor y seriedad.

ACTIVIDAD EXTRACLASE (indispensable). El alumno:

- ✓ atiende de forma conciente y concentrada la exhibición del “**Video 4: La granja del Dr. Frankenstein**” <https://www.youtube.com/watch?v=6lILPo8QHgE>, 1.42 h, complementa la tabla con las **aplicaciones** e **implicaciones** de la manipulación genética,
- ✓ lee el “**Texto 2. Aplicaciones e implicaciones de la manipulación genética**” y el “**3 ¡Se ilumina la biociencia!**”, complementa y estudia sus **apuntes**.

FASE IV. Dialogar, representar, valorar y tomar decisiones sobre las **implicaciones** de la manipulación genética.

Técnicas: organización de información en esquema “balanza”.

Organización: equipo *base* (se mantiene en la fase V).

Tarea académica. Los alumnos:

- ✓ elaboran, una balanza semejante al modelo, que abarque una hoja de su cuaderno,



- ✓ exponen, uno por uno, las **aplicaciones** y las **implicaciones** de la manipulación genética identificadas durante la exhibición del **video 4: La granja del Dr. Frankenstein**,
- ✓ escriben en la **balanza** los **aspectos positivos y negativos** de la manipulación genética identificados en los textos, videos o a partir de sus puntos de vista, conocimientos o juicios,
- ✓ valoran, sopesan de manera razonada y crítica, los aspectos positivos y negativos relacionados con el bienestar social y ambiental, toman decisiones y redactan su apreciación,

√ exponen al grupo su valoración, un integrante de cada equipo, elegido democráticamente.

Productos: - **tabla** ampliada con las **aplicaciones** e **implicaciones** mencionadas en el video 4;
- **balanza** con las implicaciones positivas y negativas;
- **valoración** escrita y **exposición** al pleno del grupo.

Evaluación formativa: **4 sellos** (sellos del 6° al 9°).

Tiempo: 40 min y 20 negociables.

Celebración: *Estrella de la Unidad, ¡Unamos ideas para hacer una mejor!*, figura 14, anexo 14.

Prácticas sociales. Civismo. Respeto al medio ambiente. Tener interés y sensibilidad por la naturaleza y el bienestar social. Ejecutar acciones para su conservación, tales como: uso racional de los recursos (agua, luz, suelo,...), no maltrato a los seres vivos, reducir, reusar y reciclar productos generadores de basura, evitar el empleo de productos tóxicos (aerosoles, pilas, unicel, plásticos, productos de "limpieza" innecesarios,...). Adoptar posturas críticas e informadas frente al desarrollo científico-tecnológico y al deterioro ambiental.

CIERRE

FASE V. Concentración, relacionar y valorar aprendizajes y desempeño.

Técnica: exposición interactiva profesor-alumno y cuestionario en tabla.

Tarea académica. Los alumnos:

√ atienden, de forma conciente, detallada y cuidadosa, la **explicación** de la profesora (para reforzar los aspectos centrales de la temática), la relacionan con los temas estudiados; preguntan y despejan sus dudas,

√ contestan las preguntas del **cuestionario**, en la *4ª columna "Lo que aprendí"* de la tabla elaborada en la fase I,

√ evalúan los conocimientos que tenían al inicio con los que ya poseen y su **desempeño**.

Producto: preguntas del **cuestionario**, contestadas en la *4ª columna "Lo que aprendí"*.

Evaluación formativa: **sello** en 4ª columna (10° sello).

Tiempo: 40 min, no negociables.

Celebración: *Circulo de la Equidad. ¡Objetivos Comunes!, ¡Logros Compartidos!*, figura 15, anexo 14.

Prácticas sociales. Civismo. Rechazo a las desigualdades: Tratarse como iguales, sin ignorar, discriminar o descalificar.

ACTIVIDAD EXTRACLASE (recomendada):

Observa Videos.

√ **OMG Ing. genética en los alimentos**, http://www.youtube.com/watch?v=P73b_vAoOAc. 10.58 min.

√ **Alimentos vacuna**, http://www.dailymotion.com/video/x6wvwc_alimentos-vacuna_school. 7.09 min.

√ **Huella Genética**, <http://www.youtube.com/watch?v=PoT0vFFHN1Q&feature=endscreen&NR=1>. 5.48 min.

√ **Terapia génica con bacterias**, http://www.dailymotion.com/video/xd9yo3_terapia-genica-con-bacterias_school. 2.36 min.

Visita las Páginas Web.

√ **Argenbio:** Argentina. <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/index.php>;
México. <http://www.argenbio.org/index.php>

√ **Centro de Ciencias Genómicas de la UNAM.** <http://www.ccg.unam.mx>.

5. 4. PLAN DE CLASE PARA LAS

IMPLICACIONES BIOÉTICAS DEL PROYECTO GENOMA HUMANO (PGH)

Aprendizaje Indicativo. El alumno: valora las implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano.

Aprendizaje operativo por destreza. El alumno: valora las implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano, por medio de preguntas, analogía, textos, videos, explicaciones e intercambio de opiniones; con honestidad, tolerancia y civismo, en ambiente colaborativo.

Estrategia general. Incluye 7 fases en las que se desarrollan 11 destrezas (concentración, decidir, describir, exponer, identificar, imaginar, interpretar, recordar, relacionar, representar y valorar) y 8 actitudes (disponibilidad, fraternidad, honradez, respeto a la ciencia, respeto a si mismo y a los demás, responsabilidad social, saber ceder, saber escuchar). En la fase de inicio I, se detectan conocimientos previos a través de un cuestionario diagnóstico. En el desarrollo (fases II a VI), los alumnos, responden pregunta generadora, buscan, interpretan, seleccionan, organizan información a partir de textos, y videos, exponen conocimientos u opiniones que les permitan **valorar las implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano**. El cierre, fase VII, incluye una exposición interactiva del profesor-alumno para recapitular, resaltar el beneficio de aprender el tema y evaluar aprendizajes y desempeño. Programada en 2 sesiones de 2 h.

INICIO

FASE I. Encuadre. Identificar conocimientos previos sobre **bioética y PGH**.

Técnica: cuestionario en tabla.

Organización de la intervención didáctica: binas, (fases I y II).

Tarea académica. Los alumnos:

- ✓ elaboran una tabla de acuerdo al modelo, ocupando una página en posición horizontal,
- ✓ comparten sus conocimientos y contestan las preguntas, en la 2ª columna **“Lo que sabemos”**.

Cuestionario diagnóstico	Conocimientos previos	Lo que aprendimos
	Lo que sabemos	
1. ¿Qué estudia la bioética ?		
2. ¿Cuáles fueron los objetivos del Proyecto Genoma Humano PGH?		

Producto: **Respuestas** al cuestionario en la 2ª columna (conocimientos previos de la *bina*),

Evaluación formativa: **sello** en la 2ª columna, (1er sello).

Tiempo: 5 min y 5 negociables

Celebración: ¡Somos Mucho Más que dos! ¡Somos Equipo!, figura 12, anexo 14, (en fases I y II).

Prácticas sociales. Civismo. Responsabilidad social. Realizar labores y encargos con rigor y seriedad. Asumir compromisos, obligaciones y derechos por el bien común. Mantener una conducta amable, solidaria y ordenada en el aula. Conservar limpia el área de trabajo, salvaguardar el mobiliario y las instalaciones escolares, no graffita. Asistir puntualmente y permanecer, con interés, el tiempo programado para la clase. Estudiar día a día, acreditar exámenes y exhibir aprendizajes.

DESARROLLO

Fase II. Interpretar, recordar, exponer y describir qué estudia la **bioética**.

Técnica: enseñanza recíproca, leer y explicar en pares/binas.

Tarea académica. Los alumnos:

- √ leen la visión panorámica del "**Texto 4. Bioética. Ética de la vida**" (anexo 8), cada alumno, para tener una idea general del contenido; deciden quién tendrá el rol de *lector* y quién de *escucha*. El *lector* lee una fracción del contenido (de manera pausada, entonada, comprensiva, imaginando, dándole sentido y significado), el *escucha* (atiende de forma consciente y concentrada la lectura) al terminar recuerdan y se explican el contenido,
- √ formulan y contestan preguntas hasta asegurar que ambos han comprendido y deciden qué contenido subrayarán que les permita **describir lo que estudia la bioética**, en la *3ª columna "Lo que aprendimos"*, de la tabla de la fase I. Alternan rol hasta terminar la lectura.

Producto: descripción del ámbito de estudio de la **bioética**, en la *3ª* columna de la tabla.

Evaluación formativa: sello en descripción, (2º sello).

Tiempo: 15 min y 10 negociables.

Prácticas sociales. Tolerancia. Respeto a sí mismo y a los demás. Cuidarse y valorarse. Tratarse y tratar a los demás con amabilidad, atención, consideración, como te gustaría ser tratado, sin distinción del nivel socioeconómico, inteligencia, apariencia, sexo, origen étnico, creencias, gustos, preferencias o estilos personales. No descalificar, discriminar, ignorar, insultar, intimidar o violentar. Respetar opiniones, ideas, intervenciones y ritmos de trabajo.

ACTIVIDAD EXTRACLASE (indispensable):

Observa los videos y redacta el ámbito de estudio de la bioética que tratan.

- **Bioética,** http://www.dailymotion.com/video/x88r53_bioetica_school. 2.51 min.
- **Bioética I. UPSJB,** <https://www.youtube.com/watch?v=-R-gVCMqgc>. 8.20 min.
- **Bioética II. UPSJB,** <https://www.youtube.com/watch?v=-jr815X1iBo>. 9.58 min.
- **Bioética III. UPSJB,** https://www.youtube.com/watch?v=CL_Qrr1VV-E. 9.54 min.
- **Eutanasia: Ramón Sanpedro,** http://www.youtube.com/watch?v=8fFb_bFw4Tc. 9.34 min.

FASE III. Relacionar hechos con la necesidad de conocer el Genoma Humano. **Imaginar, decidir.**

Técnica: pregunta generadora.

Organización: equipo *informal* heterogéneo, (se unen 2 *binas* de la fase II) y *grupal*.

Tarea académica. Los alumnos:

- √ manifiestan ideas, puntos de vista o conocimientos, al interior del equipo, que den respuesta a:
*¿Qué se necesita saber para determinar si las personas expuestas a **radiación** (como los descendientes de los bombardeos atómicos en Hiroshima y Nagasaki), **contaminantes** (carcinógenos –benceno, asbesto-, insecticidas, metales pesados -plomo, mercurio, arsénico, cadmio-) o **drogas** (alcohol, tabaco, marihuana, fármacos, cocaína, inhalantes,...) **presentan daño en su DNA?***
- √ consensúan y formulan una respuesta de equipo.

NOTA: orientar a los estudiantes para que respondan que se necesita **conocer la secuencia de los componentes del DNA humano sin daño "como patrón"** para después compararlo con el que se desea valorar.

- √ exponen sus respuestas al grupo, un integrante de cada equipo, elegido libremente.

Producto: respuesta de equipo.

Tiempo: 10 min, 5 negociables.

Celebración: *Nebulosa Colaborativa. ¡Juntos Hacemos Más! ¡La Unión Hace la Fuerza!*, figura 16, anexo 14.

Prácticas sociales. Tolerancia. Saber escuchar: atender a los demás y tratar de entender sus opiniones y puntos de vista. Saber ceder: en la toma de decisiones flexibiliza conductas y opiniones de manera razonada.

Fase IV. Identificar, interpretar y exponer objetivos aplicaciones e implicaciones del **PGH**.

Técnicas: exposición simultánea, (una fase o multifases, según el tiempo disponible).

Organización: equipo informal (con un integrante de cada equipo base).

Tarea académica. 1ª Parte. Los alumnos:

- √ leen de manera colectiva la visión panorámica del "**Texto 5. A cada quien su... código genético** *en CD-ROM! Proyecto Genoma Humano* (anexo 9), para tener una idea general del contenido,
- √ distribuyen equitativamente el contenido del documento, un subtema, a cada equipo,
- √ leen de forma individual y en silencio el subtema que se les asignó, imaginando, dándole sentido y significado, subrayan la información importante, con énfasis en los **objetivos** y en las **aplicaciones e implicaciones bioéticas** del PGH,
- √ redactan un **resumen** a partir de la información subrayada,
- √ explican su **resumen**, al interior del equipo, y con la información relevante diseñan y elaboran un **cartel**, ocupando dos páginas de su cuaderno, todos hacen el mismo cartel y lo estudian.

2ª Parte. Conforman nuevos equipos informales (4) con 1 o 2 integrantes de cada subtema.

Exposición una fase. Los alumnos:

- √ explican, colocándose al frente de su miniauditorio (equipo); inicia el alumno que estudió el 1^{er} subtema (2 min), continúa el estudiante que trabajó el 2^o subtema, prosiguen así hasta que todos los subtemas se hayan expuesto; al interior de cada equipo los estudiantes se hacen y responden preguntas, aclaran dudas hasta que todos han entendido y aprendido.

Exposición multifase. Los alumnos:

- √ explican, colocándose al frente del miniauditorio (equipo); inicia el alumnos que estudió el 1^{er} subtema (2 min), al terminar pasa al equipo de su derecha e inicia la explicación, así hasta que pasa a todos los equipos, entonces se sienta y empieza la exposición el alumno que trabajó el 2^o subtema, al terminar pasa a otro equipo,... repiten la actividad hasta que todos los subtemas se hayan expuesto; entonces el último expositor se integra al equipo donde expuso, entonces los estudiantes se hacen y responden preguntas, aclaran dudas hasta que todos han entendido y aprendido.

Productos: resumen y exposición del cartel.

Evaluación formativa: 2 sellos, (3^{er} y 4^o sellos).

Tiempo: 40 min y 20 negociables.

Celebración: *Caverna de la Solidaridad. ¡Crecamos Juntos!*, figura 17, anexo 14.

Prácticas sociales. Honestidad. Disponibilidad: estar dispuesto a aprender, investigar, participar, enseñar, aportar, ayudar a los demás en su crecimiento, a realizar encomiendas, tareas y el rol asignado, con voluntad, interés, entusiasmo, esfuerzo, rectitud y justicia.

FASE V. Representar el mapa de genes y la **secuenciación** de nucleótidos del **genoma humano**.

Técnica: analogía.

Organización: equipo informal, (se mantienen los que quedaron de la fase IV).

Tarea académica. Los alumnos:

- ✓ leen juntos los subtítulos la “**Actividad 4. El Proyecto Genoma Humano, un Misterio por Resolver**” (anexo 10) para tener una idea general del contenido,
- ✓ leen individualmente y en silencio los antecedentes, al terminar citan los **conceptos clave** y los **objetivos** del PGH que identificaron, se explican y piden apoyo al profesor ante alguna duda,
- ✓ Identifican, en la **imagen 2**: a) el **genoma** de la *Especie x*, b) un cilindro conteniendo los **nucleótidos** o unidades estructurales del genoma de la *Especie x* (vaciándose en un **secuenciador** -aparato que ordenará dichas unidades-),
- ✓ identifican, a la derecha del secuenciador, las **secuencias** de cada **cromosoma** ya **ordenadas**; se asignan una por alumno,
- ✓ reconocen las secuencias de **letras** que formen **palabras** (genes), subrayan con un color cada conjunto de letras con sentido o significado y con color diferente las sin sentido,
- ✓ enumeran y enlistan las **palabras** (genes), en el orden en que fueron reconocidas, en su cuaderno,
- ✓ reconocen el punto “**III. Mapa Genético**” representa seis cromosomas con la secuencia de los genes que poseen (las divisiones corresponden a cada palabra o gen), iluminan, con diferente color, cada **división** (gen) y anotan las **palabras** (genes) en el orden en que fueron enlistadas,
- ✓ contabilizan las **palabras** (genes) de cada **cromosoma**, el número de **letras** (nucleótidos) que integran cada **gen** y lo anotan en el mapa genético; comparten resultados, escriben los genes de los otros cromosomas, cuentan todos los nucleótidos, genes y cromosomas del genoma.

Productos: a) **palabras** con sentido (genes) y secuencias sin sentido reconocidas e iluminadas;
b) **listado** enumerado de las palabras del cromosoma asignado;
c) **mapa genético** completo y autoevaluado (se apoyan en el punto IV de la actividad).

Evaluación formativa: 3 sellos, (del 5° al 7° sellos).

Tiempo: 20 min y 10 negociables.

Celebración: *Suma de Esfuerzos y Voluntades. ¡Juntos Superamos Todo! ¡Triunfamos!*, figura 18, anexo 14.

Prácticas sociales. Civismo. Fraternidad: Colaborar, ser amistoso y solidario.

FASE VI. Recordar, representar, valorar y tomar decisiones sobre las **implicaciones** bioéticas del **Proyecto Genoma Humano**.

Técnica: organización de información en una balanza.

Organización: equipo base y grupal.

Tarea académica. Los alumnos:

- ✓ elaboran, una balanza semejante al modelo, que abarque una hoja de su cuaderno,



- ✓ recuerdan las **implicaciones** bioéticas del **Proyecto Genoma Humano** (tratadas en la fase IV), a partir de ellas y de sus conocimientos, ideas o puntos de vista, las clasifican en positivas y negativas y las anotan en la **balanza**,
- ✓ valoran, sopesan, de manera razonada y crítica, los aspectos positivos y negativos del PGH tendiendo de referente el bienestar de la humanidad y redactan la valoración del equipo,

✓ exponen al grupo su valoración, un integrante de cada equipo elegido al azar.

Productos: balanza y valoración escrita con su **exposición** al pleno del grupo.

Evaluación formativa: 2 sellos en el cuaderno, (8º y 9º sellos).

Tiempo: 30 min y 15 negociables.

Celebración: *Suma Conocimiento para Multiplicar Inteligencia ¡Hagamos Proezas!*, figura 19, anexo 14.

Prácticas sociales. Civismo. Respeto a la ciencia. Valorar el trabajo del científico. Interés por la ciencia y por su relación con la sociedad, tecnología y naturaleza. Apreciar sus avances, limitaciones, aportaciones (en la mejora de la calidad de vida) o consecuencias negativas de su aplicación.

CIERRE

FASE VII. Concentración, relacionar y valorar sobre el Proyecto Genoma Humano.

Técnica: exposición y cuestionario, en tabla.

Organización: equipo base.

Tarea académica. Los alumnos:

✓ atienden, de forma conciente, detallada y cuidadosa el “**Video 5. Genoma humano, entre la ética y la prevención**”, <https://www.youtube.com/watch?v=berLAeSMjPw>, 3.47 min; y la **exposición** de la profesora (para resaltar los aspectos centrales y la relacionarlos con los temas estudiados), preguntan y despejan sus dudas,

✓ responden la 2ª pregunta, en la 3ª columna “**Lo que aprendimos**” del **cuestionario** en tabla, fase I; reflexionan sobre los conocimientos que tenían al inicio con los que ya poseen y evalúan su **desempeño** en las rúbricas respectivas.

Producto: respuesta a la pregunta del cuestionario, fase I.

Evaluación formativa: 1 sello, en tabla, (10º sello).

Tiempo: 40 min.

Celebración: *Corazón Guerrero. ¡Un corazón, un equipo, una aventura, una amistad!* figura 20, anexo 14.

Prácticas sociales. Honestidad. Honradez. Estudiar y acreditar exámenes. Trabajar, distribuir las tareas y materiales con equidad y justicia. Actuar correctamente, contestar con veracidad, sin falsear, falsificar, copiar, abusar o hacer trampa. Cumplir obligaciones y compromisos. Tratar con respeto y justa consideración. Ser bien intencionado, sincero, auténtico, fiable, íntegro en clase y en la vida.

ACTIVIDAD EXTRACLASE (recomendada):

Leer la página del laboratorio especializado en genética y biología molecular BIOHOMINIS y observar los diagnósticos genéticos que realiza. <http://ciudaddemexico.olx.com.mx/biohominis-pruebas-de-deteccion-de-riesgo-iiid-132082721>.

- ✓ Envejecimiento celular, <http://www.youtube.com/watch?v=Gvp4WDmXiN4&feature=relmfu>. 1.20 min.
- ✓ Genética de pareja, <http://www.youtube.com/watch?v=8zcgbliG4I&feature=relmfu>. 1.13 min.
- ✓ Genoma, <http://www.youtube.com/watch?v=xKBCgz1gdHI&feature=relmfu>. 1.10 min.
- ✓ Paternidad y parentesco, <http://www.youtube.com/watch?v=VglLjWIFZu8&NR=1&feature=endscreen>. 1.03 min.
- ✓ Virus del Papiloma Humano VPH, <http://www.biohominis.com/deteccion-del-virus-del-papiloma-humano.html>. 1.04 min.
- ✓ Linaje Ancestral, <http://www.youtube.com/watch?v=AwJj5voDyf4&feature=relmfu>, 0.57 min.
- ✓ Hipercolesterolemia familiar, <http://www.youtube.com/watch?v=SwfbvShc1C4&feature=plcp>. 1.02 min.

Observar el video Genoma Humano. Parte 1 . <https://www.youtube.com/watch?v=fXzOgbR4tOI> 10.21min. y Parte 2 . <https://www.youtube.com/watch?v=nDGsx99QH4>. 11.23 min.

5.5. PLAN DE CLASE PARA LAS

IMPLICACIONES BIOÉTICAS DE LA CLONACIÓN DE ORGANISMOS

Aprendizaje Indicativo. El alumno: valora las implicaciones bioéticas de la clonación de organismos.

Aprendizaje operativo por destreza. El alumno: valora las implicaciones bioéticas de la clonación de organismos por medio de textos, documental, imágenes y exposiciones; con honestidad, tolerancia y civismo, en ambiente de aprendizaje colaborativo.

Estrategia general. Incluye 7 fases, en las que se desarrollan 11 destrezas (comprender, concentración, curiosidad, exponer, identificar, imaginar, interpretar, recordar, relacionar, representar y valorar) y 8 actitudes (disponibilidad, respeto al ambiente, respeto a la ciencia, respeto a la salud, respeto a sí mismo y a los demás, saber ceder, saber escuchar, trabajo bien hecho). Al inicio fase I, se hace el encuadre y la detección de conocimientos previos. En el desarrollo (fases II a VI), los estudiantes analizan textos y videos, buscan, seleccionan, organizan información, elaboran un cartel y exponen sus conocimientos e intercambian opiniones y puntos de vista. El cierre, fase VII, incluye una exposición interactiva profesor-alumno para resaltar el beneficio de aprender el tema, averiguar comprensión de conceptos clave, recapitular y asegurar que los estudiantes sean capaces de **valorar las implicaciones bioéticas de la clonación de organismos**, evaluar desempeño y aprendizajes al comparar lo que sabían al inicio y lo que aprendieron. Programada en 2 sesiones de 2 h.

INICIO

FASE I. Encuadre. Identificar conocimientos previos sobre **reproducción asistida y clonación.**

Técnica: cuestionario en tabla.

Organización: individual y equipo informal (se mantiene hasta la fase IV).

Tarea académica. El alumno:

- ✓ elabora una tabla en su cuaderno, ocupando toda la página en posición horizontal, de acuerdo al modelo y contesta en la 2ª columna **sólo** las **preguntas** que realmente conoce!,
- ✓ explica sus respuestas al equipo y las enriquece con las explicaciones que recibe, usa otro color de tinta.

Cuestionario diagnóstico	Conocimientos previos	"Lo que aprendí"
	"Lo que sé" "Lo que me aportaron"	
1. ¿Qué procedimientos de reproducción asistida se practican?		
2. ¿Define clonación de organismos?		

Producto: respuestas al cuestionario (conocimientos previos del alumno y del equipo).

Evaluación formativa: **sello**, en la 2ª columna, (1er sello).

Tiempo: 5 min y 5 negociables.

Celebración: *Corona del Triunfo. ¡Por el Reto! ¡Lo Logramos!*, figura 1, anexo 14.

Civismo. Respeto a la salud. Adoptar hábitos de comportamiento saludables para alcanzar la felicidad y la vida buena. Asistir a clase alimentado, hidratado, aseado y sin consumir drogas. Seguir normas de higiene (al taparse la boca al toser o estornudar, no escupir en el piso, lavarse las manos con frecuencia, mantener limpia el área de trabajo, no generar basura,...) y de seguridad para uso del laboratorio. Desarrollar afectos, amistad, estimar. Ser útil y sentirse reconocido y estimado.

DESARROLLO

Fase II. Interpretar, recordar, representar y exponer sobre reproducción asistida.

Técnica: enseñanza recíproca, leer y explicar en equipo.

Tarea académica. Los alumnos:

- √ leen juntos la visión panorámica del “**Texto 6. ¿La mejor opción? ¡Decisión para dar Vida!**” (anexo 11), para tener una idea general del contenido,
- √ leen, escuchan, alternan rol, recuerdan y explican. Un alumno “lector” lee una parte del documento (de manera calmada, pausada, comprensiva, imaginando, dándole sentido y significado), al terminar explica lo comprendido. Los otros miembros del equipo “escuchas” atienden (de forma conciente y concentrada la lectura y la explicación) para posteriormente reproducirla, ampliarla, corregirla; despejan dudas y se aseguran que todos han entendido,
- √ deciden y subrayan el contenido relevante que les permita caracterizar y diferenciar los **procedimientos de reproducción asistida y su implicación**,
- √ representan con imágenes, en su cuaderno, las características de cada procedimiento, a partir de lo que subrayaron,
- √ redactan su opinión(es) argumentada(s) sobre la forma en que cada integrante del equipo le gustaría perpetuarse y la expresan al grupo, el alumno del equipo que se auto-proponga.

Producto: **representación y opinión**, en el cuaderno de cada integrante.

Evaluación formativa: **2 sellos**, al terminar en tiempo y forma, (2º y 3º sellos).

Tiempo: 20 min, 10 negociables.

Celebración: *Ola de la Conquista. ¡Vamos por Todo! ¡Prueba Superada!*, figura 2, anexo 14.

Prácticas sociales. Tolerancia. Respeto a sí mismo y a los demás. Cuidarse y valorarse. Tratar y tratar a los demás con amabilidad, atención, consideración, como te gustaría ser tratado, sin distinción del nivel socioeconómico, inteligencia, apariencia, sexo, origen étnico, creencias, gustos, preferencias o estilos personales. No descalificar, discriminar, ignorar, insultar, intimidar o violentar. Respetar opiniones, ideas, intervenciones y ritmos de trabajo.

FASE III. Interpretar escenario de clonación humana. Curiosidad, imaginar e identificar.

Técnica: análisis de escenario (1ª parte del documental).

Organización: individual equipo informal (mismo de la fase I y II) y grupal.

Tarea académica. Los alumnos:

- √ observan atentamente el “**Video-documental 6. Clonación Humana**”, 1ª. Parte, 8.40 min, http://www.youtube.com/watch?v=Ah_HUo6AdZQ&feature=related. Registran (de forma individual) los hechos por los que el Dr. Panayiotis Zavos generó sorpresa, admiración, curiosidad, dudas, sensaciones, sentimientos, emociones, descontento, crítica, controversia y restricciones,
- √ exponen al interior del equipo, uno a uno, su **registro de hechos**. Complementan su registro y se aseguran que todos los integrantes tengan la misma información,
- √ exponen al grupo el registro del equipo, un integrante elegido liberalmente. Los equipos que escuchan enriquecen su registro con las exposiciones.

NOTA: se espera que los estudiantes identifiquen los siguientes hechos: El Dr. Zavos...

- la concepción o creación de una replica humana, por clonación, no fusiona gametos con el DNA de dos organismos (como ocurre en la fecundación “natural” o *in Vitro*) sino inyecta el

DNA de una célula del individuo **adulto** que se desea clonar, en un **óvulo enucleado**, que sólo serviría para inducir el desarrollo embrionario,

- anunció que había transferido un embrión clonado en el útero de una mujer, siendo que la técnica para la clonación empleada en animales es aún ineficiente, genera anomalías y no es tan igualmente aceptada en humanos, además por haber expuesto a la mujer a “riesgos”,
- pronosticó una eficiencia del 30% de éxito de que se implante, gesté y nazca un niño sano de la clonación humana, semejante a la FIV en madres mayores de 35 años. El 70 % restante no logra implantarse y pierde en abortos espontáneos, por ello no han nacido niños con anomalías de la FIV,
- creían que lucraba, que cobraba altas sumas a parejas infértiles con deseo genuino de ser padres, movido por razones egoístas y económicas.

Producto: registro de hechos del equipo enriquecido con los aportes del grupo.

Evaluación formativa: sello en el registro, (4º sello).

Tiempo: 20 min, 10 negociables.

Celebración: *Abrazo Poderoso. ¡Por la Victoria! ¡Vencimos!*, figura 3, anexo 14.

Prácticas sociales. Tolerancia. Saber escuchar: atender a los demás y tratar de entender sus opiniones y puntos de vista. Saber ceder: en la toma de decisiones flexibiliza conductas y opiniones de manera razonada.

Fase IV. Identificar, comprender y exponer sobre la clonación de organismos.

Técnicas: exposiciones simultáneas de equipo vacío.

Tarea académica. 1ª Parte. Los alumnos:

- ✓ distribuyen equitativamente el “**Texto 7. Clonación de organismos**”, (anexo 12), entre los equipos,
- ✓ leen de forma individual el texto que se les asignó, en silencio, imaginando, dándole sentido y significado, subrayan los conceptos clave y la información importante con énfasis en los **tipos de clonación, aplicaciones e implicaciones bioéticas**,
- ✓ explican lo que cada uno subrayó, al interior del equipo, seleccionan, organizan y representan la información relevante en un **cartel** que ocupe dos páginas de su cuaderno y contenga prioritariamente imágenes), cada integrante del equipo hace el mismo cartel y lo estudia.

2ª Parte. Los alumnos:

- ✓ exponen. Inicia el equipo que trabajó la 1ª parte del texto. Cada integrante se dirige al frente de algún equipo y expone auxiliándose con su cartel, al terminar regresan a su lugar; en seguida los alumnos que estudiaron la 2ª parte del texto se desplazan al frente de los demás equipos para explicar su cartel, así continúan hasta que todos los equipos expongan,
- ✓ recuerdan los tipos de clonación de organismos expuestos y redactan apuntes en equipo.

Producto: cartel expuesto y apuntes completos del texto 7.

Evaluación formativa: 2 sellos en apuntes, (5º y 6º sellos).

Tiempo: 40 min y 10 negociables.

Celebración: *Estrella de la Confianza. ¡En Busca del éxito! ¡Lo hicimos!*, figura 4, anexo 14.

Prácticas sociales. Honestidad. Disponibilidad: estar dispuesto a aprender, investigar, participar, enseñar, aportar, ayudar a los demás en su crecimiento, a realizar encomiendas, tareas y el rol asignado, con voluntad, interés, entusiasmo, esfuerzo, rectitud y justicia.

ACTIVIDAD EXTRACLASE (indispensable):

- √ lee los “Textos: 6. ¿La mejor opción? ¡Decisión para dar Vida!” y “7. Clonación de organismos”, los estudia y completa sus **apuntes**.

FASE V. Concentración. Recordar las implicaciones de la clonación humana.

Técnica: análisis de escenario (2ª a 5ª partes del documental) en equipo colaborativo.

Organización: *individual* equipo *base* (se mantendrá hasta el cierre de la planeación).

Tarea académica. Los alumnos:

- √ observan atentamente los episodios restantes del “**Video 6. Clonación Humana**”,
- √ registran (de forma individual) los **hechos** e **investigaciones** por los que el Dr. Panayiotis Zavos generó sorpresa, admiración, curiosidad, dudas, sensaciones, sentimientos, emociones, descontento, crítica, controversia y restricciones,

<http://www.youtube.com/watch?v=ZDsXziYT8i4&NR=1&feature=endscreen>, 9.27 min.
http://www.youtube.com/watch?v=g0_bWETHYzg&NR=1&feature=endscreen, 10.5 min.
<http://www.youtube.com/watch?v=uGImEJleCjl&NR=1&feature=endscreen>, 7.14 min.
<http://www.youtube.com/watch?v=EVYdk-1zIGE&NR=1&feature=endscreen>, 7.58 min.

- √ exponen, al interior del equipo, uno a uno su **registro de hechos** de los nuevos episodios y lo enriquecen con el aporte de sus compañeros.

NOTA: se espera que los estudiantes identifiquen los siguientes hechos: El Dr. Zavos...

- Se estableció y continuó con su investigación y ofreciendo sus servicios en países que no prohibían la clonación humana, ignorando las críticas de algunos miembros de la comunidad médica.
- Se arriesgó a transferir un embrión a una mujer sin tener la certeza de que estuviera sano, no hizo el PGD, además está prueba no es 100% confiable.
- Usó óvulos de vaca y les inyectó células humanas para producir embriones humanos con la idea de para mejorar la técnica de clonación e incluso para clonar el una niña fallecida.
- Sentó la posibilidad de ser padres a solteros, homosexuales y a parejas infértiles.

Productos: **registro de hechos**, percibido por el equipo, de todo el documental.

Evaluación formativa: **sello** en el registro, (7º sello).

Tiempo: 45 min, no negociables.

Celebración: *Lazos que Fortalecen. ¡Ganamos Todos y Todo Ganamos!*, figura 5, anexo 14.

Prácticas sociales. Civismo. Respeto al medio ambiente. Tener interés y sensibilidad por la naturaleza y el bienestar social. Ejecutar acciones para su conservación, tales como: uso racional de los recursos (agua, luz, suelo,...), no maltrato a los seres vivos, reducir, reusar y reciclar productos generadores de basura, evitar el empleo de productos tóxicos (aerosoles, pilas, unicel, plásticos, productos de “limpieza” innecesarios,...). Adoptar posturas críticas e informadas frente al desarrollo científico-tecnológico y al deterioro ambiental.

FASE VI. Recordar, representar y valorar las implicaciones de la clonación de organismos.

Técnicas: organización de información en esquema.

Organización: equipo *base* y *grupal*.

Tarea académica. Los alumnos:

- √ elaboran, una balanza semejante al modelo, que abarque una hoja de su cuaderno,



- √ recuerdan las **implicaciones** bioéticas de la **clonación** de organismos (en plantas, animales y humanos) citadas en los textos y el documental. Las clasifican en aspectos positivos y negativos a partir de sus conocimientos, puntos de vista y bajo la óptica del bienestar social y ambiental. Las anotan en la **balanza**.
- √ redactan en **equipo** una opinión-valoración razonada y crítica sobre las implicaciones y la exponen de forma clara y concreta al grupo, un integrante de cada equipo elegido al azar.

Productos: balanza y valoración.

Evaluación formativa: **2 sellos**, en balanza y en la valoración, (8º y 9º sellos).

Tiempo: 20 min y 10 negociables.

Celebración: *Manos a la Obra. ¡Querer es Poder!, ¡La Unión hace la Fuerza!*, figura 7, anexo 14.

Prácticas sociales. Civismo. Respeto a la ciencia. Valorar el trabajo del científico. Interés por la ciencia y por su relación con la sociedad, tecnología y naturaleza. Apreciar sus avances, limitaciones, aportaciones (en la mejora de la calidad de vida) o consecuencias negativas de su aplicación.

CIERRE

FASE VII. Concentración, relacionar y valorar la clonación de organismos.

Técnica: exposición oral y cuestionario en tabla.

Tarea académica. Los alumnos:

- √ atienden, de forma conciente, detallada y cuidadosa (sin distracciones), la **exposición** de la profesora y la relacionan con los temas estudiados, preguntan para despejar sus dudas. responden las preguntas del cuestionario en la tabla (fase I), 3ª columna **“Lo que aprendí”** y recuerdan conceptos clave con la **“Actividad 5. Sopa genética”**, anexo 13,
- √ evalúan su **desempeño** y reflexionan sobre los conocimientos que tenían al inicio con los que ya poseen.

Producto: respuestas cuestionario en 3ª columna **“Lo que aprendí”** y actividad 5.

Evaluación formativa: **sello** en actividad, (10º sello).

Tiempo: 25 min, no negociables.

Celebración: *Columna de los Retos. ¡Todos para Uno y Uno para Todos!*, figura 6, anexo 14.

Prácticas sociales. Honestidad. Trabajo bien hecho. Cumplir con formalidad y calidad las actividades o productos que se nos confían (veracidad, orden, letra legible, ortografía, limpieza,...) en el tiempo previsto. Dar lo mejor en beneficio propio y de los demás. No pierde el tiempo, no se distrae ni distrae con pláticas fuera de lugar, celular, juegos,...

ACTIVIDAD EXTRACLASE (recomendada):

Observa los videos **Ciencia. Anthony Atala y la medicina regenerativa de órganos.**

Parte 1 <http://www.youtube.com/watch?v=jNs-xro860I&feature=endscreen&NR=1>,

Parte 2 https://www.youtube.com/watch?v=x_w3SyUch_g.

Observa el documental **DNA El Precio de la Evolución** y el Interactivo **Flash. Ingeniería Genética.**

CONCLUSIONES. CONSIDERACIONES FINALES

"La vocación es una invitación a la felicidad"

Ramón Víctor Moreno Torres

La Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS) se creó por el reconocimiento que le otorga la UNAM a la importancia de la Educación Media Superior para el país, por ello dirige los trabajos de los tesis al mejoramiento de sus docentes y a desarrollar acciones que incrementen la calidad de los aprendizajes y el rendimiento académico y de sus alumnos.

Ante tal contexto la presente contribución tuvo como propósitos apoyar al Bachillerato del CCH-UNAM, Plantel Azcapotzalco, en el **proceso** de **aprendizaje** y **enseñanza** de la ingeniería genética y sus aplicaciones, captar el interés, la participación activa y conciente del **alumno** para que construyera **aprendizajes** e incorporara en su manera de ser, hacer y pensar una **ética** de responsabilidad ante los avances de la genética, los problemas de salud y los de supervivencia global, además orientar la **labor educativa** de los **profesores** que imparten Biología I, en apego al Modelo Educativo, al Programa de Estudios y al empleo de la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar, paradigma sociocognitivo de aprendizaje enseñanza que privilegia, como **objetivos** de la educación, el desarrollo de capacidades (enseñar a pensar) y el ejercicio de valores (enseñar a ser y a convivir), usando como **medios** los contenidos curriculares (aprender a saber sobre un campo disciplinario) y los métodos -procedimientos y técnicas- (aprender a hacer), en ambiente de aprendizaje colaborativo, y como objetivos de tesis, elaborar una "*secuencia didáctica para el aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones en el nivel medio superior*" y seleccionar y elaborar los recursos didácticos y de evaluación para su implementación.

Para estar en posibilidad de elaborar la secuencia didáctica se efectuó una investigación diagnóstica -documental y de campo- cuyos propósitos fueron conocer al CCH (institución sede de la aplicación la secuencia) a sus alumnos y profesores que imparten la asignatura de Biología, el proceso de enseñanza y de aprendizaje que se implementa para el del tema y la problemática o hechos que afectan e impiden su aprendizaje.

Entre los aspectos relevantes, que se despliegan en los capítulos, están: la descripción general de la Educación Media Superior en México en cuanto a su marco legal, oferta educativa, semblanza histórica y rendimiento académico; la importancia de desarrollar una cultura biológica básica en el bachiller y de incorporar en ésta el tema de Ingeniería Genética; los criterios e indicadores que guiaron la investigación diagnóstica; la descripción del marco teórico institucional, disciplinario y psico-pedagógico-didáctico y socio-ético-educativo que sustentó el diseño de la secuencia didáctica; la secuencia didáctica diseñada como una guía pormenorizada de la actuación docente y de los alumnos; los recursos didácticos e instrumentos de evaluación elaborados, los resultados del diagnóstico y los generados en el trabajo de tesis con las evidencias de la aplicación.

Impresiones personales producto de la experiencia vivida

"La buena enseñanza no es sólo una cuestión de ser eficiente, desarrollar competencias, dominar técnicas y poseer la clase de conocimiento correcto. La buena enseñanza también implica el trabajo emocional. Está atravesada por el placer, la pasión, la creatividad, el desafío y la alegría. Es una vocación apasionada".

Andy Hargreaves

Existe la idea de que *el futuro está en las manos de la juventud* pero en realidad está en las manos de los adultos que formamos a la juventud, por ello los profesores, debemos ser y asumirnos como profesionales de la docencia, para lo cual se requiere:

- a. tener una formación y actualización disciplinaria, psico-pedagógica-didáctica y socio-ética-educativa permanente, planear, crear, renovar, dinamizar, implementar, evaluar [lo que se pretende que el alumno aprenda y lo que realmente aprende; las actividades y recursos (diseñados para la clase, cada intervención) y dirección del acto educativo], del contexto o situación educativa,...) para mejorar día a día nuestro quehacer académico, estar atento a las innovaciones o críticas;
- b. poseer:
 - √ vocación, interés genuino de aprender, enseñar, colaborar,... servir a los alumnos;
 - √ actitud y comportamiento consecuente con principios éticos y académicos;

para así poder generar aprendizajes de calidad, enfrentar las problemáticas y los cambios educativos que requiere la sociedad y el país. Como académicos de la sociedad del conocimiento tenemos la responsabilidad de colocar en el centro de nuestro trabajo el aprendizaje de los alumnos, su formación integral; actuar como mediadores del aprendizaje (intermediarios entre el conocimiento y el estudiante), como estrategias que proyectan, programan, preparan, monitorean, asesoran, retroalimentan, usan la evaluación de los alumnos como forma de enseñanza (no de represión o señalización), distinguen la diversidad de conductas, sentimientos, estilos de aprendizaje, necesidades, problemáticas y encuentran en cada alumno y clase la oportunidad de aprender y crecer.

En la actualidad los requerimientos educativos y sociales han cambiado, el bagaje de conocimientos es tan amplio que no es posible saturar a los alumnos de contenidos conceptuales, es indispensable dotarlos de capacidades, valores y metodologías que les permitan tener acceso a la información y aprender con autonomía, por tanto las formas de enseñanza deben cambiar. De ahí que la secuencia didáctica se elaboró bajo el paradigma de la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar y el aprendizaje en ambiente colaborativo, porque a juicio de quien suscribe, cumple con las expectativas educativas del Modelo Educativo del CCH y de la actual sociedad del conocimiento. Además es una alternativa novedosa que puede incorporarse al estilo docente de los profesores como una manera de refrescar su docencia y de contribuir a su formación, actualización.

Recomendaciones a la Institución Educativa

Formar de manera integral recursos humanos acorde con las necesidades de la sociedad, que logren dominar y poner en práctica habilidades, actitudes y valores que les permitan un desempeño pleno en el ejercicio de la docencia; con capacidad para actualizar continuamente sus conocimientos y poseedores de una formación humanista que les dé sentido a sus actos y sus compromisos con la Universidad y con la sociedad. Lo que permitirá que el profesor reconozca en la docencia de calidad su cometido y, su razón de ser y su estilo de vida.

Misión del Depto. de Formación de Profesores, DGCC-UNAM

En las revisiones curriculares:

- incorporar tópicos *“importantes, relevantes, reveladores, útiles y aplicables para permitir la supervivencia del individuo en una sociedad tecnológica compleja”*, sugerido por Newton

(2002), citado por Negrete (2012, p 20); contenidos que capaciten para manejar asuntos prácticos, cotidianos,... para la vida;

- en los programas de estudios: evitar sobrecarga de contenidos disciplinarios; explicitar los conceptos clave “básicos” de cada tema, las capacidades, habilidades, valores y actitudes que conformarán el perfil de egreso. En la asignatura de biología considerar el desarrollo de las actitudes de búsqueda y pensamiento crítico para evaluar los avances de ciencia y la tecnología;
- procurar que los eventos culturales o sociales, que la escuela organice o autoriza, no sean distractores que interfieran en el buen desempeño de los estudiantes y evitar que los profesores ejerzan presión al condicionar la calificación de sus alumnos a cambio de la asistencia o participación en dichos eventos.
- establecer un programa de profesionalización docente basado en su modelo educativo, las necesidades de los académicos, los resultados del rendimiento escolar o los obtenidos en los instrumentos diagnósticos que aplican y en las solicitudes de los profesores.

Recomendaciones para los Docentes

Docencia “... el conjunto de actividades que el profesor realiza con la finalidad de estimular en el alumno procesos cognitivos para la adquisición de conocimientos teórico-prácticos, habilidades y destrezas, y actitudes y valores que permitan el logro del perfil señalado en el Plan de Estudios del Colegio... una docencia en la que los maestros transmiten altas expectativas a sus alumnos, los motivan a seguir estudiando y a fijarse objetivos de su desempeño escolar, a mediano y largo plazo, lo cual promoverá un mejor rendimiento escolar”...; “cometido, razón de ser, estilo de vida y profesión del profesor,... sus habilidades deberán estar orientadas a contribuir a que el alumno adquiera aprendizajes significativos y pertinentes...”

Departamento de Formación de Profesores DGCCH-UNAN

Tener presente que **“las prácticas docentes del profesor en el aula son una de las causas de mayor o menor rendimiento escolar”**¹. Tenemos una gran responsabilidad, lo que modelamos y decimos marca vidas.

Incorporar la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar, el Modelo T y el aprendizaje en ambiente colaborativo como guía que oriente su práctica cotidiana, no improvisar con acciones educativas poco efectivas. Trabajar bajo dicho marco requiere de un deseo auténtico de mejorar los resultados del quehacer educativo, voluntad, paciencia, decisión, esfuerzo, perseverancia, disciplina, organización, capacitación teórico-metodológica, planeación de cada clase (y elaboración o selección de los recursos) y sobre todo de **entrenamiento** ¡No es fácil! pero ¡vale la pena el cambio por los resultados que genera! ¡Tan importante es el conocimiento como el saber que hacer con el conocimiento!

Llevar a los alumnos a disfrutar el aprendizaje de conceptos (presentarlos atractivos, amenos y divertidos), representarlos y comunicarlos de manera organizada, comprensible, confiable y memorable (Negrete, 2012), para que aprendan a construir sus esquemas mentales, su conocimiento organizado o inteligencia arquitectónica.

Encaminar las actividades de aprendizaje en el aula a enseñar a ser inteligentes, asumiendo que la inteligencia es:

¹ DGCCH. Formación de Profesores. Obtenido el 14 septiembre 2015, <http://www.cch.unam.mx/formacion/>.

- √ mejorable por medio de entrenamiento cognitivo y afectivo, con la mediación y las técnicas adecuadas;
- √ es producto del aprendizaje, del actuar individual y de la convivencia grupal –es construcción social-;
- √ es cognitiva al efectuar procesos de pensamiento para aprender; afectiva al manifestar procesos afectivos que guían el actuar y las relaciones interpersonales -de convivencia social- y arquitectónica al almacenar los contenidos y métodos de forma sistémica y sintética, en esquemas mentales -estructura mental organizada y arquitectónica-.

Relacionar la ciencia y sus conceptos con los fenómenos del mundo real; interesar, generar:

- √ conciencia de lo que es la ciencia y su relación con la sociedad;
- √ comprensión y dominio de los temas científicos (y en éste caso los biológicos);
- √ curiosidad, imaginación, emoción, entusiasmo, atención, interés, libertad de interpretación u opinión, empatía en un ambiente de valores que favorezca relaciones interpersonales sanas.

Privilegiar el aprendizaje sobre la enseñanza; la comprensión no la memoria; la creatividad en ves de la pasividad, el trabajo en equipo sobre el individual; la formación del alumno sobre la información (exposición de contenidos por el profesor), la motivación por aprender en ves de la disciplina, al ser humano no el contenido. Atender pensamiento, emoción y conducta.

Reflexión en cuanto al logro de los propósitos y objetivos del trabajo de tesis. Aportes ante la problemática detectada en la investigación diagnóstica

(Capítulo 3, numeral 3.1)

Considero que los propósitos de la investigación diagnóstica (conocer a la institución educativa, a sus profesores y alumnos, el proceso de enseñanza aprendizaje utilizado para la ingeniería genética y los factores que impiden el aprendizaje), se lograron y fueron el referente para la toma de decisiones acerca del marco teórico adecuado, la estructura de la secuencia, los 26 conceptos básicos “clave” propuestos.

Los objetivos de tesis, elaboración, implementación y evaluación de la secuencia didáctica para el aprendizaje de la Ingeniería Genética y sus aplicaciones, en el nivel medio superior y el diseño y selección de recursos didácticos e instrumentos de evaluación, dieron respuesta a la complejidad conceptual del tema, la falta de conocimientos previos, recursos y literatura científica actualizada para el nivel educativo, entre los aportes se tienen:

- √ proveyó de recursos didácticos (textos, actividades, modelos, imágenes, escenarios, videos y presentaciones PowerPoint) para el aprendizaje de los contenidos básicos y de tres rubricas, lista de control, cédula de desempeño con lista de cotejo para la evaluación del profesor, que llevaron al alumno a la reflexión (pensamiento metacognitivo) sobre su desempeño personal *autoevaluación* (autocrítica sobre la calidad de sus productos, aprendizajes y actitudes), del desempeño colectivo *coevaluación* y de la apreciación del profesor *heteroevaluación*. Los indicadores explicitaron al alumnos las habilidades, valores, actitudes y conductas observables esperadas y las características de los productos;
- √ dio prioridad al aprendizaje más que a la enseñanza, las actividades se diseñaron para que los alumnos participaran activamente en la construcción y reconstrucción de su aprendizaje, vinculó el tema con la realidad del alumno para despertar su interés por estudiarlo y mejoró el aprendizaje de la Ingeniería genética. La aprobación y el rendimiento académico se incremento en dos puntos, al compararlo con el rendimiento obtenido en el grupo al que no se le aplicó la secuencia didáctica;
- √ fomentó una actitud reflexiva y ética ante el avance de la ingeniería genética y sus aplicaciones, al percibir tanto sus utilidades en la mejora de la calidad de vida como las consecuencias negativas de su desarrollo;

- √ creó las condiciones para que los estudiantes vivieran el trabajo en equipo colaborativo como alternativa para mejorar su desempeño, aprendizaje y vivenciaran la importancia de:
 - estar dispuestos a colaborar, a ser perseverantes, asumir objetivos comunes, a pensar en grupo, compartir ideas, conocimientos o recursos, esforzarse para aprender y enseñar lo que saben, cumplir con calidad los compromisos y las tareas asignadas para alcanzar el aprendizaje y el éxito del equipo, (*interdependencia positiva*);
 - mejorar sus actitudes en pro de un ambiente de convivencia armónica, solidaria, de bienestar y apoyo emocional para fortalecer sus relaciones interpersonales socioafectivas, sentido de pertenencia, comunicación, confianza, autoestima y autoconcepto, al realizar las actividades de indagación colectiva, construcción progresiva de apuntes, enseñanza recíproca, -leer y explicar en pares-, etc., incidiendo directamente en los alumnos introvertidos, distraídos o de bajo rendimiento, al hacerles saber que su aporte es valioso y necesario para el éxito del equipo. (*Interacción cara a cara y responsabilidad individual*).
 - incorporar la cultura de la evaluación no sólo del desempeño individual y del compañero sino la del funcionamiento del equipo y la generación de propuestas para mejorar, (*procesamiento de grupo*).

En cuanto a la **mejora del proceso de enseñanza aprendizaje** y la **formación y actualización del profesor**. La secuencia didáctica, al estar enmarcada en la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar², en el Modelo T³ y en el aprendizaje en ambiente colaborativo⁴:

- √ mostró ser una **propuesta de aprendizaje enseñanza** adecuada para lograr el aprendizaje de la ingeniería genética y la formación integral perfilada las orientaciones del Modelo Educativo del CCH “*aprender a aprender*”⁵, “*aprender a hacer*”⁶, “*aprender a ser y a convivir*”⁷, no concretadas en su totalidad (problemática descrita en el capítulo 1, numeral 1. 1. 3. Rendimiento Académico);
- √ proporcionó el sustento teórico básico, que a juicio de quien escribe y bajo la supervisión del especialista en el tema Dr. Ramón Moreno Torres, debe poseer el docente para la enseñanza del tema en el nivel medio y para normar el diseño de la secuencia, (marco teórico disciplinario, capítulo 2).
- √ promovió la formación disciplinaria, psico-pedagógica-didáctica, socio-ética-educativa del profesor (líneas de formación de la MADEMS) y la participación consciente y constante de los alumnos en concordancia con las exigencias actuales de la educación;
- √ permitió concienciar a los profesores y alumnos de los pasos mentales (habilidades) a realizar para lograr el aprendizaje conceptual-disciplinario y el procedimental-metodológico (el aprender a aprender y a hacer) y las microactitudes (las conductas prácticas y observables que manifiestan aprender a ser y convivir), dado que se estructuró como una guía detallada,

² Las dimensiones de la inteligencia son: cognitiva (capacidades-pensamiento-conocimiento), afectiva (valor-actitud-emoción-conducta) y arquitectónica (formas aprender y almacenar el conocimiento).

³ El Modelo T, es una programación educativa que integra de forma sintética, sistemática y global los elementos básicos del currículum y que permite la aplicación, en el aula, de la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar.

⁴ Metodología que posibilita el aprendizaje mediado, socializado y compartido entre iguales, el desempeño de roles y prácticas o habilidades sociales, normadas por valores.

⁵ Implica enseñar a aprender, enseñar a pensar, a reconocer los pasos mentales que se realizan para aprender, a querer aprender y saber como hacerlo.

⁶ Saber utilizar el conocimiento, procedimientos y capacidades. Hoy ser inteligente no supone la posesión de conocimiento básico y desenvolverse con valores y habilidades sociales sino en aplicar el conocimiento, a desarrollar una actividad creadora, el saber hacer.

⁷ Ejercicio de valores para construir logros colectivos. Fomento de una cultura de agradecimiento, reconocimiento y de celebración.

- √ incorporó actividades de: a) inicio (entrada o adquisición) en las que los alumnos ubicaron el tema dentro del Programa de Estudios, los aprendizajes y conceptos básicos a abordar y reconocer conocimientos previos; b) desarrollo (elaboración-retención) que llevaron al alumno a buscar, seleccionar, organizar, analizar, interpretar, procesar sintetizar, elaborar, estructurar, transformar, comunicar (escuchar, parafrasear, explicar lo aprendido, emitir juicios, ideas o puntos de vista, producir textos -resúmenes, carteles o gráficos-) información en diferentes fuentes, reflexionar y tomar decisiones responsables a partir de ella; c) cierre (salida-transferencia de conocimiento) que favorecieron la integración y/o aplicación del conocimiento, actividades solicitadas por el Modelo Educativo del CCH.

Recomendaciones para la replica de la secuencia didáctica en ambiente colaborativo

Profesor, leer previamente cada plan de clase; tener claro cada habilidad (paso mental), actitud (conducta) a lograr (aprendizaje) en cada fase a través de qué concepto clave (contenido) y actividad (método); imaginar y preparar la distribución de aula (mobiliario, alumnos, escenarios, carteles, áreas de exposición,...) los criterios para la reagrupación de equipos, los períodos para: a) distribuir los gafetes de roles y recursos (impresos -plan de clase de alumnos, textos, libros, revistas, etc.-, sellos, de roles, señalamientos de ubicación, condecoraciones, rúbricas, marcadores,...); b) dar instrucciones (qué aprendizajes, técnicas, tareas, productos, tiempos y prácticas sociales), c) monitorear, retroalimentar, asesorar, propiciar la interdependencia positiva y el desempeño de roles, d) evaluación de calidad de productos, aplicación de sellos, cumplimiento de rol y llenado de rúbricas, e) agradecer, felicitar y celebrar. Indicar y controlar el tiempo de cada fase. Pensar con antelación los posibles ajustes a la organización de la intervención didáctica (tipo de equipo) dependiendo de la técnica, el número de equipos e de integrantes, número de alumnos que asisten y los que llegan tarde, necesidades académicas de cada grupo. Considerar que es una metodología de trabajo nueva por lo que es posible, que como profesor novato, requiera más de tiempo del señalado en la secuencia u omite algo, no se desanime, persista y podrá con el desafío.

Opinión de los alumnos sobre la secuencia didáctica y metodología de trabajo

Los alumnos manifestaron agrado por:

- √ la metodología de trabajo en equipos colaborativos (al sentirse importantes, necesarios y en igualdad condiciones y responsabilidades al desempeñar su rol, las actividades y productos); por el contenido de los recursos empleados (videos, textos, imágenes,...) y su aprendizaje;
- √ concienciar la importancia de vivir los valores en el trabajo en el aula y en las relaciones interpersonales a través de conductas observables, el aprender a ser y a convivir;
- √ comprender los pasos mentales y manuales que dan al realizar una tarea académica;
- √ participar en la evaluación de su desempeño, el de sus compañeros, del profesor; al proponer acciones para mejorar de forma individual y como integrante de equipo; al evidenciar satisfacción por sus logros y agradecimiento a los demás por sus aportes.

Problemática durante el desarrollo del trabajo de tesis e implementación de la secuencia

La época en que se llevó a cabo investigación diagnóstica coincidió con la aplicación de pruebas para obtener la definitividad en el CCH, hecho que provocó que los profesores interinos en activo y que imparten biología, no estuvieran en sus salones o no quisieran participar.

Resistencia de los profesores a que sus grupos participaran y fueran evaluados, para medir el nivel de aprendizaje adquirido, pues consideran que es una forma de evidenciar la calidad de su labor.

Se requirieron más de las 12 horas programadas para la aplicación y evaluación de la secuencia (dos horas para la introducción al aprendizaje en ambiente colaborativo, dos para cada uno de los 4 subtemas y dos para la aplicación del pretest y postest), por lo cual se dejaron algunas actividades extraclase. Entre las razones están: el haber invertido tiempo a explicar la nueva

metodología de trabajo; el diferente nivel académico, ritmo o estilo de aprendizaje de los estudiantes; los ajustes y reestructuración de equipos (cuando el número de alumnos fue diferente al pronosticado -por faltas o retardos-). El tema de Ingeniería genética es el último del programa de estudio, coincide con el fin del semestre (por ende el cierre de todas las asignaturas) y la proximidad del periodo vacacional y fiestas decembrinas, hecho que disminuye la atención de los alumnos en la realización de las actividades extraescolares, no así en las realizadas en clase donde mostraron disposición, entusiasmo e interés.

Falta de entrenamiento y práctica para operar el aprendizaje en ambiente colaborativo, en calcular los tiempos que requieren los alumnos para desarrollar las actividades y construir su aprendizaje. La propuesta pedagógica implicó un cambio radical a lo que había vivido como alumna y docente.

Descontento inicial, por parte de los alumnos, al enterarse que se trabajaría la secuencia didáctica en equipo pues tienen la experiencia de que algunos cumplen y otros no, además han sido formados en el individualismo, en la escuela meritosa que obliga a contender contra otros para lograr lugares de honor, no están habituados a compartir recursos ni conocimientos. Sin embargo, después de vivir las actividades de trabajo en equipo colaborativo su actitud cambio.

Dificultad de concentración y comprensión de lectura de algunos alumnos al trabajar en equipo (al estar acostumbrados a hacerlo solos) y a organizar su trabajo en función del tiempo.

Perspectiva de desarrollo futuro. ¿Qué sigue?

Elaborar, implementar, evaluar, ajustar, el plan de clase y los recursos de cada unidad, tema, sesión de mis cursos, enmarcadas en la Teoría tridimensional de la Inteligencia escolar, el Modelo T y el aprendizaje ambiente colaborativo (la práctica hace al maestro y de cada error se aprende), con la confianza de que de esta manera mi ejercicio profesional será eficaz y coadyuvará a la formación integral de los estudiantes y la asimilación de aprendizajes significativos de calidad. Lo anterior en aras de avivar, renovar, mi labor, además incorporaré como recursos didácticos y como productos (formas de almacenar el conocimiento) otros medios culturales o de comunicación del conocimiento⁸ (cuento, analogía, metáfora, cine, historieta ilustrada, teatro, noticias, imaginaria⁹, música,... además de la ironía, rima, ritmo, acción, ficción, factor sorpresa,...). La profesora expositora dará paso a la mediadora, la centrada en la enseñanza dará paso a la centrada en el aprendizaje. Mantener mi formación a la vanguardia de las necesidades de la educación.

Compartir conocimientos con los profesores (de forma directa, modelando clase o a través de impartir cursos) con el fin de formar docentes de alto nivel académico que utilicen la Teoría Tridimensional de la Inteligencia Escolar, el Modelo T y el aprendizaje en ambiente colaborativo como sustento de su quehacer y; a manera de entrenamiento, sugerir que realicen sus planes de clase bajo el marco teórico propuesto), practiquen, apliquen y evalúen. Será un proceso lento y laborioso pero, una vez que lo experimenten, tengo la certeza que de que lo adoptaran.

Para finalizar, dados los aportes ofrecidos con el trabajo de tesis, puedo concluir que la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS) creada para formar profesionales en docencia que incrementen la calidad de los aprendizajes y el rendimiento académico de los alumnos de educación media superior está logrando su cometido.

⁸ Formas de representación en la literatura científica que he usado empíricamente en el salón de clase (como herramientas alternativas de enseñanza) para explicar conceptos o teorías científicas y que Negrete (2012) explora, analiza y presenta como formas atractivas, fidedignas, confiables y eficaces de recrear, representar, modelar, aprender, almacenar, recordar, transmitir y comunicar la ciencia –la información científica-, en su libro La divulgación de la ciencia a través de formas narrativas. Formas que incitan la emoción como un modo de enfocar la atención, extender la memoria y su recuperación, son comprensibles, placenteras y memorables.

⁹ Recurso de la narrativa que consiste en la construcción de una imagen visual a partir de una descripción o de las emociones evocadas por la historia-relato; es una forma importante de estimular la imaginación en el proceso de la educación (Negrete, 2012).

ANEXOS

"No es mejor maestro el que sabe más, sino el que mejor enseña".
Vanceli

*"Sólo hay un bien: el conocimiento.
Sólo hay un mal: la ignorancia".*

"Sólo es útil el conocimiento que nos hace mejores".

Sócrates de Atenas

De la Investigación Educativa Diagnóstica

"Educar es una tarea exigente y ardua. Exige paciencia, observación y creatividad; pero sobre todo amor, es decir, saber que el otro tiene un bien que tu tienes que ayudar a descubrir y hacer crecer".

Santiago Arellano

"Educar no es dar carrera para vivir, sino temprar el alma para las dificultades de la vida".

Pitágoras

Anexo A. Investigación Educativa Diagnostica. “Instrumento para el Profesor”

Profesor. El presente cuestionario es parte de una investigación que pretende conocer algunas variables sociodemográficas del personal docente del CCH, necesidades, sugerencias y opiniones. La información, que usted tenga a bien proporcionar, será considerada para elaborar **material de didáctico, que incida en el aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones.** La información que proporciones es confidencial.

VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS

1. Sexo

- Femenino ()
- Masculino ()

2. Edad

- Menos de 30 años ()
- Más de 30 años ()

3. Presencia y edad de los hijos en años.

Sin hijos ()

0 a 13 () 14 a 19 () 19 o más ()

4. Grado académico, máximo.

Licenciatura () _____

Maestría () _____

Doctorado () _____

5. Antigüedad docente, en el CCH

- Menos de 5 años ()
- 5 a 10 años ()
- 10 a 20 años ()
- 20 a 30 años ()
- Más de 30 años ()

6. Número de asignaturas impartidas, en el semestre lectivo, en el CCH

Una () Dos () Más ()

7. Carga horaria (número de grupos)

- De 4 a 10 horas por semana (1 a 2 grupos) ()
- De 11 a 20 horas por semana (3 a 4 grupos) ()
- De 21 a 30 horas por semana (5 a 7 grupos) ()

8. Turno

- Matutino ()
- Vespertino ()
- Mixto ()

9. Trabajo alternativo, (Si) (No)

¿Cuántas horas? _____

Si es en docencia ¿Qué asignatura(s) imparte?

10. ¿Actualmente se siente satisfecho, profesionalmente, al ser docente?

Si () No () ¿Por qué? _____

OPINIONES SOBRE LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA INGENIERÍA GENÉTICA Y SUS APLICACIONES

11. ¿Considera **relevante**, para la **formación básica** del estudiante del Bachillerato del CCH, el tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** (curso de Biología I, 3ª unidad, tema II)?

Si () No () ¿Por qué? _____

12. ¿Juzga que el **tiempo** indicado en el programa de estudios, para el **aprendizaje** del tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** (aproximadamente 12.5 horas), es suficiente?

Si () No () ¿Por qué? _____

13. ¿Estima que el **momento** en que se imparte el tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** dentro de la **estructura curricular** (Biología I en 3er semestre) es el adecuado?

Si () No () ¿Por qué? _____

14. ¿Encuentra que el **momento** en que se imparte el tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** dentro de la **estructura del curso** (3ª unidad, tema II -último tema del curso-) es el adecuado?

Si () No () ¿Por qué? _____

15. ¿Qué hacer para **lograr que el alumno**, en su autonomía de aprendizaje, **construya con interés los aprendizajes** de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones**?

16. Con base en su experiencia ¿qué sugiere para lograr los aprendizajes del tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones**? _____

17. De acuerdo a su experiencia considera que el **tema de Ingeniería Genética** -tecnología del ADN recombinante, organismos transgénicos, terapia génica, proyecto genoma humano, clonación-

¿Resulta de **interés para los alumnos**? Si () No () ¿Por qué? _____

18. ¿A qué **problemática** se ha enfrentado durante el proceso de **enseñanza aprendizaje** de la temática? _____

19. ¿Qué **posiciones ideológicas** ha identificado, **en los alumnos**, a favor o en contra de las **Aportaciones de la Ingeniería Genética**? _____

20. ¿Qué **recursos didácticos** (libros, estrategias, manuales,...) que la **institución** ha elaborado para apoyar el aprendizaje de la temática **conoce**? _____

¿Cuál(es) **emplea**? _____

21. ¿Qué **factores** conoce que inciden en el **rendimiento académico** de los estudiantes para abordar este tema? _____

22. ¿Qué **estrategias de enseñanza y aprendizaje** implementa para el **logro de los aprendizajes**, de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones**, en respuesta al **tiempo real** que destina al tema?

- | | | | |
|-----------------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| a) El alumno: investiga y expone | Si () No () | investiga y hace informe | Si () No () |
| b) El profesor: expone | Si () No () | organiza juegos | Si () No () |
| utiliza cuestionarios | Si () No () | da el tema por visto | Si () No () |

Otro(s) _____

¿Qué **recursos** emplea? _____

¿Cómo **evalúa**? _____

23. ¿Considera que los **alumnos cuentan** con el **sustento teórico** para comprender el tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** y alcanzar los aprendizajes indicados en el programa de Biología I?

Si () No () ¿Por qué? _____

Los **aprendizajes** indicados para el **tema II, La Ingeniería Genética y sus Aplicaciones**, en el programa de estudios de Biología I, son:

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.
- √ 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** y aplica habilidades, actitudes y valores para comunicar de forma oral y escrita la información derivada de las actividades realizadas.

24. Cite, hasta 5, conceptos clave relacionados a los siguientes **contenidos temáticos**:

Ingeniería Genética _____

Tecnología del DNA recombinante _____

Organismos transgénicos _____

Terapia génica _____

Proyecto del Genoma Humano _____

Clonación _____

13. ¿Considera necesaria la **implementación de cursos** de formación para los docentes de reciente ingreso o de actualización para los de mayor experiencia, sobre la temática?

Si () No () ¿Cuál(es)? _____

¡GRACIAS!

OBJETIVO DE CADA PREGUNTA (REACTIVO)

*“El hombre que hace que las cosas difíciles parezcan fáciles,
es el educador”.*

Ralph Waldo Emerson

1. Sexo

Caracterizar a la planta docente del Plantel Azcapotzalco que imparte la materia de Biología, en relación al compromiso para cubrir el programa de estudios, los estilos de enseñanza, la afinidad por el tema y su accesibilidad para participar.

2. Edad

Caracterizar a los profesores en relación a su edad, dominio disciplinario y accesibilidad para contestar el cuestionario. La Ingeniería genética empieza a tener impacto social a fines de los 80s del siglo XX, por lo que se considera que los profesores jóvenes, menores de 30, tienen mayor oportunidad de conocer y manejar el tema, ya que ésta es parte de los contenidos académicos en la currícula de las carreras de ciencias biológicas y de la salud. Los profesores mayores de 40 es probable que demanden cursos de formación o actualización dada la complejidad del tema y de su espectacular avance.

3. Presencia y edad de los hijos

Conocer si la presencia de hijos genera mayor motivación y compromiso para desarrollar con profesionalismo la labor docente, por la conciencia de educar adecuadamente a las nuevas generaciones y con mayor ahínco si los hijos son adolescentes en la edad de cursar el bachillerato, aunque esto no sería particular de la temática sino de todo curso.

4. Grado académico

Descubrir si el grado académico, en particular el postgrado, incide en el proceso de enseñanza y aprendizaje del tema o en la forma de cubrir el programa. Además detectar necesidades de formación o actualización sobre el tema y la accesibilidad para contestar el cuestionario.

5. Antigüedad docente en el CCH

Considerar las sugerencias creativas y novedosas de los profesores de reciente ingreso como, las de los profesores de mayor experiencia para lograr el aprendizaje de la ingeniería genética. Reforzamiento a la pregunta 2.

6. Número de asignaturas impartidas en el semestre lectivo, en el CCH

Conocer el número de asignaturas que atienden los profesores que imparten Biología I y su repercusión en la calidad en la preparación del tema y con ello la calidad a las respuestas del cuestionario.

7. Carga horaria / # número de grupos

Conocer si el número de horas frente a grupo repercute en la calidad en la preparación del tema y con ello la calidad a las respuestas del cuestionario.

8. Turno

a) conocer las estrategias de enseñanza y aprendizaje empleadas por los profesores de cada turno matutino y vespertino para lograr el interés y el aprendizaje del tema, dadas las necesidades y diferencias académicas entre alumnos

b) conocer su opinión (preconcepciones) sobre el sustento teórico que poseen los alumnos.

9. **Trabajo –alternativo.** ¿Cuántas horas? Si es en docencia ¿Qué asignatura(s)?

Se postula que el profesor que tiene un trabajo alternativo, toma a la docencia con menor interés y por ello se espera menor calidad en sus sugerencias y respuestas.

10. **¿Actualmente se siente satisfecho, profesionalmente, al ser docente?**

Saber el grado de motivación del profesor hacia la docencia, se espera verla reflejada en las sugerencias y en los aportes en sus respuestas. Si una acción causa satisfacción se realiza con mayor eficacia. Además, reconocer problemáticas que obstaculicen su desempeño frente a grupo.

11. ¿Considera **relevante**, para la **formación básica** del estudiante del Bachillerato del CCH, el tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** (curso de Biología I, 3ª unidad, tema II)?

Reflejará el **conocimiento** que el profesor posee, la **relevancia** que le asigna y las preconcepciones que posee al tema en relación a la **relevancia** para ser parte de la formación básica del alumno, que corresponderá (correlacionará) con el **tiempo** que le asigna al tema dentro del curso.

12. ¿Juzga que el **tiempo** indicado en el programa de estudios, para el **aprendizaje** del tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** (aproximadamente 12.5 horas), es suficiente?

Reflejará la percepción que tiene el profesor sobre la pertinencia del tiempo asignado en el programa para el logro de los aprendizajes indicativos y sobre el tiempo real que le asignan.

Conocer el nivel de profundidad con que se deben abordar el tema, la cantidad y estructura de los contenidos, su conocimiento y relevancia que le otorgue al tema, reforzará la pregunta 13 “relevancia del tema en la formación básica”.

13. ¿Estima que el **momento** en que se imparte el tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** dentro de la **estructura curricular** (Biología I en 3^{er} semestre) es el adecuado?

Conocer si el profesor está de acuerdo con la **lógica de la materia**, en su pertinencia para dotar a los alumnos de los **conocimientos previos** para el aprendizaje del tema.

14. ¿Encuentra que el **momento** en que se imparte el tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones** dentro de la **estructura del curso** (3ª unidad, tema II -último tema del curso-) es el adecuado?

Conocer si el profesor está de acuerdo con la **lógica del curso**

15. ¿Qué hacer para **lograr que el alumno**, en su autonomía de aprendizaje, **construya con interés los aprendizajes** de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones**?

Conocer si los profesores promueven los éxitos que generan bienestar en la vida gracias a la ingeniería genética y la manera en que motivan a los alumnos hacia el tema.

16. En base a su **experiencia** ¿qué **sugiere** para **lograr el aprendizaje** del tema de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones**?

Conocer las **estrategias** de **enseñanza** y de **aprendizaje** que utilizan los profesores para el tema

17. De acuerdo a su experiencia considera que el **tema de Ingeniería Genética** -tecnología del ADN recombinante, organismos transgénicos, terapia génica, proyecto genoma humano, clonación-. ¿Resulta de **interés para los alumnos**?
Conocer si los profesores toman en cuenta las **opiniones e intereses de los alumnos**
18. ¿A qué **problemática** se ha enfrentado durante el proceso de **enseñanza aprendizaje** del tema?
Detectar **necesidades disciplinarias**.
19. ¿Qué **posiciones ideológicas** ha identificado, **en los alumnos**, a favor o en contra de las **Aportaciones de la Ingeniería Genética**?
Detectar preconcepciones o prejuicios en los alumnos que favorecen o impiden su aprendizaje.
20. ¿Qué **recursos didácticos** (libros, estrategias, manuales,...) que la **institución** ha elaborado para apoyar el aprendizaje de la temática **conoce**? ¿Cuál(es) **emplea**?
Conocer la producción de la institución (en particular de la dependencia), su calidad, actualidad y pertinencia así como la disponibilidad y difusión hacia los profesores y alumnos.
21. ¿Qué **factores** conoce que inciden en el **rendimiento académico** de los estudiantes para abordar este tema?
Conocer las **preconcepciones**, que los **docentes** tienen, sobre los **factores** que inciden en el **rendimiento académico** de los estudiantes.
22. ¿Qué **estrategias de enseñanza y aprendizaje** implementa para el **logro de los aprendizajes**, de la **Ingeniería Genética y sus Aplicaciones**, en respuesta al **tiempo real** que destina al tema?
Conocer las **estrategias de enseñanzas, aprendizaje y evaluación** que utiliza el profesor en el tema; refuerza la pregunta 17.
23. ¿Considera que los **alumnos cuentan** con el **sustento teórico** para comprender el tema de ingeniería genética y alcanzar los aprendizajes indicados en el programa de Biología I?
Se espera una respuesta afirmativa de los docentes puesto que el tema permite la integración y aplicación de los contenidos desarrollados a lo largo del curso.
24. **Cite hasta 5 conceptos clave relacionados a los siguientes contenidos temáticos: Tecnología del DNA, Organismos transgénicos, Terapia génica, Proyecto del Genoma Humano, Clonación.**
- a) Detectar Nivel de profundidad con que abordan el tema, a través de los conceptos clave.
 - b) Conocer los conceptos clave que los profesores consideran que los alumnos deben comprender para dar por alcanzado el aprendizaje indicativo.
 - c) Incorporar los conceptos clave, de mayor coincidencia entre profesores, en el diseño de la secuencia didáctica, motivo de esta tesis.
 - d) Reconocer necesidades de formación o actualización disciplinarias de la planta académica que imparte el tema.
25. ¿Considera necesario la **implementación de cursos** de actualización **para los docentes** sobre la temática? ¿Cuál(es)?
Detectar necesidades de formación o actualización disciplinarias de la planta académica que imparte el tema.

Anexo B. Investigación Diagnóstica Educativa “Instrumento para el Alumno”

Alumno. El presente cuestionario es parte de una investigación que pretende conocer algunas características, necesidades y opiniones de la población estudiantil del CCH. La información, recabada será considerada para elaborar **material de didáctico, que incida en el aprendizaje de la ingeniería genética y sus aplicaciones.** La información que proporcionas es confidencial.

VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS Y ACADÉMICAS

1. **Semestre** que cursas:

- Tercero ()
- Quinto ()

2. **Turno:**

- Matutino ()
- Vespertino ()

3. **Sexo:**

- Femenino ()
- Masculino ()

4. **Edad:**

- Menos de 18 años ()
- Más de 18 años ()

5. **Actividad laboral** (trabajas):

- Si () No ()

¿En qué? _____

6. **Rendimiento Académico:**

- Promedio \geq a 9 ()
- Promedio de 8.9 a 8 ()
- Promedio de 7.9 a 7 ()
- Promedio \leq a 6.9 ()

7. Número de **asignaturas reprobadas:**

- Cero (no he reprobado) ()
- Una () Dos ()
- Tres () Más ()

8. **Tiempo para el traslado a la escuela** (ida y vuelta):

- \leq a 1 hora ()
- Más de 1 hora ()

9. **¿Tienes privacidad para estudiar y realizar tus tareas, habitación personal?**

- Si ()
- No ()

10. **¿Cuentas con recursos, -computadora, Internet,...- para realizar tus tareas?**

- Si ()
- No ()

11. **¿Cuántas horas al día dedicas para realizar las actividades extraescolares?**

12. **¿Qué carrera vas a elegir?**

13. **¿Crees que tu profesor de Biología I cuenta o contó con los conocimientos para guiar tu aprendizaje sobre Ingeniería Genética y sus Aplicaciones?**

Si () No (); Explica: _____

14. **¿Con qué tipo de actividades consideras que aprendes mejor?** Enumera en orden de importancia: elije **1** para el **más** importante y el **9** para el **menos** importante.

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| () Explicación con pizarrón | () Explicación con PowerPoint |
| () Discusión de videos temáticos | () Exposición estudiantil, ampliada por el profesor |
| () Investigación previa a la clase y su empleo en el desarrollo de la clase | |
| () Actividades en equipo | () Elaborando resúmenes, cuadros sinópticos, mapas,... |
| () Resolución de cuestionarios | () Empleo de juegos y competencias |

15. **Si ya cursaste Biología I**, contesta esta pregunta: **¿Qué actividades desarrollaste para aprender el tema de Ingeniería Genética y sus Aplicaciones?**

- Investigaste y expusiste (Si) Investigaste e hiciste informe (Si) El profesor lo explicó (Si)
Se dio el tema por visto (Si) Otro: _____

16. **Tus conocimientos sobre Ingeniería Genética** (ADN recombinante, organismos transgénicos, terapia génica, proyecto genoma humano y clonación), **¿por qué medio los adquiriste?**

- Escuela () Películas comerciales () Videos científicos o documentales () Amigos/familia ()
Revistas científicas () Revistas de divulgación () Periódicos () Internet () No se del tema ()

17. **¿Qué, de lo que has aprendido sobre Ingeniería Genética, te servirá en tu vida cotidiana?** _____

18. **Anota una V si el enunciado es verdadero y una F si es falso.**

- ___ El **RNA** es la **molécula hereditaria**.
- ___ El **DNA** es la **molécula hereditaria**.
- ___ El **espermatozoide** y el **óvulo** son **moléculas hereditarias**.
- ___ Un **gen** tiene la información para elaborar una **proteína**.
- ___ La **molécula hereditaria** es el **molde** para hacer **dos iguales**.
- ___ **Recombinar** es que dos **moléculas hereditarias intercambien** segmentos.
- ___ **Recombinar** es que una **proteína** se mezcle con el **DNA** y forme el **cromosoma**.
- ___ **Recombinar** es **pegar dos genes** de **diferentes organismos**.
- ___ Al pegar dos genes de diferentes organismos se busca que uno de ellos obtenga las calidades del otro.
- ___ Al poner el **gen** para la leche materna humana en una mascota esta **será modificada** y producirá leche materna humana.
- ___ Al poner el **gen** para la leche materna humana en una mascota ésta **no será modificada** y **seguirá produciendo leche de mascota**.
- ___ Los **organismos transgénicos o genéticamente modificados** son potencialmente monstruos y no se deben producir.
- ___ Colocar un **gen adecuado o el producto del gen** para la producción de insulina en un diabético es un procedimiento de terapia génica.
- ___ Administrar **insulina de cerdo** a un diabético es un procedimiento de **terapia génica**.
- ___ Toda la **información hereditaria** de la **especie humana** se **denomina genoma humano**.
- ___ Una **persona** de la especie humana **presenta todo el genoma humano**.
- ___ El **conocimiento del genoma** de una persona permite **predecir** susceptibilidad a enfermedades que se presentarán en esa persona.
- ___ El conocer que una persona se podría enfermar en el futuro evitaría que le **vendieran un seguro** de vida o el precio sería mayor al de la generalidad.
- ___ Un clon de Mahatma Gandhi sería una persona idéntica a él y educado en México pensaría como él pensó.
- ___ Un clon de una planta comestible permitiría conservar las propiedades nutritivas por muchas generaciones.

1. **Semestre** que cursas.
Conocer el **grado académico** de los alumnos.
2. **Turno.**
Confrontar el **rendimiento** académico en relación al **turno**.
3. **Sexo.**
Comparar el **rendimiento** académico en relación al **género**.
4. **Edad.**
Comparar el **rendimiento** académico en relación a la **edad**.
5. **Actividad laboral.**
Contrastar el **rendimiento** académico de los alumnos que trabajan con los que no trabajan y detectar posible vinculación de su trabajo con la carrera a elegir.
6. **Rendimiento Académico.**
Saber el **rendimiento** académico de la muestra.
7. **Número de asignaturas reprobadas.**
Estar al tanto de la **trayectoria** académica de los alumnos muestreados y nivel de rezago.
8. **Tiempo para el traslado a la escuela** (ida y vuelta).
Conocer si el tiempo utilizado en el traslado influye en el **rendimiento** académico.
9. **¿Tienes privacidad para estudiar y realizar tus tareas, habitación personal?**
Saber las **condiciones** de estudio que tienen los miembros de la muestra y su posible repercusión o vinculación con su **rendimiento** académico.
10. **¿Cuentas con recursos, computadora, Internet,... para realizar tus tareas?**
Estar al tanto de las **condiciones** y **recursos** para el aprendizaje y su posible repercusión o vinculación con su **rendimiento** académico.
11. **¿Cuántas horas al día dedicas para realizar las actividades extraescolares?:**
Conocer la variación en el **tiempo** destinado a las actividades escolares de la muestra y su posible repercusión o vinculación con su **rendimiento** académico.
12. **¿Qué carrera vas a elegir?**
Saber el grado de **afinidad** hacia la **disciplina** y a la temática.
13. **¿Crees que tu profesor de Biología I cuenta o contó con los conocimientos para guiar tu aprendizaje sobre Ingeniería Genética y sus Aplicaciones?**
Estar al tanto de la **percepción** de los estudiantes sobre la preparación del profesor.
14. **¿Con qué tipo de actividades consideras que aprendes mejor?** Enumera en orden de importancia: elige **1** para el **más** importante y el **9** para el **menos** importante.
Conocer las **estrategias de aprendizaje** más utilizadas por los estudiantes.
15. **Si ya cursaste Biología I, contesta esta pregunta: ¿Qué actividades desarrollaste para aprender el tema de Ingeniería genética y sus aplicaciones?**

Saber cuáles **actividades de enseñanza** emplean los profesores para la temática.

16. Tus **conocimientos** sobre **Ingeniería Genética** (ADN recombinante, organismos transgénicos, terapia génica, proyecto genoma humano y clonación), **¿por qué medio los adquiriste?**

Escuela () Películas comerciales () Vídeos científicos o documentales () Amigos/familia ()
Revistas científicas () Revistas de divulgación () Periódicos () Internet () No se del tema ()
Estar al tanto de la procedencia de sus conocimientos en el ámbito formal e informal.

17. **¿Qué, de lo que has aprendido sobre Ingeniería Genética, te servirá en tu vida?**

Conocer la **transferencia** de conocimiento a situaciones de la vida cotidiana que los estudiantes alcanzan.

18. **Anota una V si el enunciado es verdadero y una F si es falso.**

F El RNA es la **molécula hereditaria**.

V El DNA es la **molécula hereditaria**.

F El **espermatozoide** y el **óvulo** son **moléculas hereditarias**.

V Un **gen** tiene la información para elaborar una **proteína**.

V La **molécula hereditaria** es el **molde** para hacer **dos iguales**.

V **Recombinar** es que dos **moléculas hereditarias** intercambien segmentos.

F **Recombinar** es que una **proteína** se mezcle con el DNA y forme el cromosoma.

V **Recombinar** es **pegar dos genes** de diferentes organismos.

V Al pegar **dos genes** de diferentes organismos se busca que uno de ellos obtenga las calidades del otro.

V Al poner el **gen** para la leche materna humana en una mascota esta **será** modificada y producirá leche materna humana.

F Al poner el **gen** para la leche materna humana en una mascota esta **no será** modificada y **seguirá produciendo leche de mascota**.

F Los **organismos transgénicos o genéticamente modificados** son potencialmente monstruos y no se deben producir.

V Colocar un **gen adecuado o el producto del gen** para la producción de insulina en un diabético es un procedimiento de terapia génica.

F Administrar **insulina de cerdo** a un diabético es un procedimiento de **terapia génica**.

V **Toda la información hereditaria** de la especie humana **se denomina genoma humano**.

F **Una persona** de la especie humana **presenta todo el genoma humano**.

V El **conocimiento del genoma** de una persona permite **predecir** susceptibilidad a enfermedades que se presentarán en esa persona.

V El conocer que una persona se podría enfermar en el futuro evitaría que le **vendieran un seguro** de vida o el precio sería mayor al de la generalidad.

F Un **clon de Mahatma Gandhi** sería una persona idéntica a él y educado en México pensaría él como pensó.

V Un **clon** de una planta comestible permitiría conservar las propiedades nutritivas por muchas generaciones.

Reconocer conocimientos previos y valorar el **grado de comprensión de la temática** en preguntas directas.

De la Secuencia Didáctica

La Biología debe contribuir a la protección del ambiente y al desarrollo de la humanidad

Judith Elizabeth Niñez Reynoso

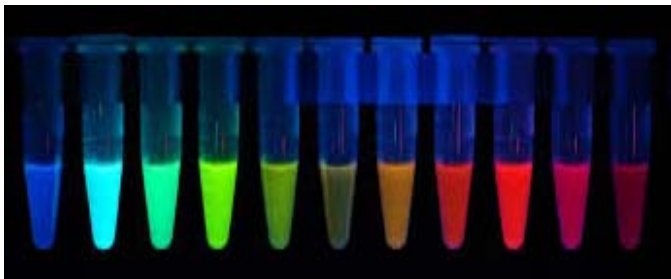
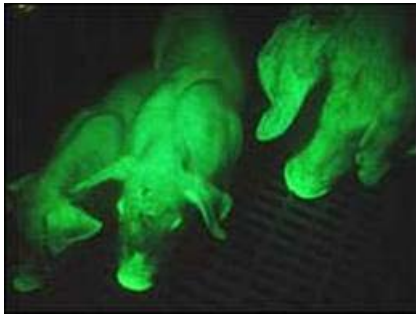
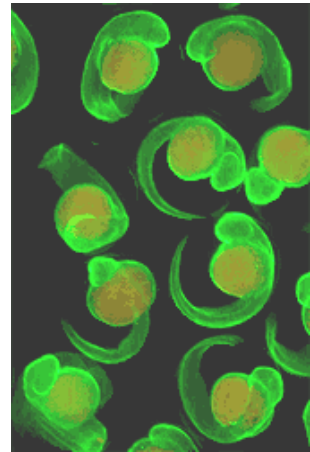
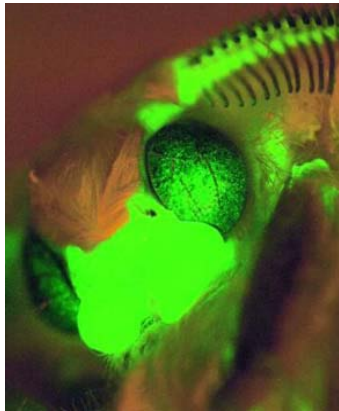
"El buen maestro hace que el mal estudiante se convierta en bueno y el bueno en superior"

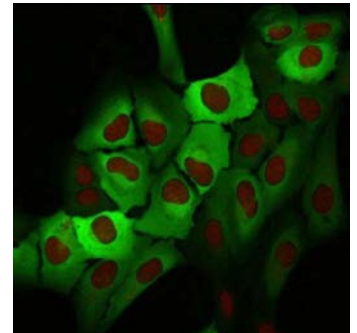
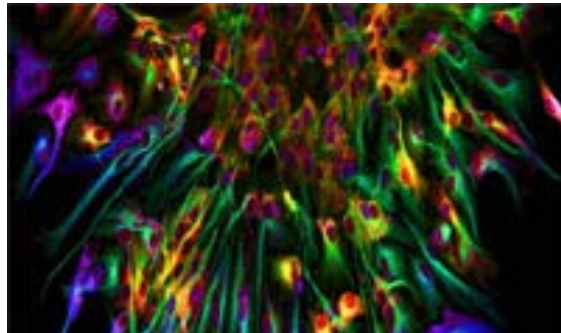
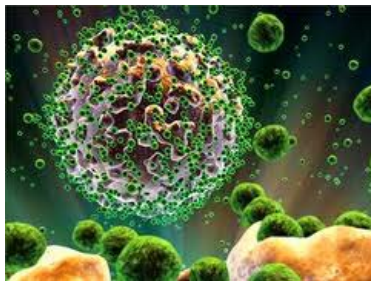
Maruja Torres

"El arte supremo del maestro es despertar el placer de la expresión creativa y el conocimiento"

Albert Einstein

ANEXO.1. ESCENARIO. ¿DIFÍCIL DE CREER! ¿QUÉ, CÓMO, CUÁNDO, PORQUÉ OCURRIÓ?





Visión panorámica

La Ingeniería Genética,... diseños a la medida

1. Cruzamiento Selectivo, Hibridación y Endogamia.
2. La Ingeniería Genética.
3. Tecnología del ADN recombinante.

Aprendizaje. El alumno: *describe* la **tecnología del DNA recombinante** y sus aplicaciones.

Conceptos clave o básicos

- Célula u organismo receptor
- Biotecnología
- DNA de interés
- DNA recombinante
- Enzima de restricción
- Enzima ligasa
- Extremo cohesivo
- Extremo romo
- Ingeniería genética
- Organismo transgénico
- Plásmido
- Secuencia palíndrica (palíndromo)
- Secuencia o sitio de reconocimiento
- Sitio de corte
- Terapia génica
- Vector



¡HECHOS BIOLÓGICOS!

*El cruzamiento selectivo se usa para producir organismos con rasgos "valiosos, útiles, estéticos,... o deseados" por transferencia genética de **padres a hijos** "herencia".*

*La **ingeniería genética** manipula el DNA para transferir genes de una especie a otra especie y así producir nuevos organismos, los llamados "transgénicos", con los rasgos útiles agregados o introducir genes funcionales en organismos que los tienen dañados, mutados, tratamiento médico llamado "terapia genética".*



La reproducción entre **especies diferentes**, pero con información genética compatible, puede ocurrir de forma **inducida** o en **cautiverio**.

Un ejemplo de estos **híbridos** es el ligre producto del cruce entre león y tigresa o el tiglón resultado de la cruce entre león hembra y tigre macho. Los híbridos son **infértiles**.

1. CRUZAMIENTO SELECTIVO, HIBRIDACIÓN Y ENDOGAMIA

Algunos agricultores, jardineros, criadores de animales, coleccionistas e investigadores, seleccionan organismos con rasgos "valiosos", con el fin de cruzarlos y obtener descendientes **híbridos**, con las calidades deseadas de ambos padres, por **transferencia genética** o **herencia** de **padres a hijos**, práctica llamada **cruzamiento selectivo** o selección artificial.

Se busca que el híbrido posea alguna ventaja competitiva, por ejemplo, en plantas, que produzcan mejores cosechas, sean más nutritivas y duren más tiempo, resistan enfermedades, plagas, heladas, sequías, pH de suelo



Vacas Azul Belga cruza selectiva entre organismos con mayor masa muscular

extremo, crezcan más y en menor tiempo, etc. En animales, que los híbridos produzcan más descendencia, sean muy veloces o estéticos, mayor talla y rendimiento, sus productos (carne, leche, grasa, piel,...) con mayor calidad, entre otros.

DESVENTAJAS DE LA CRUZA SELECTIVA

Los descendientes no siempre heredan las cualidades esperadas y es un proceso muy lento y costoso. Una vez que el criador obtiene los híbridos deseados favorece el **apareamiento** entre ellos (o la **autofecundación** en plantas) para asegurar que los rasgos útiles se sigan heredando, proceso llamado **endogamia**. La endogamia mantiene el rasgo deseado (líneas puras) pero aumenta la incidencia de anomalías debidas a la homocigosis recesiva de genes deletéreos, lo que disminuye su capacidad de supervivencia, reproducción, rendimiento, vigor o valor económico.

2. LA INGENIERÍA GENÉTICA

Para superar las desventajas de las cruza selectivas los científicos han logrado **manipular el DNA**, transfiriendo **genes "valiosos"** de una especie a otra, posibilitando la creación de nuevas especies los **organismos transgénicos**, la corrección de defectos genéticos **terapia genética** y la fabricación de numerosos **compuestos químicos** en grandes cantidades y a menor costo.



En 1986 se introdujo, en los cromosomas de una planta de **tabaco**, el **gen** de la **luciérnaga** (insecto coleóptero) quien produce la **proteína luciferina** que emite **luz** cuando es oxidada por la **enzima luciferasa**, en presencia de oxígeno y ATP. Cuando el gen se expresó la planta se iluminó. En 1988 Martín Chalfie, introdujo el gen que codifica para la **proteína verde fluorescente GFP**, que es producida por la **medusa *Aequorea victoria***, en el ADN del **nematodo "gusano transparente" *Caenorhabditis elegans***, de esta forma sus células presentaron bioluminiscencia¹ emitían luz en la zona verde del espectro visible, ¡sin causarle daño! A partir de entonces el gen de la GFP se ha usado como marcador² genético celular, para facilitar el estudio de la función de las células, en especial durante el desarrollo embrionario o de enfermedades. El gen de la GFP se ha insertado y expresado con éxito en el genoma de peces, anfibios y mamíferos.

Las técnicas de biología molecular que permiten estudiar y **manipular el DNA** de las especies, y cambiar sus características genéticas, al identificar, cortar, mezclar, eliminar, copiar, inhibir, expresar³ (o sobreexpresar) y transferir genes entre organismos se llama **ingeniería genética**⁴. Estas técnicas permiten:

- aislar, cortar, mezclar, unir, inhibir y expresar DNA, la tecnología del **DNA recombinante**;
- introducir, el **DNA recombinante** (o de cualquier otro tipo) en una célula u organismo **receptor** (hospedero o huésped) o en un **vector** (o vehículo genético transportador);
- reconocer y separar fragmentos de DNA de acuerdo a su tamaño, es la **técnica de electroforesis en gel (huella genética** o prueba de ADN). Esta técnica que puede ser usada empleada para identificar organismos o especies;
- copiar **DNA** recombinante (o cualquier otro tipo de DNA obtenido de alguna pequeña muestra de saliva, sangre, esperma, tejido, hilo dental,...), en grandes cantidades y en poco tiempo, es el caso de la **Reacción en Cadena de la Polimerasa, PCR**;
- secuenciar **DNA**, la técnica permite saber el orden y la cantidad de los nucleótidos en las cadenas → **secuenciación**.

3. TECNOLOGÍA DEL DNA RECOMBINANTE o TRANSGÉNESIS

¹ Bioluminiscencia, producción y emisión de luz por los organismos vivos como carnada, defensa, atrayente.

² Un marcador es un gen que se detecta con facilidad.

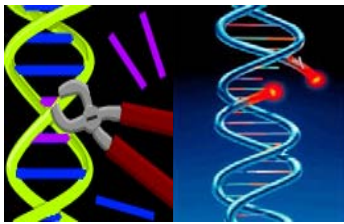
³ Un gen se expresa cuando produce la proteína (o el RNA) para la cual codifica.

⁴ La ingeniería genética implica el uso ingenioso, conciente y dirigido de genes o DNA de interés (material hereditario para beneficio humano) de los que se sabe cuales son sus productos.

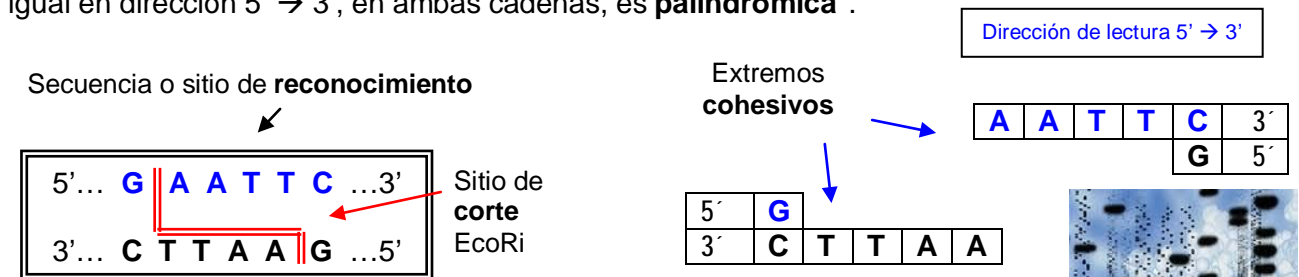
Cuando un ingeniero diseña un puente sabe cuál será su función, cómo y con qué lo hará. El biólogo molecular (ingeniero genético) también conoce las **características** que quiere que posea el organismo por diseñar, **qué genes** debe usar y mezclar, de **qué organismo(s)** los obtendrá y a qué organismo le pondrá esos genes para que expresen la o las cualidades “deseadas”, **qué tecnología** usará, es decir, cómo lo hará.

La tecnología del DNA recombinante ha mezclado DNA que sería imposible que se combinara en forma natural, por ejemplo ha unido genes humanos con genes bacterianos, genes de plantas con genes de animales, genes de bacterias con los de planta, genes de animal y de manzano, etc. El DNA construido con genes de diferentes organismos se llama **DNA recombinante** o **híbrido**. Su elaboración fue posible gracias al conocimiento de la **estructura del DNA**, a la **capacidad de apareamiento** de las **bases complementarias** que lo forman ($A=T$ y $C \equiv G$), al descubrimiento de las **enzimas de restricción** (también llamadas endonucleasas de restricción o restrictasas), que cortan (degradan) las cadenas del DNA y de las **enzimas ligasas** que lo unen (reparan).

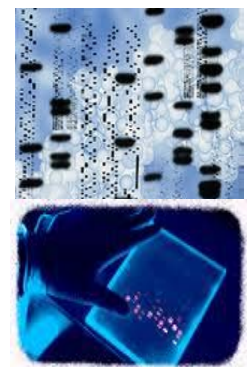
Las enzimas de restricción⁵ son defensas contra el ataque de los virus, que algunas bacterias poseen. Estas enzimas reconocen secuencias específicas de DNA, frecuentemente de 4 a 6 pares de bases de longitud, llamadas **secuencias o sitios de reconocimiento**. En cuanto entra a la bacteria el DNA viral las endonucleasas de restricción se adhieren él y lo rompen en fragmentos no infectantes de diferente tamaño. Las bacterias agregan a las secuencias de reconocimiento de su DNA grupos metilos para “enmascararlas” y protegerlas de sus enzimas de restricción.



Se han aislado cientos de enzimas de restricción y son utilizadas como reactivos bioquímicos para cortar el DNA en el laboratorio. Cada una es capaz de cortar el DNA en un lugar específico “**sitio de corte o restricción**”. Por ejemplo la endonucleasa EcoRI⁶ corta entre la G y A sólo donde encuentra la **secuencia de reconocimiento** **G A A T T C** (apareada en la doble hélice de DNA). Nótese que la secuencia se lee igual en dirección 5' → 3', en ambas cadenas, es **palindrómica**⁷.



Los extremos de los fragmentos cortados con EcoRI se llaman **extremos cohesivos**, pegajosos o escalonados porque pueden **empalmarse** (aparearse) a otros fragmentos de DNA con extremos cohesivos **complementarios**, del mismo o diferente organismo para posteriormente ser unidos por las **enzimas ligasas**⁸ y formar **DNA recombinante**. Existen endonucleasas que cortan las cadenas formando **extremos romos** (rectos) que también pueden unir las ligasas.



Las secuencias de reconocimiento en el DNA no se encuentran a intervalos regulares, en todos los organismos, por lo que los **fragmentos** resultantes del corte con enzimas de restricción son de

⁵ Se les llamó de restricción a estas proteínas por su poder de restringir o evitar la invasión de DNA viral.

⁶ EcoRI significa restrictasa de *Escherichia coli* tipo 1, se llama así por haber sido aislada de una cepa de bacterias *E. coli*.

⁷ *Palíndromo* (gr.), número, palabra o frase, que se lee igual de derecha a izquierda o de izquierda a derecha, ejemplos: 1881, anilina, madam, dábale arroz a la zorra el abad.

⁸ La enzima ligasa es la misma que une fragmentos de Okazaki durante la replicación del DNA.

diferente tamaño. Los fragmentos se separan a través de la **electroforesis en gel**, para lo cual se coloca la mezcla de fragmentos en el extremo de un gel y se aplica un campo eléctrico. El DNA, con carga negativa, se desplaza al polo positivo del campo, los fragmentos pequeños se mueven más rápido.

Cuando se interrumpe la energía eléctrica se pueden observar y aislar los fragmentos ya separados. Se visualizan al teñirlos previamente con algún colorante fluorescente. Bajo luz ultravioleta se ven como barras o manchas en el gel. El patrón creado (huella genética), en base al tamaño de los fragmentos, es único para cada individuo por lo que la electroforesis se usa en la ciencia forense (criminalística) para probar la inocencia o culpabilidad de sospechosos y reconocer cadáveres. También se usa para identificar especies biológicas; en pruebas de paternidad, etc. En el caso del **diseño de organismos** transgénicos se emplea para identificar y aislar los fragmentos de **DNA de interés** que se unirán a otros y con el **DNA vector** formando así **DNA recombinante**.

Las bacterias cuentan con un **cromosoma circular (DNA cromosómico)** que contiene la información necesaria para su supervivencia y reproducción. Además pueden contener **plásmidos** o pequeños fragmentos de **(DNA extracromosómico)** que contienen genes que les confieren **propiedades adicionales** y **benéficas** a las bacterias que los poseen, es el caso de la resistencia a los antibióticos. Los plásmidos poseen **sitios de replicación** y **transcripción** por lo que se **reproducen** y **expresan** independientemente del DNA cromosómico. La ingeniería genética usa los plásmidos como vectores del DNA recombinante para que la célula receptora no lo identifique como DNA extraño y lo destruya. También usa **virus** que, por su capacidad para entrar en las células que infectan, son capaces de introducirles el DNA de interés que se quiere que expresen. Los virus se han empleado como vectores, en la **terapia genética**, para meter genes funcionales en individuos que los tienen dañados y padecen alguna enfermedad genética o congénita.

La tecnología DNA recombinante consiste en:

- aislar el **DNA de interés** del organismo que lo posee, cortarlo con alguna **enzima de restricción**, en el laboratorio;
- aislar y cortar el **DNA del vector** (plásmido o virus) con la **misma enzima** de restricción utilizada para cortar el DNA de interés;
- reunir los fragmentos del **DNA de interés** con los del **vector** para favorecer el **empalme** de los **extremos cohesivos** y agregar **enzima ligasa** para que los una y se forme así el **DNA recombinante**;
- transferir el **DNA recombinante** a una **célula u organismo receptor**, quien puede replicar, transcribir y expresar⁹ la información introducida, creando de esta manera una célula o un organismo **transgénico**. Para transferir DNA recombinante, además de usar **vectores biológicos** como plásmidos y virus se están haciendo pruebas con bacterias. Además se emplean vectores **químicos** como los liposomas (vesículas de grasa) y los vectores **mecánicos o físicos** como la pistola de genes (que dispara balas de oro recubiertas con DNA recombinante), con una corriente eléctrica sobre la membrana para formar poros “electroporación” o con una micropipeta inyectando directamente el DNA al núcleo.

En 1973 Stanley Cohen y Herbert Boyer combinaron por primer vez, *in Vitro*, secuencias de DNA de dos plásmidos de *E. coli* que contenían diferentes genes de resistencia a antibióticos y formaron una nueva **molécula funcional**. Cuando se insertó el plásmido resultante, en nuevas células de *E. coli*, éste les confirió resistencia a ambos antibióticos. En 1976 Robert Swanson y Herbert Boyer crearon Genentech la primera compañía de **biotecnología**¹⁰ en los EEUU. Inició así la era del DNA recombinante.

⁹ Un gen se expresa al producir la sustancia de interés o mostrar la cualidad deseada.

¹⁰ La Biotecnología es el empleo de organismos vivos para obtener productos de valor para el hombre. Ha sido utilizada desde la antigüedad para preparar vino, pan, queso, cerveza, vinagre, yogurt,...

ANEXO 3. ACTIVIDAD 1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN LA TECNOLOGÍA DEL DNA RECOMBINANTE

1. Enzima **EcoRI** G A A T T C 5' → 3'

Escherichia coli

Dirección de lectura 5' a 3'



5'	T	C	A	G	A	A	T	T	C	C	A	3'
3'	A	G	T	C	T	T	A	A	G	G	T	5'



Dirección de lectura 5' a 3'

2. Enzima **Bam HI** G G A T C C 5' → 3'

Bacillus amyloliquefaciens

5'	C	A	T	A	A	G	G	A	T	C	C	3'
3'	G	T	A	T	T	C	C	T	A	G	G	5'

3. Enzima **Hind III** A A G C T T 5' → 3'

Haemophilus influenzae

5'	T	A	G	G	A	A	G	C	T	T	G	3'
3'	A	T	C	C	T	T	C	G	A	A	C	5'

4. Enzima **HaeII** G C G C 5' → 3'

Haemophilus aegyptus

5'	T	A	G	G	A	A	G	C	G	C	G	3'
3'	A	T	C	C	T	T	C	G	C	G	C	5'

5. Enzima **Taq I** T C G A 5' → 3'

Thermus aquaticus

5'	T	C	G	A	C	G	C	A	T	A	G	3'
3'	A	G	C	T	G	C	G	T	A	T	C	5'

6. Enzima **HaeIII** G G C C 5' → 3'

Haemophilus aegyptus

5'	T	G	G	A	C	G	G	C	C	A	G	3'
3'	A	C	C	T	G	C	C	G	G	T	C	5'

7. Enzima **AluI** A G C T 5' → 3'

5'	A	G	C	T								3'
3'	T	C	G	A								5'

8. Enzima _____ 5' → 3'

5'												3'
3'												5'

Anexo 4. Actividad 2. Localización de Cromosomas Eucariontes, Genes de Interés y Sitio Corte de EcoRI → G A A T T C 5'→3'

5'	Secuencia Palíndrome					Secuencia que contiene el gen de interés "V"										Secuencia Palíndrome					3'														
	G	A	A	T	T	C	T	A	C	T	A	A	T	A	G	C	A	T	G	C		A	A	T	T	G	A	A	T	T	C	G	C	A	C
3'	C	T	T	A	A	G	A	T	G	A	T	T	A	T	C	G	T	A	C	G	T	T	A	A	C	T	T	A	A	G	C	G	T	G	5'
	Secuencia Palíndrome					Secuencia con el gen de interés "V"										Secuencia Palíndrome																			

5'						Secuencia Palíndrome					Secuencia que contiene el gen de interés "W"										Secuencia Palíndrome					3'									
	T	A	G	C	A	C	T	G	A	A	T	T	C	T	A	C	A	G	A	G	A	C	A	T	C		G	A	A	T	T	C	C	A	C
3'	A	T	C	G	T	G	A	C	T	T	A	A	G	A	T	G	T	C	T	C	T	G	T	A	G	C	T	T	A	A	G	G	T	G	5'
						Secuencia Palíndrome					Secuencia con el gen de interés "W"										Secuencia Palíndrome														

5'						Secuencia Palíndrome					Secuencia que contiene el gen de interés "X"										Secuencia Palíndrome					3'									
	A	C	T	G	A	A	T	T	C	T	T	A	C	A	G	C	A	A	A	C	T	G	A	A	T		T	C	G	T	A	A	C	A	C
3'	T	G	A	C	T	T	A	A	G	A	A	T	G	T	C	G	T	T	T	G	A	C	T	T	A	A	G	C	A	T	T	G	T	G	5'
						Secuencia Palíndrome					Secuencia con el gen de interés "X"										Secuencia Palíndrome														

5'						Secuencia Palíndrome					Secuencia que contiene el gen de interés "Y"										Secuencia Palíndrome					3'									
	C	T	G	A	A	T	T	C	T	T	A	A	T	T	A	C	A	G	G	C	A	A	G	G	A		A	T	T	C	T	G	A	C	C
3'	G	A	C	T	T	A	A	G	A	A	T	T	A	A	T	G	T	C	C	G	T	T	C	C	T	T	A	A	G	A	C	T	G	G	5'
						Secuencia Palíndrome					Secuencia con el gen de interés "Y"										Secuencia Palíndrome														

5'						Secuencia Palíndrome					Secuencia con el gen de interés "Z"										Secuencia Palíndrome					3'									
	T	A	C	T	A	A	C	G	G	T	G	A	A	T	T	C	A	G	G	C	A	A	G	T	G		G	A	A	T	T	C	A	C	C
3'	A	T	G	A	T	T	G	C	C	A	C	T	T	A	A	G	T	C	C	G	T	T	C	A	C	C	T	T	A	A	G	T	G	G	5'
						Secuencia Palíndrome					Secuencia con el gen de interés "Z"										Secuencia Palíndrome														

Anexo 5. Actividad 3. Localización de **Plásmidos** (vectores o vehículos transportadores) y secuencia de reconocimiento de **EcoRI** → **G A A T T C** 5' → 3'

Secuencia Palíndrome						DNA del Plásmido "J"																													
5'	G	A	A	T	T	C	T	A	C	T	A	A	T	A	G	C	A	T	G	C	A	A	T	T	G	C	A	T	T	C	G	C	A	C	3'
3'	C	T	T	A	A	G	A	T	G	A	T	T	A	T	C	G	T	A	C	G	T	T	A	A	C	G	T	A	A	G	C	G	T	G	5'
Secuencia Palíndrome																																			

Secuencia Palíndrome						DNA del Plásmido "K"																													
5'	T	A	G	C	A	C	T	G	A	A	T	T	C	T	A	C	A	G	A	G	A	C	A	T	C	G	A	T	T	G	C	C	A	C	3'
3'	A	T	C	G	T	G	A	C	T	T	A	A	G	A	T	G	T	C	T	C	T	G	T	A	G	C	T	A	A	C	G	G	T	G	5'
Secuencia Palíndrome																																			

Secuencia Palíndrome						DNA del Plásmido "L"																													
5'	A	C	T	G	A	A	T	T	C	T	T	A	C	A	G	C	A	A	A	C	T	G	A	A	G	C	C	G	T	A	A	C	A	C	3'
3'	T	G	A	C	T	T	A	A	G	A	A	T	G	T	C	G	T	T	T	G	A	C	T	T	C	G	G	C	A	T	T	G	T	G	5'
Secuencia Palíndrome																																			

Secuencia Palíndrome						DNA del Plásmido "M"																													
5'	C	T	G	A	A	T	T	C	T	T	A	A	T	T	A	C	A	G	G	C	A	A	G	G	A	G	C	T	C	T	G	A	C	C	3'
3'	G	A	C	T	T	A	A	G	A	A	T	T	A	A	T	G	T	C	C	G	T	T	C	C	T	C	G	A	G	A	C	T	G	G	5'
Secuencia Palíndrome																																			

Secuencia Palíndrome						DNA del Plásmido "N"																													
5'	T	A	C	T	A	A	C	G	G	T	G	A	A	T	T	C	A	G	G	C	A	A	G	T	G	G	A	A	G	T	C	A	C	C	3'
3'	A	T	G	A	T	T	G	C	C	A	C	T	T	A	A	G	T	C	C	G	T	T	C	A	C	C	T	T	C	A	G	T	G	G	5'
Secuencia Palíndrome																																			

I. APLICACIONES DE LA MANIPULACIÓN GENÉTICA

E

Anexo 6

IMP Texto
2 DE

Visión panorámica

I. Aplicaciones de la manipulación genética.

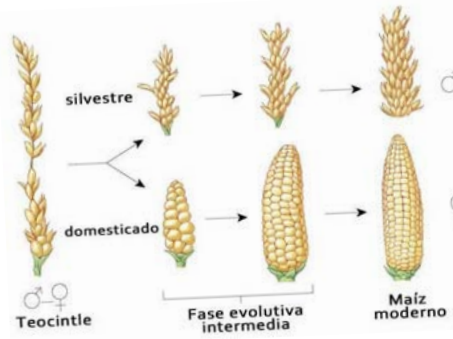
1. Cosas de la vida.
2. Organismos transgénicos.
3. Terapia génica.

II. Implicaciones de la manipulación genética.

III. Aplicaciones vs implicaciones de la Manipulación genética.

Aprendizaje. El alumno: **valora** las **implicaciones** de la **manipulación genética**.

Conceptos clave: manipulación genética, organismo transgénico y terapia génica.



1. **DE LA VIDA**

COSAS

La humanidad, para satisfacer sus necesidades básicas (alimento, vestido, salud, vivienda,...) ha aprovechado los seres vivos de su entorno. Al principio recolectando y cazando, posteriormente cultivando plantas o domesticando animales, luego cruzando selectivamente los organismos con mejores cualidades (valiosas, útiles o ventajosas) para que las heredaran o transmitieran a sus descendientes. En la actualidad, gracias a los avances de la ingeniería genética, ya no es necesario **manipular organismos** ahora se pueden **manipular los genes** que producen las cualidades benéficas y transferirlas a otros organismos. Entre las **aplicaciones** de la manipulación genética se tienen los organismos transgénicos y los tratamientos médicos con terapia genética.

2. ORGANISMOS TRANSGÉNICOS

Un organismo transgénico es aquella planta, animal, hongo o bacteria al que se le ha agregado, por ingeniería genética, uno o varios genes, del mismo o de diferente(s) organismo(s), con el fin de:

- a) producir **sustancias** de interés (enzima, aditivo alimenticio, fármaco, vacuna, anticuerpo, hormona, biopolímero –p. e. plástico biodegradable-, biocombustible,...);
- b) lograr un desarrollo sustentable con menos agroquímicos: al mejorar o generar características útiles como resistencia a **patógenos** (virus, hongos, bacterias, insectos, causantes de plagas y enfermedades), a condiciones **ambientales** extremas (sequías, inundaciones, temperaturas altas, heladas, suelo infértil, salino o contaminado), a **plaguicidas** (herbicidas, insecticidas, fungicidas,...); al eliminar las grasas saturadas o sustancias tóxicas y alergénicas a los alimentos; al aumentar su calidad nutricional, retrasar su maduración e incrementar el tiempo de almacenamiento; al incrementar su la calidad y productividad agrícola, ganadera, forestal, médica, industrial (alimentaria, textil, química, farmacéutica,...);
- c) abastecer de organismos como **modelos biológicos** para probar medicamentos o estudiar el progreso de enfermedades, diseminación de células cancerosas y patógenos; abastecer de tejidos u órganos para **trasplantes** (con **organismos diseñados** a la medida);

Como ejemplos de organismos transgénicos diseñados¹ para cubrir necesidades sociales, están:

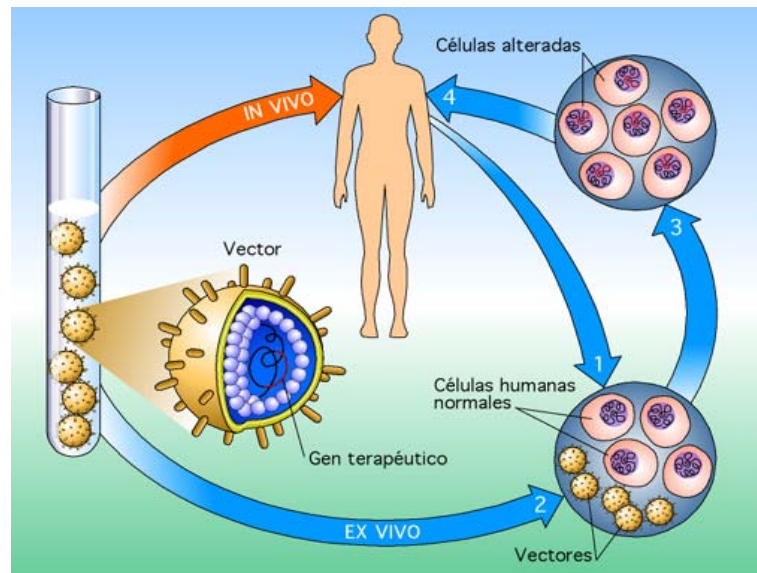
- ✓ **bacterias** con **gen humano** que codifica para **insulina**. Es una enzima que se usa para tratar a los diabéticos -sin riesgo de rechazo inmunológico-. Actualmente la insulina se produce en grandes cantidades y a bajo costo en procesos similares a los de la fermentación bacteriana empleados en la fabricación de cerveza;
- ✓ **bacterias** con el **genes humanos** productores de: **factores de coagulación** sanguínea, para los hemofílicos, de la **hormona de crecimiento** vs el enanismo, del **interferón alfa** para tratar la hepatitis B y C o el cáncer, la **DNAsa** o la **proteína C** vs la fibrosis quística y la sepsis,...
- ✓ **bacterias** con genes capaces de descomponer contaminantes "**biorremediación**" o a las que se les han agregado varias copias del mismo gen para su **sobre-expresión** logrando mayor producción de la sustancia útil -tal es el caso de la fenilalanina empleada como edulcorante o las enzimas catalíticas empleadas en la fabricación de detergentes-;
- ✓ **levaduras** con genes productores de **biovacunas**;
- ✓ **zanahorias, papas y plátanos** con genes que producen antígenos vs. la hepatitis B (biovacunas); **arroz** con genes productores de **vitamina A**; **papa** con genes de **amaranto** que aumentan su contenido de proteína; **tabaco** con genes de **cianobacteria** para producir un repelente al VIH; **jitomate** con el gen de un **pez** que produce una proteína **anticongelante** para que resista las heladas y no se congele; **manzana, maíz, algodón y soya** con **genes bacterianos** que matan insectos (bioinsecticida); **brócoli y melón** con genes que retrasan su **maduración** y aumentan el tiempo de anaquel;
- ✓ **ratones** con el gen de la hormona de crecimiento de **rata**; vacas con genes humanos productores de la **hormona de crecimiento** en su leche o de anticuerpos en su sangre; cerdos con genes de *E coli* y de ratón para degradar el fósforo de su dieta y así su excremento deje de ser un contaminante; cerdos y ovejas con genes que posibiliten a sus órganos servir para **transplantes** (xenotransplantes en experimentación).

3. TERAPIA GENICA

¡Una esperanza de vida, ante un daño genético!

Existen enfermedades graves causadas por **un solo gen** modificado, defectuoso, una "falta de ortografía genética". Este gen ocasiona que un órgano, un tipo de célula o una enzima sea incapaz de funcionar normalmente. Muchas de estas enfermedades no tienen tratamiento o éstos son poco eficientes. Como alternativa se han desarrollado técnicas de **terapia génica** que consisten en la introducción de genes, con secuencias génicas funcionales, en los organismos que poseen genes disfuncionales.

Busca eliminar las causas del padecimiento en lugar de aminorar los síntomas.



¹ Cabe señalar que algunos de estos organismos no han sido liberados, están a prueba en los laboratorios, invernaderos o granjas.

Existen técnicas *in vivo* y *ex vivo*. En las **técnica *ex vivo*** se **aíslan** las células del cuerpo del paciente, se les introduce el nuevo gen y se reincorporan al organismo con la expectativa de que el gen introducido fabrique el producto génico ausente o disfuncional. En las **técnica *in vivo*** se inserta el gen funcional directamente en las células del paciente. Se han tratado con terapia génica el VIH; el cáncer de pulmón, el mamario y el del papiloma humano; la hemofilia; mal de Huntington; esclerosis amiotrófica; fibrosis quística; la inmunodeficiencia severa combinada (SCID); la distrofia muscular de Duchene; la diabetes tipo II y el Parkinson.

También ha servido para restaurar el flujo sanguíneo en el corazón mediante la introducción del gen que controla el desarrollo de nuevas arterias.

<p>La terapia génica podría corregir las deficiencias desde las primeras etapas de la vida, por ejemplo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. un gen humano sano, productor de proteína funcional, es unido al DNA del virus vector, 2. los virus con el ADN recombinante son inyectados en el feto, poseedor del gen No funcional, 3. los virus insertan, en las células del feto, su DNA y el gen funcional, 4. las células del feto reconocen el DNA funcional y producen la proteína útil. 	
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

II. IMPLICACIONES DE LA MANIPULACIÓN GENÉTICA ¿ESPERANZA O AMENAZA?

La **manipulación genética** ha generado acaloradas polémicas ya que toca aspectos fundamentales para el individuo y la sociedad como su alimento, vestido, salud, ambiente (bioseguridad) y economía (propiedad industrial, genética, intelectual,...). Toda decisión debe ser informada, razonada y adoptarse luego de analizar, con honestidad y respeto, los riesgos y beneficios ¿Qué modificaciones genéticas son convenientes y para quién? ¿Son una alternativa real para alimentar al mundo, tratar o curar enfermedades incurables o evitar la contaminación por agroquímicos? ¿Qué regulaciones y controles se requieren y quiénes las aplicarán? ¿A quién pertenece el material genético producido? ¿Se deben pagar derechos por sembrar una planta transgénica patentada? ¿Es correcto curar con genes cuando no se conoce todo sobre ellos y las técnicas no son del todo seguras? ¿Quién pagará o remediará los daños que pueda causar?

Los **organismos transgénicos** diseñados, no existen en la naturaleza y al liberarse en el ambiente no se sabe que pueda suceder; algunos suponen que tendrán un impacto negativo en los ecosistemas, en el funcionamiento, sobrevivencia y evolución de los demás seres vivos. Por tal razón están sujetos a estrictas pruebas antes de ser autorizada su liberación o producción. Un problema con el empleo de las plantas transgénicas es la dependencia con la industria semillera para la compra de la semilla o su alto costo. Las empresas, al velar por sus ganancias, afectan la economía de los productores.

La **terapia génica** tiene limitantes, es experimental, aún se desconocen las funciones de cada gen² y las relaciones entre los genes. Además su efecto puede ser temporal al morir las células transgénicas o al perder estas células el fragmento de DNA funcional que les fue insertado; los

² Antes del proyecto genoma humano se creía de que un gen producía una proteína pero ahora se sabe que un gen puede producir varias proteínas (o tiene varias funciones). Un gen usado en terapia génica se espera que produzca una proteína benéfica, pero que tal si produce otra que el científico desconoce (como un supresor de tumores, veneno, cancerígeno o activador de nuevas enfermedades y alergias).

vectores virales son difíciles de construir y el gen funcional debe ser pequeño dado el tamaño de los virus, el lugar de la inserción del gen funcional o el DNA del virus en el genoma celular del paciente es incierto y puede alterar el funcionamiento de otros genes o activar algún oncogén, provocando respuestas inmunológicas o cáncer, tal es el caso del joven Jesse Gelsinger quien murió 4 días después del tratamiento, por ello se considera un tratamiento riesgoso.

III. APLICACIONES VERSUS IMPLICACIONES DE LA MANIPULACIÓN GENÉTICA

		APLICACIONES	IMPLICACIONES	
Producción de Alimentos	Plantas	Cosechas que crecen más en menor tiempo.	Positivas: ✓ alimento en cantidad suficiente y con más nutrientes para evitar el hambre y la desnutrición, ✓ mayor tiempo de la vida útil (maduración lenta), mejor producción y rendimiento económico, ✓ evitar la contaminación de alimentos, del ambiente y de las personas, causada por plaguicidas, ✓ mejorar las condiciones de crianza de los animales, incrementar sus tamaños “rendimiento” en menor tiempo con menos alimento y costos de producción.	
		Crear especies : ✓ resistentes a condiciones ambientales adversas, a plagas y enfermedades, ✓ más nutritivas o libres de grasas saturadas, toxinas y alergénicos, ✓ capaces de retrasar su proceso de maduración.		
	Animales	Producir especies que produzcan más descendencia.		Negativas: ✓ que el gen introducido dañe la salud del paciente al no producir la proteína útil sino algún veneno, cancerígeno o activador de nuevas enfermedades o alergias, ✓ que los agricultores dependan de las industrias semilleras para comprar semillas o tengan que pagar derechos a los dueños de las patentes para cultivarlas.
		Mejorar la calidad y cantidad de carne, leche, grasa,..		
	Bajar la temperatura corporal del pollo, al quitar sus plumas.			
	Mayor talla con poco alimento y menor cantidad de heces.			
Salud	Virus	En terapia génica usados como transportadores de DNA recombinante.	Positivas: ✓ mejorar o aliviar a quienes padecen enfermedades congénitas –incurables-, con terapia genética, ✓ facilitar y aumentar la producción o disponibilidad de medicamentos y tratamientos, y disminuir sus costos, ✓ estudiar/iluminar procesos celulares, el desarrollo de enfermedades, diseminación de células cancerosas o virus, la expresión de los genes, efectos de fármacos...	
	Bacterias	Fabricar a bajo costo: ✓ fármacos, ✓ hormonas, ✓ factores de coagulación,...		
	Plantas	Confeccionar: ✓ biovacunas, ✓ repelentes al VIH.		
	Animales	Productores de: ✓ anticuerpos, ✓ antibióticos, ✓ hormonas, ✓ órganos para trasplantes.		Negativas: ✓ rechazo inmunológico a fármacos, hormonas,... ✓ creación de patógenos invencibles (virus o bacterias) inconsciente o concientemente (bioterrorismo), ✓ inhibición de genes útiles o activación de genes indeseables provocando males mayores o la muerte por los genes introducidos en terapia genética.
Modelos biológicos con GFP, como conejos, moscas,...				
Industria	OGM	Elaborar a gran escala: ✓ enzimas, ✓ aditivos alimenticios, ✓ biocombustible, ✓ biopolímeros “plásticos biodegradables”, ✓ biovacunas.	Positivas: ✓ aumento de producción y de ganancias, ✓ manufactura de sustancias no contaminantes.	
			Negativas: ✓ que la industria lucre (saque ventaja), las patentes,...	

Ambiente	Bacterias.	<p>Degradar:</p> <ul style="list-style-type: none"> √ contaminantes. <p>Generar:</p> <ul style="list-style-type: none"> √ bioinsecticidas. 	<p>Positivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> √ biorremediación. <p>Negativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> √ al liberarse puedan tener un impacto negativo en el funcionamiento, supervivencia y evolución de los demás seres vivos. Convertirse en plagas,... ¿?
-----------------	------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Visión panorámica

¡Se Ilumina la Biociencia!
Proteína Verde Fluorescente

1. Historia del descubrimiento.
2. Estructura de la PGP.
3. Aplicaciones de las proteínas fluorescentes.

Aprendizaje. El alumno: **valora** las **implicaciones** de la **manipulación genética**: **organismos transgénicos**.

Conceptos clave:

- ✓ Bioluminiscencia
- ✓ Marcador genético



La proteína verde fluorescente **GFP** (**G**reen **F**luorescent **P**rotein) es producida por la **medusa** conocida como gelatina de cristal, *Aequorea victoria*, Crece en las costas occidentales de Norteamérica, emite **bioluminiscencia**¹ en la zona verde, del espectro visible.

El **gen** que codifica esta proteína, ha sido **clonado** (copiado) y se utiliza habitualmente en biología molecular y en biología celular como **marcador genético** y **celular**.

En 2008 Osamu Shimomura, Martín Chalfie, y Roger Y. Tsien merecieron el Premio Nobel de Química, por el descubrimiento y desarrollo de la proteína verde fluorescente.

Los investigadores participaron escalonadamente en dilucidar la estructura y función de la proteína. Nunca colaboraron entre sí, tampoco el estudio de la GFP era el foco de sus carreras científicas, sin embargo, de sus contribuciones surgió el uso de esta proteína que sinergizó con los trabajos de miles de científicos del mundo.

El financiamiento para sus investigaciones fue, a veces, difícil ya que los estudios de ciencia básica de organismos como las medusas no son un tema atractivo ni prometedor para las agencias de financiamiento. El premio otorgado manifiesta la **importancia y trascendencia de la ciencia básica** como fundamento para beneficios prácticos para la salud y la economía.

1. HISTORIA DEL DESCUBRIMIENTO

Osamu Shimomura nace en Kyoto, Japón en 1928. En la década de los años 60s, en la Universidad de Nagoya Japón, investigaba el fenómeno de bioluminiscencia -las reacciones

¡HAYAZGO BIOLÓGICO!

Un **marcador genético** es un gen o un segmento de ADN, con una ubicación física (locus) identificable en un cromosoma y cuya herencia genética se puede rastrear.

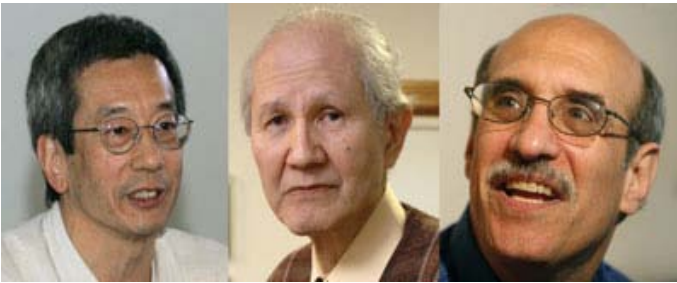
Dado que los segmentos del ADN que se encuentran contiguos en un cromosoma tienden a heredarse juntos, los marcadores se utilizan como formas indirectas de rastrear el **patrón hereditario** de un gen que todavía no ha sido identificado, pero cuya ubicación aproximada se conoce, esto es, se usan para encontrar la posición e identidad de un gen "**mapeo genético**".

Al funcionar como **señaladores** en el genoma permiten evidenciar **polimorfismos** o variaciones en la secuencia del ADN entre los individuos, que modifican o no su fenotipo.

Los marcadores son utilizados en biología celular; medicina; genética humana, vegetal, animal y microbiana,...

¹ La bioluminiscencia es la producción y emisión de luz por organismos vivos, la cual les es útil como carnada, defensa, atrayente (durante en el cortejo previo al apareamiento en el caso de las luciérnagas), etc.

químicas dentro de organismos vivos que producen luz-. Años más tarde, en EE.UU., estudiando la medusa *Aequorea victoria* identificó los órganos de luz que eran responsables de la fluorescencia azul que emitía. Junto a Frank Johnson de la Universidad de Washington, aisló una proteína bioluminiscente dependiente del calcio, a la que llamaron **aequorina**, nombre derivado de la medusa con la que trabajaban. Esta proteína emite fluorescencia en la zona **azul** del espectro, ¿pero en la medusa emitía luz verde?



Roger Y. Tsien Osamu Shimomura Martín Chalfie

Profundizando estos estudios, Shimomura descubrió que la luz azul emitida por **aequorina** era absorbida por una segunda proteína, más tarde llamada **proteína verde fluorescente** o **GFP**, la que re-emitía luz verde. Esta capacidad de la GFP era

intrínseca a su estructura, y ocurría sin necesidad de factores adicionales. De 1980 hasta su jubilación en 2001, trabajó en el Laboratorio de Biología Marina en Woods Hole, Massachusetts, donde es profesor emérito.

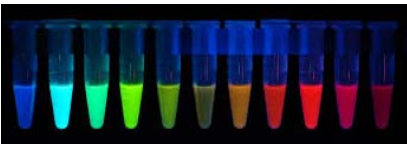
En 1988 **Martín Chalfie**, de la Universidad de Columbia, Nueva York, tomó conocimiento de la existencia de la GFP y comprendió que su capacidad para fluorescer en forma independiente podría convertirla en un **marcador celular** ideal para el estudio de los organismos que él estudiaba.



Usando técnicas de **ingeniería genética** “biología molecular” logró **introducir** el gen que codifica para la GFP en el ADN del nematodo “gusano” transparente *Caenorhabditis elegans*. De esta forma las células de los gusanos producían GFP y **emitían luz verde, sin causarles daño**.

A partir de entonces se comprendió que se podría fusionar el gen que codificaba para la GFP con genes de otras proteínas en estudio, abriendo de este modo posibilidades para el **seguimiento** y **localización** de proteínas específicas en organismos vivos. La GFP como herramienta en biología celular fue rápidamente incorporada por los investigadores como marcador de **procesos en células y organismos**.

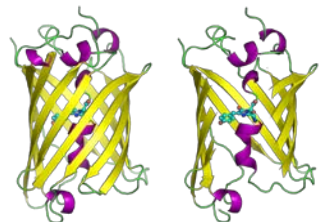
Roger Y. Tsien, investigador de origen chino y profesor en la Universidad de California, en San Diego, estudió cómo la estructura de la GFP producía la fluorescencia verde, y luego modificó dicha estructura para producir moléculas que emitían luz a **distintas longitudes de onda** produciendo así **marcadores** de distintos **colores**. Con su grupo de investigadores ha agregado, a



la colección, nuevas moléculas fluorescentes provenientes de otras fuentes naturales, la cual continúa en expansión. Con tan amplia paleta de marcadores, complejas redes biológicas se iluminan con distintos colores, lo que permite visualizar la biología celular en acción, circunstancia impensable hasta no hace mucho.

2. ESTRUCTURA DE LA PROTEÍNA VERDE FLUORESCENTE

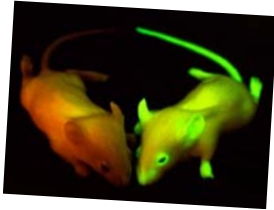
La **GFP** está integrada de 238 aminoácidos, que forman once **cadena beta**, cuyo conjunto forma un cilindro, en el centro del cual se encuentra una **hélice alfa**.



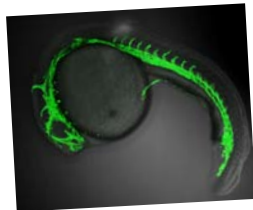
3. APLICACIONES DE LAS PROTEÍNAS FLUORESCENTES

El uso de la GFP como marcador genético ha favorecido el avance de la **biología celular**, la **microbiología** y las **neurociencias**. Ha ampliado la capacidad del microscopio óptico y otorgado

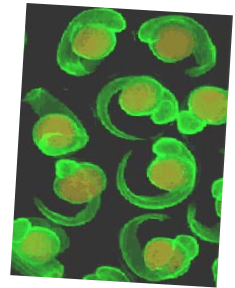
al ojo humano una nueva dimensión visible para estudiar la **expresión** de los **genes** en diversos procesos celulares; ver cómo se **diseminan** las **células cancerosas**; la producción y el **desarrollo de neuronas**; el progreso del **Alzheimer**; el **crecimiento** de **bacterias** patógenas; la **proliferación del virus** del SIDA; entender la **obesidad** y la regulación del **apetito**; la **selección de genes** con rasgos benéficos; entre otros.



Las células cancerosas que tienen insertado el gen que expresa la proteína DsRED (que emite luz roja) pueden implantarse en ratones salvajes o en transgénicos, con expresión de GFP en todas las células. Cuando los ratones son iluminados con luz azul las células cancerosas son fácilmente detectadas y seguidas permitiendo la localización de las metástasis y el fenómeno de angiogénesis² en tumores en proliferación. El modelo también permite seguir la evolución comparativa de las metástasis en presencia o ausencia de distintos fármacos.



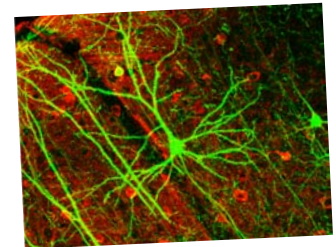
En la **biología del desarrollo** ha permitido seguir la evolución de las primeras células, tejidos y órganos cuando la GFP se introduce en el embrión en un estadio temprano.



En **ingeniería genética**, se ha aplicado para detectar la presencia de compuestos **tóxicos** en el agua, los investigadores han modificado genéticamente a algunas bacterias haciéndolas resistentes al trinitrotolueno, al arsénico o a metales pesados como el cadmio o zinc y son capaces de iluminarse ante su presencia.

A **ratones** se les han introducido los genes productores de proteínas de colores amarillo, cian y rojo en células nerviosas individuales. El resultado es un **cerebro que brillaba con noventa tonalidades**. Los investigadores pudieron seguir las fibras nerviosas de células individuales dentro de una densa red. Las imágenes fueron llamadas el **arco iris cerebral**.

Los ratones transgénicos también han sido útiles en el estudio de procesos de neurogénesis. En 2004 se identificaron neuronas recién nacidas en el cerebro de un animal adulto y se siguió su evolución durante sus primeras dos semanas de vida, tiempo que demoran para madurar y convertirse en neuronas adultas. El estudio confirmó que se produce más neurogénesis cuando hay más actividad física y ésta disminuye con la edad, además el estrés traumático la disminuye y por tanto la capacidad de aprender.



Se ha insertado y expresado con éxito los genes de las proteínas fluorescentes en los genomas de: **bacterias** *Escherichia coli*, **levaduras**, **gusanos**, **insectos**, **algas**, **peces**, **anfibios**, **cerdos**, **monos**, **gatos**,... con diversos fines y hasta se han fabricado juguetes que brillan en la oscuridad.



Los peces transgénicos por su colorido y vistosidad se comercializan con gran éxito.

"Agradecemos tanto a corales como a medusas, y deseamos que siempre tengan hábitats intactos para brillar en la posteridad"

Dr. Tsien, en su conferencia del banquete del Premio Nobel

Bibliografía.

Pérez, M., Becú-Villalobos, D. (2009). La proteína verde fluorescente ilumina la biociencia. Volumen 69: 370-374, N° 3, ISSN 1669-9106. Consultado el 30 de febrero de 2013. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802009000400015.

² **Angiogénesis**, formación de nuevos vasos sanguíneos a partir de los vasos preexistentes.

I. ANTECEDENTES

Visión panorámica

Bioética: Ética de la Vida.

I. Antecedentes.

II. Principios

Fundamentales de la Bioética.



¡Aborto, clonación, eugenesia, eutanasia, manipulación genética, proyecto genoma, suicidio asistido, voluntades anticipadas,...

Los orígenes del pensamiento sistemático sobre el **bien** y el **mal** se encuentran en la antigua Grecia. Aristóteles fue el primero en denominar **ética** a dichos cuestionamientos (cuestiones sobre el *ethos*), afirmaba que lo importante no es ser teóricos de la ética sino de llegar a **ser mejores personas** cada día, personas éticas.

Platón planteó tres aspectos a considerar cuando se hace ética:

- 1) deliberar utilizando la **razón** y no los **sentimientos**,
- 2) pensar por **cuenta propia**, sin hacer caso de lo que diga la mayoría,
- 3) nunca ser **injustos**.

La ética¹, considerando la percepción de Platón, Aristóteles y Heidegger, se concibe como el **estudio racional** de los fenómenos **morales** y la **calificación** que recibe un **acto humano** cuando es fruto de la deliberación previa y de la elección. Es la acción que se lleva a cabo cuando se piensa por cuenta propia, razonando y cuidando **nunca dañar** a nadie.

Van Rensselaer Potter fue el primero en utilizar, en los Estados Unidos, el vocablo **bioética**, combinación que ya, en 1927, había acuñado el teólogo, filósofo y educador alemán Fritz Jahr, al usar la combinación *Bio-Ethik* (*bios*, "vida" y *ethos*,

"comportamiento") en un artículo sobre la relación entre el ser humano, las plantas y los animales.

Potter en su artículo *Bioética, la ciencia de la supervivencia*, publicado en 1970, escribió: "La humanidad necesita urgentemente una nueva **sabiduría** que le proporcione el conocimiento de **cómo usar el conocimiento** para garantizar la supervivencia y la mejora de la **calidad de vida** de los **humanos** y de los demás **seres vivos**. Esta sabiduría, como "**guía para actuar**", debe cimentarse en la **biología**, ampliada con elementos de las ciencias sociales y de las humanidades, con énfasis en la **filosofía** -*amor a la sabiduría*-. Para esta **ciencia de la supervivencia** propuso el término **Bioética** "la **ética** basada en el **conocimiento biológico** y los **valores humanos**". Potter consideró que lo más importante es la **responsabilidad** del ser **humano** hacia los demás **seres vivos**. En su libro *Bioethics: Bridge to the future*, de 1971, afirmó que el conocimiento científico y su aplicación habían avanzado más rápido que la sabiduría necesaria para garantizar la supervivencia del planeta y de nosotros mismos y que era urgente la **vinculación** entre la **ciencia** y la **ética** -entre la biología y la filosofía-, para generar la bioética.



Van Rensselaer Potter
(1911-2001)

La bioética formará **individuos sabios** que **amen la vida** y deseen conservarla por tiempo indefinido. Proveerá los **principios** orientadores de la **conducta humana correcta** respecto a la **vida** (humana y no humana) y al **ambiente**. Tiene que ver con la forma en que los **avances científicos y tecnológicos** transforman el **pensar** y el **actuar** del humano ante la vida y la muerte. El Consejo Intencional de Bioética define a la **bioética** como el **estudio** interdisciplinario y sistemático de las **cuestiones morales** teóricas y prácticas surgidas de las **ciencias de la vida y de la salud**, y de las relaciones de la **humanidad** con la **biosfera**. El Diccionario de la Real Academia Española la define como la **disciplina científica** que **estudia** los **aspectos éticos** de la **medicina** y la **biología** en general, así como de las relaciones del **hombre** con los **seres vivos**.

¹ La **ética** es la reflexión teórica sobre la moral. La **moral** es el conjunto de principios, criterios, normas y valores que dirigen nuestro comportamiento ante una situación concreta, en un contexto socio-cultural.

La reflexión de la **bioética** abarca:

- los aspectos de **ética médica**: transfusión sanguínea, esterilización (salpingoclasia, vasectomía), uso de anticonceptivos, aborto, reproducción asistida (*donación, compra, criopreservación o vitrificación de óvulos y espermatozoides, custodia seminal, adopción de embriones*, inseminación artificial, fecundación *in vitro*, eugenesia, *alquiler de vientres, madres sustitutas, destino de embriones,...*), donación y trasplante de órganos, eutanasia, suicidio médicamente asistido (buen morir), consentimiento informado, voluntades anticipadas, manipulación genética (organismos transgénicos y terapia genética), proyecto genoma humano, clonación, uso de células madre embrionarias, propiedad intelectual del conocimiento (patente), infanticidio por ser mujer, investigación médica con humanos (prueba de fármacos o terapias),...
- los **componentes biológicos** de la naturaleza, desde los virus hasta los biomas; el **maltrato** a los animales, la **contaminación**, el **deterioro** de los ecosistemas,...
- el **ser** y **actuar** del hombre respecto a los **valores** y **virtudes**. En su **dimensión teórica** se pregunta por los fundamentos del actuar, la condición humana, la libertad, la relación individuo-comunidad. En su **dimensión práctica**, orienta el modo de actuar en la vida.

II. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA BIOÉTICA

Autonomía. La capacidad para **darse normas y ponerse límites a uno mismo** sin influencia de presiones externas o internas. Libertad para decidir y construir.

Beneficencia. Obligación de **actuar en beneficio de otros**, promoviendo sus legítimos intereses y suprimiendo prejuicios. En medicina, promueve el mejor interés del paciente pero sin tener en cuenta la opinión de éste. Supone que el médico posee una formación y conocimientos de lo que el paciente carece, por lo que sabe (y por tanto decide) lo más conveniente para éste, *"todo para el paciente pero sin contar con él"*.



No maleficencia. No causar daño o perjudicar a otros de manera intencionada. Supone la formación médica rigurosa y permanente -teórica y práctica- con que se evite el dolor o lo lesivo y los tratamientos innecesarios. Este principio aparece por 1ª vez en el Informe Belmont en 1978.



Justicia. Tratar igual a los iguales y disminuir las situaciones de desigualdad (ideológica, social, cultural, económica, etc.).

Prudencia: Actuar de forma que los efectos de tu acto sean compatibles con la permanencia de una vida humana genuina. Si conoces las consecuencias de una acción (o experimento) no lo implantas hasta conocer más. Tanto los **avances de la ingeniería genética**, como en las acciones que pueden llevar a la alteración y contaminación del ambiente es preciso **actuar con cautela** y detenerse antes de producir daños irreversibles.



Responsabilidad: No poner en peligro las condiciones necesarias para la **supervivencia** indefinida de la **humanidad ¡y de todo ser viviente!** Reflexiona las consecuencias que podemos generar hacia las generaciones futuras. Nos hace conscientes de la continuidad temporal de la humanidad, de la conexión entre unas generaciones y otras, de suerte que no podemos actuar tomando en consideración tan sólo al hombre del presente. Se ha de vigilar la conservación del planeta y las características básicas de la condición humana tal y como la hemos conocido hasta el presente.



Bibliografía: Pérez, R., Lisker, R., Tapia, R. (Coordinadores). (2008). La construcción de la Bioética. México: Fondo de Cultura Económica.

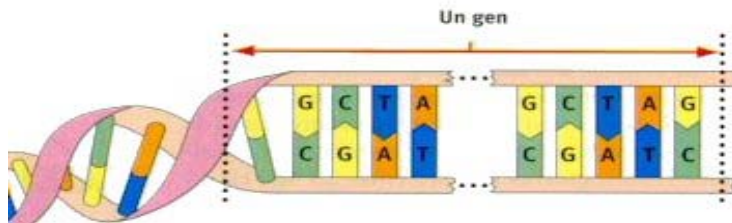
Actividad complementaria: Observar el video: **Bioética**. 2.51.
http://www.dailymotion.com/video/x88r53_bioetica_school.



1. CONCEPTOS DE AYER,... ÚTILES HOY

Genoma (del griego *genos = progeie*) es la **información genética** necesaria para el desarrollo, crecimiento, sobrevivencia y reproducción de una **célula**, un **individuo** (genotipo) o una **especie** (poza génica). Está integrado por uno o varios **cromosomas**, constituidos a su vez por **genes**, las unidades de la herencia. Un gen es una secuencia lineal de **nucleótidos**, un fragmento de **DNA** que, solo o asociado a otros, es responsable de dirigir alguna(s) **función(es)** biológica(s) o **expresar** cierta(s) **característica(s)**.

La molécula de DNA codifica (guarda) la información hereditaria en el orden de los **nucleótidos** que la integran. Cada nucleótido se caracteriza por la **base nitrogenada** que posee: **adenina**, **timina**, **citocina** o **guanina**, simbolizadas con **A, T, C y G**, respectivamente.



Debido a la necesidad de conocer el genoma humano surgió el **Proyecto Genoma Humano (PGH)**. Consorcio internacional de investigación científica cuyos **objetivos** fundamentales fueron:



- determinar la **secuencia** u ordenación de todos los **nucleótidos** que componen cada **gen** → **secuenciación**,
- determinar la **secuencia** de los **genes** de los **46 cromosomas** del ser humano (conocer **cuántos genes** son, **dónde** están, en **qué orden** se presentan, **qué** instrucciones guardan o **qué** funciones realizan) y elaborar el **mapa genético**.

Se vaticinó que al conocer el genoma humano se podría mejorar la calidad de vida y prolongarla al tratar, curar o erradicar las enfermedades genéticas → congénitas.

2. ANTECEDENTES. ¿CÓMO SURGE EL PROYECTO GENOMA HUMANO?

En **1984**, el **Departamento de Energía** del gobierno de los Estados Unidos (DOE) auspició una conferencia sobre la detección del daño al DNA en las personas expuestas a niveles significativos de radiación, como los sobrevivientes de las bombas atómicas en Japón. Los científicos, que asistieron a la conferencia, advirtieron que la capacidad para detectar ese tipo de daño también sería útil para investigar la acción de los mutágenos ambientales. Pero para poder detectar los efectos provocados al DNA humano (por la radiación o los mutágenos) primero **debía conocerse la secuencia "normal"** de sus componentes. En ese año, Robert Sinsheimer, rector de la Universidad de California, propuso fundar un Instituto para la secuenciación del genoma humano.

En **1986** Renato Dulbecco, galardonado con el premio Nóbel por su trabajo sobre virus causantes de cáncer, mencionó que determinar la secuencia normal del DNA humano podría ser de gran ayuda para la investigación de dicha enfermedad y propuso a la comunidad científica que se movilizará para dicha tarea. El resultado fue el **Proyecto Genoma Humano**, proyecto internacional subvencionado con fondos públicos.

Visión Panorámica

A cada quien su... código genético ¡en CD-rom! El **Proyecto Genoma Humano**

1. **Conceptos** de ayer,...
Útiles hoy.
2. **Antecedentes.**
¿Cómo surge el PGH?
3. **Revelaciones** del PGH.
4. **Aplicaciones** del PGH
¿Y todo para qué?
5. **Implicaciones**
Bioéticas del PGH.
6. **Patentes** de: secuencias, genes, enfermedades, fármacos o terapias.

Principios Éticos.

Aprendizaje. El alumno: **valora** las implicaciones bioéticas del Proyecto Genoma Humano.

Conceptos Clave

- ✓ Genoma Humano
- ✓ Mapeo genético
- ✓ Secuenciación

En **1988**, James **Watson** asumió la dirección ejecutiva de la Investigación del Proyecto Genoma Humano en el Instituto Nacional de Salud (NIH). Al asumir el cargo, firmó un acuerdo de cooperación con el DOE mediante el cual ambas instituciones se ayudarían mutuamente. El interés internacional por el proyecto creció de forma notable, motivado por no quedar por detrás de Estados Unidos en un tema de tanta importancia. Para coordinar los trabajos de investigación se creó la **Organización del Genoma Humano** (HUGO).



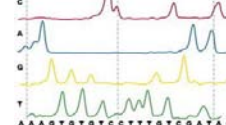
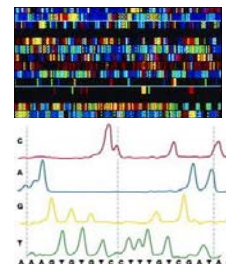
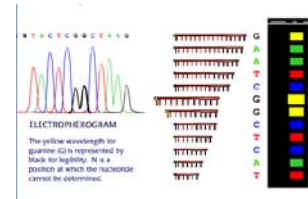
En **1994** Craig Venter funda, con un financiamiento mixto, el **Instituto para la Investigación Genética** (TIGR). En **1995** TIGR dio a conocer públicamente la **secuencia** nucleotídica completa de la bacteria *Haemophilus influenzae*, con cerca de 1740 genes (1.8 Mb). En mayo de **1998** surgió la primera empresa privada relacionada con el PGH llamada **Celera Genomics** del científico y empresario Craig Venter.

El 6 de abril de **2000** se anunció públicamente la terminación del primer borrador del genoma humano secuenciado que localizaba a los genes dentro de los cromosomas. Los días 15 y 16 de febrero de **2001**, los equipos científicos publicaron en las prestigiosas revistas científicas americanas, Nature y Science, la conclusión de la secuenciación del Genoma Humano, con un 99.9% de fiabilidad. Sucesivas secuenciaciones condujeron al anuncio del genoma esencialmente completo en abril de **2003**. En mayo de **2006** se alcanzó otro hito en la culminación del proyecto al publicarse la secuencia del último cromosoma humano en la revista Nature.

3. REVELACIONES DEL PROYECTO GENOMA HUMANO

La **secuenciación** y el **mapeo génico** del genoma humano revelaron que:

- está integrado por alrededor de **3 100 millones de pares de bases**, las cuales forman entre **24 000 y 26 000 genes** distribuidos en los **46 cromosomas**¹,
- el genoma humano no está formado por 100 000 genes, ni cada gen posee la información para producir una proteína o realizar una función, como se pensaba. El poseer menos genes significó que **un gen puede producir varias proteínas o realizar varias funciones**. Ahora falta conocer la **función** de muchos de ellos e investigar las condiciones que debe, existir en la célula, para que un gen produzca una proteína o realice una función en vez de otra,
- sólo el **1 % del genoma es funcional** (codifica para producir proteínas o RNA), el resto son **secuencias no codificantes** (largas extensiones repetidas, sin función aparente). Las secuencias muy repetitivas cercanas a los genes son ricas en guanina y citosina **GC** y las más alejadas ricas en adenina y timina **AT**,
- las regiones **codificadoras** son casi **idénticas** entre humanos, mientras que las **no codificantes** son **únicas** en cada individuo,
- sólo **1 250** letras diferencian una persona de otra, el genoma humano es casi igual en todos los individuos (99.9%). Los científicos han mapeado más de 2 millones de **polimorfismos de nucleótido único** (SNP), causantes de las diferencias individuales,
- el **orden** y **posición** de los genes a lo largo del cromosoma maximiza y determina la adecuada **actividad génica** para la síntesis de las proteínas,
- los **genes no están distribuidos de manera uniforme** en el genoma: el pequeño cromosoma 19 tiene alta densidad de genes, el 8 presenta largas regiones no codificantes, el "Y" es el que tiene menos genes (231) mientras que el 1 tiene la máxima cantidad (2 968). Casi todos los **genes** humanos presentan **intrones**²,



¹ Se estima que la **longitud** del **DNA** presente en los 46 cromosomas de **1 célula** es de +/- **2 metros** y la longitud total del DNA presente en las células del **cuerpo humano** puede alcanzar 4 000 millones de kilómetros.

² Un **intrón** es una región del ADN que debe ser eliminada de la transcripción primaria de RNA, a diferencia de los **exones** que son regiones del ADN que codifican para una **proteína**.

- el **tamaño** de los genes varía, de 1 000 a 2.4 millones de pares de bases, y un gen promedio tiene 27 000 pares de bases,
- el **genoma humano** posee **genes similares** a los **bacterianos** y al de **otras especies**,
- **lo que somos** está determinado por nuestros **genes** más nuestra interacción con el **ambiente**, dado que los patrones de fabricación de las proteínas están codificados por el genoma, pero pueden ser modificados por el ambiente (clima, calidad de vida -nutrición, adicciones, ejercicio- entorno familiar y sociocultural,...).

Actualmente el Proyecto Enciclopedia de Elementos del DNA (ENCODE) pretende identificar todas las **secuencias funcionales** del genoma humano no sólo de las secuencias que **codifican proteínas**, sino las que **codifican RNA pequeños** que participan en la **regulación de los genes**.

4. APLICACIONES DEL PGH

¿Y TODO PARA QUÉ?



Con las tecnologías desarrolladas y los conocimientos adquiridos durante la realización del PGH se ha podido:

- conocer que **cambios en los genes** generan las más de 4000 **enfermedades** genéticas,
- descubrir las bases moleculares y los procesos fisiológicos de **enfermedades hereditarias** debidas a **un solo gen** (Alzheimer, Huntington, distrofia muscular, fenilcetonuria, fibrosis quística, diabetes, cáncer de mama,...),
- entender que la mayoría de las **enfermedades** son el resultado de **grupos de genes** y no de genes individuales o aislados,
- avanzar en la **medicina predictiva y preventiva** al diseñar: a) **pruebas diagnósticas** que determinen si un individuo es portador de algún gen que cause enfermedad incapacitante (que disminuyan el tiempo o la calidad de vida) o tenga la propensión a desarrollarla, para así prescribir la modificación en el estilo de vida o buscar los **medicamentos** y **tratamientos** médicos (o genéticos -terapia genética-) adecuados y **personalizados** y b) **diagnósticos prenatales**, c) **terapias germinales** que permitirán modificar o "purificar" el genoma del embrión,
- determinar las bases genéticas de **características físicas, fisiológicas y cognitivas**, lo cual conlleva la posibilidad de alterarlas por medio de la intervención genética en células somáticas o en líneas germinales, con fines **terapéuticos** o para lograr **mejoras** (talla, inteligencia,...) más allá de los niveles normales (intervenciones científicamente poco probables aún),
- saber si estamos **infectados** con algún virus o bacteria,
- identificar los genes responsables de la variación del **metabolismo** de los **fármacos**,
- reconocer a las **células madres** como el origen de diferentes tipos de **cáncer**,
- analizar la **expresión** de miles de genes en **diferentes células** y en distintos **estadios bioquímicos**, p. e. seguir la huella génica del RNAm de un tumor durante su desarrollo,
- identificar personas (desaparecidas, cadáveres, sospechosas de crímenes o violaciones, etc.) y relaciones de **parentesco** (pruebas de paternidad), a través de su **huella genética**,
- **diferenciar especies**, reconocer **relaciones evolutivas** y calcular el tiempo transcurrido desde que las especies compartieron **ancestro** común. Con la información recabada, elaborar **árboles genealógicos** o **filogenéticos**,
- establecer el **linaje ancestral** de las **poblaciones** y las **rutas migratorias** que siguió el hombre de África al mundo a lo largo de 60 000 años e incluso las que han seguido otras especies,



- conocer **patrones de colonización**, p. e. los estudios del genoma mitocondrial (que se hereda vía materna) y del cromosoma “Y” (heredado vía paterna) en poblaciones de América muestran que la incidencia del cromosoma “Y” europeo es mayor que la incidencia de mitocondrias europeas,
- saber las consecuencias, en el acervo genético, de **estructuras sociales** rígidas como las que establecen los grupos étnicos o religiosos para condicionar la reproducción sólo entre iguales,
- comprender que el **aprendizaje** y la **memoria** dependen de patrones de síntesis de proteínas,
- secuenciar los genomas de otros organismos, estudiarlos, compararlos y hacer inferencias.

Es notable el conocimiento aportado por el PGH pero ¡**no todo esta en los genes!** No se tiene evidencia de los genes de la esperanza, el amor, la fraternidad, la agresividad, la ambición o del deseo de dominio de unos humanos a otros. El **ambiente** y la **educación** son factores fundamentales en la configuración del ser humano.

5. IMPLICACIONES BIOÉTICAS DEL PGH

Entre las **implicaciones** del PGH están la **posibilidad** de generar:

- **pérdida de la privacidad** de la información genética del individuo, al hacerse obligatorio el diagnóstico genético a todo ser humano,
- **discriminación genética**, a quienes posean genes causantes de enfermedades, al negarles o condicionarles la **contratación** laboral (empleo), el **tratamiento médico**, la compra de **seguros de vida** o de **salud** (o los costos para ellos sean muy elevados),
- **discriminación social**, atención médica sólo a quien tenga los medios económicos para acceder a los tratamientos; que las instituciones lucren con los diagnósticos, tratamientos y medicamentos desarrollados; elegir pareja en base a su condición genética; trato preferencial al poseedor de mejoras físicas, fisiológicas o cognitivas; la **inequidad** en el acceso a los **beneficios** que se extraigan de la investigación entre países,
- **eugenesia³ negativa**, al favorecer la **selección** de **embriones** o el **aborto** en función de la calidad de los genes o evitar la reproducción de individuos portadores de genes causantes de enfermedades genéticas, defectos físicos, psíquicos o con características “no valiosas”,
- **eugenesia positiva**: dirigida a aumentar la frecuencia de cualidades deseables (ojos azules, barba partida, pelo rubio, resistencia, inteligencia y visión perfecta,...) para asegurar “la superioridad de un grupo o imponer un modelo genotípico (empobreciendo la diversidad genética humana) a través de **cruzamiento selectivo**, **manipulación genética** (ingeniería genética) o fecundación *in vitro* «produciendo embriones enriquecidos con genes “adecuados”,
- **descontento**, en los individuos “mejorados”, por los caracteres designados o por los **daños** inadvertidos ocasionados “por la mejora”, p. e. al aumentar la altura, más allá de la norma, puede perjudicarse el corazón. Muchos caracteres “meta” para el mejoramiento (inteligencia, memoria,...) son genéticamente multifactoriales y poseen componentes ambientales fuertes por lo que la alteración de genes únicos puede no alcanzar los resultados esperados,
- **depresión, falta de interés** por cuidarse o curarse cuando la persona recibe un diagnóstico genético que revela la posesión de genes causantes de enfermedades mortales o incapacitantes, la **ansiedad** en familiares al vivir esperando el momento en que la persona enfermará o morirá y por la **incertidumbre** de saber si heredaron dicho gen. O bien que la persona se confíe y caiga en **excesos** si en su diagnóstico no aparecen genes disfuncionales.

³ **Eugenesia** (del griego *eu*, bueno y *genos*, nacimiento, raza): estudio de las posibilidades de mejoramiento del patrimonio genético o la mejora poblacional, la mejora de la especie.

6.- PATENTES DE: SECUENCIAS, GENES, ENFERMEDADES, FÁRMACOS O TERAPIAS

Las **patentes de secuencias, genes, enfermedades, fármacos o terapias** por particulares, para una posterior explotación comercial, es otra derivación del PGH. Esto ha generado polémicas (dado que parte de los fondos usados en el PGH eran de los contribuyentes) y la necesidad de políticas regulatorias. Resulta preciso combinar la moralidad con el interés económico, compatibilizar las expectativas económicas, terapéuticas y de avance científico, procurando encontrar un equilibrio razonable entre el altruismo que unos buscan para el conocimiento público de la información proporcionada por el PGH y los que buscan sacarle provecho económico. Las empresas privadas, argumentan que necesitan obtener un beneficio que supla las inversiones que hacen durante las investigaciones para obtener productos farmacéuticos, desarrollar terapias u otras aplicaciones. Por eso requieren proteger sus hallazgos y evitar que otros se aprovechen de sus descubrimientos.

Posturas adoptadas sobre las patentes de las secuencias totales o parciales:

- **La UNESCO** afirma que el **genoma humano** es **patrimonio** de la **humanidad** y que debe quedar excluido de cualquier apropiación pública o privada.
- **Postura americana**, representada por los NIH y Craig Venter (dueño de la empresa biotecnológica Celera Genomics involucrada en el estudio del genoma humano), parte de que los genes no son vida humana ni pueden clasificarse como materia exclusivamente humana ya que los compartimos con otras especies. Opinan que nada debería impedirles proteger la información obtenida y conseguir beneficios para poder avanzar en sus investigaciones.
- **Postura europea**, niega la patentabilidad de cualquier genoma individual completo pero admite que se pueden patentar los genes humanos individuales, si han sido aislados. Mantiene cláusulas de moralidad que permiten rechazar administrativa o jurisdiccionalmente determinadas solicitudes de patente. La directiva pretende solucionar los problemas al establecer una distinción entre los genes que se encuentran en la naturaleza y a los que se les debe proteger pues actuarían como patrimonio común de la humanidad y los genes que han sido aislados de su medio natural y modificados en su naturaleza por procedimientos técnicos, a los que sí podría conceder una patente.

Se han desarrollado programas para contemplar las consecuencias éticas y sociales de la investigación científica como el Programa Legal y Social (Ethical, Legal and Social Implications Research Program, en inglés, ELSI) o la Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos, promovida por la UNESCO en 1997.

PRINCIPIOS ÉTICOS DERIVADOS DEL PGH

- Protección a la **privacidad** de la información genética.
- Respeto a la **dignidad individual** y a la **inteligencia** básica de las personas, así como a sus decisiones médicas y reproductivas (libre elección de interrumpir o continuar un embarazo con riesgo).
- Información **objetiva al paciente** sin considerar los valores del profesional médico.
- **Educación**, a la sociedad, sobre el alcance del Proyecto Genoma Humano.

Bibliografía

Urrutia, A. (2003). Diez años del genoma humano: promesas rotas y hallazgos inesperados. *¿Cómo ves?* No. 146. pp 10-14. Consultado el 4 de febrero 2013. <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/146/diez-anos-del-genoma-humano-promesas-rotas-y-hallazgos-inesperados>.

Clariván, C. (2010). *Genoma. El mapa de la Vida*. México: Trillas.

ANEXO 10. ACTIVIDAD 4. EL PROYECTO GENOMA HUMANO, UN MISTERIO POR RESOLVER

I. ANTECEDENTES

Genoma (del griego *genos* = *progenie*) es la totalidad de **material genético** (DNA, genes o cromosomas) en una célula, un individuo o una especie. En el **núcleo** de cada célula humana se encuentran los **cromosomas** formados de fragmentos de **DNA**, llamados **genes**, que contienen las instrucciones para producir moléculas de **RNA**. El RNA es la molécula que guía el ensamblado de **proteínas** (a partir de aminoácidos) que determinan los rasgos físicos (**fenotipo**) del ser vivo.

El genoma en los **virus** puede estar formado por DNA o RNA y el de los **viroides**¹ sólo por una cadena corta de RNA.

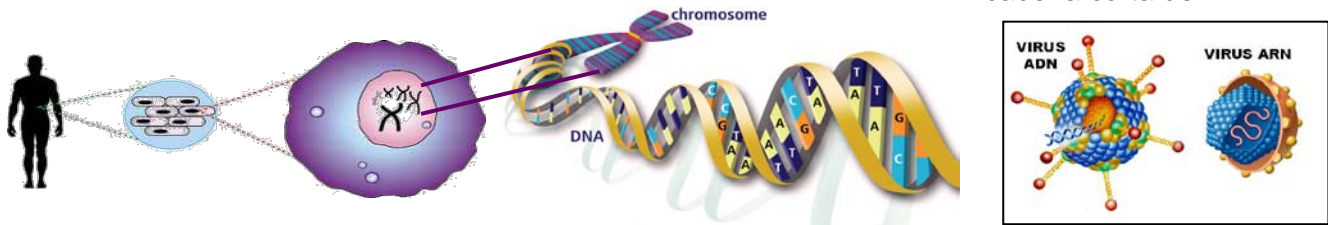
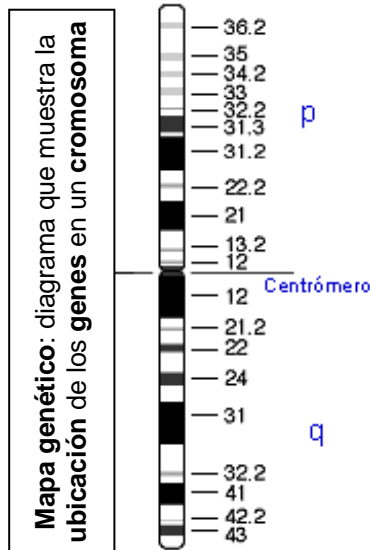


Imagen 1. Ilustra que el **genoma** está presente en cada célula, constituido por moléculas de DNA.

El **genoma viral** sólo tiene RNA o DNA

En 1990, se organizó el Proyecto Genoma Humano (PGH), un esfuerzo internacional para **mapear** y **secuenciar** el genoma humano. Se trataba de definir:



- ✓ **cuántos** son, **dónde** están, en **qué orden** y **qué función** realizan los **genes** de los 46 **cromosomas** (mapa genético),
- ✓ la cantidad y la secuencia de los **nucleótidos** que forman los **genes** del genoma humano, caracterizados por una base nitrogenada adenina **A**, guanina **G**, timina **T**, citosina **C**. Era esencial conocer la **secuenciación de bases** para entender las **instrucciones** para la estructura y función del organismo, escritas con éstas cuatro letras.

Obtener el mapa y secuencia del genoma humano fue algo similar a:

- ✓ clasificar millones de letras extraídas de un libro,
- ✓ interpretar dicha clasificación y formar cada palabra, oración, párrafo y página, pues esta escrita sin mayúsculas, espacios, signos de puntuación y con secuencias de letras sin sentido entre palabras.

II. ANALOGÍA.

EL GENOMA

¿UNA SOPA DE LETRAS?

Con el fin de percibir y vivenciar el trabajo realizado por los biólogos moleculares durante el PGH se presenta la siguiente actividad de aprendizaje, es una analogía entre el lenguaje genético y el español (ver tabla).

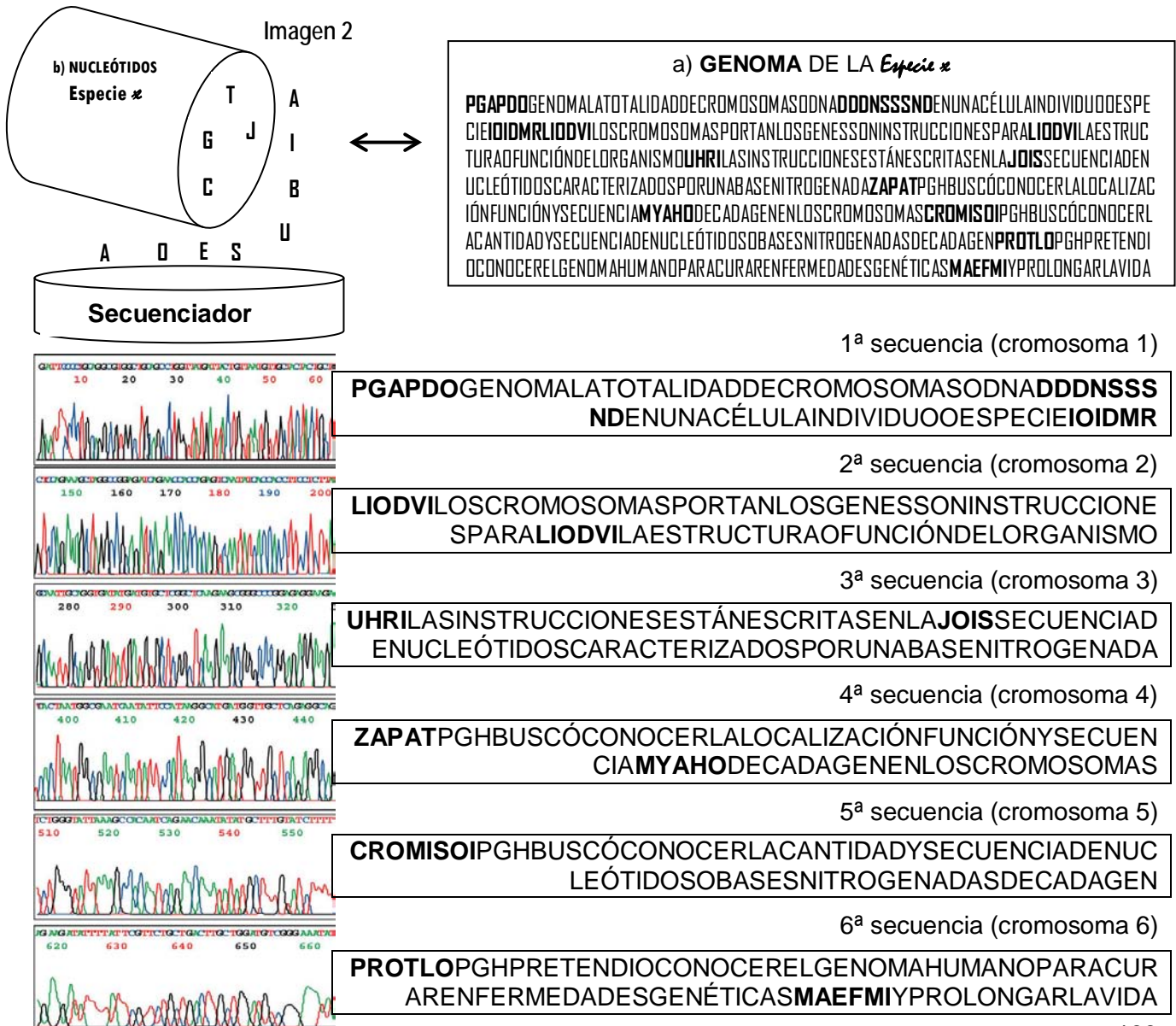
LENGUAJE GENÉTICO	EQUILIBRIO	LENGUAJE ESPAÑOL
Genoma: total de los genotipos que posee y caracteriza a cada especie viva. Genotipo: conjunto de cromosomas que heredó un individuo.	E Q U I L I B R I O	Párrafo: total de oraciones.
Cromosoma: conjunto de genes .		Oración: conjunto de palabras .
Gen: secuencia específica de nucleótidos . Expresa una función o característica en el ser vivo.		Palabra: secuencia específica de letras . Expresa un significado (objeto, emoción, lugar,...).
Nucleótido: unidad monomérica del DNA .		Letra: unidad en el alfabeto de la lengua española.

¹ Agentes que infectan células, por lo general vegetales. A diferencia de los virus carecen de cápsula proteica.

Tarea académica. Mapeo de genes y secuenciación de nucleótidos

Los alumnos:

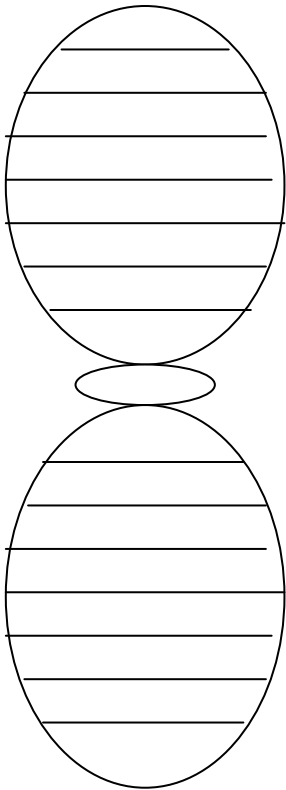
1. identifican en la **imagen 2**: a) el **genoma** de la *Especie x*, b) un cilindro conteniendo los **nucleótidos** o unidades estructurales del genoma de la *Especie x* (vaciándose por separado cada cromosoma en un **secuenciador** -aparato que ordenará dichas unidades-),
2. identifican a la derecha del secuenciador las **secuencias** de cada **cromosoma**, ya ordenadas; se asignan una por alumno,
3. reconocen y subrayan cada conjunto de **letras** que formen **palabras (genes)** sin sentido (significado) y las secuencias de letras con sentido, con diferente color,
4. enumeran y enlistan las **palabras (genes)** en el orden en que fueron reconocidas, en su cuaderno,
5. reconocen el punto “III. Mapa de Genes” representa 6 cromosomas con la secuencia de los genes que poseen (las divisiones corresponden a cada palabra o gen). Iluminan, con diferente color, cada **división (gen)** y anotan las **palabras (genes)** en el orden en que fueron enlistadas,
6. contabilizan las **letras (nucleótidos)** que integran cada **palabra (gen)**, las **palabras (genes)** que forman cada **cromosoma** y los cromosomas que componen el **genoma** de la *Especie x* y registran los resultados; comparten resultados y completan el mapa de genes.



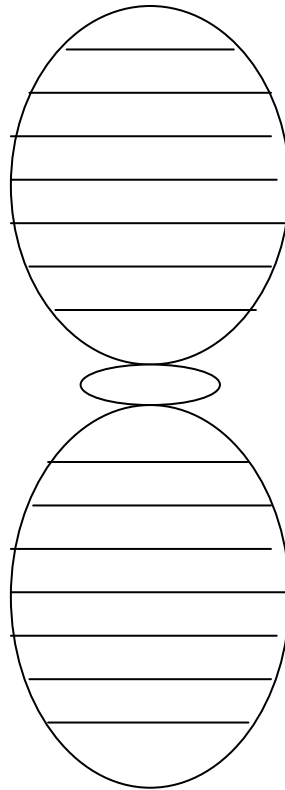
III. MAPA GENÉTICO DE LA *Especie x*.

A. Representación de Nucleótidos, Genes y Cromosomas

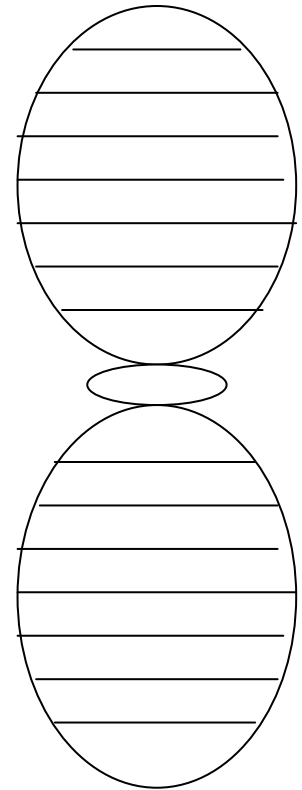
Cromosoma 1
Nº de: nucleótidos ___ genes ___



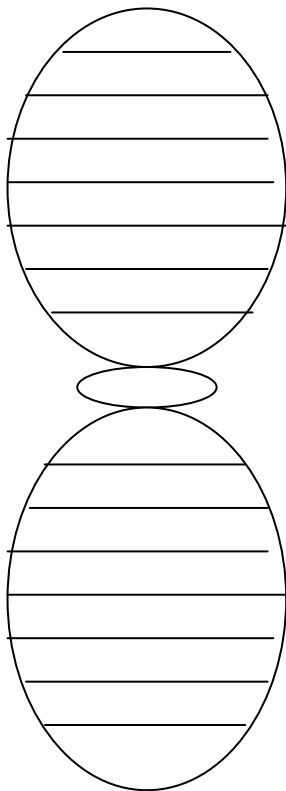
Cromosoma 2
nucleótidos ___ genes ___



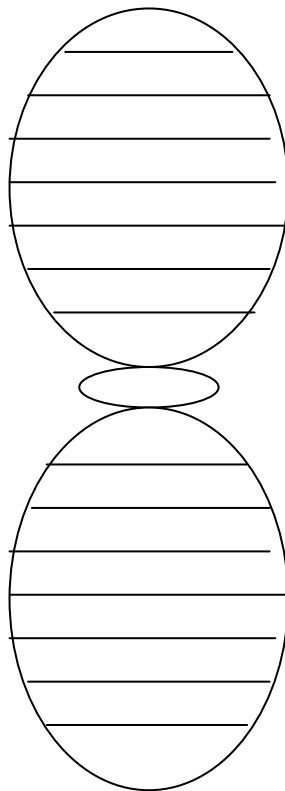
Cromosoma 3
nucleótidos ___ genes ___



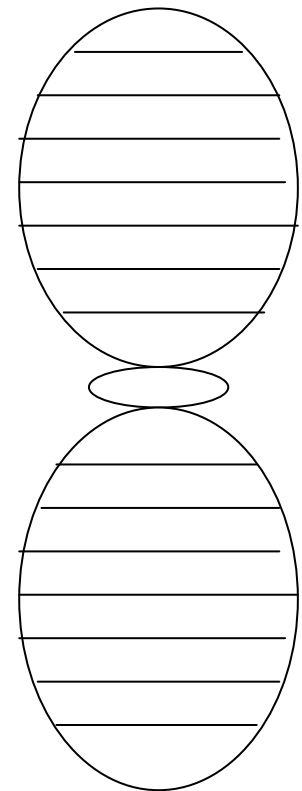
Cromosoma 4
Nº de: nucleótidos ___ genes ___



Cromosoma 5
nucleótidos ___ genes ___



Cromosoma 6
nucleótidos ___ genes ___



B. El GENOMA de la *Especie x* esta integrado por: NUCLEÓTIDOS _____ GENES _____ CROMOSOMAS _____

IV. AUTOEVALUACIÓN.

MAPA GENÉTICO DE LA *Especie x*

A. La representación de la secuencia de: **nucleótidos** en cada **gen**; genes en cada **cromosoma**, y la totalidad de cromosomas del **genoma** en el Mapa Genético es:

<u>CROMOSOMA 1</u>		9. PARA = 4	<u>CROMOSOMA 4</u>		10. NUCLEÓTIDOS = 11
Nº genes → # nucleótidos		10. LIODVI = 6	1. ZAPAT = 5		
1. PGAPDO = 6		11. LA = 2	2. PGH = 3		11. O = 1
2. GENOMA = 6		12. ESTRUCTURA = 10	3. BUSCÓ = 5		12. BASES = 5
3. LA = 2		13. O = 1	4. CONOCER = 7		13. NITROGENADAS = 12
4. TOTALIDAD = 9		14. FUNCIÓN = 7	5. LA = 2		14. DE = 2
5. DE = 2		15. DEL = 3	6. LOCALIZACIÓN = 12		15. CADA = 4
6. CROMOSOMAS = 10		16. ORGANISMO = 9	7. FUNCIÓN = 7		16. GEN = 3
7. O = 1		TOTAL NUCLEÓTIDOS = 91	8. Y = 1		TOTAL NUCLEÓTIDOS = 83
8. DNA = 3		<u>CROMOSOMA 3</u>	9. MYAHO = 5		<u>CROMOSOMA 6</u>
9. DDNSSSND = 9		1. UHRI = 4	10. SECUENCIA = 9		1. PROTLO = 6
10. EN = 2		2. LAS = 3	11. DE = 2		2. PGH = 3
11. UNA = 3		3. INSTRUCCIONES = 13	12. CADA = 4		3. PRETENDIÓ = 9
12. CÉLULA = 6		4. ESTAN = 5	13. GEN = 3		4. CONOCER = 7
13. INDIVIDUO = 9		5. ESCRITAS = 8	14. EN = 2		5. EL = 2
14. O = 1		6. EN = 2	15. LOS = 3		6. GENOMA = 6
15. ESPECIE = 7		7. LA = 2	16. CROMOSOMAS = 10		7. HUMANO = 6
16. IOIDMR = 6		8. JOSI = 4	TOTAL NUCLEÓTIDOS = 80		8. PARA = 4
TOTAL NUCLEÓTIDOS = 82		9. SECUENCIA = 9	<u>CROMOSOMA 5</u>		9. CURAR = 5
<u>CROMOSOMA 2</u>		10. DE = 2	1. CROMISOI = 8		10. ENFERMEDADES = 12
1. LIODVI = 6		11. NUCLEÓTIDOS = 11	2. PGH = 3		11. GENÉTICAS = 9
2. LOS = 3		12. CARACTERIZADOS = 14	3. BUSCÓ = 5		12. MAEFMI = 6
3. CROMOSOMAS = 10		13. POR = 3	4. CONOCER = 7		13. Y = 1
4. PORTAN = 6		14. UNA = 3	5. LA = 2		14. PROLONGAR = 9
5. LOS = 3		15. BASE = 4	6. CANTIDAD = 8		15. LA = 2
6. GENES = 5		16. NITROGENADA = 11	7. Y = 1		16. VIDA = 4
7. SON = 3		TOTAL NUCLEÓTIDOS = 98	8. SECUENCIA = 9		TOTAL NUCLEÓTIDOS = 91
8. INSTRUCCIONES = 13			9. DE = 2		

B. El **genoma** de la **especie X** está constituido por:

525 → nucleótidos,

96 → genes (16 en cada cromosoma = 16 x 6),

6 → cromosomas.

¡La ciencia ha incrementado su participación en la concepción, hecho que ha ocasionado acaloradas polémicas!

Visión panorámica

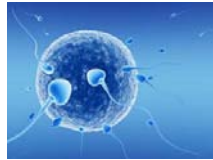
La Ciencia en la Reproducción Humana Asistida.

1. Inseminación Artificial o Intrauterina, IA.
2. La Fecundación *In Vitro* FIV o IVF.
3. Inyección de un espermatozoide en el citoplasma, ICSI.
4. Diagnóstico Genético Preimplantacional, DGP
5. Clonación Humana

Aprendizaje. El alumno: *valora* las implicaciones bioéticas de la clonación de organismos.

LA CIENCIA EN LA REPRODUCCIÓN HUMANA ASISTIDA

La reproducción sexual permite la perpetuación de las especies. Implica la **formación** y **unión** de gametos (fecundación o fertilización), la **implantación** (fijación del óvulo fecundado a la pared uterina) y su ulterior **desarrollo**.



Hay parejas que tienen dificultad para concebir pues uno o ambos miembros presentan alguna patología. Existen procedimientos que facilitan la fecundación e implantación (embarazo), los cuales se describen a continuación.

1. Inseminación Artificial o Intrauterina, IA.

Al acercarse el momento de la ovulación una muestra de espermatozoides, seleccionados y preparados, se descarga dentro del útero con una



cánula diseñada para tal fin. Se practica cuando los espermatozoides tienen dificultad de llegar al útero por obstáculo o falta de cantidad o calidad del esperma (infertilidad masculina) y cuando mujeres solteras no tienen o no quieren un donante conocido. El éxito depende de que las trompas de Falopio estén sanas, libres de obstáculos y de la cantidad y calidad de los espermatozoides. La técnica se intentó a finales del siglo XVIII pero su difusión se evidenció con la creación de los bancos de semen y la congelación de los espermatozoides. **Implicaciones:** los espermatozoides al ser obtenidos de bancos de semen, puede existir la duda sobre su calidad (por haber sido manipulados y congelados, por desconocerse la carga genética del donador (si es portador de enfermedades hereditarias pues ¿fenotipos vemos, genotipos no sabemos!), el estado de salud y la calidad de vida (alimentación, consumo de hormonas, fármacos,...).

2. La Fecundación *In Vitro* FIV o IVF, (del latín: dentro del vidrio, en ambiente controlado “laboratorio”, fuera del organismo vivo). Luego de una estimulación hormonal femenina los

ovocitos son extraídos, por punción o aspiración folicular de la mujer, y se dejan en el laboratorio con los espermatozoides para que la fertilización



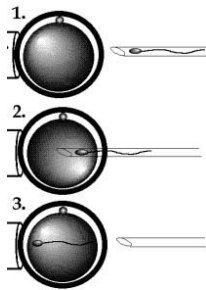
ocurra, se forman y desarrollen los embriones hasta la fase de blastocisto¹ (cinco o seis días después de la fertilización) para luego transferirlos al útero materno mediante un catéter introducido por vía vaginal, bajo guía de ultrasonido abdominal. Hasta hace pocos años, los embriones se transferían al 3^{er} día después de la fertilización debido a que era imposible mantenerlos vivos, actualmente la tecnología permite cultivarlos por mayor tiempo lo que facilita la selección de **uno o dos** embriones

¹ La transferencia en la fase de blastocisto va más de acuerdo con el proceso natural, dado que es alrededor del **quinto día** cuando un **embrión fertilizado naturalmente** suele llegar al útero.

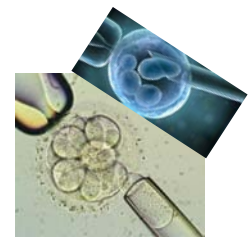
con mayor calidad y poder de implantación, frente a los tres o cuatro que solían transferirse al 3^{er} día de cultivo, lo que reduce el riesgo de embarazos múltiples. La técnica se le sugiere a mujeres que tienen obstruidas las trompas de Falopio, se realizaron salpingoclasia, presentan endometriosis o disfunciones ovulatorias o si la muestra de semen presenta anomalías moderadas. El 25 de julio de 1978 nació Louise Brown, la 1^a bebé “de probeta” concebida por fecundación *in vitro*.

Variantes de la FIV: a) óvulos propios y semen de la pareja, gestada en la pareja; b) óvulos propios y semen de la pareja, gestada en una madre sustituta, c) óvulos propios y semen de donante, gestada en la esposa, d) óvulos de donante y semen la pareja, gestada en la esposa y e) óvulos y espermatozoides de donantes gestados en la esposa

3. Inyección de un espermatozoide en el citoplasma, ICSI (*intra cytoplasmic sperm injection*).



Es un tipo de fertilización *in vitro* en la que el investigador selecciona el espermatozoide y lo microinyecta en el citoplasma del ovocito. Procedimiento usado cuando los varones son oligospermicos (su semen tiene bajo número de espermatozoides y poca movilidad). El primer embarazo humano mediante ICSI se produjo en el año 1992 por Gianpiero Palermo y colaboradores. **Implicación:** el investigador elige el espermatozoide que a su juicio ve saludable y con mayor movilidad, pero desconoce su contenido genético.



4. Diagnóstico Genético Preimplantacional, DGP

El **DGP** es el estudio del DNA, realizado a una célula de embrión entre 1 a 6 días, **antes de ser transferido a la madre**. Se realiza después de la fecundación *in vitro* para detectar: a) posibles **alteraciones genéticas** (responsables de enfermedades) o **cromosómicas** (causantes de malformaciones o síndromes como el de Down), b) posesión de características **terapéuticas** deseables como la compatibilidad genética de la médula ósea (para curar a otro), c) el **sexo**. La identificación de la función de los genes ha sido posible gracias a los procedimientos y resultados del Proyecto Genoma Humano. **Implicaciones.** Los procedimientos de **fecundación *in vitro*** emplean un elevado número de ovocitos. Si todos se fecundan se obtiene una sobreproducción de embriones. Comúnmente se transfieren dos embriones para asegurar que al menos uno se implante, sin embargo, si los dos se implantan habrá un embarazo doble. Los embriones restantes se congelan (para ser transferidos posteriormente, si la transferencia e implantación fallarán o por si en el futuro se desea otro hijo) pero ¿qué pasará con los embriones congelados que ya no quieren?, ¿serán donados o vendidos a otras parejas estériles “trafico legal o ilegal de embriones”?, ¿se emplearán para obtener células madre embrionarias -con las que se curen enfermos o se experimente- negándoles la oportunidad de desarrollarse como un nuevo ser?, ¿serán destruidos?, ¿es éticamente aceptable? La FIV también se cuestiona por la compra de óvulos o espermatozoides, el alquiler de madres sustitutas,...

Algunos creen que el **DGP** favorece la eugenesia positiva² al posibilitar la selección de embriones con características deseadas (ojo azul, alto coeficiente intelectual, resistencia física,...) o de un determinado sexo, y la eugenesia negativa al desechar los embriones con alteraciones genéticas y cualidades o sexo no deseados.

5. CLONACIÓN HUMANA, ¿una opción para el futuro?, ¿con el **núcleo** del organismo a clonar (obtenido de una célula de: piel, sangre, cabello, pestaña, saliva... cadáver, dejada en hilo dental o en la ropa) introducido en un ovocito enucleado, se podrán hacer replicas de él? **Implicaciones:** personas públicas podrían ser clonadas, sin autorización, para producir **castas** de: a) **científicos** con clones de Albert Einstein, Carlos Darwin, Thomas Alva Edison o Rita Levi-Montalcini,...; b) **atletas** con clones de Oribe Peralta, Rafa Márquez, Manny Pacquiao,...; c) **famosos** con clones de Selena Gómez, Aracely Arámbula, Diego Luna, Alejandro Sanz, Robin Williams, Justin Bieber,... d) **“políticos”** con clones de P. Nieto, V. Fox, L. Obrador, e) **galardonados** con clones de Roberta Menchú, Malala Yousafzai,...

² Eugenesia (*del griego eu, bueno y genos, origen, parentesco, raza*), la mejora de las cualidades genéticas.

Visión panorámica

Clonación de Organismos

1 Clonación Asistida con Fines Reproductivos.

- 1.1. Clonación por **Fisión** de **Embriones**.
- 1.2. Clonación por Transferencia Nuclear de **Embrión**.
- 1.3. Clonación por Transferencia Nuclear de **Adulto**.

2. Aplicaciones de la Clonación Reproductiva.

3. Clonación Terapéutica a partir de:

- 3.1. Células **Somáticas**,
- 3.2. Células **Madre** Embrionarias y Somáticas.

4. Implicaciones Bioéticas de la Clonación de Organismos.

Bibliografía

Aprendizaje. El alumno:

valora las implicaciones bioéticas de la **clonación de organismos**.

Conceptos clave:

Célula madre Clon Clonación
Enucleación Transferencia nuclear



H. J. Webber
1865-1946

En **1903** el fisiólogo estadounidense Herbert John Webber, con la intención de contribuir al desarrollo del léxico de la entonces nueva ciencia de la Genética, acuñó el concepto de **Clon** (del griego *klōn*, retoño o esqueje).

Respondía a la necesidad de referirse a una forma de cultivo **multiplicada** de manera **asexual**, a través de **fragmentos** o retoños de la planta original. Es un eficiente tipo de propagación vegetal, para producir descendientes iguales a la planta original "**clones**" utilizado por agricultores, horticultores, fruticultores, coleccionistas de plantas, amas de casa,...

El término **clonación** se emplea para referirse a la **creación** de clones o copias de **organismos genéticamente idénticos** a partir de uno ya existente.

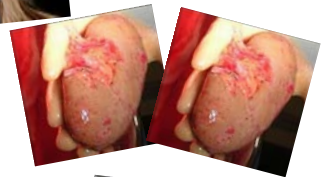
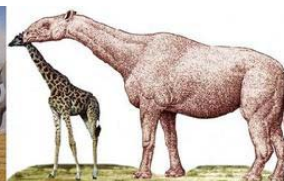
¿Fantasía?

¿Realidad?

¿Los biólogos moleculares pueden clonar...?

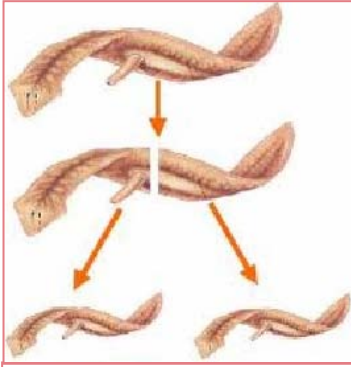
- **famosos:** Madonna, Selena Gómez, Juanes, "al Chicharito" Javier Hernández,...
- **organismos:** bacterias, hongos, animales y plantas de interés comercial,
- **personas fallecidas:** Miguel Calero, Jenni Rivera, Gandi, Hitler,...
- **especies extintas** o en **peligro** de extinción,
- **células, tejidos y órganos** humanos o de animales para trasplantes,...

Con la **clonación** ¿dejarán de ser necesarios los **espermatozoides**?



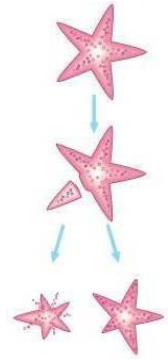
Snuppy, un galgo afgano clonado a partir de una célula de oreja de su padre genético

La **clonación vegetal** puede partir de unas cuantas células, por cultivo de tejidos, tal es el caso de la fresa, la zanahoria, los cactus y hasta especies arbóreas.



Si la planaria es dividida en dos, cada fragmento se regenera y da origen a dos organismos idénticos.

La **clonación animal** es común en organismos con capacidad de **regeneración**, a partir de **fragmentos** de su cuerpo. Sucede en las planarias, lombrices de tierra, estrellas de mar, arañas o lagartijas. También en humanos y en otros mamíferos cuando un **cigoto**, en las primeras etapas de desarrollo embrionario, se divide en dos (o más) dando origen a individuos genéticamente idénticos "**gemelos idénticos**".



Asimismo ocurre en otros **niveles de complejidad biológica**, tal es el caso de la:

- **clonación de genes**, dentro de la tecnología del DNA recombinante, significa sacar copias exactas de un gen "fragmento de DNA" que interesa replicar;
- **clonación celular** en bacterias, protistas, hongos por procesos de reproducción asexual bipartición, gemación o esporulación y en animales en cultivo de tejidos, de forma inducida.

Las células de los organismos multicelulares son genéticamente idénticas "clones" se originan por mitosis a partir de una célula cigoto, que resulta de la unión de gametos (o fecundación) procedentes de dos **progenitores diferentes** "reproducción **sexual**".

La **clonación de organismos** es un proceso común en la **naturaleza** y ha acontecido desde hace cientos de millones de años, sin embargo la sociedad se remite a la oveja Dolly o a la película Star Wars: Attack of the Clones, ¿Por qué genera esperanza, algarabía, desconfianza o polémicas en el ámbito de la **ciencia**, la **bioética**, la **religión**, la **política** y hasta propuestas **legislativas**?



1. CLONACIÓN ASISTIDA CON FINES REPRODUCTIVOS

La clonación **asistida** es también llamada **artificial** o **inducida**.

1.1. Clonación por Fisión Embriones

La clonación o **gemelación inducida** por fisión o división de embriones es empleada en la **ganadería**. Primero se eligen a los padres con cualidades de **valor comercial** (selección artificial), posteriormente se les reproduce a partir de la técnica de **fecundación *in vitro* FIV¹**. Los **embriones** producidos son **divididos** (en las primeras etapas de su desarrollo cuando están formados con células no especializadas y **totipotentes²**) y colocados, para su gestación, en **madres sustitutas** de menor "calidad o valor productivo".

Su objetivo es producir **animales** comercialmente **valiosos** "genéticamente idénticos" lo que puede llevar a la **pérdida de biodiversidad** y la **desaparición de genes** que hoy no parecen ser importantes pero que pudieran serlo en el futuro.

En **1993** J. Hall y R. Stillman, de la Universidad George Washington, aplicaron ésta técnica a tres **embriones humanos**, de pocas células, no viables, dispérmicos (penetrados por dos espermatozoides). Los investigadores dividieron en dos a los embriones y estos continuaron el proceso de división celular hasta que fueron destruidos, "clonaron embriones humanos".

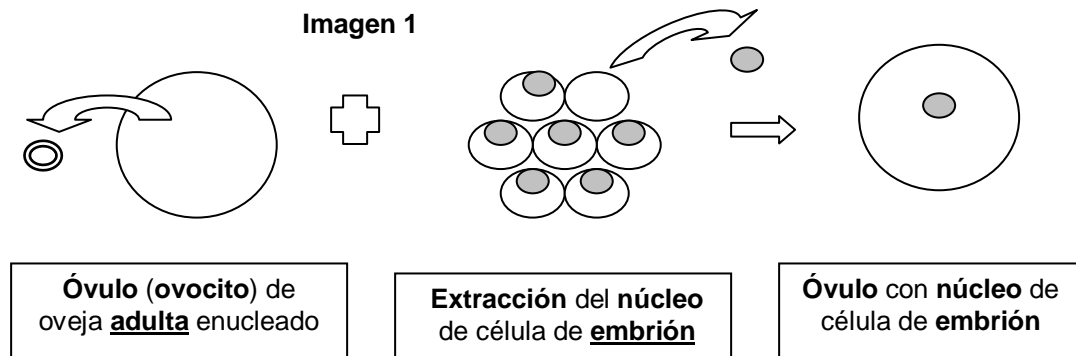
¹ **In vitro** (latín: dentro del vidrio) técnica realizada en un ambiente controlado fuera del organismo vivo.

² Células **totipotenciales**, también llamadas **células madre**, tienen el potencial de dividirse y transformarse en diferentes tipos celulares, producir más células madre u originar, cada una, un individuo completo.

1.2. Clonación por Transferencia Nuclear de Células de Embrión³

En **1950** John Gurdon y sus colegas insertaron **núcleos** de renacuajo⁴ (procedentes de células **embrionarias** totipotenciales) en **óvulos** a los que previamente se les había retirado el suyo, proceso llamado **enucleación**. Algunos de estos óvulos se desarrollaron en renacuajos completos. La técnica fue llamada de **transferencia nuclear** de células **no diferenciadas**.

En **1995**, Ian Wilmut y su colega Campbell del equipo escocés del Instituto Roslin de Edimburgo, tomaron **óvulos** de **oveja**, les quitaron su núcleo y les introdujeron el **núcleo** de una célula de **embrión** de **oveja** (célula indiferenciada, totipotente) e indujeron el desarrollo embrionario. De esta forma consiguieron dos ovejas, **Megan** y **Morag**, que desde el punto de vista genético, eran idénticas entre sí, (ver imagen 1).



Varias de las ovejas producidas poseían **anomalías** lo que desató críticas de asociaciones que defienden los **derechos de los animales**.

Realizar esta técnica en mamíferos vaticinaba que ¿se podría **realizar en humanos!** y conseguir **individuos idénticos** procedentes de un mismo **embrión**.

1.3. Clonación Reproductiva por Transferencia Nuclear de Células de Adulto

El 5 de julio de **1996** nació la **oveja Dolly**, creada por Ian Wilmut y sus colegas. Fue el **primer mamífero clonado** a partir del núcleo de una **célula diferenciada adulta** (2n diploide, procedente de glándulas mamarias), ver imagen 2.

Se ha dicho que Dolly fue totalmente idéntica a la **oveja donadora del núcleo** (del ADN) «a su madre genética (1)» y diferente de la «**oveja donante del óvulo** (2), sin embargo, hay científicos que opinan que la información genética de la que arranca el desarrollo embrionario está «abierta» a interacciones con el **ADN** mitocondrial y otras **proteínas** presentes en el **óvulo**». Además Dolly mantuvo interacción durante el desarrollo embrionario con la **oveja gestante** (3) hecho que debió tener consecuencias.



Ian Wilmut y Oveja Dolly



La noticia de la clonación de la oveja Dolly a partir del núcleo de una **célula adulta** conmovió a la opinión pública y a la comunidad científica; rebasó los dilemas suscitados por la **reproducción asistida** y los avances de la **Genética**.

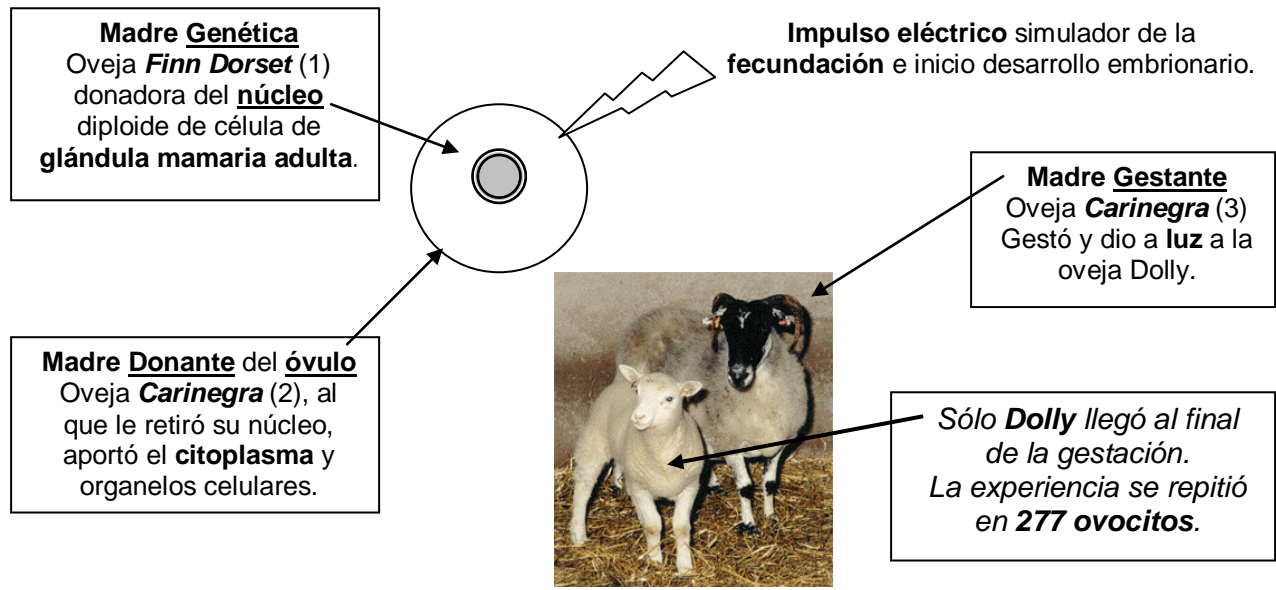
← **Enucleación** de un óvulo.

A lo anterior hay que añadir la influencia de los factores ambientales que encontró durante su desarrollo posterior al nacimiento. Los **genes** son importantes, pero el **ambiente** es decisivo en el troquelado de cada ser vivo. Por otro lado, al nacer Dolly, podrá ser idéntica a su madre genética, pero en ese momento Dolly está recién nacida y su madre es un adulto.

³ **Embrión**. Se le llama así a los primeros estadios del desarrollo de una planta o animal, posterior al cigoto.

⁴ **Renacuajo**, estado larvario de los anfibios anuros como las ranas.

DOLLY Y SUS TRES MAMÁS



En la ganadería y la agricultura interesa **clonar organismos** con **características valiosas y útiles** que sólo en los adultos es posible reconocer. La clonación de embriones no sería útil ya que sus células se originan por reproducción sexual de la fusión de gametos cuya información genética se desconoce y por tanto los rasgos que heredan.

2. APLICACIONES DE LA CLONACIÓN REPRODUCTIVA

a. Las técnicas de **clonación** en combinación con técnicas de **ingeniería genética** podrían facilitar la obtención de:

- **Animales transgénicos** productores de fármacos u otros productos de interés humano. En Latinoamérica se logró la clonación de la vaca Pampa Manza, que contenía el gen de la hormona de crecimiento humana bajo el control de un elemento que dirigía su expresión en la glándula mamaria. La cantidad de hormona que producía en la leche era tan alta que bastarían 15 clones para abastecer la demanda mundial.

En **1997**, Ian Wilmut y su equipo crearon a la primera **oveja clónica y transgénica**. Para crearla se insertaron **genes humanos**, de valor terapéutico, en células embrionarias de oveja, posteriormente sus núcleos (con el gen humano) fueron transferidos a óvulos enucleados. Fue llamada **Polly** por ser de la raza *Poll Dorset*. **Fue capaz de producir** la proteína **alfa1proteínasa** (anteriormente conocida como alfa-1antitripsina) y los **factores de coagulación** VII y IX.

- **Plantas transgénicas** dotadas de **genes** que hagan innecesaria la utilización de **insecticidas** y **pesticidas**, con un significativo ahorro económico y medioambiental.
- **Órganos** para trasplantes «**xenotrasplantes**» **compatibles** que eviten el rechazo inmunológico por parte del receptor humano, obtenidos de cerdos.

b. Como paso previo al tratamiento en humanos, la creación de clones de animales facilitaría el estudio de la acción de **patógenos** y del tratamiento a las **enfermedades** que originan.

- c. La **clonación humana** sería una **alternativa** para: **mujeres** infértiles, con enfermedades mitocondriales o mayores de 35 años; **parejas** infértiles, homosexuales y solteros hombres y mujeres que desean ser clonados. Además aportaría conocimientos, en medicina, sobre los mecanismos que controlan la proliferación y diferenciación celular.
- d. La **clonación** de **personas** fallecidas o de **animales**, como propuesta a discusión si llegase a ser científicamente posible.
- e. La **clonación** de **especies amenazadas**, en **peligro de extinción o extintas** ha sido propuesta como una alternativa para su recuperación, dicha proposición no es viable. La **clonación** produce organismos idénticos, tiende a la **homogeneidad “homocigosis”**, por lo que no favorece la adaptación ni la sobrevivencia de las especies. Además no combate la causa de la extinción ¡el deterioro o destrucción de su hábitat! así es que ¿dónde vivirán los clones?, ¿de qué se alimentarían?, ¿vivirían en zoológicos como piezas de museo viviente?

3. CLONACIÓN TERAPÉUTICA⁵

3.1. Clonación Terapéutica a partir del Cultivo de Células Somáticas

Entre los **fin**s de la **clonación** y **cultivo de células** animales están:

- producir **proteínas** indispensables para **conservar la salud** como la eritropoyetina para tratar la anemia, la hormona de crecimiento para combatir el enanismo, los interferones para mitigar las infecciones y los factores de coagulación que requieren los hemofílicos,
- tratar, con las células cultivadas del mismo paciente, las **quemaduras**, el **cáncer** de piel, las **úlceras**. Se han inyectado células nerviosas inmaduras, en regiones dañadas del cerebro, y estas han hecho nuevas conexiones y restablecido las funciones perdidas,
- producir **tejidos u órganos**, por ejemplo, se ha inducido el crecimiento de células de cartílago sobre soportes estructurales en forma de oreja, nariz, vejiga,... para trasplantes.

3. 2. Clonación Terapéutica a partir del Cultivo de Células Madre Embrionarias y Somáticas

Se propuso emplear **células madre** del **embrión humano** (obtenido por **clonación** del adulto) con el fin de regenerar órganos dañados (como la columna vertebral rota de personas parapléjicas) o rejuvenecer el sistema inmune, eliminándose los problemas de rechazo inmunitario. La idea causo **controversias bioéticas** porque al embrión (clon) se le quitaba la posibilidad de desarrollarse en un nuevo ser.

El cultivo *in vitro* de **células madre** de **cordón umbilical** se ha usado en el tratamiento de hemopatías malignas (leucemias, mielomas, linfomas,...), se espera que a futuro sirvan para tratar el lupus, la artritis reumatoide, diabetes, Parkinson, Alzheimer y como opción al trasplante de médula ósea. El Dr. James Willerson del Instituto de enfermedades Cardíacas de Texas inyectó células madre de **médula ósea**, de los pacientes, en su corazón para reemplazar y regenerar las células deterioradas o muertas por infartos; mientras que el Dr. Marc Hedrick de los Ángeles EU emplea las células madre del **tejido adiposo** para tratar corazón, huesos, vasos sanguíneos dañados y en Japón se usaron para reconstruir y curar el tejido mamario luego de la mastectomía.

4. IMPLICACIONES BIOÉTICAS DE LA CLONACIÓN DE ORGANISMOS

a) La **evolución** está ligada a la variabilidad genética y una consecuencia es la **biodiversidad** de genes, especies, ecosistemas, regiones, recursos genéticos adaptados a diversas condiciones ambientales. Mientras que la **clonación** genera **uniformidad**.

⁵ **Terapéutica**: rama de las ciencias de la salud que se ocupa de los medios empleados y su forma de aplicarlos en el tratamiento de las enfermedades, con el fin de aliviar los síntomas o de producir la curación.

b) La **clonación** humana con fines reproductivos es cuestionada porque se cree que se tendería a:

- provocar **anomalías** en los clones a consecuencia de las técnicas de clonación ineficientes (implican perforar al ovocito para extraerle su núcleo, perforarlo de nuevo para introducirle el nuevo núcleo y someterlo al impulso eléctrico para inducir el desarrollo;
- crear **castas** con **cualidades** y **calidades genéticas** programadas en apego a ciertos intereses económicos, políticos o a caprichos de clases sociales privilegiadas, p. e. ejércitos homogéneos de clones diseñados para la manufactura o la guerra, sometidos a la voluntad de otros seres humanos, atentando contra su singularidad y libertad.
- anular el **derecho** de todo ser humano **a ser él mismo** y no venir al mundo programado, en su intimidad genética, por los deseos, gustos o expectativas de sus padres, científicos o personas que se interesaran en fabricar “niños a la medida”. Así como hay personas que no están satisfechas con el nombre que les eligieron o las cualidades que les heredaron habrán clones que no estén satisfechos con las cualidades que les hayan elegido (ojos azules, hoyuelos en las mejillas, agudeza visual 20/20, alto coeficiente intelectual,...).
- ejercer **presión social** y **psicológica** a los **clones** al esperar que sean replicas exactas, olvidándose que ni la inteligencia, los aprendizajes, costumbres, gustos, sentimientos, emociones, carácter, personalidad, hábitos, decisiones, edad,... historia personal se clonan; los clones estarían sometidos a condiciones ambientales y procesos de socialización o educación diferentes,
- discriminar a los **humanos no clonados**, por no poseer cualidades de “**genes perfectos**”,
- producir clones sin su autorización de **personas** muertas, **públicas**, **psicópatas**,...

Desde la **bioética** se considera inaceptable:

- √ la utilización de técnicas genéticas y de reproducción asistida que pudiesen crear seres humanos de distinta calidad genética y tuvieran un significado eugénico,
- √ experimentar sobre un individuo humano, que es un sujeto, un «*en sí*» (ser en sí),
- √ la clonación humana por las posibles anomalías que la técnica podría inducir en el nuevo ser; la posibilidad de aborto al detectarse irregularidades durante el desarrollo embrionario, rechazo o discriminación del clon por alteraciones sucedidas posteriormente al nacimiento,
- √ tener descendencia clónica “**individuos completos**” para recurrir a ella, si se requiriese un trasplante de tejidos u órganos, porque supone utilizar a una persona como “repuesto” terapéutico, ni concebir un clon para ocupar las células del embrión y con ellas desarrollar **tejidos u órganos** que pudiesen ser trasplantados sin rechazo inmunológico.

El genoma humano es la base de la unidad fundamental de todos los miembros de la familia humana y del reconocimiento de su dignidad y diversidad intrínsecas. En sentido simbólico, el genoma humano es el patrimonio de la humanidad.

a) *Cada individuo tiene derecho al respeto de su dignidad y derechos, sean cuales fueren sus características genéticas.*

b) *Esta dignidad exige que no se reduzca los individuos a sus características genéticas y que se respete su carácter único y su diversidad.*

Declaración Universal sobre el Genoma y Derechos humanos, aprobada en la Conferencia General de la UNESCO, (II.II.97), A) Art. 1 y 2.

Bibliografía

- Vázquez, R. (2008) La Cuestión del embrión y algunos problemas de la bioética. En Pérez, R. *et. al.* (Eds.). La construcción de la Bioética. México: FCE.
- Sadava, D., Heller, H., Orinas, G. *et. al.* (2009). *Vida, La Ciencia de la Biología*. Buenos Aires: Médica Panamericana.

ANEXO 13. ACTIVIDAD 5.	SOPA GENÉTICA	CONCEPTOS CLAVE
TEMA II. LA INGENIERÍA GENÉTICA Y SUS APLICACIONES		

Instrucción: En cada sopa genética identifica, ilumina y/o delimita los conceptos, con diferente color

1^{ER} RETO

- | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 1. Bacteria | 7. Ingeniería | 13. Proyecto Genoma Humano | 17. RNA |
| 2. Bioética | 8. Luciérnaga | 14. PGH | 18. Tecnología |
| 3. Biotecnología | 9. Manipulación Genética | 15. Recombinante | 19. Terapia |
| 4. Enzima de restricción | 10. Mapeo | 16. Receptor (hospedador) | 20. Transgénico |
| 5. Gen | 11. Enucleación | | 21. Vector |
| 6. GFP | 12. Plásmido | | 22. Virus |

T	P	L	A	S	M	I	D	O	A	A	I	G	O	L	O	N	C	E	T	O	I	B
V	I	R	U	S	G	F	P	A	I	R	E	T	C	A	B	N	M	A	P	E	O	A
E	R	O	N	A	M	U	H	A	M	O	N	E	G	O	T	C	E	Y	O	R	P	C
C	I	N	G	E	N	I	E	R	I	A	A	T	E	C	N	O	L	O	G	I	A	I
T	M	A	N	I	P	U	L	A	C	I	Ó	N	G	E	N	E	T	I	C	A	L	T
O	O	I	C	A	E	L	C	U	N	E	O	C	I	N	E	G	S	N	A	R	T	E
R	O	T	P	E	C	E	R	L	U	C	I	E	R	N	A	G	A	A	F	N	P	O
R	E	C	O	M	B	I	N	A	N	T	E	O	E	T	E	R	A	P	I	A	G	I
E	N	Z	I	M	A	D	E	R	E	S	T	R	I	C	C	I	Ó	N	N	E	H	B

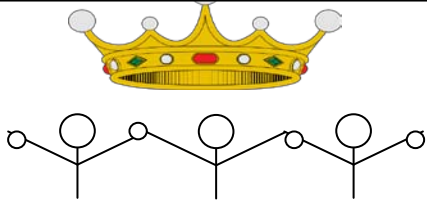
2º RETO

- | | | | |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|
| 1. AG (Adenina y Guanina = Purinas) | 7. Complementariedad (empalme) | 15. Híbrido | 23. Secuenciación |
| 2. CTU (Citosina, Timina y Uracilo = Pirimidinas) | 8. Cromosoma | 16. Huella genética | 24. Sitio (de reconocimiento) |
| 3. Cél. Madre (Célula Madre) | 9. Cruza selectiva | 17. Ligasa | 25. Transgénesis |
| 4. Clon | 10. DNA | 18. Marcador | 26. Asistida (reproducción asistida) |
| 5. Clonación | 11. Dolly | 19. Nucleótido | 27. Base Nt (bases nitrogenadas) |
| 6. Cohesivo | 12. EcoRI | 20. Palíndromo | |
| | 13. Expresión | 21. PCR | |
| | 14. GFP | 22. RNA | |

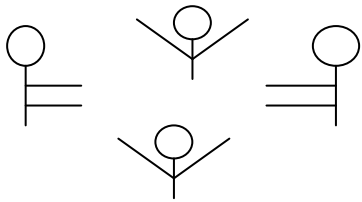
S	I	T	I	O	D	E	R	E	C	O	N	O	C	I	M	I	E	N	T	O	C	T
A	R	N	O	D	N	U	C	L	E	O	T	I	D	O	C	E	L	M	A	D	R	E
S	O	E	V	I	C	O	M	P	I	E	M	E	N	T	A	R	I	E	D	A	D	N
I	D	S	I	R	N	O	L	C	H	U	E	L	L	A	G	E	N	E	T	I	C	A
S	A	A	S	B	T	R	A	N	S	G	E	N	E	S	I	S	I	R	O	C	E	S
T	C	B	E	I	M	C	G	A	V	I	T	C	E	L	E	S	A	Z	U	R	C	A
I	R	A	H	H	O	P	F	N	E	X	P	R	E	S	I	O	N	C	T	U	A	G
D	A	D	O	L	L	Y	P	R	N	O	I	C	A	I	C	N	E	U	C	E	S	I
A	M	A	C	R	O	M	O	S	O	M	A	P	A	L	I	N	D	R	O	M	O	L

Anexo 14. DOSIS DE ÁNIMO AL INICIAR Y CELEBRACIÓN AL TERMINAR ¡COMO GANADORES!

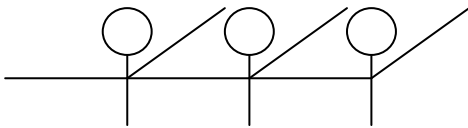
1. Corona del Triunfo.
¡Por el Reto! ¡Lo Logramos!



2. Ola de la Conquista.
¡Vamos por Todo! ¡Prueba Superada!



3. Abrazo Poderoso.
¡Por la Victoria! ¡Vencimos!



4. Estrella de la Confianza.
¡En Busca del Éxito! ¡Lo Hicimos!



5. Lazos que Fortalecen.
¡Ganamos Todos y Todo Ganamos!



6. Columna de los Retos.
¡Todos para Uno y Uno para Todos!



7. Manos a la Obra.
¡Querer es Poder!
¡La Unión hace la Fuerza!



8. Genios en Acción.
¡A Crear!
¡A Innovar!
¡A Triunfar!



9. Espiral de Desafíos.
¡Todos Unidos Hacemos Más!
¡Hicimos mucho más!

10. Abrazo Colaborativo.
¡Unamos - Esfuerzos!
¡Unamos Voluntades!





11. Copa del Honor.
 ¡Los que Perseveran... Triunfan!



17. Caverna de la Solidaridad.
 ¡Crecamos Juntos!

12. ¡Somos mucho más que dos!
 ¡Somos Equipo!



18. Suma de Esfuerzos y Voluntades.
 ¡Juntos Superamos Todo!
 ¡Triunfamos!

13. ¡Estoy Contigo!
 ¡Estamos Juntos!
 ¡Somos Equipo!



19. Suma Conocimiento para Multiplicar Inteligencia.
 ¡Hagamos Proezas!
 ¡Superamos Desafíos!

14. Estrella de la Unidad.
 ¡Unamos Ideas para hacer una Mejor!



20. Corazón Guerro.
 ¡Un Corazón!
 ¡Un Equipo!
 ¡Una Aventura!
 ¡Una Amistad!

15. Circulo de la Equidad.
 ¡Objetivos Comunes!
 ¡Logros Compartidos!



**¡JUNTOS
 HASTA QUE EL FIN DE CURSO NOS SEPRE!**



16. Nebulosa Colaborativa.
 ¡Juntos Hacemos Más!
 ¡La Unión Hace la Fuerza!





Alumno _____

No. Lista _____

No. de Equipo _____

Grupo _____

Anota el valor numérico de acuerdo al cumplimiento.

Siempre lo hace → 10

A veces lo hace → 8

Pocas vez lo hace → 6

No lo hace → 5

VALOR	CRITERIOS DE EVALUACIÓN ACTITUDES Y MICROACTITUDES Número de clase →	BIOLOGÍA I																	
		AUTOEVALUACIÓN									COEVALUACIÓN								
TOLERANCIA	RESPECTO A SI MISMO Y A LOS DEMÁS Es amable, atento, asertivo, no discrimina. Valora opiniones, estilos de vida y de trabajo.																		
	SABE ESCUCHAR Y SABE CEDER Atiende y entiende las opiniones de los demás. En las discusiones y toma de decisiones, flexibiliza puntos de vista, controla emociones y conductas de manera razonada; consensúa.																		
	SENTIDO DE EQUIPO Y SOLIDARIDAD Se integra, compromete y concentra en realizar la tarea del equipo para lograr aprendizajes y crecimiento. Con-vive en bien-estar. Valora su trabajo y el de los otros, no descalifica, enseña lo que sabe, aporta, comparte, ayuda,... se da.																		
HONESTIDAD	TRABAJO BIEN HECHO Y RECTITUD Realiza sus tareas y productos en el tiempo establecido, con esmero y calidad (veracidad, ortografía, letra legible, orden, limpieza,...) evidencia aprendizaje, ¡No se distrae, ni distrae!																		
	HONRADEZ, LEALTAD Y SINCERIDAD Cumple sus deberes con rigor y seriedad. No miente, no abusa. Evalúa desempeños, con equidad y justicia. basado en criterios definidos.																		
	DISPOSICIÓN, ESFUERZO Y PERSEVERANCIA Participa con voluntad, entusiasmo, alegría, dynamismo; pregunta, busca, estudia, acredita, es ordenado, persistente, lucha con paciencia hasta que logra su objetivo. Cumple su rol.																		
CIVISMO	RESPECTO A NORMAS Y CONVIVENCIA Saluda, agradece, se disculpa, usa por favor. No pone apodos. Mantiene limpia el área de trabajo (no escupe en el piso, se tapa la boca al toser o estornudar), protege instalaciones, no graffita.																		
	RESPONSABILIDAD Y RECIPROCIDAD Asiste puntualmente, permanece en el aula toda la clase, cuida los recursos didácticos, el ambiente y su salud. Asume sus derechos y obligaciones.																		



Anexo 16. 2º Instrumento de Evaluación

Alumno: _____ No Lista _____ Grupo _____ Equipo _____

Instrucciones. La **coevaluación** será el resultado de la reflexión y valoración **individual** o del consenso del **equipo**, hacia otro integrante.
 La **autoevaluación** será el resultado de la reflexión y valoración **personal**.
 Debe realizarse con **honestidad, responsabilidad, rigor y justicia**.

Degradación: **SIEMPRE LO HACE** → **10** **A VECES LO HACE** → **8** **RARA VEZ LO HACE** → **6** **NO LO HACE** → **5**

INDICADORES O CRITERIOS DE EVALUACIÓN Características del Aprendizaje en ambiente Colaborativo Número de Clase →	Biología I									
	Autoevaluación					Coevaluación				
1. Trabaja en coordinación con los demás, se apoya o les apoya para terminar la actividad y superar el resultado individual. Procura que todos salgan igualmente beneficiados . Logra su aprendizaje si y sólo si los demás lo obtienen. Promueve el trabajo equitativo , el sentido de pertenencia , une esfuerzos. Interdependencia positiva .										
2. Evalúa su avance y aportaciones al equipo; cumple con seriedad y calidad las tareas y compromisos asignados, corrige conductas y realiza acciones para mejorar. No se cuelga del trabajo de otro, no pierde el tiempo ni se distrae con el celular o pláticas fuera de lugar. Cuida su salud, la naturaleza, la U NAM. Deja limpio y verifica que los demás también lo hagan. Responsabilidad individual .										
3. Se reúne con sus compañeros para hacer tareas escolares y extraescolares con calidad, llega puntual, persiste, anima y trabaja “codo a codo” hasta concluir. Comparte recursos e información veraz, es solidario. Responsabilidad Individual e interacción cara a cara .										
4. Interactúa , se interesa por los demás, utiliza con ellos conceptos vistos en clase, les enseña y hace preguntas para verificar su aprendizaje, corrige, sugiere, critica, opina, escucha, acompaña, motiva, anima, modela rectitud, esfuerzo, disciplina, lealtad,... Propicia un ambiente de trabajo ordenado, tranquilo, amistoso, de convivencia armónica en donde todos se llevan bien, cumplen, aprenden y acreditan. Interacción cara a cara , habilidad interpersonal .										
5. Evalúa: el desempeño del equipo; si las actitudes, acciones, relaciones de trabajo, convivencia y comunicación son adecuadas y eficaces para lograr aprendizajes. Propone acciones para superar dificultades y mantener la unidad del equipo. Procesamiento grupal .										
Evaluación del día: será el valor más bajo obtenido en algún criterio, durante la clase.										



Degradación:	Cumple = 10	Cumple parcialmente = 7	No cumple = 5
---------------------	--------------------	--------------------------------	----------------------

Grupo _____

Equipo _____

Nombre: _____

Núm. Lista: _____

Rol: **Coordinador**

Criterios de Evaluación Número de Clase →	Biología I									
Llega puntual, permanece, cumple, estudia, aprende, acredita										
Disposición, interés por participar, enseñar, aportar, anticipar										
Atiende las explicaciones del profesor y de los alumnos										
Hace tareas bien hechas (veracidad, ortografía, limpieza,...)										
Responsable, honesto, respetuoso, tolerante, disciplinado....										
No pierde el tiempo, no se distrae (pláticas, celular, juegos....)										
Cumple su rol, hace que su equipo cumpla, aprenda, acredite										

Nombre:

Núm. Lista:

Rol: **Supervisor de Aprendizaje**

Criterios de Evaluación Número de Clase →	Biología I									
Llega puntual, permanece, cumple, estudia, aprende, acredita										
Disposición, interés por participar, enseñar, aportar, anticipar										
Atiende las explicaciones del profesor y de los alumnos										
Hace tareas bien hechas (veracidad, ortografía, limpieza,...)										
Responsable, honesto, respetuoso, tolerante, disciplinado....										
No pierde el tiempo, no se distrae (pláticas, celular, juegos....)										
Cumple su rol, hace que su equipo cumpla, aprenda, acredite										

Nombre:

Núm. Lista:

Rol: **Supervisor de Producto**

Criterios de Evaluación Número de Clase →	Biología I									
Llega puntual, permanece, cumple, estudia, aprende, acredita										
Disposición, interés por participar, enseñar, aportar, anticipar										
Atiende las explicaciones del profesor y de los alumnos										
Hace tareas bien hechas (veracidad, ortografía, limpieza,...)										
Responsable, honesto, respetuoso, tolerante, disciplinado....										
No pierde el tiempo, no se distrae (pláticas, celular, juegos....)										
Cumple su rol, hace que su equipo cumpla, aprenda, acredite										

Nombre:

Núm. Lista:

Rol: **Supervisor de Tiempo**

Criterios de Evaluación Número de Clase →	Biología I									
Llega puntual, permanece, cumple, estudia, aprende, acredita										
Disposición, interés por participar, enseñar, aportar, anticipar										
Atiende las explicaciones del profesor y de los alumnos										
Hace tareas bien hechas (veracidad, ortografía, limpieza,...)										
Responsable, honesto, respetuoso, tolerante, disciplinado....										
No pierde el tiempo, no se distrae (pláticas, celular, juegos....)										
Cumple su rol, hace que su equipo cumpla, aprenda, acredite										

Nombre:

Núm. Lista:

Rol: **Supervisor Prácticas Sociales**

Criterios de Evaluación Número de Clase →	Biología I									
Llega puntual, permanece, cumple, estudia, aprende, acredita										
Disposición, interés por participar, enseñar, aportar, anticipar										
Atiende las explicaciones del profesor y de los alumnos										
Hace tareas bien hechas (veracidad, ortografía, limpieza,...)										
Responsable, honesto, respetuoso, tolerante, disciplinado....										
No pierde el tiempo, no se distrae (pláticas, celular, juegos....)										
Cumple su rol, hace que su equipo cumpla, aprenda, acredite										



Profesora Judith Elizabeth Núñez Reynoso

Biología I Grupo _____ Horario _____ Laboratorio _____ N° de Pág. _____

# Lista	Datos Generales del Alumno	Rol	HETEROEVALUACIÓN Calif. Exámenes/promedio		Registro Asistencia, actividades, observaciones
1. equipo #	Nombre alumno: Promedio: Adeuda (cuántas): Carrera a cursar: T. Traslado: Tel. Dom.: Tel. Cel.: Tel. Rec.:	S. Producto	Foto tamaño infantil		
2. equipo #	Nombre alumno: Promedio: Adeuda (cuántas): Carrera a cursar: T. Traslado: Tel. Dom.: Tel. Cel.: Tel. Rec.:	S. Tiempo	Foto		
3. equipo #	Nombre alumno: Promedio: Adeuda (cuántas): Carrera a cursar: T. Traslado: Tel. Dom.: Tel. Cel.: Tel. Rec.:	Coordinador	Foto		
4. equipo #	Nombre alumno: Promedio: Adeuda (cuántas): Carrera a cursar: T. Traslado: Tel. Dom.: Tel. Cel.: Tel. Rec.:	S. Producto	Foto		
5. equipo #	Nombre alumno: Promedio: Adeuda (cuántas): Carrera a cursar: T. Traslado: Tel. Dom.: Tel. Cel.: Tel. Rec.:	S. Aprendizaje	Foto		
6. equipo #	Nombre alumno: Promedio: Adeuda (cuántas): Carrera a cursar: T. Traslado: Tel. Dom.: Tel. Cel.: Tel. Rec.:	S. Aprendizaje	Foto		



Universidad Nacional Autónoma de México
 Colegio de Ciencias y Humanidades
 Plantel Azcapotzalco

CÉDULA DE DESEMPEÑO ACADÉMICO

Evaluación: **Formativa** (conceptual, procedimental, actitudinal) y **Sumativa**

5° Instrumento de Evaluación

Profesora: **Judith Elizabeth Núñez Reynoso**

Fotografía

Alumno: _____
 Apellidos: **Paterno** Materno Nombre(s)

Rol: _____

Grupo: _____

Equipo: _____

No. de Lista: _____

Ciclo Escolar: _____

Promedio: _____ Trabajas (Si) (No)

Nº materias **reprobadas** _____

Nº Teléfonos: **domicilio** y para **recados** _____

Celular del alumno _____

Nombre del **padre** o **tutor** _____

Registro de Evaluaciones y Exámenes Individuales → 50%											
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.

Promedio Exámenes <u>Individuales</u>	
Total de Puntos	_____
Total de Exámenes	_____
Promedio	_____

Evaluaciones (informes, investigación, actividad experimental) y Exámenes de Equipo, → 10%											
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.

Promedio Exámenes <u>Equipo</u>	
Total de Puntos	_____
Total de Exámenes	_____
Promedio	_____

Valor = 10 =
 de UN
 Sello Número Máximo
 de sellos

Tareas Académicas (Sellos) → 10% (evaluación formativa)			
Total de Sellos del alumno	Multiplicado	Valor de UN sello	Calificación Final
	X		

criterio, Porcentaje e Instrumento	Promedio	Multiplicar	Factor	Calificación
Exámenes Individuales = 50% Cédula de Desempeño Académico (1)		X	0.5	
Exámenes de Equipo = 10% Cédula de Desempeño Académico (1)		X	0.1	
Tareas Académicas = 10% Sellos (carteles, ejercicios, cuaderno,...)		X	0.1	
Valores y Actitudes. Desempeño del Alumno = 10% Rúbrica del Alumno. Autoevaluación y Coevaluación (2)		X	0.1	
Actitudes y Valores. Desempeño del Equipo = 10% Rúbrica del Equipo. Autoevaluación y Coevaluación. (3)		X	0.1	
Valores y Actitudes. Desempeño del Alumno = 10% Rúbrica del Maestro. Heteroevaluación (4)		X	0.1	
CALIFICACIÓN FINAL =				

EVALUACIÓN CUALITATIVA

AUTOEVALUACIÓN

REFLEXIÓN PROPOSITIVA

Al conocer el **resultado de tu desempeño** responde las siguientes preguntas:

1. ¿Qué **hice bien**? (da argumentos de tu buen desempeño y sobre la **calificación** que consideras merecer): _____

2. ¿Qué **no hice bien**? _____

3. ¿Qué **haré para mejorar** (académicamente y como **persona**)?: _____

ESTOY DE ACUERDO CON MI CALIFICACIÓN

México, D. F., a _____ de _____ de _____

Firma _____

Nombre: _____

LISTA DE COTEJO	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA PROFESORA	
DESCRIPTOR/CRITERIO DE EVALUACIÓN	SÍ	NO
1. Crea un ambiente favorable para el aprendizaje y la participación durante las actividades en clase.		
2. Modela valores (respeto, tolerancia, civismo,...) responde dudas, admite cuando no sabe.		
3. Motiva para que el alumno investigue, lea, haga tareas bien hechas, se esfuerce, mejore,... aprenda.		
4. Asesora, sugiere recursos didácticos, informa sobre trámites escolares o vocacionales, instituciones....		
5. Planea su clase estimulando el pensamiento (comprensión, análisis, síntesis, reflexión, valoración,...).		
¿Qué le sugieres para mejorar?		

BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA

"Educar es... saber que el otro tiene un bien que tu tienes que ayudar a descubrir y hacer crecer"

Santiago Arellano "

ÁMBITO DISCIPLINARIO

- Audesirk, T., Audesirk, G., Byers, B. (2012). *Biología. La Vida en la Tierra*. México: Pearson Educación.
- Biggs, A., Hagins, C. W., Holliday, W., et al. (2012). *Biología*. México: Glencoe-McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Cárdenas, G. (2015). Modificar avances de la biología sintética. *¿Cómo ves?* No. 195. pp 10-14. Consultado el 15 de febrero de 2015 en <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/195/modificar-la-vida-avances-de-la-biologia-sintetica>.
- Clariván, C. (2010). *Genoma. El mapa de la vida*. México: Trillas
- Curtis, H., Barnes, N. S., et al. (2011). *Curtis Biología*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Karp, G. (2000). *Biología Celular y Molecular. Conceptos y experimentos*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- López-Munguía, A. (2000). *La Biotecnología*. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- López-Munguía, A. (2003). Sobre cerdos y maíz transgénico. *¿cómoves?*. Año 5. No 50. 22 pp.
- Ondarza, R. (2006). *Biología Moderna: La célula, Bioquímica, Genética y biología molecular, Biología general*. México: Trillas.
- Sadava, D., Heller, C., Orians, G., Purves, B., Hillis, D. (2009). *Vida. La Ciencia de la Biología*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Solomon, E., Berg, L. y Martin, D. (2008). *Biología*. México: McGraw Hill/Interamericana.
- Starr, C., Taggart, R., Evers, C., Starr, L. (2009) *Biología: La unidad y diversidad de la vida*. México: Cengage Learning. Thomson.
- Urrutia, A. (2003). Diez años del genoma humano: promesas rotas y hallazgos inesperados. *¿Cómo ves?* No. 146. pp 10-14. Consultado el 4 de febrero 2013 en <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/146/diez-anos-del-genoma-humano-promesas-rotas-y-hallazgos-inesperados>.
- Vargas, L. (2003). Terapia génica. El sueño y la realidad. *¿Cómo ves?* No 52. 10-15 pp. Consultado el 12 mayo 2013 en <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/52/terapia-genica>.
- Vázquez, R. (2008). La Cuestión del embrión y algunos problemas de la bioética. En Pérez, R. et al. (Eds.). *La construcción de la Bioética*. México: FCE.

DOCUMENTOS INSTITUCIONALES, GUBERNAMENTALES, ASOCIACIONES

- CCH. (1996). *Plan de Estudios Actualizado*. México: UNAM-UACB-CCH. Consultado el 10 Enero 2013 en <http://www.cch.unam.mx/plandeestudios>.

- CCH. (2001). El Modelo de Ciencias y Humanidades: Modelo y prácticas. *Gaceta CCH*. Número extraordinario 4.
- CCH. (2003). *Programas de Estudio de Biología I a IV. Área de Ciencias Experimentales*. México: UNAM-DGCCH. Consultada el junio 2012 en http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/plan_estudio/mapa_biologia.pdf.
- CCH. (2006). *Orientación y Sentido del Área de Ciencias Experimentales*. En Orientación y Sentido de las Áreas, Plan de Estudios Actualizado. México: UNAM-DGCCH.
- CCH. (2008). Protocolo de Equivalencias para el Ingreso y la Promoción de los Profesores de Carrera Ordinarios del CCH, 3ª versión. *Gaceta CCH*; Suplemento especial número 4.
- CCH. (2009 a). Proyecto académico para la revisión curricular. *Cuadernillo 1*. México: UNAM DGCCH.
- CCH. (2009 b). Proyecto académico para la revisión curricular. Perfil del alumno del CCH y su comportamiento escolar. Diagnóstico Académico. *Cuadernillo 2*. México: UNAM DGCCH.
- CCH. (2009 c). Proyecto académico para la revisión curricular. Desempeño escolar y egreso de la población estudiantil. Diagnóstico Académico. Cuadernillo núm. 3. México: UNAM DGCCH.
- CCH. (2009 d). Acuerdo del H. Consejo Técnico del Colegio de Ciencias y Humanidades en torno al Documento Conocimientos Fundamentales para la enseñanza media superior. Una propuesta de la UNAM, para su Bachillerato. *Gaceta CCH*. Número 5.
- CCH. (2010). *Plan General de Desarrollo del CCH, 2010-2014*. México: UNAM DGCCH.
- CCH. (2011). Informe de actividades Secretaría de Planeación, abril 2010 – marzo 2011. Resumen. México: SEPLAN-DGCCH. Consultado el 20 de junio de 2011. http://www.cch.unam.mx/planeacion/sites/www.cch.unam.mx.planeacion/files/informe_seplan_2010_2011_def.pdf.
- Consejo Académico del Bachillerato, CAB. (2001). *Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el Bachillerato de la UNAM. BIOLOGÍA*. México: CAB-UNAM.
- Consejo Académico del Bachillerato, CAB. (2006). *Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el Bachillerato de la UNAM. BIOLOGÍA*. México: CAB-UNAM.
- Delors, Jacques, Coordinador de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI (1996) Informe de la UNESCO. Compendio La Educación es un tesoro. Consultado el 10 febrero de 2012 en <http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001095/109590so.pdf>.
- Faure, E., Herrera, F. Kaddoura, A.-R., et al (1973) Aprender a ser. La educación del futuro. España: Alianza/UNESCO. ISBN 92-3-301017-1. Consultado el 12 enero de 2012 en <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001329/132984s.pdf>.
- IEMS. Instituto de Educación Media Superior del DF. Sistema de Bachillerato del Gobierno del Distrito Federal, Consultado el 15 de abril de 2012 en www.iems.df.gob.mx.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la educación INEE. La Educación Media Superior en México. INFORME 2010-2011 Obtenido el 3 de abril de 2012 de http://issuu.com/norduna/docs/informe_2010-2011?mode=window&backgroundColor=%23222222.
- Ruiz, R., Ortega, L. y Arnaud, A. (Coordinadores). (2008). *Conocimientos Fundamentales para la Enseñanza Media Superior. Una propuesta de la UNAM para su bachillerato*. México: UNAM. Versión completa en: http://www.cab.unam.mx/nucleo_con/nucleo.html.

- SEDENA. Bachillerato de la Secretaría de la Defensa Nacional, Opciones de Bachillerato. Consultado el 15 de abril de 2012 en <http://www.sedena.gob.mx/index.php/educacion-militar/admision-educacion-militar/opciones-con-bachillerato>.
- SEMAR. Sistema Educativo Naval. Bachillerato de la Secretaría de Marina, consultado el 15 abril 2012. <http://www.semar.gob.mx/siseduna.php>.
- SEP (2008a). Reforma Integral de la Educación Media. Acuerdos Secretariales. Consultado en abril de 2011 en http://www.reforma-iems.sems.gob.mx/wb/riems/acuerdos_secretariales.
- SEP. (2008b). Reforma Integral de la Educación Media. Los cuatro pilares de la Reforma. Consultado en abril de 2011 en http://www.reforma-iems.sems.gob.mx/wb/riems/los_cuatro_pilares_de_la_reforma.
- SEP. (2008c). Reforma Integral de la Educación Media. ¿Qué es la Reforma? Consultado en abril de 2011 en http://www.reforma-iems.sems.gob.mx/wb/riems/los_cuatro_pilares_de_la_reforma.
- SEP. Colegio de Bachilleres, CB. Consultado el 15 de abril de 2012 en <http://www.cbachilleres.edu.mx/cbportal/index.php/alumnos/278>.
- SEP. Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo, DGCFT. Consultado el 15 de abril de 2012 en <http://www.dgcft.sems.gob.mx/>.
- SEP. Dirección de Educación en Ciencias y Tecnología del Mar, DGE CyTM. Consultado en abril de 2012 en <http://uecytm.sep.gob.mx/>.
- SEP. Subsecretaría de Educación Media Superior, SEMS. Consultado el 15 de abril de 2012 en http://www.sems.gob.mx/es/Portal/planteles_sems.
- SEP. Colegio Nacional de Educación Profesional, CONALEP. Consultado el 15 de abril de 2012 en <http://www.conalep.edu.mx/wb/Conalep/homecona>.
- SEP. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, DGETA. Consultado el 15 de abril de 2012 en <http://www.dgeta.edu.mx/>.
- SEP. Dirección General de Educación Tecnológica Industrial, DGETI. Consultado el 15 de abril de 2012 en http://www.sems.gob.mx/es/Portal/Port_direccion_general_de_educacion_tecnologica_in.
- SEP. Dirección General del Bachillerato, DGB. Consultado el 15 de abril de 2012 en <http://www.dgb.sep.gob.mx/>.
- UNAM. Dirección General de la Escuela Nacional Preparatoria. Antecedentes de la ENP. Consultado el 12 abril 2012 en <http://dgenp.unam.mx/acercaenp/anteced.html>.
- UNAM. Historia. Consultado el 12 de Abril de 2012. http://www.100.unam.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=77&lang=es.
- UNESCO (2005) Informe Mundial de la UNESCO. Hacia las sociedades del conocimiento. Isbn 92-3-304000-3. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001419/141908s.pdf>.

ÁMBITO PSICOLÓGICO, PEDAGÓGICO Y DIDÁCTICOS

- Best, J. W., (1981). *Cómo investigar en educación*. España: Ediciones Morata.
- Díaz-Barriga, F. y Hernández, R. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista*. México: Mc Graw Hill.

- Díez, E. (2006). *La inteligencia escolar. Aplicaciones al aula. Una nueva teoría para una nueva sociedad*. Santiago de Chile: Arrayán Editores.
- Chehaybar, E. (2007). *Técnicas para el aprendizaje grupal. Grupos numerosos*. México: Plaza y Vales Editores.
- Churches, A. (2009). *Taxonomía de Bloom para la era digital*. <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomDigital.php>.
- Day, C. (2006). *Pasión por enseñar. La identidad personal y profesional del docente y sus valores*. España: Nancea.
- Fernández, N. (2006). Estrategias de enseñanza para favorecer el aprendizaje significativo: yo me preparo, mira. *Cognición*. (5), 12-18. ISSN 1850-1978.
- Gómez, J., Guzmán, N., Ramírez, R., Nava, E. Corte, A., et al. (2013). *4º Diplomado en Desarrollo de Competencias Docentes en Ambiente Colaborativo. 1er Módulo Aprendizaje en Ambiente Colaborativo*. México: UNAM-Facultad de Química.
- González, V. (2001). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje*. México: PAX.
- Monroy, M., Contreras, O., Desatnik, O. (2009). *Psicología Educativa*. México: UNAM-FESI.
- Negrete, A. (2012). *Estrategias para el aprendizaje*. México: Limusa.
- Negrete, J. (2009). *La divulgación de la ciencia a través de formas narrativas*. México: UNAM.
- Pimienta, J. H. (2005). *Constructivismo. Estrategias para aprender a aprender*. La Habana Cuba: PEARSON Educación.
- Rodríguez, M. del P. (2011). *Pensamiento crítico y aprendizaje: una competencia de alto nivel en la educación básica*. México: Limusa.
- Román M. (2009) *Tragaluz. Aprendiendo a Pensar, Naturaza 8*. Santiago de Chile: Editorial Conocimiento
- Savater, F. (1997). *El valor de educar*. México: Instituto de estudios educativos y sindicales de América.
- Schnarch, A. (2008). *Creatividad aplicada*. Colombia: Ecoe Ediciones.
- Tishman, S., Perkins, D., Jay, D. (s/a). *Un aula para pensar. Aprender y enseñar en una cultura de pensamiento*. Buenos Aires: AIQUE.
- Torres del Castillo, R. M. (1998). Nuevo papel docente ¿qué modelo de formación y para qué modelo educativo. *Perfiles educativos*. Vol. XX, (82): 6-23.

Documentales y videoclips

Incluidos en la Secuencia Didáctica

- Biotecnología Herbert Boyer: corte y empalme génico. 4.4', <http://www.youtube.com/watch?v=6t4ldgsryb4>.
- Clonación Humana, (2005) 8.4'. Consultada el 12 mayo 2011. Discovery Channel.
- 1/6. http://www.youtube.com/watch?v=Ah_HUo6AdZQ&feature=related.
- 2/6, <http://www.youtube.com/watch?v=ZDsXziYT8i4&NR=1&feature=endscreen>.
- 3/6 y 4/6. http://www.youtube.com/watch?v=g0_bWETHYzg&NR=1&feature=endscreen.

5/6 <http://www.youtube.com/watch?v=uGImEJleCjI&NR=1&feature=endscreen>.

6/6. <http://www.youtube.com/watch?v=EVYdk-1zIGE&NR=1&feature=endscreen>.

Genoma humano, entre la ética y la prevención. 3.5´. <https://www.youtube.com/watch?v=berLAeSMjPw>.

Ingeniería Genética. 1.59´. <http://www.youtube.com/watch?v=zZEjPzApkCc&feature=relmfu>, McGraw-Hill.

Ingeniería Genética 9.55 min. <http://www.youtube.com/watch?v=cqDWb4H4tel>.

La granja del Dr. Frankenstein. 1.42 h. <https://www.youtube.com/watch?v=6lILPo8QHgE>.

Recomendada como actividad complementaria

ADN El precio de la evolución. (2003). México: Discovery Chanel. 105 min. DVD 4825. Versión editada en <https://www.youtube.com/watch?v=0W7BaISbyQc>, 3.04 min.

Alimentos vacuna. 7.1´. http://www.dailymotion.com/video/x6wvwc_alimentos-vacuna_school.

Bioética. 2.51. http://www.dailymotion.com/video/x88r53_bioetica_school.

Bioética. 2.51. http://www.dailymotion.com/video/x88r53_bioetica_school.

Bioética I. UPSJB - 8.20. <https://www.youtube.com/watch?v=-R-gVCMggc>.

Bioética II. UPSJB - 9.58. <https://www.youtube.com/watch?v=-jr815X1iBo>.

Bioética III. UPSJB - 9.54. https://www.youtube.com/watch?v=CL_Qrr1VV-E.

Ciencia. Anthony Atala y la medicina regenerativa de órganos. Consultada el 13 de enero 2012.

Parte 1 <http://www.youtube.com/watch?v=jNs-xro860I&feature=endscreen&NR=1>

Parte 2 https://www.youtube.com/watch?v=x_w3SyUch_g.

Envejecimiento celular. 1.2´. <http://www.youtube.com/watch?v=Gvp4WDmXiN4&feature=relmfu>.

Genética de pareja. 1.13´. <http://www.youtube.com/watch?v=8zcgblidG4I&feature=relmfu>.

Genoma. 1.1´. <http://www.youtube.com/watch?v=xKBCgz1gdHI&feature=relmfu>.

Genoma Humano. Parte 1. 10.21min. <https://www.youtube.com/watch?v=fXzOgBR4tOI>.

Parte 2. 11.23 min. <https://www.youtube.com/watch?v=-nDGsx99QH4>.

Hipercolesterolemia familiar. 1´. <http://www.youtube.com/watch?v=SwfbvShc1C4&feature=plcp>.

Huella Genética. 5.5´. <http://www.youtube.com/watch?v=PoT0vFFHN1Q&feature=endscreen&NR=1>.

Linaje Ancestral. 0.57´. <http://www.youtube.com/watch?v=AwJj5voDyf4&feature=relmfu>.

Paternidad y parentesco. 1.03´. <http://www.youtube.com/watch?v=VglljWIFZu8&NR=1&feature=endscreen>.

Terapia génica con bacterias. 2.4´. http://www.dailymotion.com/video/xd9yo3_terapia-genica-con-bacterias_school.

Virus del Papiloma Humano 1´. <http://www.biohominis.com/deteccion-del-virus-del-papiloma-humano.html>.

OMG. Ing. genética en los alimentos. 10.6´. http://www.youtube.com/watch?v=P73b_vAoOAc.