



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**PROYECTO DE ADECUACIÓN E IMPLANTACIÓN DEL PLAN Y  
PROGRAMAS DE ESTUDIO DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS  
GENÓMICAS PARA LA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
SUPERIORES, UNIDAD JURIQUILLA**

**Tomo I**

**ENTIDAD ACADÉMICA RESPONSABLE:**

**Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Juriquilla**

**ENTIDAD ACADÉMICA PARTICIPANTE:**

**Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano**

**ENTIDAD ACADÉMICA ASESORA:**

**Centro de Ciencias Genómicas  
Instituto de Biotecnología  
Instituto de Neurobiología**

**TÍTULO QUE SE OTORGA:**

**Licenciado(a) en Ciencias Genómicas**

**SISTEMA: Escolarizado**

**Fecha de aprobación del Consejo Académico del Área de las Ciencias Biológicas y de la Salud:**



**COORDINACIÓN DEL CONSEJO  
ACADÉMICO DEL ÁREA DE LAS  
CIENCIAS BIOLÓGICAS, QUÍMICAS  
Y DE LA SALUD**

## Índice

<b>TOMO I</b>	
i. Presentación del proyecto de adecuación e implantación del plan y programas de estudio de la Licenciatura en Ciencias Genómicas para la ENES, Unidad Juriquilla	3
i.i Introducción	3
i.ii Antecedentes	6
1. Metodología empleada en el diseño del plan de estudios	6
2. Fundamentación académica del proyecto	9
2.1 Demandas del contexto	9
2.2 Estado actual y tendencias futuras de las ciencias genómicas	12
2.3 Situación de la docencia y la investigación en los niveles institucional y de las entidades	15
2.4 Análisis de planes de estudios afines	19
2.5 Características actuales y tendencias futuras de la formación profesional	21
2.6 Retos que enfrenta el plan de estudios	23
2.7 Resumen de los resultados más relevantes del diagnóstico que fundamenta la viabilidad y pertinencia de la implantación del plan de estudios	26
3. Descripción de los campos de estudio que aborda el plan de estudios	27
4. Propuesta de modificación del plan de estudios	27
4.1 Objetivos del plan de estudios	27
4.2 Perfiles	28
4.2.1 Perfil de ingreso	28
4.2.2 Perfiles intermedios	28
4.2.3 Perfil de egreso	30
4.2.4 Perfil profesional	30
4.3 Duración de los estudios, total de créditos y asignaturas	31
4.4 Estructura y organización del plan de estudios	31
4.4.1 Descripción de la organización del plan de estudios	31
4.4.2 Mecanismos de flexibilidad del plan de estudios	33
4.4.3 Seriación	35
4.4.4 Lista de asignaturas por semestre	36
4.4.5 Mapa Curricular del plan de estudios	38
4.5 Requisitos	39
4.5.1 Requisitos de ingreso	39
4.5.2 Requisitos de permanencia	40
4.5.3 Requisitos de egreso	41
4.5.4 Requisitos de titulación	42
5. Opiniones de líderes internacionales sobre el plan de estudios y sobre la calidad de los estudiantes	44
6. Implantación del plan de estudios	45
6.1 Criterios académicos	45
6.2 Criterios administrativos	46
6.3 Tabla de convalidación	47
7. Entidades académicas	49
7.1 Entidad académica responsable	49
7.2 Entidad académica participante	50



7.3 Entidades académicas asesoras	50
8. Comité Académico	51
8.1 Integración	51
8.2 Atribuciones	51
9. Coordinador de la Licenciatura	53
10. Plan de evaluación y actualización del plan de estudios	53
11. Inicio de Estudios de Posgrado durante la Licenciatura	55
11.1 Fundamentación académica	55
11.1.1 Perfil del estudiante al finalizar el nivel integrativo de la Licenciatura	55
11.1.2 Opiniones de los líderes internacionales sobre la calidad de los estudiantes	55
11.2 Movilidad del plan de estudios	56
11.3 Titulación mediante estudios de posgrado	56
11.4 Características que deberá tener el posgrado para ser acreditado como nivel de investigación de la Licenciatura	56
12. Bases del procedimiento para iniciar estudios de posgrado durante el nivel de investigación	57
Referencias	59
Anexo 1. Cartas de las entidades participante y asesoras	63
Anexo 2. Cartas de opinión de líderes internacionales del área de las Ciencias Genómicas	68



## **i. Presentación del proyecto de adecuación e implantación del plan y programas de estudio de la Licenciatura en Ciencias Genómicas para la ENES, Unidad Juriquilla**

### **i.i Introducción**

La frontera más importante de las ciencias biológicas en la actualidad se basa en la comprensión de la totalidad de la información genética –genoma- de los organismos. Al conjunto de conocimientos necesario para alcanzar tal integración, se le ha denominado ciencias genómicas. Los descubrimientos realizados por las ciencias genómicas están generando un nuevo paradigma de la biología. La biología molecular, hasta hace poco tiempo centrada en el estudio de los genes, ha reenfocado su centro hacia los genomas.

Los principales objetivos de las ciencias genómicas se refieren al conocimiento científico integral de dos problemas fundamentales: la función de la célula (genómica funcional), y la evolución de los organismos (genómica evolutiva). Por otra parte, las ciencias genómicas están generando nuevos desarrollos de gran impacto social y económico en muy diversas áreas de la actividad humana: medicina, agricultura, ecología, antropología y biotecnología, por mencionar unas cuantas.

Considerando a las ciencias genómicas en sentido amplio, éstas incluyen los campos de: matemáticas, estadística, informática, bioquímica, biología molecular, genética y evolución. Los avances en las metodologías para la secuenciación de DNA y para el estudio integral de su expresión a nivel de RNA y de proteínas han derivado en una verdadera revolución sobre la manera de considerar la información genética en su conjunto. La bioinformática contiene con el reto actual de definir, manejar y descifrar la información de secuencias genómicas accesibles públicamente en bases de datos, para comprenderla y a partir de esto plantear preguntas relevantes para las ciencias biológicas. La elaboración de mapas de expresión de los genomas en distintas condiciones permitirá conocer de manera integrada la fisiología, lo cual ha resultado en la capacidad para hacer la ingeniería de vías metabólicas. La comparación entre genomas de diferentes organismos está permitiendo una comprensión integral de la



evolución en general, y de la del linaje humano en particular. Más aún, la genómica evolutiva ha dado origen a la evolución experimental en tiempo real. La comparación de la expresión genética entre estados normales y patológicos representa un importante avance en las ciencias médicas, que incidirá en su comprensión, diagnóstico y posible terapéutica. El impacto de las ciencias genómicas en el estudio de la biodiversidad tendrá enorme efecto sobre la conservación y el uso de los recursos biológicos. No menos importantes son también las implicaciones éticas, sociales y legales que emanan de estos nuevos conocimientos y de su aplicación.

Dentro de la revolución genómica está naciendo una nueva revolución, la biología sintética, que tiene como metas a mediano y largo plazo la síntesis de genomas completos. Actualmente existen dos proyectos que han avanzado en forma muy exitosa: la síntesis del genoma de la bacteria *Escherichia coli* y la síntesis del genoma completo (16 cromosomas) de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. La meta más ambiciosa es la síntesis parcial, y eventualmente completa, del genoma humano.

La comprensión, implementación e innovación de los conceptos en esta área demanda la formación de nuevos profesionales que, conjuntando los conceptos biológicos básicos e innovadores que emergen del estudio de genomas, estén preparados para emplear las tecnologías emergentes en computación y automatización necesarias para la apropiada generación y manejo de esta información. Esto demanda la adquisición e integración de conocimientos y habilidades biológicas, matemáticas y computacionales. La integración de estas disciplinas se encuentra por lo general ausente en los planes de estudio de las licenciaturas del área biológica que se ofrecen actualmente no sólo en el país, sino a nivel mundial. La creación de la Licenciatura en Ciencias Genómicas de la UNAM obedeció a la imperiosa necesidad de formar nuevos profesionales que conjuntarán los conocimientos de biología, matemáticas y computación en con objeto de enfrentar los retos de las fronteras de la biología del nuevo milenio.

A partir de su inicio en agosto de 2003, los resultados obtenidos en la Licenciatura en Ciencias Genómicas demuestran en forma objetiva que los estudiantes han adquirido las capacidades propuestas en el plan de estudios vigente (ver secciones sobre **Resumen de los resultados más relevantes del plan de estudios vigente** y sobre **Opiniones de líderes internacionales del área sobre el plan de estudios y**



### **sobre la calidad de los estudiantes).**

La genómica es un área emergente del conocimiento cuyas fronteras avanzan una velocidad sin precedentes en las ciencias biológicas. Por este motivo, desde la creación de la Licenciatura se planteó la necesidad de revisar el plan de estudios en el momento en que terminara la primera generación de estudiantes (generación 2003-2007). El plan de estudios vigente fue aprobado en 2008. Este plan de estudios presenta la flexibilidad necesaria para adaptarlo al avance vertiginoso de la genómica

La Licenciatura en Ciencias Genómicas tiene una demanda muy alta (aproximadamente 300 aspirantes al año). Sin embargo, dada la relación entre la Licenciatura y la investigación, el número de alumnos que se pueden atender es comparativamente reducido (aproximadamente 30 por año). Actualmente existe un grupo de investigadores expertos en Ciencias Genómicas, adscritos al Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano localizado en el Campus Juriquilla de la UNAM. Este grupo de investigadores incluye a algunos fundadores de la Licenciatura en Ciencias Genómicas, entre ellos el Coordinador de la licenciatura en el período 2008-2013 y responsable del plan de estudios vigente, y a algunos egresados de la propia licenciatura que actualmente son jefes de grupo de investigación y otros que se incorporarán en un futuro cercano. Con base en este grupo y contando con la colaboración de Investigadores del Instituto de Neurobiología de la UNAM, de otras entidades académicas de la UNAM, de otras instituciones nacionales como el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO) Y el Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN) y de Investigadores de distintas Instituciones Internacionales, se propone implantar la Licenciatura en Ciencias Genómicas en la ENES, Unidad Juriquilla. Contando con la Licenciatura en dos Campi de la UNAM, Cuernavaca y Juriquilla, se podrá ampliar el número de jóvenes que pueden ser atendidos en la Licenciatura en Ciencias Genómicas.



## **i.ii Antecedentes**

La Licenciatura en Ciencias Genómicas fue creada en el año de 2003 por acuerdo del Honorable Consejo Universitario de la UNAM. La primera generación inició sus cursos en agosto de 2003 (semestre 2004-1). En 2008 se modificó el plan de estudios. El plan de estudios vigente corresponde al modificado en 2008. El plan de estudios vigente considera la formación del estudiante desde la adquisición de conocimiento básico hasta el desarrollo de la investigación. De hecho, cada uno de los cuatro años que abarca el plan de estudios, representa un avance cualitativo del estudiante. En el primer año se adquiere conocimiento básico a través de discusiones con los profesores y del estudio de libros de texto y artículos clásicos. El segundo año se discute literatura científica reciente y se desarrollan proyectos acotados como base del aprendizaje. El tercer año se caracteriza por la discusión directa con líderes de distintos aspectos de la genómica, tanto nacionales como de instituciones extranjeras de muy amplio prestigio. El cuarto año está dedicado fundamentalmente a la realización de un proyecto de investigación.

### **1. Metodología empleada para la implantación del plan de estudios**

La metodología que se llevó a cabo para proponer la implantación de la Licenciatura en Ciencias Genómicas en la ENES, Unidad Juriquilla es la siguiente:

- *FORMACIÓN DE UN GRUPO DE TRABAJO SOBRE LA CREACIÓN DE LA ENES, UNIDAD JURQUILLA Y LAS LICENCIATURAS QUE DEBIERAN OFRECERSE*

Este grupo fue presidido por el Dr. Raúl Paredes e incluyó a los titulares y a algunos investigadores de las siguientes entidades académicas localizadas en el Campus Juriquilla de la UNAM: Instituto de Neurobiología; Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada; Centro de Geociencias; Unidad Académica del Instituto de Ingeniería; Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación de la Facultad de Ciencias; Unidad Académica del Instituto de Matemáticas; Unidad de Alta Tecnología del Instituto de Ingeniería; Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano. El grupo



de trabajo se comenzó a reunir a partir de Enero de 2016 y continuó haciéndolo de manera periódica cada dos semanas. En el seno de este grupo se definió la pertinencia de establecer una ENES ligada estrechamente a las dependencias e investigadores del Campus Juriquilla. Esta estrecha relación entre la investigación y la docencia permitiría ofrecer licenciaturas de frontera en diversos campos del conocimiento. Se discutió ampliamente sobre las licenciaturas que deberían y podrían implantarse en la ENES, Unidad Juriquilla. Entre estas licenciaturas se destacaron dos que ya se imparten en el Campus Juriquilla: la Licenciatura en Tecnologías y la Licenciatura en Ciencias de la Tierra; tres que se imparten actualmente en otras entidades de la UNAM y que, con los mismos planes de estudios, podrían impartirse en la ENES en el semestre 2019-1 (Agosto-Diciembre de 2018): la Licenciatura en Ciencias Genómicas, la Licenciatura en Neurociencias y la Licenciatura en Energías Renovables; y otras licenciaturas de nueva creación que podrían iniciar a impartirse hacia el semestre 2020-1 (Agosto-Diciembre de 2019): la Licenciatura en Ciencias Aéro-espaciales, la Licenciatura en Órtesis y Prótesis y una Licenciatura en Matemáticas. Este grupo trabajó en el análisis de la implantación de todas estas licenciaturas.

- *FORMACIÓN DE UN GRUPO DE TRABAJO EN EL LABORATORIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN SOBRE EL GENOMA HUMANO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE OFRECER LA LICENCIATURA EN CIENCIAS GENÓMICAS EN LA ENES, UNIDAD JURIQULLA*

El Dr. Palacios fue quien coordinó este grupo de trabajo, formado por siete investigadores del LIIGH, incluyendo entre ellos a fundadores, a profesores, y a egresados de la Licenciatura en Ciencias Genómicas que se imparte desde 2004 en el Campus Morelos de la UNAM. Este grupo llegó a la conclusión que el LIIGH se encuentra preparado y tiene un gran entusiasmo para ser Entidad Participante, con las atribuciones que le confiere la Legislación Universitaria, de la Licenciatura en Ciencias Genómicas, que tendrá como Entidad Responsable a la ENES, Unidad Juriquilla.





- *PLÁTICAS CON EGRESADOS DE LA LICENCIATURA QUE SE ENCUENTRAN TERMINANDO SUS POSTDOCTORADOS EN INSTITUCIONES DE GRAN PRESTIGIO INTERNACIONAL*

Estas pláticas fueron coordinadas por los Drs. Palacios y Dávila e incluyeron a investigadores jóvenes del LIIGH y a investigadores postdoctorales. Se hicieron consultas en grupo durante los Coloquios Internacionales del LIIGH en 2016 y 2017, así como consultas por correo electrónico y entrevistas directas. Todos los investigadores postdoctorales consultados coincidieron en la importancia de implantar la Licenciatura en Ciencias Genómicas en la ENES, Unidad Juriquilla, y todos manifestaron su entusiasmo por participar ofreciendo cursos y talleres. Contamos con cartas en las que estos investigadores expresan su compromiso con la licenciatura.

- *PLÁTICAS CON LÍDERES INTERNACIONALES DE DIFERENTES ÁREAS DE LA GENÓMICA*

Los Drs. Palacios y Dávila platicaron con los investigadores visitantes del LIIGH dentro del programa Horizons in Genomics 2016, 2017 y 2018 y dentro de los Coloquios Internacionales 2016 y 2017 del LIIGH (aproximadamente 50 investigadores) sobre el impacto que tendría el ofrecer la Licenciatura en Ciencias Genómicas, tanto en el Campus Morelos como en la ENES, Unidad Juriquilla de la UNAM. Todos coincidieron en que sería de gran relevancia el aumentar la oferta de la licenciatura y que sería un factor central para el desarrollo futuro del Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano.

- *PLÁTICAS CON EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA*

El Dr Palacios, titular del LIIGH, y el Dr Varela, director del Instituto de Neurobiología coincidieron en que las Ciencias Genómicas tendrán un enorme impacto en relación al futuro de las Neurociencias. De hecho, la Genómica del Desarrollo, Función y Patología Cerebral se convertirá en una de las fronteras más importantes de la Biología. En este contexto el Instituto de Neurobiología ha aceptado ser Entidad Asesora de la Licenciatura en Ciencias Genómicas y el LIIGH ha aceptado ser Entidad Asesora de la Licenciatura en Neurociencias que se implantarán en la ENES, Unidad Juriquilla.



- *PLANES DE COLABORACIÓN ENTRE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS GENÓMICAS QUE SE OFRECE EN EL CAMPUS MORELOS CON LA QUE SE IMPLANTARÁ EN LA ENES, UNIDAD JURIQUILLA*

A partir de la creación de la ENES, Unidad Juriquilla, el Dr. Palacios estuvo en contacto con la Coordinadora de la Licenciatura en Ciencias Genómicas del Campus Morelos, Dra Esperanza Martínez, para definir planes de colaboración entre las dos licenciaturas. Entre otras acciones acordaron: 1) Realizar una reunión científica anual con estudiantes de ambas licenciaturas; 2) Establecer un contacto por videoconferencia para transmitir actividades académicas entre las dos licenciaturas, en particular los seminarios de líderes internacionales; 3) ofrecer talleres intensivos optativos para estudiantes de ambas licenciaturas.

Los diferentes grupos de trabajo, así como los investigadores consultados, incluyendo a la coordinadora de la Licenciatura en Ciencias Genómicas del campus Morelos, coinciden en que la implantación de la licenciatura en la ENES, Unidad Juriquilla es a la vez viable y pertinente.

## **2. Fundamentación académica del proyecto**

### **2.1 Demandas del contexto**

Ciertamente, los avances y perspectivas de las ciencias genómicas han generado una gran demanda a nivel mundial tanto en el ámbito de investigación, como en el profesional, de personal especializado que posea conocimiento integrado en las disciplinas que constituyen a las ciencias genómicas.

En el ámbito nacional, México cuenta ya con varios esfuerzos de magnitud en el área de las ciencias genómicas (Tabla 1). La existencia de nuevas instituciones creadas para el desarrollo de las ciencias genómicas y de ambiciosos proyectos institucionales revela una demanda creciente de personal para investigación en ciencias genómicas. Esta situación es similar en el contexto internacional, con la diferencia de que la demanda de personal (con estudios de posgrado) se extiende a la industria y otras áreas más allá de



la investigación. Aunque esta situación no se presenta aún en México, es de esperarse que la situación de globalización actual cambie rápidamente este panorama. Como acción central para formar los recursos humanos necesarios para este desarrollo, la UNAM creó la Licenciatura en Ciencias Genómicas en 2003.

**Tabla 1. Esfuerzos institucionales en ciencias genómicas en México.**

<b>INSTITUCIONES CREADAS PARA EL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS GENÓMICAS EN MÉXICO</b>
<b>Centro de Ciencias Genómicas, UNAM</b>
<b>Instituto Nacional de Medicina Genómica</b>
<b>Laboratorio Nacional de Genómica para la Diversidad, CINVESTAV</b>
<b>Sociedad Mexicana de Ciencias Genómicas</b>
<b>Sociedad Mexicana de Medicina Genómica</b>
<b>Licenciatura en Ciencias Genómicas, UNAM</b>
<b>Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano</b>
<b>PROYECTOS INTEGRALES DE GENÓMICA EN MÉXICO</b>
<b>Genoma de <i>Rhizobium etli</i>.</b> Primer genoma secuenciado y anotado en México (Centro de Ciencias Genómicas, UNAM).
<b>Genómica funcional de frijol.</b> Consorcio internacional iniciado por el Centro de Ciencias Genómicas, UNAM y la Universidad de Ginebra, Suiza.
<b>Red de regulación del genoma de <i>Escherichia coli</i>.</b> Centro de Ciencias Genómicas, UNAM.
<b>Genómica de bacterias para uso industrial.</b> Instituto de Biotecnología, UNAM
<b>Genómica de maíz y otros cultivos.</b> Laboratorio Nacional de Genómica para la Diversidad, CINVESTAV.
<b>Proyecto genómico de <i>Taenia solium</i>.</b> Consorcio de diferentes laboratorios (Instituto de Investigaciones Biomédicas, Instituto de Biotecnología, Centro de Ciencias Genómicas, Facultad de Medicina, Facultad de Ciencias, UNAM).
<b>Metagenómica de un nicho ecológico prehistórico.</b> Instituto de Ecología, UNAM.
<b>Mapa de haplotipos de la población mexicana.</b> Instituto Nacional de Medicina Genómica.
<b>Estudios de asociación de marcadores genómicos con enfermedades comunes en México.</b> Instituto de Investigaciones Biomédicas y Facultad de Medicina, UNAM, y distintas instituciones del Sector Salud, en particular el INMEGEN



<b>Genómica y Paleogenómica de la Población Mexicana.</b> Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano, LANGEBIO, INMEGEN.
<b>Estructura, Dinámica, Edición, Síntesis y Evolución y evolución del genoma de microorganismos.</b> Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano
<b>Genómica de la predisposición al Cáncer.</b> Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano

**La implantación de la Licenciatura en Ciencias Genómicas en la ENES, Unidad Juriquilla se justifica por las siguientes razones:**

- **Demanda.** La Licenciatura en Ciencias Genómicas tiene una enorme demanda, aproximadamente 300 aspirantes al año. Sin embargo, la necesidad de integrar docencia con investigación resulta en que el número de estudiantes que se pueden aceptar es relativamente pequeño. De hecho, los estudiantes que pueden aceptarse son aproximadamente el 10% de los aspirantes. El ofrecer la licenciatura en dos campi, Morelos y Juriquilla, permitirá aumentar la oferta de la licenciatura, dará mayores oportunidades a los estudiantes y fortalecerá el desarrollo de las ciencias genómicas en el país.
- **Presencia de investigadores expertos en genómica en el campus Juriquilla.** En 2015 se inauguró el Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano. Este laboratorio cuenta con grupos de investigadores con líneas de investigación de frontera en diversas áreas de la genómica. Además de este Laboratorio, el Instituto de Neurobiología cuenta también con sólidas líneas de investigación en genómica del sistema nervioso.
- **Presencia de fundadores y egresados de la licenciatura (campus Morelos) en el campus Juriquilla.** El LIIGH se ha diseñado como una entidad universitaria para el desarrollo científico de investigadores jóvenes. Tiene un programa continuo de incorporación de investigadores jóvenes, en particular egresados de la licenciatura en ciencias genómicas. Ya se encuentran trabajando como investigadores independientes 4 grupos, se recibirá otro en 2018, cinco más en 2019 y se espera contar con 16-18 grupos de investigadores jóvenes para el año 2021. Además, y para impulsar la carrera científica de los investigadores jóvenes



el LIIGH cuenta con dos fundadores de la licenciatura en ciencias genómicas.

- **Existencia de un Programa Internacional de Profesores Visitantes, líderes de la genómica, en campus Juriquilla.** En efecto, el LIIGH cuenta con el programa **Horizons in Genomics** que recibe continuamente a visitantes de instituciones del más elevado prestigio internacional.
- **La región del Bajío Mexicano como polo de desarrollo de la Genómica.** Con la creación del Laboratorio Nacional de Genómica para la diversidad (LANGEBIO) del CINVESTAV, y del Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano de la UNAM, además de otras instituciones con interés en la genómica en los Estados de Guanajuato y San Luis Potosí, se ha formado un nuevo polo de desarrollo de la genómica. La implantación de la licenciatura fortalecerá este polo y ofrecerá importantes oportunidades tanto a los profesores como a los estudiantes de dicha licenciatura.

## **2.2 Estado actual y tendencias futuras de las ciencias genómicas**

Las últimas dos décadas han sido testigo de una nueva revolución en las ciencias biológicas y su impacto en la sociedad. El año de 1995 marca la fecha de publicación de la secuencia completa del genoma de un organismo vivo, la bacteria *Haemophilus influenzae*. Este logro, sin lugar a dudas total en la historia de las ciencias biológicas, fue alcanzado gracias a la confluencia de científicos laborando en disciplinas como la biología molecular, la computación y las matemáticas.

Los últimos años han mostrado una verdadera explosión en el número de organismos cuyo genoma ha sido secuenciado completamente. A la fecha, se cuenta con los genomas completos de varios miles de organismos de todos los reinos de la vida, desde arquea como *Methanococcus*, *Pyrococcus*; bacterias de diferentes grupos y especies, benéficas y patógenas, como la enterobacteria *Escherichia coli*<sup>1</sup> o la bacteria fijadora de nitrógeno, *Rhizobium etl*<sup>2</sup>; levaduras como *Saccharomyces cerevisiae*<sup>3</sup> y otros hongos como *Neurospora crassa*<sup>4</sup>; plantas como *Arabidopsis thaliana*<sup>5</sup>, organismo modelo en el estudio de las plantas, o la uva, *Vitis vinifera*<sup>6</sup>; protozoarios como *Plasmodium falciparum*<sup>7</sup>, causante de la malaria o la causante de la amibiasis *Entamoeba histolytica*<sup>8</sup>; nemátodos como *Caenorhabditis elegans*<sup>9</sup>; insectos



como la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*<sup>10</sup>, el mosquito transmisor del dengue *Aedes aegypti*<sup>11</sup>, o la abeja común *Apis mellifera*<sup>12</sup>; peces como el pez globo *Takifugu rubripes*<sup>13</sup> y *Tetraodon nigroviridis*<sup>14</sup>; aves (*Gallus gallus*<sup>15</sup>) y mamíferos como el perro (*Canis lupus familiaris*<sup>16</sup>), el gato (*Felis catus*<sup>17</sup>), el ratón y la rata (*Mus musculus*<sup>18</sup>, *Rattus norvegicus*<sup>19</sup>), el mono rhesus (*Macaca mulatta*<sup>20</sup>), el chimpancé (*Pan troglodytes*<sup>21</sup>) y el humano (*Homo sapiens*<sup>22,23</sup>), entre varios más. Otros tantos se encuentran en versiones preliminares o en proceso, llegando a miles de genomas genomas de diferentes organismos vivos.

Esta asombrosa cantidad de información ha requerido de la implantación de sistemas de bases de datos que la almacenen y la hagan disponible a todo aquel que quiera consultarla, además del desarrollo de metodologías en bioinformática para organizar, asignar función y analizar esta información con el objetivo de extraer nuevo conocimiento a partir de ella.

La capacidad y disponibilidad de la información contenida en los genomas de tantos diferentes organismos, ha impulsado el desarrollo de nuevas técnicas y enfoques de estudio y análisis masivos para identificar por ejemplo, los genes que están siendo expresados como RNA en un momento metabólico determinado (el *transcriptoma*), las proteínas que se están expresando en una condición particular (el *proteoma*), las interacciones entre estas proteínas (el *interactoma*), o los metabolitos que se encuentran en la célula (el *metaboloma*). Estas estrategias, en conjunto con el cuerpo de conocimientos de bioquímica, biología molecular, genética, evolución, así como aquellas desarrolladas por la bioinformática y las matemáticas, se conocen actualmente como ciencias genómicas.

Estos desarrollos están cambiando la concepción de la biología moderna. En el ambiente de investigación, es ahora necesario manejar enfoques que combinen el dominio no sólo de las materias más relacionadas a la biología, como la bioquímica y la biología molecular, sino también de campos que anteriormente eran considerados ajenos a las ciencias biológicas, como la computación y las matemáticas. Este cambio de perspectiva no se aplica únicamente al ambiente netamente académico. El potencial



e impacto de este nuevo enfoque se extiende también al ámbito profesional en diferentes áreas, tales como:

- En la medicina, el conocimiento y estudio del genoma humano, su función y variabilidad, ofrece una nueva perspectiva que se ha denominado como medicina genómica, la cual tiene como objetivo último el brindar a la sociedad una medicina más predictiva, preventiva y personalizada. La confluencia de la medicina con las ciencias genómicas, está aportando una mayor comprensión de los estados patológicos, lo cual también ayuda al desarrollo de formas más novedosas y eficientes de diagnóstico y terapia, incluyendo la posibilidad de terapias génicas<sup>25-28</sup>. Por otro lado, la capacidad de conocer la información genética de un individuo está permitiendo el desarrollo de la llamada farmacogenómica, la cual pretende generar fármacos específicos para poblaciones e incluso individuos específicos de acuerdo con sus características genómicas, así como modelar y ajustar las dosis de fármacos adecuadas para el metabolismo de cada paciente, evitando así la toxicidad de los fármacos y mejorando su efectividad<sup>29-32</sup>.

- En el área industrial, la disponibilidad del catálogo de genes y los estudios funcionales de los mismos, aportan nueva información para el desarrollo de la llamada ingeniería de vías metabólicas, la cual tiene como objetivo el estudio, modificación y optimización de las vías metabólicas naturales de los organismos utilizados como bioreactores para la producción de metabolitos variados de interés industrial y también farmacéutico<sup>33-35</sup>. Así mismo, el estudio más fino de la fisiología que permite el estudio de los genomas de patógenos conocidos, de nuevos organismos y las interacciones entre ellos está permitiendo el diseño de fármacos antimicrobianos de acción más específica<sup>36-38</sup>.

- En las ciencias agrícolas, se abren posibilidades para la comprensión de procesos fundamentales en el desarrollo de las plantas y la manipulación de caracteres importantes para la producción y resistencia a enfermedades y otros estreses ambientales, así como nuevas alternativas para el combate de patógenos vegetales<sup>39-44</sup>.

- En el área ambiental, las ciencias genómicas están ayudando a encontrar nuevos enfoques para la conservación de la biodiversidad, generando avances en las áreas



de biorremediación, el desarrollo de bioinsecticidas y nuevos biocombustibles<sup>45-49</sup>.

- En el área legal, las ciencias genómicas también tienen aplicación e impacto, principalmente en las áreas de la legislación y reglamentación de la aplicación de estas nuevas técnicas y conocimiento. Tal es el caso de las pruebas forenses de paternidad o fraternidad, la regulación en áreas como la investigación en células madre o la producción de organismos genéticamente modificados, así como el acceso a la información genética de cada individuo<sup>50-52</sup>.

### **2.3 Situación de la docencia y la investigación en los niveles institucional y de las entidades**

En relación con la investigación en ciencias genómicas, varias entidades de la UNAM cuentan con líneas de investigación sólidas que en algunos casos se encuentran en la frontera del conocimiento. La mayor parte de los proyectos en el área se concentran en el Campus Morelos de la UNAM, en particular en el Centro de Ciencias Genómicas y en el Instituto de Biotecnología, sedes actuales de la licenciatura; y en el Campus Juriquilla de la UNAM, en particular en el Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano, que se propone como entidad participante de la licenciatura y en el Instituto de Neurobiología, que se propone como entidad asesora de la licenciatura que se implantará en la ENES, Unidad Juriquilla. También existen desarrollos importantes en los Institutos de Investigaciones Biomédicas, Fisiología Celular, y Ecología, y en la Facultad de Medicina.

La planta docente de la Licenciatura en Ciencias Genómicas en la ENES, Unidad Juriquilla comprende profesores de asignatura, tutores y conferencistas. Los profesores de asignatura, son personal académico de la UNAM, en particular del Laboratorio Internacional de investigación sobre el Genoma Humano, pero también incluyendo también a investigadores del Instituto de Neurobiología y a un investigador de la Unidad Académica del Instituto de Matemáticas. Estos investigadores son miembros del Sistema Nacional de Investigadores y son reconocidos a nivel internacional. En algunas asignaturas de tipo más técnico participan también técnicos académicos que se han distinguido por su entusiasmo y capacidad para la docencia. Los tutores son investigadores de elevado reconocimiento internacional, adscritos a distintas entidades





de la UNAM, así como a otras instituciones nacionales y del extranjero, con las que el LIIGH tiene relaciones académicas estrechas.

Los conferencistas son investigadores líderes de diferentes áreas de la genómica provenientes de distintas instituciones tanto de México como del extranjero. De particular importancia para la Licenciatura en Ciencias Genómicas que se implantará en la ENES, Unidad Juriquilla son los Investigadores Extranjeros. Estos son líderes en el campo de la genómica provenientes de instituciones de gran prestigio internacional. Entre estas se encuentran las universidades de Harvard, Boston, Stanford, California, Washington, el Baylor College of Medicine, el Cold Spring Harbor Laboratory, el Howard Hughes Medical Institute, el Institute Pasteur, el Sanger Institute, y el Max Plank Institut, por mencionar algunas. Estos investigadores tendrán una interacción directa con los estudiantes en forma de seminarios y discusiones informales. El carácter internacional del LIIGH facilita enormemente las relaciones y colaboraciones con investigadores provenientes del extranjero. En efecto el LIIGH ha establecido, a partir de su inauguración en 2015, dos programas internacionales: el programa de Profesores Visitantes “Horizons in Genomics” y el Coloquio internacional anual “Horizons in Genomic Sciences”. En estos dos programas han participado aproximadamente 50 investigadores del extranjero.

En el plan de estudios vigente los conferencistas nacionales y extranjeros forman la base de las asignaturas que se han denominado Fronteras de la Genómica 1-4 y Aplicaciones de la Genómica 1-4. Así mismo, participarán como asesores de las asignaturas denominadas Genómica Integrativa 1-4. Los tutores corresponden a investigadores tanto nacionales, como extranjeros que son los líderes de los laboratorios donde los estudiantes realizan sus estancias de investigación en el último año de la licenciatura. Estas estancias pueden realizarse tanto en México, como en el extranjero, en instituciones públicas o privadas, de acuerdo con los intereses del estudiante. Todo tutor propuesto es analizado cuidadosamente y en su caso aprobado por el Comité Académico dentro de un programa ad hoc para cada estudiante. En el plan de estudios vigente las estancias de investigación corresponden a las asignaturas denominadas como Trabajo de Investigación 1-6.



Las líneas de investigación que se están desarrollando en el LIIGH abarcan diferentes aspectos de la genómica y distintos modelos de estudio. Entre estas líneas se encuentran:

- Estructura, dinámica, edición, síntesis y evolución experimental de genomas de microorganismos. Entre los aspectos estructurales destaca el desarrollo de una nueva estrategia, el Panorama Genómico de Identidad Absoluta para generar perfiles de variación entre genomas de interés y genomas de referencia, así como para el refinamiento de genomas de referencia. Los aspectos dinámicos se centran en estudiar la potencialidad de genomas específicos para generar rearrreglos. La edición de genomas consiste en alterarlos mediante el procedimiento conocido como CRISPR Cas9 y metodologías derivadas; en el LIIGH se está utilizando esta metodología para producir amplificaciones de elementos genéticos que participan en el ciclo celular de la levadura *S.cerevisiae*. La síntesis de genomas está generando una nueva revolución dentro de la genómica. En el LIIGH esta línea se ha concentrado en colaborar con el Consorcio Internacional Sc2.0 que tiene como meta la síntesis del genoma completo de la levadura *S.cerevisiae*; hasta la fecha se han analizado 7 cromosomas sintéticos en relación a la estructura del cromosoma físico correspondiente. La evolución experimental se ha centrado en generar y analizar la evolución en tiempo real de genomas híbridos de levaduras.
- Regulación de la expresión del genoma en bacterias y en humano. Esta línea pretende encontrar sitios y condiciones clave para la actividad de reguladores de la expresión del genoma. Esto se realiza mediante estudios tanto bioinformáticos utilizando bases de datos existentes, como en estudios de muestras de pacientes de hospitales mexicanos y de células en cultivo. Se tiene particular interés en reguladores que actúan a distancia conocidos en la literatura científica como enhancers. Dentro de esta línea general se pretende también encontrar circuitos génicos de regulación e integrarlos con procedimientos que integran la nueva subdisciplina de biología de sistemas.



- Genómica del cáncer. Desde un punto de vista genético el cáncer puede considerarse como un proceso de evolución dentro de un organismo. Las células de un organismo se encuentran sujetas a un proceso continuo de mutación. Cuando una mutación produce una ventaja en relación a la reproducción de la célula, se inicia la formación de una clona que crece a mayor velocidad que el resto de las células. Esta clona a su vez puede generar otras mutaciones que le dan nuevas capacidades de reproducción y eventualmente se genera un proceso carcinogénico. El conocimiento de los genes que participan (al sufrir mutaciones) constituye una de las grandes fronteras de la genómica. Este conocimiento está generando nuevos procedimientos para detectar, limitar el crecimiento, y en algunos casos erradicar un proceso canceroso. El LIIGH incorporará varios grupos que se centren en el estudio del cáncer. En la actualidad cuenta con una línea de investigación que estudia la predisposición al cáncer. Como modelo de estudio se centra en el melanoma, uno de los cánceres más agresivos que se conocen. Este grupo ha establecido colaboraciones el Instituto Nacional de cancerología para estudiar muestras de pacientes mexicanos, así como colaboraciones con laboratorios del extranjero con gran prestigio dentro del campo.
  
- Genética de poblaciones y paleogenómica. La genética de poblaciones tiene como meta el comprender mejor la evolución reciente del genoma humano y las migraciones que han establecido a las diferentes poblaciones humanas. En el LIIGH se estudian las raíces de la población mexicana, con particular interés en la raíz afroamericana, que ha sido la menos estudiada. Por otra parte, en el LIIGH se ha montado el primer laboratorio de paleogenómica de México y se están estudiando genomas provenientes de organismos fósiles encontrados en nuestro país.

Por su parte las sedes asesoras de la Licenciatura en Ciencias Genómicas de la ENES, Unidad Juriquilla, el Centro de Ciencias Genómicas, el instituto de Biotecnología y el Instituto de Neurobiología, cuentan con líneas de investigación de muy alto nivel académico en diversas áreas de la genómica. Es importante destacar que el Instituto de Neurobiología cuenta con líneas de investigación relacionadas con la regulación genética y con la dinámica del genoma durante la diferenciación del sistema nervioso. Sin duda alguna, la genómica del desarrollo, función y alteraciones cognitivas del cerebro se convertirá en una de las fronteras más ambiciosas de la biología moderna.



Tanto el LIIGH, como el Instituto de Neurobiología tienen gran interés en continuar con las existentes y en establecer nuevas líneas de investigación relacionadas con la genómica cerebral.

## **2.4 Análisis de planes de estudios afines**

Como suele suceder en la mayoría de las áreas emergentes de la investigación científica – sobre todo en aquellas de reciente aparición-, la formación profesional se ha concentrado en el posgrado, particularmente en el doctorado. A nivel internacional, en un breve lapso han aparecido una variedad de programas de posgrado (con nombres tan variados como bioinformática, biología computacional, etc.) todos ellos en el área de las ciencias genómicas. Estos programas pretenden conjuntar la necesidad de una formación más integral en biología molecular, bioquímica y genética con la enseñanza de la computación y las matemáticas necesarias para las ciencias genómicas, sin olvidar la consideración de los problemas éticos propios de esta área. En estos programas, surgidos en su mayoría en países desarrollados, el énfasis está en los programas de doctorado, dirigidos hacia la formación de investigadores. La necesidad de profesionistas es satisfecha de modo indirecto, cuando los nuevos doctores no logran insertarse en las instituciones de investigación, o a través de diplomados que enfatizan más la formación técnica que la científico-crítica.

La formación a nivel de licenciatura (Bachelor of Science o su equivalente) también ha experimentado modificaciones como resultado de la aparición de las ciencias genómicas. La mayoría de las universidades estadounidenses y muchas europeas ya incluyen en sus *curricula* cursos (obligatorios u optativos) relacionados con las ciencias genómicas. Esta situación no ocurre solamente con la enseñanza de licenciaturas (undergraduate) en biología, sino que ya empieza a extenderse a algunas escuelas médicas en niveles relativamente tempranos. Sin embargo, la baja proporción de cursos en esta área dentro de un curriculum dado, puede provocar un énfasis exagerado en los aspectos técnicos más que en una educación científico-crítica de la disciplina. De cualquier modo, el interés existente en extender la formación en niveles tempranos se plasma con la aparición, en 1999, del primer libro de texto de ciencias genómicas para el nivel de licenciatura.



Dentro de las propuestas de programas educativos en el área, se enfatiza la necesidad de una formación científica, la cual debe extenderse a nivel de licenciatura. Esta recomendación empieza a ser atendida, con la aparición de los primeros programas de licenciatura orientados directamente a las ciencias genómicas (Tabla 2).

**Tabla 2. Programas de licenciatura en ciencias genómicas y/o bioinformática**

<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>NOMBRE DEL PROGRAMA</b>
Bielefeld University (Alemania)	BS in Bioinformatics and Genome Research. [ <a href="http://www.TechFak.Uni-Bielefeld.DE/BIG/">http://www.TechFak.Uni-Bielefeld.DE/BIG/</a> ]
Carnegie Mellon University (EUA)	BS in Biological Sciences/Computer Science track. [ <a href="http://www.bio.cmu.edu/Programs/Undergraduate/bscs.html">http://www.bio.cmu.edu/Programs/Undergraduate/bscs.html</a> ]
Rensselaer Polytechnic Institute (EUA)	BS in Bioinformatics and Molecular Biology. [ <a href="http://www.rpi.edu/academics/interdisciplinary/bioinformatics.html">http://www.rpi.edu/academics/interdisciplinary/bioinformatics.html</a> ]
University of California, Santa Cruz, (EUA)	BS in Bioinformatics [ <a href="http://www.soe.ucsc.edu/programs/binf/undergraduate/">http://www.soe.ucsc.edu/programs/binf/undergraduate/</a> ]
University of Pennsylvania (EUA)	BS in Computational and Mathematical Biology [ <a href="http://www.bio.upenn.edu/programs/undergraduate/concentrations/compbio.html">http://www.bio.upenn.edu/programs/undergraduate/concentrations/compbio.html</a> ]
University of the Sciences in Philadelphia (EUA)	BS in Bioinformatics [ <a href="http://www.usp.edu/majors/bioinformatics.shtml">http://www.usp.edu/majors/bioinformatics.shtml</a> ]
Wesleyan University (EUA)	Undergraduate Certificate Program in Integrative Genomic Sciences [ <a href="http://igs.wesleyan.edu/">http://igs.wesleyan.edu/</a> ]
University of Wisconsin Parkside (EUA)	BS in Molecular Biology & Bioinformatics [ <a href="http://www.uwp.edu/departments/biological.sciences/mbbi.cfm">http://www.uwp.edu/departments/biological.sciences/mbbi.cfm</a> ]
University of Nebraska at Omaha (EUA)	BS in Bioinformatics [ <a href="http://www.unomaha.edu/bioinformatics/">http://www.unomaha.edu/bioinformatics/</a> ]
Wright State University (EUA)	Bachelor of Science in Biological Sciences - Bioinformatics Option [ <a href="http://www.wright.edu/biology/academics/ungrad-bs-bioinfo.html">http://www.wright.edu/biology/academics/ungrad-bs-bioinfo.html</a> ]
Virginia Commonwealth University (EUA)	BS in Bioinformatics; Biological/Genomic track [ <a href="http://www.pubapps.vcu.edu/bulletins/undergraduate/?did=20459">http://www.pubapps.vcu.edu/bulletins/undergraduate/?did=20459</a> ]
Aberystwyth University (RU)	BSc in Biology and Bioinformatics [ <a href="http://www.aber.ac.uk/en/prospectus/courses/b-bioinformatics.php">http://www.aber.ac.uk/en/prospectus/courses/b-bioinformatics.php</a> ]
University of Portsmouth (RU)	BSc in Genome Sciences [ <a href="http://www.port.ac.uk/courses/coursetypes/undergraduate/BScHonsGenomeScience/">http://www.port.ac.uk/courses/coursetypes/undergraduate/BScHonsGenomeScience/</a> ]
The University of Manchester (RU)	BSc in Biological & Computing Science (Bioinformatics) with Industrial or Professional Experience [ <a href="http://www.manchester.ac.uk/undergraduate/courses/search/atoz/course/?code=00454">http://www.manchester.ac.uk/undergraduate/courses/search/atoz/course/?code=00454</a> ] BSc in Biological & Computing Science (Bioinformatics) [ <a href="http://www.manchester.ac.uk/undergraduate/courses/search/atoz/course/?code=00483">http://www.manchester.ac.uk/undergraduate/courses/search/atoz/course/?code=00483</a> ]



University of Birmingham (RU)	BSc in Biology and Computing (Bioinformatics); with Professional Placement; Undergraduate Masters [ <a href="http://www.biosciences.bham.ac.uk/study/undergrad/bioinformatics/bioinformatics.htm">http://www.biosciences.bham.ac.uk/study/undergrad/bioinformatics/bioinformatics.htm</a> ]
University of Calgary (Canadá)	BHSc in Bioinformatics [ <a href="http://hssserver01.med.ucalgary.ca/BHSc/BioInf/BioInfHome.html">http://hssserver01.med.ucalgary.ca/BHSc/BioInf/BioInfHome.html</a> ]
University of New South Wales (Australia)	BE in Bioinformatics [http://www.bioinformatics.unsw.edu.au/]
International Islamic University Islamabad (Pakistán)	BS in Bio Informatics [ <a href="http://www.iiu.edu.pk/programs/BS_bio_informatics.html">http://www.iiu.edu.pk/programs/BS_bio_informatics.html</a> ]
GC University Faisalabad (Pakistán)	BS in Bio Informatics [http://www.gcuf.edu.pk/BS%20bioinfo.asp]

De los programas de licenciatura identificados, los primeros siete aparecieron previamente a la Licenciatura en Ciencias Genómicas de la UNAM, el resto aparecieron posteriormente. La mayor parte de estos programas se han generado en países desarrollados que han hecho una fuerte inversión tanto en investigación, como en desarrollo tecnológico en las ciencias genómicas. Un análisis profundo de los currícula de estos programas, muestra que frecuentemente adoptan un sistema basado en asignaturas, con una proporción balanceada en las dedicadas a bioquímica y biología molecular, computación y matemáticas. La totalidad de ellos contemplan, como parte del curriculum, la incorporación del estudiante en laboratorios de investigación básica o aplicada en ciencias genómicas, por períodos que oscilan entre 2-12 meses. Este inicio en la experimentación se garantiza por una característica más de estos programas: todos ellos se han generado por iniciativas interdisciplinarias de investigadores del área. Son pues, ejemplos en donde la actividad de investigación ha generado opciones nuevas e interesantes para la enseñanza. Aunque el número de programas de licenciatura es aún pequeño, su reciente aparición, la importancia del área de investigación y la necesidad de académicos y profesionistas, permiten prever que su número crecerá de manera continua.

## **2.5 Características actuales y tendencias futuras de la formación profesional**

Las ciencias genómicas representan un área emergente de enorme relevancia científica y social. La UNAM creó la Licenciatura en Ciencias Genómicas como acción clave para desarrollar el área en la propia UNAM y en el país. Los egresados cuentan con la



formación interdisciplinaria e integral necesarias para continuar una carrera académica o para continuar una preparación de tipo profesional. En las áreas académicas, la demanda en México por investigadores con esta preparación es muy amplia. Se puede asegurar que la mayor parte de las instituciones universitarias, en particular las universidades públicas, están ávidas por incorporar en sus cuadros de investigación a personal experto en ciencias genómicas.

Es importante destacar que la complejidad de las ciencias genómicas requiere que la etapa de formación académica no termine a nivel de licenciatura. Es de suma importancia que los estudiantes continúen su formación a nivel de posgrado. Por este motivo, la modificación al plan de estudios contempla que los estudiantes puedan ingresar al posgrado a partir de haber concluido el ciclo integrativo, o sea, al haber cubierto todos los créditos del sexto semestre (ver **11.Inicio de Estudios de Posgrado Durante la Licenciatura en Ciencias Genómicas**).

La necesidad de expertos en ciencias genómicas es también evidente en distintas instituciones del sector público, incluyendo los hospitales de tercer nivel como los institutos nacionales de Salud; el Servicio Médico Forense; laboratorios asociados a las instituciones judiciales; las secretarías de Estado relacionadas con agricultura, ganadería y medio ambiente, entre otras.

Por otra parte, las ciencias genómicas están cobrando un enorme interés en actividades de tipo industrial. Esta situación es muy clara en países desarrollados. En el país no existen empresas de alta calidad basadas en la genómica. Esto se debe fundamentalmente a la carencia de personal calificado en el área. Al terminar su preparación, los egresados serán candidatos idóneos para llenar esta carencia, si bien también requerirán hacer estudios de posgrado. Se espera que los egresados sean la base para el surgimiento de empresas modernas y competitivas basadas en las ciencias genómicas.

Es importante destacar también la enorme demanda que ha tenido la licenciatura. En efecto, en los últimos años se han presentado al concurso de selección interno aproximadamente 300 aspirantes por año. Esto es un claro reflejo de la percepción de



la sociedad en relación a la necesidad que existe en el país por personal altamente calificado en el área que cubren las ciencias genómicas. La implantación de la Licenciatura en Ciencias Genómicas en la ENES, Unidad Juriquilla permitirá duplicar el número de alumnos que puedan ser atendidos.

## **2.6 Retos que enfrenta el plan de estudios**

Como se ha mencionado reiteradamente, la genómica es la frontera más importante de la biología en la actualidad y avanza continuamente en forma vertiginosa. Esto hace que el plan de estudios presente enormes retos que se está convencido que serán superados por la calidad, responsabilidad, entrega y el entusiasmo de los que participan en la licenciatura tanto los docentes, como los estudiantes. Entre los principales retos se encuentran:

- Mantener la calidad de los estudiantes.
- Mantener la integración de las distintas disciplinas.
- Mantener el carácter internacional de la licenciatura.
- Asimilar continuamente los avances de las ciencias genómicas.
- Estimular el inicio de estudios de posgrado durante la licenciatura.
- Contar con un Plan de Desarrollo Institucional y Nacional que permita que, al terminar su formación académica (que deberá incluir estudios de posgrado y estancias posdoctorales), los egresados se conviertan en los líderes de las ciencias genómicas en México.
- Ampliar la oferta en el área de Ciencias Genómicas.

Para mantener la calidad de los estudiantes se requiere contar con un proyecto continuo de actualización del sistema de selección. De hecho, al igual que la Licenciatura en Ciencias Genómicas que se ofrece en el campus Morelos, la que se implantará en la ENES, Unidad Juriquilla será de ingreso indirecto. Además de cubrir los requisitos necesarios para ingresar a la UNAM, los aspirantes se presentarán a un proceso de selección interna. Este proceso incluye, en su primera fase, exámenes de matemáticas, química y biología. En su segunda fase incluye entrevistas con diferentes investigadores, expertos en genómica.





Para mantener la integración de las distintas disciplinas que conforman las ciencias genómicas el plan de estudios vigente se encuentra estructurado en cuatro niveles, con base en cuatro etapas de integración. En el primer nivel o nivel básico (semestres 1 y 2) se estudian las asignaturas que forman las bases de las ciencias genómicas. En el segundo nivel o nivel avanzado (semestres 3 y 4) las asignaturas se refieren a la genómica avanzada en sus distintas vertientes multidisciplinarias. En el tercer nivel o nivel integrativo las asignaturas corresponden fundamentalmente a seminarios donde la integración es completa. En todas las asignaturas se requiere de la participación simultánea de las distintas disciplinas. En el cuarto nivel o nivel de investigación el estudiante aplica todos sus conocimientos para el estudio de problemas actuales en genómica de acuerdo con sus intereses particulares. En la propuesta de modificación del plan de estudios se analizan detalladamente los diferentes niveles de integración.

La licenciatura goza ya de un prestigio a nivel internacional. Esto se debe en gran medida a la interacción directa de líderes internacionales del área con los estudiantes. Como puede observarse en la sección sobre **Opiniones de líderes internacionales sobre el plan de estudios propuesto y sobre la calidad de los estudiantes**, el plan de estudios propuesto y la calidad de los estudiantes han sido valoradas como de muy alto nivel. La relación continua de la licenciatura con investigadores de prestigiosas instituciones del extranjero ha permitido establecer una red de investigadores que está dando un gran soporte a la licenciatura. El Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano cuenta con un programa continuo de Profesores Visitantes Horizons in Genomics y con excelentes relaciones con instituciones de prestigio internacional. Más aún, desde su concepción el LIIGH ha contado con la colaboración del Cold Spring Harbor Laboratory, institución considerada como la cuna de la biología molecular. Esto garantiza que la licenciatura para la ENES, Unidad Juriquilla conserve y amplíe el nivel internacional. La interacción continua de los estudiantes, de los profesores y de los investigadores con líderes de las ciencias genómicas es un mecanismo que permite contender y actualizar continuamente los avances del conocimiento en el área.



Las características más sobresalientes del plan de estudios vigente, aprobado en 2008 son: la estructuración con base en niveles de integración; la flexibilidad del contenido de las asignaturas del nivel integrativo; la inclusión formal de las asignaturas de Fronteras de la Genómica 1-4 y Aplicaciones de la Genómica 1-4; y la interacción continua con líderes del área tanto nacionales como extranjeros garantizan que la licenciatura se adapte continuamente a los avances científicos y a sus repercusiones sociales, a las nuevas avenidas, y a los cambios de paradigmas que se espera que se presenten en las ciencias genómicas.

El plan de estudios vigente considera como una de las formas de titulación el inicio de estudios de posgrado durante el cuarto año. Esto estimula la conexión directa de la licenciatura con el posgrado.

El LIIGH es una entidad universitaria que tiene como principal objetivo la incorporación de investigadores jóvenes, principalmente egresados de la Licenciatura en Ciencias Genómicas, y proveerles de las mejores posibilidades de desarrollo. Varios egresados de la licenciatura se han integrado como investigadores independientes y otros se integrarán en un futuro próximo. Por otra parte, la UNAM, el LANGEBIO y el INMEGEN han estado trabajando intensamente en la generación de un plan de desarrollo para las ciencias genómicas en México. El grupo de trabajo ha tenido como líderes académicos a los Xavier Soberón, Jean Philippe Vielle y Rafael Palacios y ha contado con la colaboración del Dr Bruce Stillman, Presidente del Cold Spring Harbor Laboratory. Este plan de desarrollo contempla la formación de una red genómica de comunicación y colaboración académica, así como el conseguir apoyo de instituciones filantrópicas para ofrecer donativos de iniciación a investigadores jóvenes de distintas áreas de la genómica.

Finalmente, la implantación de la licenciatura en la ENES, Unidad Juriquilla permitirá que se aumente la oferta de la Licenciatura en Ciencias Genómicas

Desde un punto de vista general, para contender con los retos que plantea el plan de estudios, es necesaria su evaluación periódica, y si los resultados del análisis lo demandan, la proposición de su modificación.



## **2.7 Resumen de los resultados más relevantes del diagnóstico que fundamenta la viabilidad y pertinencia de la implantación del plan de estudios en la ENES, Unidad Juriquilla**

Como resultado del diagnóstico que fundamenta la viabilidad y pertinencia de la implantación del plan de estudios en la ENES, Unidad Juriquilla, se llegó a las siguientes conclusiones:

- El proyecto de implantación se enmarca adecuadamente a la concepción general de la ENES, Unidad Juriquilla de integrar licenciaturas de frontera con base en la investigación que se realiza en el Campus.
- La viabilidad de la implantación se garantiza por los investigadores incorporados actualmente y que se incorporarán al Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano. Estos conocen perfectamente la licenciatura ya que han sido fundadores, profesores o egresados de ésta. Además se cuenta con investigadores con líneas centradas en la genómica en el Instituto de Neurobiología. Asimismo, el programa continuo de Profesores Visitantes Horizons in Genomics provee el ambiente internacional que requiere la licenciatura.
- La implantación es pertinente en función a la enorme demanda que tiene la licenciatura en el campus Morelos y a que la naturaleza de la licenciatura permite aceptar a un reducido número de aspirantes. El ofrecer la licenciatura en dos campi, permitirá incorporar a un número mayor de estudiantes.
- El ofrecer la licenciatura en la ENES, Unidad Juriquilla es pertinente ya que la Región del Bajío se ha convertido en el otro polo de desarrollo de la genómica, que complementa al polo Morelos-Ciudad de México.



### **3. Descripción de los campos de estudio que aborda el plan de estudios**

Esta descripción se encuentra incluida en la sección sobre **Estado actual y tendencias futuras de las ciencias genómicas**

### **4. Propuesta de implantación del plan de estudios**

#### **4.1 Objetivos del plan de estudios**

El plan de estudios propuesto tiene como objetivo general cubrir la necesidad de formar los recursos humanos que requiere el país para lograr un desarrollo óptimo de las ciencias genómicas. Como se ha mencionado, las ciencias genómicas están incidiendo en una amplia gama de la actividad humana tanto en niveles académicos, como profesionales. Si México quiere participar en este desarrollo, es fundamental que posea investigadores y profesionales que cubran el perfil interdisciplinario e integrativo inherente a las ciencias genómicas.

Es importante aclarar que el plan de estudios de la Licenciatura en Ciencias Genómicas representa la primera etapa en la formación de los futuros investigadores y profesionistas en ciencias genómicas. La formación completa requiere continuar el desarrollo de los estudiantes con estudios de posgrado y con entrenamiento a nivel posdoctoral. En este contexto, es importante destacar que casi la totalidad de todos los alumnos egresados o inscritos actualmente en la licenciatura tienen dentro de sus planes la realización de estudios de posgrado. La modificación propuesta al plan de estudios contempla la posibilidad de iniciar estudios de posgrado durante el último año de la licenciatura.

Como objetivos específicos el plan de estudios propuesto tiene los siguientes:

- a) Proporcionar al estudiante una formación científico-profesional con un enfoque amplio, integral e interdisciplinario, abarcando en forma conjunta la biología moderna, las matemáticas, la estadística y las ciencias computacionales.
- b) Familiarizar al estudiante con el desarrollo de las ciencias genómicas a nivel



nacional y con la frontera de conocimiento en el área a nivel internacional.

- c) Preparar a los estudiantes para ingresar a posgrados en las diferentes áreas que cubren las ciencias genómicas.
- d) Formar profesionales con la capacidad de incidir en la solución de problemas relacionados con las diferentes áreas que abarcan las ciencias genómicas.
- e) Familiarizar al estudiante con las aplicaciones de las ciencias genómicas en las ciencias básicas, la biomedicina, la ecología y la biotecnología
- f) Desarrollar en el estudiante una conciencia crítica en relación a las implicaciones éticas, sociales y legales que presenta el desarrollo de las ciencias genómicas.
- g) Permitir y estimular que los estudiantes inicien estudios de posgrado durante la licenciatura

## **4.2 Perfiles**

### **4.2.1 Perfil de ingreso**

La Licenciatura en Ciencias Genómicas (LGC) ofrece una formación académica que es a la vez apasionante y demandante. El aspirante a la LCG, egresado de un bachillerato, debe poseer una serie de aptitudes, cualidades y conocimientos que faciliten el camino a la excelencia académica. Por su particular relevancia destacan:

- Creatividad
- Actitud crítica
- Capacidad de integración
- Avidez por el nuevo conocimiento
- Compromiso, disciplina y constancia
- Conocimiento sólido en matemáticas, química y biología
- Comprensión del idioma inglés

### **4.2.2 Perfiles intermedios**

El plan de estudios propuesto se encuentra estructurado en cuatro etapas o niveles de formación. Cada uno de los niveles presenta perfiles específicos de formación que resultan indispensables para acceder al siguiente nivel.



Al terminar la primera etapa o nivel básico, el estudiante habrá asimilado los conocimientos fundamentales de las diferentes disciplinas que forman las bases de las ciencias genómicas: biología celular, bioquímica, biología molecular, genética, evolución, computación, estadística y matemáticas. Es importante aclarar que la formación en matemáticas y en estadística se completa al terminar la segunda etapa. Además, el estudiante estará familiarizado con las diferentes bases de datos y programas de cómputo, así como con los enfoques experimentales más utilizados en las ciencias genómicas. Asimismo, dominará la comprensión de textos en idioma inglés.

Al terminar la segunda etapa o nivel avanzado, el estudiante habrá terminado su formación en matemáticas y en estadística y poseerá un conocimiento de las distintas áreas de estudio interdisciplinario de las ciencias genómicas: bioinformática, genómica funcional y genómica evolutiva. Además contará con un amplio conocimiento de los genomas utilizados como modelos, con especial énfasis en la genómica humana y en los aspectos éticos, sociales y legales que derivan de los avances de las ciencias genómicas. Al terminar esta etapa, el estudiante estará preparado para entender investigación de vanguardia en ciencias genómicas y para abordar los problemas de tipo integral que le son característicos. Así mismo, contará con la posesión del idioma inglés.

Al terminar la tercera etapa o nivel integrativo el estudiante habrá desarrollado una madurez que le permita comprender literatura de vanguardia sobre los distintos aspectos que cubre la genómica y participar en discusiones con líderes nacionales e internacionales del área. Además, estará capacitado para abordar problemas genómicos complejos que requieran del concurso de distintas disciplinas. Es de destacarse que en la actualidad son relativamente pocos los investigadores y profesionistas que posean individualmente esta capacidad integrativa. Al terminar el nivel integrativo el estudiante estará capacitado para ingresar a un posgrado en cualquier área relacionada con las ciencias genómicas.



### **4.2.3 Perfil de egreso**

El egresado poseerá un amplio cuerpo de conocimientos, incluyendo conocimientos fundamentales relacionados con las disciplinas que sustentan a las ciencias genómicas, y con las ramas avanzadas de la genómica: la bioinformática, la genómica funcional y la genómica evolutiva, así como los modelos de estudio más importantes de la genómica, en particular el genoma humano.

Tendrá habilidades en relación a la integración de las distintas disciplinas, al planteamiento de problemas genómicos complejos y a la participación en su solución. Dominará el idioma inglés y podrá entender literatura de vanguardia, participar en seminarios y presentaciones formales, discutir con líderes académicos, y realizar investigación o actividades profesionales relacionadas con las ciencias genómicas. De particular importancia es que el egresado habrá desarrollado una actitud crítica y fundamentada en relación a las implicaciones éticas, sociales y legales de las ciencias genómicas.

### **4.2.4 Perfil profesional**

El profesional de la Licenciatura en Ciencias Genómicas es el profesional que tiene conocimientos avanzados en genómica, incluyendo la bioinformática, la genómica funcional y la genómica evolutiva; por lo que cuenta no sólo con los elementos académicos que le permiten, si así lo desea, continuar con estudios de posgrado para desenvolverse de manera óptima en el ámbito de la investigación, sino también con elementos suficientes para incorporarse al aparato productivo o a la docencia especializada. Está altamente capacitado para incorporarse y colaborar en forma crítica y creativa en grupos de investigación científica y para diseñar e implementar áreas de trabajo en ciencias genómicas en el sector productivo. A su vez, colabora eficientemente con grupos interdisciplinarios de profesionales en la resolución de problemas prácticos. Asesora a otros profesionales sobre los alcances, limitaciones e idoneidad de las estrategias de las ciencias genómicas tanto en instancias de investigación básica y aplicada, como en el aparato productivo.

Su ámbito laboral se encuentra en instituciones de investigación y de educación superior en los sectores público y privado, así como en industrias de biotecnología, farmacéutica, agropecuaria y alimentaria.



### **4.3 Duración de los estudios, total de créditos y asignaturas**

El plan de estudios contiene un total de ocho semestres. Comprende 384 créditos de los cuales 256 son obligatorios y 128 son optativos. Estos créditos corresponden a 48 asignaturas de las cuales 32 son obligatorias y 16 son optativas.

### **4.4 Estructura y organización del plan de estudios**

#### **4.4.1 Descripción de la organización del plan de estudios**

El plan de estudios está estructurado en cuatro etapas o niveles de integración. El primer nivel o nivel básico corresponde a los semestres 1 y 2, y comprende las disciplinas que forman las bases de las ciencias genómicas. Las asignaturas comprendidas en este nivel son: Matemáticas 1 (Matemáticas Discretas), Matemáticas 2 (Álgebra Lineal), Principios de Programación, Computación, Principios de Estadística, Biología Celular, Bioquímica, Biología Molecular, Genética, Principios de Evolución y dos seminarios. El seminario 1 corresponde a la introducción a la bioinformática y el seminario 2 está relacionado con los principales enfoques que utiliza la genómica en el laboratorio. Este nivel comprende 12 asignaturas, todas obligatorias, que abarcan 96 créditos.

En el segundo nivel o nivel avanzado, que comprende los semestres 3 y 4, se termina la educación en matemáticas con las asignaturas Matemáticas 3 (Cálculo) y Matemáticas 4 (Ecuaciones Diferenciales). En este nivel se cursan las asignaturas que comprenden las grandes ramas de la genómica: Bioinformática combinada con Estadística (Bioinformática y Estadística 1 y 2); Genómica Funcional (Genómica Funcional 1 y 2); Genómica Evolutiva (Genómica Evolutiva 1 y 2) y los modelos genómicos más utilizados en las ciencias genómicas: virus, bacterias, levaduras, plantas y animales (Modelos Genómicos y Seminario 3), con especial énfasis en el genoma humano (Genómica Humana) y en las implicaciones éticas, sociales y legales de la genómica (Seminario 4). Este nivel comprende 12 asignaturas, todas obligatorias, que abarcan 96 créditos.





El tercer nivel o nivel integrativo, que comprende los semestres 5 y 6, está dedicado a la participación del estudiante en actividades que requieren de la integración de los conocimientos adquiridos en los primeros dos niveles. Este nivel comprende las asignaturas Fronteras de la Genómica 1-4 y Aplicaciones de la Genómica 1-4. Estas asignaturas están formadas por módulos basados en la interacción directa de los estudiantes con investigadores tanto del extranjero como del país, líderes en diferentes aspectos de las ciencias genómicas o que estén abordando proyectos de investigación que requieran de conocimientos y metodologías derivados de las ciencias genómicas. Cada módulo, correspondiente a la interacción con un investigador, comprende tres actividades: revisión de artículos recientes del investigador o relacionados con el área que cultiva, seminario de varias horas con el investigador y discusiones informales de grupos de alumnos con el investigador. Cada una de estas ocho asignaturas está formada por seis módulos.

En total, los estudiantes están expuestos a la interacción con 48 investigadores. Se considera que estas asignaturas son únicas e indispensables para la formación integral del estudiante y su introducción formal en el currículo de la licenciatura representa uno de los logros más importantes del plan de estudios propuesto. Estas asignaturas tienen carácter obligatorio. Las otras cuatro asignaturas del nivel integrativo corresponden a temas de frontera que requieren la integración de los conocimientos de distintas disciplinas en el planteamiento de problemas fundamentales de la genómica actual. Estas asignaturas tienen carácter de optativo y deberán ser aprobadas por el Comité Académico para cada estudiante. Como ejemplo de estas asignaturas se encuentran la Biología de Sistemas, que pretende entender en forma integrada y por medio de abstracciones matemáticas la fisiología celular; la conjunción de la biología del desarrollo con la evolución, recientemente bautizada como Evo- Devo; el análisis de paquetes de datos de distintos problemas genómicos obtenidos por diversos laboratorios, etc. Se pretende que estas asignaturas varíen en función de los avances más recientes de la genómica. En total este nivel comprende 12 asignaturas, ocho obligatorias y cuatro optativas con un total de 96 créditos.

El cuarto nivel o nivel de investigación que comprende los semestres 7 y 8 representa la inmersión del estudiante en las actividades propias de la genómica. En este nivel todas las asignaturas son optativas y deben ser aprobadas por el Comité Académico con un



programa ad hoc para cada estudiante. Este nivel comprende un total de seis asignaturas de trabajo de investigación, cuatro de tópicos selectos y dos de seminario de investigación. Todas las asignaturas pueden realizarse tanto en México, como en el extranjero, pueden incluir a uno o varios laboratorios de investigación tanto de corte académico, como industrial, y pueden llevarse a cabo tanto en el sector público, como en el privado. Mas aún, todo este nivel puede hacerse equivalente al inicio de un posgrado tanto a nivel de maestría, como de doctorado (ver **11.Inicio de Estudios de Posgrado Durante la Licenciatura en Ciencias Genómicas**).

Este nivel abarca un total de 12 asignaturas, todas ellas optativas, con un total de 96 créditos. Está previsto que todos los créditos puedan ser cubiertos por las actividades académicas que se requiere acreditar en el primer año de posgrados afines de la UNAM.

#### **4.4.2 Mecanismos de flexibilidad del plan de estudios**

Las ciencias genómicas requieren de adquirir conocimiento en diferentes disciplinas, integrar dicho conocimiento en áreas propias de la genómica, y finalmente integrar las áreas entre sí. Todo esto con objeto de poder abordar problemas de gran complejidad. La carencia de un conocimiento sólido en alguna de las disciplinas o áreas se reflejará en la capacidad del estudiante en el proceso de integración. El plan se estructuró tomando como base ejes temáticos, congruentes internamente, pero con poca integración entre ellos. Este plan resultó poco flexible debido a que no se contaba con la experiencia de integración necesaria. El plan adecuado para la ENES, Unidad Juriquilla, se encuentra estructurado por niveles de integración progresiva, como se ha presentado en la sección sobre **Descripción de la organización del plan de estudios**. Este plan requiere de una proporción elevada de asignaturas obligatorias, sin embargo, se ha estudiado muy a fondo los grados de flexibilidad que es conveniente incorporar.



Las asignaturas optativas de las ciencias genómicas podrían ser acreditadas por asignaturas de otros planes de estudios de la UNAM o de otras instituciones del país o del extranjero, a nivel de licenciatura o de posgrado, que a juicio del Comité Académico tuvieran un nivel académico similar al que se ofrece en la Licenciatura en Ciencias Genómicas y con las que se tenga convenios para tal fin.

Las asignaturas correspondientes a las áreas fundamentales de la genómica podrían acreditarse en el extranjero o bien en el país en cualquier institución de alto nivel académico, combinando asignaturas de otros planes de estudio. Estas asignaturas corresponden al 7° y 8° semestres en donde se hace trabajo de investigación. Sin embargo, la aprobación para acreditar estas asignaturas con aquellas de otros planes de estudios deberá ser analizada casuísticamente y en su caso aprobada por el Comité Académico.

En el nivel 3 las asignaturas de Aplicaciones de la Genómica y de Fronteras de la Genómica son únicas. Discutiendo el programa de Fronteras de la Genómica, los investigadores participantes han opinado que no existe un programa similar con tanta variedad y riqueza que se ofrezca a nivel de pregrado. Parte de los programas podrían sustituirse por estancias en instituciones de prestigio que tengan ciclos de seminarios muy ambiciosos con invitados de distintas partes del mundo. Las asignaturas Aplicaciones de la Genómica podrían ser parcialmente sustituidas por seminarios impartidos en instituciones nacionales o del extranjero donde se discutan proyectos de investigación que incluyan conocimientos y metodologías derivadas de las ciencias genómicas. En este mismo ciclo, las cuatro asignaturas sobre Genómica Integrativa son todas optativas.

La Licenciatura en Ciencias Genómicas pretende ofrecer distintas opciones que mantengan el nivel de frontera de los avances de la genómica. Por otra parte, estas asignaturas podrían acreditarse por otras ofrecidas a nivel nacional o por instituciones del extranjero que presenten el nivel de frontera requerido.



En el cuarto nivel o nivel de investigación el programa es totalmente flexible. Puede realizarse tanto en distintas instituciones nacionales como del extranjero e incorporar tópicos selectos y seminarios de temas muy variados. En particular, es importante destacar que el nivel de investigación puede acreditarse en forma total cursando el primer año de posgrado en la UNAM (ver **11.Inicio de Estudios de Posgrado Durante la Licenciatura en Ciencias Genómicas**). De hecho, el programa del nivel de investigación está considerado como un programa ad hoc que el Comité Académico deberá aprobar con base en los intereses específicos de cada estudiante. Como principio rector para la aprobación el estudiante podrá elegir cualquier laboratorio o empresa nacional o del extranjero que tenga un nivel de excelencia en cualquier área y proyecto relacionado con las ciencias genómicas.

#### **4.4.3 Seriación**

Una de las características fundamentales del plan de estudios es su estructuración en niveles sucesivos donde cada nivel presenta un mayor y más complejo grado de integración. La carencia de conocimiento sólido de las asignaturas de un nivel precedente afecta en forma importante al siguiente nivel. Por este motivo se propone una seriación por niveles. Se ha discutido ampliamente si esta seriación por niveles pudiera presentar un cuello de botella que pudiera detener el avance de los estudiantes. Además del argumento relacionado con la importancia de adquirir todos los conocimientos, habilidades y actitudes correspondientes al nivel precedente, hay que tomar en cuenta que la licenciatura cuenta con un proceso de selección muy estricto y que el índice de reprobación de asignaturas es muy bajo, concentrándose importantemente en el primer año. La experiencia adquirida indica que en general la reprobación revela errores en la selección o bien una baja vocación del estudiante en relación a la integración de ciencias exactas con ciencias naturales. En todo caso, para que un estudiante que no haya acreditado todas las asignaturas de un nivel pueda inscribirse al siguiente, se requiere de la aprobación del Comité Académico. El propio Comité indicará las condiciones y requisitos que el estudiante deberá satisfacer.

En relación a la seriación entre asignaturas en un mismo nivel, el plan de estudios presenta un mínimo de seriación. En efecto, el plan propuesto presenta sólo dos seriaciones obligatorias de este tipo: Computación requiere haber acreditado Principios



de Programación, y Matemáticas 4 (Ecuaciones Diferenciales) requiere haber acreditado Matemáticas 3 (Cálculo). En ambos casos la asignatura precedente es indispensable para la comprensión adecuada de la asignatura seriada.

<b>Seriación Obligatoria de Asignaturas</b>		
<b>Denominación de la Asignatura</b>	<b>Seriación Antecedente</b>	<b>Seriación Subsecuente</b>
Principios de Programación	Ninguna	Computación
Computación	Computación	Ninguna
Matemáticas 3	Ninguna	Matemáticas 4
Matemáticas 4	Matemáticas 3	Ninguna
<b>Seriación Obligatoria por Niveles</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Seriación Antecedente</b>	<b>Seriación Subsecuente</b>
Avanzado	Básico	Integrativo
Integrativo	Avanzado	De Investigación
De Investigación	Integrativo	Ninguno

#### 4.4.4 Lista de asignaturas por semestre

##### LISTA DE ASIGNATURAS DEL PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS GENÓMICAS

CLAVE	DENOMINACIÓN DE LA ASIGNATURA	MODALIDAD	CARÁCTER	TIPO DE ASIGNATURA		CRÉDITOS
				HORAS/SEMANA		
				TEÓRICAS	PRÁCTICAS	
<b>PRIMER SEMESTRE</b>						
	Matemáticas 1	Curso	Obligatoria	4	0	8
	Principios de Programación	Curso-Taller	Obligatoria	3	2	8
	Biología Celular	Curso	Obligatoria	4	0	8
	Bioquímica	Curso	Obligatoria	4	0	8
	Biología Molecular	Curso	Obligatoria	4	0	8
	Seminario 1	Seminario	Obligatoria	3	2	8
<b>SEGUNDO SEMESTRE</b>						
	Matemáticas 2	Curso	Obligatoria	4	0	8
	Computación	Curso-Taller	Obligatoria	3	2	8
	Principios de Estadística	Curso-Taller	Obligatoria	3	2	8
	Genética	Curso	Obligatoria	4	0	8
	Principios de Evolución	Curso	Obligatoria	4	0	8
	Seminario 2	Seminario	Obligatoria	3	2	8
<b>TERCER SEMESTRE</b>						
	Matemáticas 3	Curso	Obligatoria	4	0	8
	Bioinformática y Estadística 1	Curso-Taller	Obligatoria	3	2	8
	Genómica Funcional 1	Curso-Seminario	Obligatoria	4	0	8



	Genómica Evolutiva 1	Curso-Seminario	Obligatoria	4	0	8
	Modelos Genómicos	Curso-Seminario	Obligatoria	3	2	8
	Seminario 3	Seminario	Obligatoria	3	2	8
<b>CUARTO SEMESTRE</b>						
	Matemáticas 4	Curso	Obligatoria	4	0	8
	Bioinformática y Estadística 2	Curso-Taller	Obligatoria	3	2	8
	Genómica Funcional 2	Curso-Seminario	Obligatoria	4	0	8
	Genómica Evolutiva 2	Curso-Seminario	Obligatoria	4	0	8
	Genómica Humana	Curso-Seminario	Obligatoria	3	2	8
	Seminario 4	Seminario	Obligatoria	3	2	8
<b>QUINTO SEMESTRE</b>						
	Fronteras de la Genómica 1	Seminario	Obligatoria	4	0	8
	Fronteras de la Genómica 2	Seminario	Obligatoria	4	0	8
	Aplicaciones de la Genómica 1	Seminario	Obligatoria	4	0	8
	Aplicaciones de la Genómica 2	Seminario	Obligatoria	4	0	8
	Genómica Integrativa 1	Curso-Seminario	Optativa	3	2	8
	Genómica Integrativa 2	Curso-Seminario	Optativa	3	2	8

<b>SEXTO SEMESTRE</b>						
	Fronteras de la Genómica 3	Seminario	Obligatoria	4	0	8
	Fronteras de la Genómica 4	Seminario	Obligatoria	4	0	8
	Aplicaciones de la Genómica 3	Seminario	Obligatoria	4	0	8
	Aplicaciones de la Genómica 4	Seminario	Obligatoria	4	0	8
	Genómica Integrativa 3	Curso-Seminario	Optativa	3	2	8
	Genómica Integrativa 4	Curso-Seminario	Optativa	3	2	8
<b>SÉPTIMO SEMESTRE</b>						
	Trabajo de Investigación 1	Laboratorio	Optativa	0	6	6
	Trabajo de Investigación 2	Laboratorio	Optativa	0	6	6
	Trabajo de Investigación 3	Laboratorio	Optativa	0	6	6
	Tópico Selecto 1	Seminario	Optativa	5	0	10
	Tópico Selecto 2	Seminario	Optativa	5	0	10
	Seminario de Investigación 1	Seminario	Optativa	4	2	10
<b>OCTAVO SEMESTRE</b>						
	Trabajo de Investigación 4	Laboratorio	Optativa	0	6	6
	Trabajo de Investigación 5	Laboratorio	Optativa	0	6	6
	Trabajo de Investigación 6	Laboratorio	Optativa	0	6	6
	Tópico Selecto 3	Seminario	Optativa	5	0	10
	Tópico Selecto 4	Seminario	Optativa	5	0	10
	Seminario de Investigación 2	Seminario	Optativa	4	2	10



### 4.4.5 Mapa curricular del plan de estudios

MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS GENÓMICAS							
SEMESTRE	ASIGNATURAS						TOTAL SEMESTRE
<b>NIVEL BÁSICO</b>							
1	Matemáticas 1 (8C;4HT)	Principios de Programación (8C;3HT;2HP)	Biología Celular (8C;4HT)	Bioquímica (8C;4HT)	Biología Molecular (8C;4HT)	Seminario 1 (8C;3HT;2HP)	Créditos= 48 Horas Teóricas=22 Horas Prácticas=4 Asignaturas=6
2	Matemáticas 2 (8C;4HT)	Computación (8C;3HT;2HP)	Principios de Estadística (8C;3HT;2HP)	Genética (8C;4HT)	Principios de Evolución (8C;4HT)	Seminario 2 (8C;3HT;2HP)	Créditos= 48 Horas Teóricas=21 Horas Prácticas=6 Asignaturas=6
<b>NIVEL AVANZADO</b>							
3	Matemáticas 3 (8C;4HT)	Bioinformática y Estadística 1 (8C;3HT;2HP)	Genómica Funcional 1 (8C;4HT)	Genómica Evolutiva 1 (8C;4HT)	Modelos Genómicos (8C;3HT;2HP)	Seminario 3 (8C;3HT;2HP)	Créditos= 48 Horas Teóricas=21 Horas Prácticas=6 Asignaturas=6
4	Matemáticas 4 (8C;4HT)	Bioinformática y Estadística 2 (8C;3HT;2HP)	Genómica Funcional 2 (8C;4HT)	Genómica Evolutiva 2 (8C;4HT)	Genómica Humana (8C;3HT;2HP)	Seminario 4 (8C;3HT;2HP)	Créditos= 48 Horas Teóricas=21 Horas Prácticas=6 Asignaturas=6
<b>NIVEL INTEGRATIVO</b>							
5	Genómica Integrativa 1 (8C;3HT;2HP)	Genómica Integrativa 2 (8C;3HT;2HP)	Fronteras de la Genómica 1 (8C;4HT)	Fronteras de la Genómica 2 (8C;4HT)	Aplicaciones de la Genómica 1 (8C;4HT)	Aplicaciones de la Genómica 2 (8C;4HT)	Créditos= 48 Horas Teóricas=22 Horas Prácticas=4 Asignaturas=6
6	Genómica Integrativa 3 (8C;3HT;2HP)	Genómica Integrativa 4 (8C;3HT;2HP)	Fronteras de la Genómica 3 (8C;4HT)	Fronteras de la Genómica 4 (8C;4HT)	Aplicaciones de la Genómica 3 (8C;4HT)	Aplicaciones de la Genómica 4 (8C;4HT)	Créditos= 48 Horas Teóricas=22 Horas Prácticas=4 Asignaturas=6
<b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b>							
7	Trabajo de Investigación 1 (6C;6HP)	Trabajo de Investigación 2 (6C;6HP)	Trabajo de Investigación 3 (6C;6HP)	Tópico Selecto 1 (10C;5HT)	Tópico Selecto 2 (10C;5HT)	Seminario de Investigación 1 (10C;4HT;2HP)	Créditos= 48 Horas Teóricas=14 Horas Prácticas=20 Asignaturas=6
8	Trabajo de Investigación 4 (6C;6HP)	Trabajo de Investigación 5 (6C;6HP)	Trabajo de Investigación 6 (6C;6HP)	Tópico Selecto 3 (10C;5HT)	Tópico Selecto 4 (10C;5HT)	Seminario de Investigación 2 (10C;4HT;2HP)	Créditos= 48 Horas Teóricas=14 Horas Prácticas=20 Asignaturas=6
<b>Pensum académico 3632</b>							Créditos= 384 Horas Teóricas=157 Horas Prácticas=70 Asignaturas=48



## **4.5 Requisitos**

### **4.5.1 Requisitos de ingreso**

El ingreso será mediante la modalidad de ingreso indirecto. Los alumnos solicitarán su inscripción a cualquiera de las licenciaturas impartidas en cualquier campus de la UNAM que pertenezcan a las Áreas de las Ciencias Físico-Matemáticas y de las Ingenierías o de las Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud.

El aspirante deberá seguir el siguiente procedimiento:

1. Cumplir los requisitos establecidos en los Artículos 2 y 4 del Reglamento General de Inscripciones de la UNAM, los cuales son:

Artículo 2º.- Para ingresar a la Universidad es indispensable:

- a) Solicitar la inscripción de acuerdo con los instructivos que se establezcan;
- b) Haber obtenido en el ciclo de estudios inmediato anterior un promedio mínimo de siete o su equivalente;
- c) Ser aceptado mediante concurso de selección, que comprenderá una prueba escrita y que deberá realizarse dentro de los períodos que al efecto se señalen.

Artículo 4º.- Para ingresar al nivel de licenciatura el antecedente académico indispensable es el bachillerato, cumpliendo con lo prescrito en el artículo 8º de este reglamento.

Para efectos de revalidación o reconocimiento, la Comisión de Incorporación y Revalidación de Estudios del Consejo Universitario determinará los requisitos mínimos que deberán reunir los planes y programas de estudio de bachillerato. La Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios publicará los instructivos correspondientes.

2. A diferencia de otras licenciaturas impartidas en la UNAM, la selección de los alumnos para la Licenciatura en Ciencias Genómicas de la ENES, Unidad Juriquilla la realiza el Comité Académico, mediante un examen de conocimientos y una entrevista, por lo cual esta licenciatura no se encuentra en la lista de carreras que los alumnos puedan registrar como primera elección, por medio del concurso de selección, o del pase reglamentado.

Para cumplir con los requisitos adicionales para ingresar a esta licenciatura el aspirante deberá registrarse en el documento correspondiente incluido en la página WEB de la





Licenciatura en Ciencias Genómicas de la ENES, Unidad Juriquilla ([www.lcgej.unam.mx](http://www.lcgej.unam.mx)).

Habiendo cumplido con el registro el aspirante deberá presentarse al examen escrito del Concurso de Selección de la LCG-EJ con los documentos requeridos. La fecha, hora y lugar se indicarán en la página WEB ([www.lcgej.unam.mx](http://www.lcgej.unam.mx)).

Los aspirantes que decida el Comité Académico a la LCG-EJ, con base en su examen escrito y en sus antecedentes académicos, serán llamados para sostener una entrevista con investigadores designados por el propio Comité Académico.

Al finalizar el proceso, el Comité Académico decidirá sobre la aceptación del aspirante. Las decisiones del Comité Académico son inapelables.

Los alumnos que no hayan acreditado el ingreso particular a esta licenciatura, podrán incorporarse a su licenciatura origen.

#### **4.5.2 Requisitos de permanencia**

1. Para permanecer en la Licenciatura, el estudiante deberá cumplir las disposiciones aplicables establecidas en los Artículos 22, 23 y 25 del Reglamento General de Inscripciones de la UNAM:

*Artículo 22.-* Los límites de tiempo para estar inscrito en la Universidad con los beneficios de todos los servicios educativos y extracurriculares, serán:

*Inciso b)* En el ciclo de licenciatura, un 50% adicional a la duración del plan de estudios respectivo.

Los alumnos que no terminen sus estudios en los plazos señalados no serán reinscritos y únicamente conservarán el derecho a acreditar las materias faltantes por medio de exámenes extraordinarios, en los términos del capítulo III del Reglamento General de Exámenes, siempre y cuando no rebasen los límites establecidos en el artículo 24.

Estos términos se contarán a partir del ingreso al ciclo correspondiente, aunque se suspendan los estudios, salvo lo dispuesto en el artículo 23.



*Artículo 23.-* En cada ciclo de estudios, a petición expresa del alumno, el Consejo Técnico podrá autorizar la suspensión de los estudios hasta por un año lectivo, sin que se afecten los plazos previstos en este reglamento. En casos excepcionales y plenamente justificados, el Consejo Técnico podrá ampliar dicha suspensión; en caso de una interrupción mayor de tres años, a su regreso el alumno deberá aprobar el examen global que establezca el Consejo Técnico de la facultad o escuela correspondiente.

*Artículo 25.-* Los alumnos que hayan suspendido sus estudios podrán reinscribirse, en caso de que los plazos señalados por el artículo 22 no se hubieran extinguido; pero tendrán que sujetarse al plan de estudios vigente en la fecha de su reingreso y, en caso de una suspensión mayor de tres años, deberán aprobar el examen global que establezca el Consejo Técnico de la facultad o escuela correspondiente. Los alumnos al concluir su 50% adicional que le otorga el artículo 22 del Reglamento General de Inscripciones, podrán terminar sus estudios en otro lapso igual a través de exámenes extraordinarios.

Para que el alumno pueda inscribirse al 5° semestre, debe presentar un examen para comprobar el dominio del idioma inglés.

En el caso que el alumno incumpla alguno de los requisitos mencionados, el Consejo Técnico de la ENES, Unidad Juriquilla analizará el caso y podrá autorizar su permanencia con las condicionantes que estime necesarias, apegado a la normatividad de la UNAM.

### **4.5.3 Requisitos de egreso**

Además de cumplir con los requisitos de permanencia, se requerirá:

1. Haber obtenido el 100% de los créditos y haber aprobado todas las asignaturas estipuladas en el plan de estudios.



2. Acreditar el Servicio Social, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento General de Servicio Social.

#### **4.5.4 Requisitos de titulación**

El título que se otorgará al cumplir los requisitos establecidos en el plan de estudios, es el de Licenciado(a) en Ciencias Genómicas.

Para obtener el título de Licenciado(a) en Ciencias Genómicas, de acuerdo con la Legislación Universitaria, el alumno deberá acreditar los requisitos de egreso estipulado en esta plan, así como cumplir con el Servicio Social en concordancia con lo dispuesto por la Ley Reglamentaria del artículo 4o constitucional y el Reglamento General de Servicio Social de la UNAM, aprobado por el H. Consejo Universitario.

La LCG acepta las siguientes cuatro opciones de titulación:

- Titulación por "**Totalidad de Créditos y Alto Nivel Académico**"
- Titulación por "**Actividad de Investigación o Trabajo Profesional**"
- Titulación por "**Actividad de Apoyo a la Docencia**"
- Titulación mediante "**Estudios de Posgrado**"

##### 1. Titulación por "**Totalidad de Créditos y Alto Nivel Académico**"

Podrán elegir esta opción los alumnos que reúnan los siguientes requisitos:

- Haber obtenido un promedio mínimo de calificaciones de 9.5
- Haber cubierto la totalidad de los créditos del plan de estudios en un período de 8 semestres.
- No haber obtenido calificación reprobatoria en alguna asignatura.



## 2. Titulación por **“Actividad de Investigación o Trabajo Profesional”**

Para elegir esta opción, el alumno deberá de haberse incorporado por dos semestres (durante el desarrollo del área de concentración) a uno o varios proyecto(s) de investigación ó trabajo profesional, bajo la dirección de uno o varios tutor(es). El alumno deberá entregar un informe escrito del trabajo realizado en el Área de Concentración, avalado por su tutor. El informe escrito deberá reflejar el cumplimiento de los objetivos de trabajo del Área de Concentración correspondiente. Deberá de constar de una introducción al tema de trabajo, una exposición del trabajo realizado y una discusión de las principales conclusiones obtenidas y/o de las limitaciones en el área de trabajo. La exposición del trabajo realizado podrá ser sustituida por un artículo académico aceptado para su publicación en una revista arbitrada, en donde el alumno haya participado como autor o coautor. En este caso, el informe escrito deberá contener, además del artículo, una introducción y una discusión general que reflejen la participación del alumno en la generación del trabajo, así como la relevancia del mismo.

El examen oral consistirá en la exposición del informe correspondiente ante un jurado integrado por tres sinodales, designado para este efecto por el Comité Académico. En este examen, el jurado explorará los conocimientos generales del estudiante en el área, su capacidad de aplicación de los mismos y su criterio profesional.

## 3. Titulación por **“Actividad de apoyo a la docencia”**

Consiste en la elaboración de material didáctico en apoyo a la divulgación científica o a la impartición de asignaturas en ciencias genómicas. Para la elección de esta opción, el Comité Académico deberá aprobar el plan de trabajo, previo a su inicio. El Comité Académico designará a un profesor que fungirá como tutor. El material escrito, gráfico y/o los programas de cómputo fruto de esta opción, deberán ser entregados a un Comité ad hoc compuesto por tres sinodales nombrados por el Comité Académico. Este Comité evaluará al alumno sobre sus conocimientos en el área y el valor del material didáctico para la docencia de una asignatura y/o para la divulgación científica.



#### 4. Titulación mediante “Estudios de Posgrado”

El alumno que elija esta opción deberá:

- Ingresar a un programa de maestría o doctorado impartido por la UNAM u otra institución nacional o extranjera. Para ser considerado como opción de titulación, el programa deberá contar con el aval del Comité Académico.
- Cumplir con los requisitos de ingreso del Programa de Posgrado elegido para concluir la licenciatura.
- Acreditar satisfactoriamente las actividades académicas correspondientes al primer semestre o al primer año del plan de estudios de posgrado.

#### 5. Opiniones de líderes internacionales sobre el plan de estudios y sobre la calidad de los estudiantes

La Licenciatura en Ciencias Genómicas pretende tener un nivel de excelencia internacional. Por este motivo, el mapa curricular del plan de estudios propuesto se envió a varios de los investigadores que han interactuado con los estudiantes en los ciclos de seminarios sobre *Frontiers in Genomics*. A cada uno de ellos se le solicitó una carta dando su opinión sobre el currículo de la licenciatura y sobre la calidad de los estudiantes. Los investigadores consultados se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4. Investigadores de instituciones extranjeras consultados**

INVESTIGADOR	INSTITUCIÓN
STEVEN E. BRENNER	University Of California Berkeley
KIMMEN SJOLANDER	University Of California Berkeley
MATTHEW SCOTT	Stanford University
RICHARD PALMITER	University Of Washington
	Howard Hughes Medical Institute
LIOR PATCHER	University Of California Berkeley
ALEXANDER MAURON	University Of Geneva
BRENDAN LEE	Baylor College Of Medicine Howard Hughes Medical Institute



KING JORDAN	Georgia Institute Of Technology
SUI HUANG	Harvard University
RICHARD GIBBS	Baylor Collge Of Medicine
ANTHONY FUTERMAN	Weizmann Institute Of Science
BERNARD DUJON	Institute Pasteur
SANDRINE DUDOIT	University Of California Berkeley
DONALD COURT	National Cancer Institute, Nih
HILARY CLARK	Genentech
JACQUES VAN HELDEN	Université Libre De Bruxelles
BARBARA J. TRASK	Fred Hutchinson Cancer Research Center
EVAN E. EICHLER	University of Washington Howard Hughes Medical Institute
MICHAEL SAVAGEAU	University Of California Davis
CHARLES LEE	Harvard University

El análisis de las opiniones vertidas indica en forma contundente que el el plan de estudios de la licenciatura proporciona al estudiante la educación multidisciplinaria e integrativa requerida y que la calidad académica de los estudiantes es excepcional, comparándose con estudiantes avanzados de las más prestigiadas universidades del mundo. Las cartas recibidas se encuentran en el **Anexo 2**.

## 6. Implantación del plan de estudios

Con el objetivo de que se establezcan las condiciones idóneas para que sea implantado este plan de estudios, se diseñaron estrategias que contemplan los siguientes criterios académicos y administrativos:

### 6.1 Criterios académicos

Se informará a la población estudiantil del ciclo de estudios inmediato anterior, a través de una convocatoria publicada en los principales medios de difusión de alcance nacional, así como locales de difusión de Querétaro y de los estados circunvecinos, acerca de la nueva licenciatura. Se dará a conocer Licenciatura en Ciencias Genómicas a través de la página web de la ENES, Unidad Juriquilla, así como en la propia página de la Licenciatura en Ciencias Genómicas de la ENES, Unidad Juriquilla (LCG-EJ) con el objetivo de que conozcan sus principales características, así como de las ventajas que ofrece. De la



misma manera, se elaborarán folletos informativos que se distribuirán entre estudiantes de bachillerato del país y de la región. Tratándose de una licenciatura de ingreso indirecto, los estudiantes que deseen inscribirse deberán cubrir los requisitos de ingreso establecidos en los artículos 2º, 4º y 8º del Reglamento General de Inscripciones (RGI) vigente y en la propia convocatoria. El cupo inicial será de 30 alumnos.

En la actualidad se cuenta con todo el personal docente necesario para la implantación de este plan de estudios en la ENES, Unidad Juriquilla. Este personal incluye profesores de asignatura, ayudantes de profesor, conferencistas nacionales, conferencistas extranjeros y tutores. Todos los profesores de asignatura son personal académico de la UNAM. Como conferencistas nacionales se invita a investigadores de instituciones nacionales que estén trabajando en áreas relacionadas con las ciencias genómicas. Los conferencistas extranjeros provienen de instituciones de prestigio internacional. Como tutores participan investigadores titulares de instituciones nacionales y extranjeras. En la actualidad existe un gran interés por parte de los investigadores de incorporar estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Genómicas a sus laboratorios.

## **6.2 Criterios administrativos**

Esta propuesta entrará en vigor el primer día del año lectivo siguiente a la fecha de aprobación del plan de estudios por el Consejo Académico del Área de la Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud.



### 6.3 Tabla de convalidación

TABLA DE CONVALIDACIÓN ENTRE EL PLAN DE ESTUDIOS VIGENTE DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS GENÓMICAS DEL CENTRO DE CIENCIAS GENÓMICAS Y EL PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS GENÓMICAS DE LA ENES, UNIDAD JURQUILLA							
PLAN DE ESTUDIOS VIGENTE CENTRO DE CIENCIAS GENÓMICAS (2008)				PLAN DE ESTUDIOS PROPUESTO ENES, UNIDAD JURQUILLA (2018)			
SEM	CRÉD	CLAVE	Asignatura	Asignatura	CLAVE	CRÉD	SEM
1	8	0103	Matemáticas 1	Matemáticas 1		8	1
1	8	0104	Principios de Programación	Principios de Programación		8	1
1	8	0100	Biología Celular	Biología Celular		8	1
1	8	0101	Bioquímica	Bioquímica		8	1
1	8	0102	Biología Molecular	Biología Molecular		8	1
1	8	0105	Seminario 1	Seminario 1		8	1
2	8	0202	Matemáticas 2	Matemáticas 2		8	2
2	8	0200	Computación	Computación		8	2
2	8	0203	Principios de Estadística	Principios de Estadística		8	2
2	8	0201	Genética	Genética		8	2
2	8	0204	Principios de Evolución	Principios de Evolución		8	2
2	8	0205	Seminario 2	Seminario 2		8	2
3	8	0303	Matemáticas 3	Matemáticas 3		8	3
3	8	0300	Bioinformática y Estadística 1	Bioinformática y Estadística 1		8	3
3	8	0302	Genómica Funcional 1	Genómica Funcional 1		8	3
3	8	0301	Genómica Evolutiva 1	Genómica Evolutiva 1		8	3
3	8	0304	Modelos Genómicos	Modelos Genómicos		8	3
3	8	0305	Seminario 3	Seminario 3		8	3
4	8	0404	Matemáticas 4	Matemáticas 4		8	4
4	8	0400	Bioinformática y Estadística 2	Bioinformática y Estadística 2		8	4
4	8	0402	Genómica Funcional 2	Genómica Funcional 2		8	4
4	8	0401	Genómica Evolutiva 2	Genómica Evolutiva 2		8	4
4	8	0403	Genómica Humana	Genómica Humana		8	4





4	8	0405	Seminario 4	Seminario 4		8	4
5	8	0502	Fronteras de la Genómica 1	Fronteras de la Genómica 1		8	5
5	8	0503	Fronteras de la Genómica 2	Fronteras de la Genómica 2		8	5
5	8	0500	Aplicaciones de la Genómica 1	Aplicaciones de la Genómica 1		8	5
5	8	0501	Aplicaciones de la Genómica 2	Aplicaciones de la Genómica 2		8	5
5	8	0504	Genómica Integrativa 1	Genómica Integrativa 1		8	5
5	8	0505	Genómica Integrativa 2	Genómica Integrativa 2		8	5
6	8	0602	Fronteras de la Genómica 3	Fronteras de la Genómica 3		8	6
6	8	0603	Fronteras de la Genómica 4	Fronteras de la Genómica 4		8	6
6	8	0600	Aplicaciones de la Genómica 3	Aplicaciones de la Genómica 3		8	6
6	8	0601	Aplicaciones de la Genómica 4	Aplicaciones de la Genómica 4		8	6
6	8	0604	Genómica Integrativa 3	Genómica Integrativa 3		8	6
6	8	0605	Genómica Integrativa 4	Genómica Integrativa 4		8	6
7	6	0700	Trabajo de Investigación 1	Trabajo de Investigación 1		6	7
7	6	0701	Trabajo de Investigación 2	Trabajo de Investigación 2		6	7
7	6	0702	Trabajo de Investigación 3	Trabajo de Investigación 3		6	7
7	10	0703	Tópico Selecto 1	Tópico Selecto 1		10	7
7	10	0704	Tópico Selecto 2	Tópico Selecto 2		10	7
7	10	0705	Seminario de Investigación 1	Seminario de Investigación 1		10	7
8	6	0800	Trabajo de Investigación 4	Trabajo de Investigación 4		6	8
8	6	0801	Trabajo de Investigación 5	Trabajo de Investigación 5		6	8
8	6	0802	Trabajo de Investigación 6	Trabajo de Investigación 6		6	8
8	10	0803	Tópico Selecto 3	Tópico Selecto 3		10	8
8	10	0804	Tópico Selecto 4	Tópico Selecto 4		10	8
8	10	0805	Seminario de Investigación 2	Seminario de Investigación 2		10	8



## **7. Entidades académicas**

La entidad académica responsable de la Licenciatura en Ciencias Genómicas es la ENES, Unidad Juriquilla, la entidad académica participante es el Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano. Con base en los resultados obtenidos hasta la fecha, estas entidades, con el apoyo de las entidades asesoras, el Centro de Ciencias Genómicas, el Instituto de Biotecnología y el Instituto de Neurobiología, así como de investigadores de instituciones nacionales y extranjeras de prestigio internacional, cuentan con todos los recursos humanos y materiales, así como con una valiosísima experiencia, para llevar a cabo la implantación que se propone.

### **7.1 Entidad académica responsable**

La entidad académica responsable es la ENES, Unidad Juriquilla, y tendrá las siguientes atribuciones, de acuerdo al artículo 11 de los Lineamientos Generales para el Funcionamiento de los Estudios de Licenciatura:

- I. Proporcionar la infraestructura académica e instalaciones necesarias para el desarrollo de la licenciatura;
- II. Realizar los procesos administrativos que requiera la licenciatura, utilizando para esto las unidades administrativas existentes o creadas para tal propósito en la entidad académica;
- III. Proporcionar los recursos humanos que necesite la licenciatura;
- IV. Participar en el comité académico en la forma que se define en el artículo 19 del presente ordenamiento, y
- V. Recibir del Comité Académico las observaciones y sugerencias, y realizar los cambios pertinentes.



## **7.2 Entidad académica participante**

La entidad académica participante es el Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano, y tendrá las siguientes obligaciones y atribuciones, de acuerdo al artículo 12 de los Lineamientos Generales para el Funcionamiento de los Estudios de Licenciatura:

- I. Proporcionar apoyo con su infraestructura académica e instalaciones, para el desarrollo de la licenciatura;
- II. Apoyar con los recursos humanos que requiera la licenciatura;
- III. Participar en el comité académico en la forma que se define en el artículo 19 del presente ordenamiento, y
- IV. Propiciar la participación del personal académico para que sea invitado a colaborar en la licenciatura.

## **7.3 Entidades académicas asesoras**

Las entidades académicas asesoras son el Centro de Ciencias Genómicas, el Instituto de Biotecnología y el Instituto de Neurobiología, y tendrán las siguientes atribuciones, de acuerdo al artículo 13 de los Lineamientos Generales para el Funcionamiento de los Estudios de Licenciatura:

- I. Asesorar a la entidad académica responsable de la licenciatura o al comité académico, en los aspectos académicos específicos que les sean solicitados;
- II. Coadyuvar al buen funcionamiento académico de la licenciatura, y
- III. Propiciar la participación del personal académico para que sea invitado a colaborar en la licenciatura.



## **8. Comité Académico**

### **8.1 Integración**

La Licenciatura en Ciencias Genómicas que se implantará en la ENES, Unidad Juriquilla contará con un Comité Académico que estará integrado por:

- a) El Director de la ENES, Unidad Juriquilla.
- b) El Titular del Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano o su representante.
- c) El Director del Instituto de Neurobiología o su representante
- d) El Coordinador de la Licenciatura.
- e) Dos profesores de la Licenciatura en Ciencias Genómicas de la ENES Juriquilla.
- f) Dos representantes de los alumnos de la Licenciatura en Ciencias Genómicas de la ENES Juriquilla. Un alumno de los semestres 1 a 4 y un alumno de los semestres 5 a 8.

### **8.2 Atribuciones**

El Comité Académico de la Licenciatura en Ciencias Genómicas para la ENES, Unidad Juriquilla, tendrá las siguientes atribuciones:

- I. Elaborar, revisar y, en su caso, proponer modificaciones a las normas operativas de la licenciatura que serán sometidas a la aprobación de los consejos técnicos de la entidad o entidades responsables, tomando en cuenta la opinión favorable de las entidades participantes, y la aprobación de los consejos académicos de área que correspondan. Tratándose de estudios combinados, se requerirá también, la opinión del Consejo de Estudios de Posgrado;
- II. Proponer los programas de las asignaturas que integren el plan de estudios;
- III. Integrar subcomités que coadyuven al buen funcionamiento de la licenciatura y nombrar a sus representantes;



IV. Proponer, para las asignaturas o módulos que así consideren, las prácticas y trabajos obligatorios cuyo desarrollo y evaluación aprobatoria, serán condición necesaria para presentar el examen ordinario o exentar el mismo;

V. Opinar sobre la sustitución de actividades académicas obligatorias y optativas de un plan de estudios, por otras del propio plan o de otros planes vigentes;

VI. Proponer los mecanismos para la designación de los tutores o asesores, según sea el caso;

VII. Proponer los requisitos para otorgar la mención honorífica en todas las opciones de titulación que hayan adoptado, si es el caso;

VIII. Proponer los criterios para la designación de los integrantes de los jurados de exámenes profesionales;

IX. Opinar sobre la acreditación de profesores responsables de las asignaturas;

X. Proponer los profesores de las asignaturas de la licenciatura;

XI. Proponer modificaciones al plan de estudios para ser sometido a la consideración de los consejos técnicos de la entidad o entidades responsables, tomando en cuenta la opinión de las entidades participantes, y enviarlo para su aprobación a los consejos académicos de área que corresponda;

XII. Emitir opinión sobre la incorporación o desincorporación de entidades académicas participantes y asesoras;

XIII. Invitar a miembros de las entidades asesoras cuando las características del trabajo así lo requieran, y

XIV. Las demás que les confiera la Legislación Universitaria.

En concordancia con lo aprobado por el H. Consejo Técnico de la ENES, Unidad Juriquilla.



## **9. Coordinador de la Licenciatura**

El coordinador de la licenciatura será designados o removido por el Rector, a propuesta del director de la ENES, Unidad Juriquilla, quién auscultará la opinión de los directores de las entidades académicas participantes y del Comité Académico, de acuerdo al artículo 25 de los Lineamientos Generales para el Funcionamiento de los Estudios de Licenciatura.

El Coordinador de la Licenciatura tendrá las siguientes atribuciones siguientes, de acuerdo al artículo 26 de los Lineamientos generales para el funcionamiento de los estudios de Licenciatura:

- I. Coordinar las reuniones del comité académico y ejecutar las resoluciones que les correspondan y en ausencia del presidente, presidir la sesión;
- II. Coordinar las actividades académicas y organizar las asignaturas que se ofrecerán en cada ciclo escolar;
- III. Hacer del conocimiento del o los consejos técnicos o internos respectivos y de los consejos académicos de área que correspondan, los acuerdos del comité académico sobre las actualizaciones a los contenidos temáticos de las asignaturas, para su correspondiente autorización;
- IV. Vigilar el cumplimiento de la legislación aplicable, y
- V. Las demás que les confiera la Legislación Universitaria.

## **10. Plan de evaluación y actualización del plan de estudios**

Dado el acelerado desarrollo de las ciencias genómicas, la licenciatura debe considerarse como un programa sujeto a una evaluación continua. Los principales puntos a evaluar y su periodicidad son los siguientes:

- a) Evaluación del rendimiento de los estudiantes (semestral). Se realiza con base en las calificaciones obtenidas por cada estudiante en las distintas asignaturas. En casos donde existe duda del buen desempeño de un estudiante, el



coordinador se entrevista tanto con el estudiante, como con los profesores para tratar de optimizar el rendimiento.

- b) Evaluación de los docentes de las distintas asignaturas (semestral). Se realiza por el Coordinador con base en encuestas a los estudiantes. En caso de encontrarse deficiencias en el desempeño de algún docente, el coordinador entrevista directamente a los estudiantes y al docente y propone soluciones al Comité Académico, quien decide sobre las medidas a seguir.
- c) Evaluación de los contenidos de los programas de las distintas asignaturas (anual). Cada asignatura es revisada y en su caso actualizada por el Comité Académico.
- d) Evaluación de la congruencia entre los programas de las distintas asignaturas (semestral). Antes del inicio de cada semestre el Coordinador se reúne con los profesores del semestre para cada generación y revisan la congruencia e integración de los programas.
- e) Evaluación de los índices de reprobación y deserción (continua). El Coordinador presenta al Comité Académico los problemas de falta de rendimiento académico y sugiere alternativas para implementar medidas tendientes a resolverlos.
- f) Seguimiento de egresados (continua). Se tiene comunicación continua con los egresados en relación a su situación académica y laboral.
- g) Evaluación internacional del *curriculum* de la licenciatura y de la calidad de los estudiantes (cada cuatro años). Siendo una licenciatura de nivel internacional, se piden opiniones a líderes internacionales sobre el programa y sobre la calidad de los estudiantes.
- h) Evaluación del plan de estudios (cuando lo considere pertinente el Comité Académico). La metodología será similar a la empleada en el presente documento.



## **11. Inicio de Estudios de Posgrado durante la Licenciatura**

### **11.1. Fundamentación académica**

#### **11.1.1 Perfil del estudiante al finalizar el nivel integrativo de la Licenciatura**

Al terminar la tercera etapa de su formación, el estudiante de la Licenciatura en Ciencias Genómicas poseerá un perfil integral que comprende los perfiles intermedios de la primera etapa o nivel básico (semestres 1 y 2), de la segunda etapa o nivel avanzado (semestres 3 y 4) y de la tercera etapa o nivel integrativo (semestres 5 y 6).

#### **11.1.2 Opiniones de líderes internacionales sobre la calidad de los estudiantes**

Los estudiantes de la Licenciatura han estado expuestos a la interacción con investigadores líderes en distintos aspectos de las ciencias genómicas, provenientes de instituciones de muy alto prestigio internacional. La interacción directa con los investigadores visitantes se ha dado fundamentalmente durante ciclos de seminarios dirigidos a los alumnos de los semestres 5 y 6 de la licenciatura. Estas actividades han sido muy exitosas tanto para la formación de los estudiantes, como para el reconocimiento de la licenciatura a nivel internacional. Como se describe en el apartado 5 del TOMO I del presente proyecto, se solicitó a varios colegas internacionales que expresaran su opinión sobre la calidad del currículum propuesto para la licenciatura y sobre la calidad de sus estudiantes. Todas las opiniones coinciden en que la calidad y preparación de los estudiantes es excepcional, comparándolos en muchos casos con estudiantes de posgrado de instituciones educativas de prestigio internacional. Las cartas de los investigadores consultados se encuentran en el Anexo 3 del TOMO I del presente proyecto. La opinión de estos investigadores indica, en forma contundente, que los estudiantes tienen la calidad y conocimientos requeridos para iniciar sus estudios de posgrado habiendo terminado el sexto semestre de la licenciatura.





## **11.2 Movilidad del plan de estudios**

En la cuarta etapa de formación o nivel de investigación (semestres 7 y 8) el plan de estudios es totalmente flexible. Puede realizarse tanto en distintas instituciones nacionales, como del extranjero e incorporar tópicos selectos y seminarios de temas muy variados. En particular, es importante destacar que el nivel de investigación puede acreditarse en forma total cursando el primer año de un posgrado, o en forma parcial, cursando un semestre de posgrado durante el semestre 8 correspondiente a la licenciatura. De hecho, el programa del nivel de investigación está considerado como un programa ad hoc que el Comité Académico deberá aprobar teniendo como base los intereses específicos de cada uno de los estudiantes.

## **11.3 Titulación mediante estudios de posgrado**

Para la Licenciatura en Ciencias Genómicas se han aprobado cuatro formas de titulación:

El alumno que elija la opción de titulación mediante Estudios de Posgrado deberá ingresar a un programa de maestría o doctorado impartido por la UNAM u otra institución nacional o extranjera. Para ser considerado como opción de titulación, el programa deberá contar con el aval del Comité Académico. Ver **11.4 Características que deberá tener el posgrado para ser acreditable como el nivel de investigación de la Licenciatura en Ciencias Genómicas.**

## **11.4 Características que deberá tener el posgrado para ser acreditable como el nivel de investigación de la Licenciatura**

La Licenciatura en Ciencias Genómicas es competitiva y reconocida a nivel internacional y cuenta con estudiantes de muy alta calidad académica. Es de particular importancia asegurar que durante la última etapa de formación del estudiante, el nivel de investigación, se mantenga la calidad académica y el nivel internacional. Los posgrados aceptables para acreditar la totalidad o parte del nivel de investigación de la Licenciatura en Ciencias Genómicas deberán contar con las siguientes características:

- Tener un elevado nivel académico.
- Incluir trabajo de investigación como parte del primer año.



-Tener flexibilidad para que los estudiantes puedan realizar estancias de investigación en instituciones del extranjero. La duración de estancias en el extranjero de los estudiantes deberán cumplir con lo estipulado en el Reglamento General de Estudios de Posgrado 2006.

Con base en estas características y en la situación académica particular del estudiante que lo solicite, el Comité Académico decidirá sobre la equivalencia total (semestres 7 y 8) o parcial (semestre 8) del nivel de investigación de la Licenciatura en Ciencias Genómicas con el inicio del posgrado correspondiente.

## **12. Bases del procedimiento para iniciar estudios de posgrado durante el nivel de investigación**

Es fundamental destacar que el estudiante que inicie sus estudios de posgrado en la última etapa de la Licenciatura en Ciencias Genómicas (nivel de investigación) dependerá académicamente del posgrado que se encuentre cursando, pero continuará siendo considerado por la UNAM como estudiante de licenciatura. Esta aparente dicotomía se aclara considerando los siguientes criterios:

- El estudiante continuará siendo considerado como alumno de la Licenciatura de Ciencias Genómicas hasta completar la totalidad de los requisitos de la licenciatura.
- El Comité Académico de la Licenciatura en Ciencias Genómicas deberá aceptar la equivalencia del primer año o del primer semestre del posgrado con los dos o con un semestre del nivel de investigación.
- Habiendo sido aceptada la equivalencia correspondiente por el Comité Académico de la Licenciatura en Ciencias Genómicas, el estudiante dependerá académicamente del posgrado correspondiente.
- El estudiante cursará el primer año o semestre del posgrado correspondiente, pero no se inscribirá oficialmente al posgrado durante este período.



- Al terminar cada semestre del posgrado, la licenciatura solicitará al posgrado las calificaciones obtenidas por el estudiante y con base en éstas, calificará las asignaturas de la licenciatura correspondientes al séptimo u octavo semestre.
- En el caso de los doctorados que no otorgan calificaciones, la licenciatura solicitará al tutor o al comité tutor del doctorado que asigne calificaciones al estudiante. Con base en éstas se calificarán las asignaturas correspondientes al séptimo u octavo semestre de la licenciatura.
- El estudiante se inscribirá oficialmente al posgrado cuando tenga cubiertos todos los requisitos de la licenciatura.
- El posgrado considerará que al momento de su inscripción oficial, el estudiante ya ha cubierto los requisitos académicos de un año o de un semestre del posgrado.
- El estudiante recibirá su título de Licenciado (a) en Ciencias Genómicas cuando haya cubierto la totalidad de los requisitos de la licenciatura. Para estudiantes regulares a lo largo de toda la carrera el título se podrá obtener al terminar ocho semestres, incluyendo los semestres siete y ocho o bien el semestre ocho dentro del posgrado.



*Referencias:*

1. Blattner FR, et al.; "The Complete Genome Sequence of *Escherichia coli* K-12"; *Science*; 1997; 277(5331):1453 – 1462.
2. González V, et al.; "The partitioned *Rhizobium etli* genome: genetic and metabolic redundancy in seven interacting replicons"; *Proc. Natl. Acad. Sci.*; 2006; 103 (10):3834-3839.
3. Philippsen P, et al.; "The nucleotide sequence of *Saccharomyces cerevisiae* chromosome XIV and its evolutionary implications"; *Nature*; 1997;387:93-98.
4. Galagan JE, et al.; "The genome sequence of the filamentous fungus *Neurospora crassa*"; *Nature*; 2003; 422:859-68.
5. Arabidopsis Genome Initiative; "Analysis of the genome sequence of the flowering plant *Arabidopsis thaliana*"; *Nature*; 2000; 408:796-815.
6. The French–Italian Public Consortium for Grapevine Genome Characterization; "The grapevine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla"; *Nature*; 2007; 449: 463-468.
7. Gardner MJ, et al.; "Genome sequence of the human malaria parasite *Plasmodium falciparum*"; *Nature*; 2002; 419:498-511.
8. Loftus B, et al.; "The genome of the protist parasite *Entamoeba histolytica*"; *Nature*; 2005; 433:865-868.
9. C. elegans Sequencing Consortium; "Genome sequence of the nematode *C. elegans*: a platform for investigating biology"; *Science*; 1998; 282(5396):2012-2018.
10. Adams MD, et al.; "The genome sequence of *Drosophila melanogaster*"; *Science*; 2000; 287(5461):2185- 2195.
11. Nene V, et al.; "Genome sequence of *Aedes aegypti*, a major arbovirus vector"; *Science*; 2007; 316(5832):1718-1723.
12. Honeybee Genome Sequencing Consortium; "Insights into social insects from the genome of the honeybee *Apis mellifera*"; *Nature*; 2006; 443:931-949.
13. Aparicio S, et al.; "Whole-genome shotgun assembly and analysis of the genome of *Fugu rubripes*"; *Science*; 2002; 297(5585):1301-1310.
14. Jaillon O, et al.; "Genome duplication in the teleost fish *Tetraodon nigroviridis* reveals the early vertebrate proto-karyotype"; *Nature*; 2004; 431:946-957.
15. International Chicken Genome Sequencing Consortium; "Sequence and comparative analysis of the chicken genome provide unique perspectives on vertebrate evolution"



- Nature; 2004; 432:695-716.
16. Lindblad-Toh K, et al.; "Genome sequence, comparative analysis and haplotype structure of the domestic dog"; *Nature*; 2005; 438:803-819.
  17. Pontius JU, et al.; "Initial sequence and comparative analysis of the cat genome"; *Genome Res.*; 2007; 17(11):1675-1689.
  18. Mouse Genome Sequencing Consortium et al.; "Initial sequencing and comparative analysis of the mouse genome"; *Nature*; 2002; 420:520-562.
  19. Gibbs RA, et al.; "Genome sequence of the Brown Norway rat yields insights into mammalian evolution";  
*Nature*; 2004; 428:493-521.
  20. Rhesus Macaque Genome Sequencing and Analysis Consortium et al.; "Evolutionary and biomedical insights from the rhesus macaque genome"; *Science*; 2007; 316(5822):222-234.
  21. Chimpanzee Sequencing and Analysis Consortium; "Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome", *Nature*; 2005; 437:69-87.
  22. Lander ES, et al.; "Initial sequencing and analysis of the human genome"; *Nature*; 2001; 409:860-921.
  23. International Human Genome Sequencing Consortium; "Finishing the euchromatic sequence of the human genome"; *Nature*; 2004; 431:931-945.
  24. DNA Data Bank of Japan Statistics (DDBJ). (<http://www.ddbj.nig.ac.jp/statistics-e.html>)
  25. McKusick VA; "The anatomy of the human genome: a neo-Vesalian basis for medicine in the 21st century"; *JAMA*; 2001; 286(18):2289-2295.
  26. Subramanian G, et al.; "Implications of the human genome for understanding human biology and medicine"; *JAMA*; 2001; 286(18): 2296-2307.
  27. World Health Organization, Advisory Committee on Health Research. Genomics and World Health / Report of the Advisory Committee on Health Research. Geneva, 2002. Disponible en <http://www.who.org/genomics>
  28. Chung WK; "Implementation of Genetics to Personalize Medicine"; *Gen Med*; 2007; 4(3): 248-265.
  29. Poland GA, et al.; "Heterogeneity in vaccine immune response: the role of immunogenetics and the emerging field of vaccinomics"; *Clin Pharmacol Ther*; 2007; 82(6):653-664.
  30. Lanfear DE, et al.; "Pharmacogenetics: using DNA to optimize drug therapy"; *Am*



- Fam Physician*"; 2007;76(8):1179-1182.
31. Singh A; "Pharmacogenomics--the potential of genetically guided prescribing"; *Aust Fam Physician*; 2007; 36(10):820-824.
  32. Sauna ZE, et al.; "Silent polymorphisms speak: how they affect pharmacogenomics and the treatment of cancer"; *Cancer Res*; 2007; 67(20):9609-9612.
  33. Sato F, et al.; "Metabolic engineering of plant alkaloid biosynthesis" *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*; 2001; 98: 367–372.
  34. Das A, et al.; "An update on microbial carotenoid production: application of recent metabolic engineering tools"; *Appl Microbiol Biotechnol*; 2007; 77(3):505-512.
  35. Weber W, et al.; "Inducible product gene expression technology tailored to bioprocess engineering"; *Curr Opin Biotechnol*; 2007; 18(5):399-410.
  36. Tang, C. M. and Moxon, E. R. (2001). The impact of microbial genomics on antimicrobial drug development. *Annu. Rev. Genomics Hum. Genet.* 2:259–269.
  37. Poulakou G, et al.; "Oritavancin: a new promising agent in the treatment of infections due to Gram-positive pathogens"; *Expert Opin Investig Drugs*; 2008; 17(2):225-243.
  38. Quadri LE; "Strategic paradigm shifts in the antimicrobial drug discovery process of the 21st century"; *Infect Disord Drug Targets*; 2007; 7(3):230-237.
  39. Erbisch, F. H. and Maredia, K. M. "Intellectual property rights in agricultural biotechnology"; *Biotechnology in Agriculture Series*; No. 20; CAB International; 1998.
  40. Bolívar-Zapata, F.; "Biotecnología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI: retos y oportunidades"; SEP-CONACyT; México; 2001.
  41. Vasil IK; "Molecular genetic improvement of cereals: transgenic wheat (*Triticum aestivum* L.)"; *Plant Cell Rep*; 2007; 26 (8):1133-1154.
  42. Vanderschuren H, et al.; "Engineering resistance to geminiviruses--review and perspectives"; *Plant Biotechnol J*; 2007; 5(2):207-220.
  43. Sanvido O, et al.; "Ecological impacts of genetically modified crops: ten years of field research and commercial cultivation"; *Adv Biochem Eng Biotechnol*; 2007; 107:235-278.
  44. Carlini CR, et al.; "Plant toxic proteins with insecticidal properties. A review on their potentialities as bioinsecticides"; *Toxicon*; 2002; 40(11):1515-1539.
  45. Zhou Q, et al.; "Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem"; *Anal Chim Acta*; 2008; 606(2):135-150.
  46. Soleimani M, et al.; "Biodesulfurization of refractory organic sulfur compounds in fossil fuels"; *Biotechnol Adv*; 2007; 25(6):570-596.
  47. Villas-Bôas SG, et al.; "The potential of metabolomics tools in bioremediation studies"



- OMICS; 2007; 11(3):305-313.
48. Kim SI, et al.; "A proteomics strategy for the analysis of bacterial biodegradation pathways"; *OMICS*; 2007; 11(3):280-94.
49. Lawrence CJ, et al.; "Translational Genomics for Bioenergy Production from Fuelstock Grasses: Maize as the Model Species"; *Plant Cell*; 2007; 19: 2091-2094.
50. Haga SB, et al.; "Defining the spectrum of genome policy"; *Nat Rev Genet.* 2006; 7(12):966-972.
51. Caulfield T, et al.; "Stem cell research ethics: consensus statement on emerging issues"; *J Obstet Gynaecol Can.* 2007; 29(10):843-848.
52. Artículo 22, Párrafo Último; Ley para la Protección de los Derechos de las Niñas, Niños y Adolescentes; Estados Unidos Mexicanos



## **Anexo 1. Cartas de entidades participante y asesoras**







UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
LABORATORIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN  
SOBRE EL GENOMA HUMANO



LIIGH UNAM

Querétaro, 2 de febrero de 2018

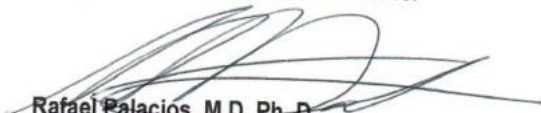
**Dr. Leonardo Lomelí Vanegas**  
**Secretario General**  
**UNAM**

Estimado Dr Lomelí:

Me permito comunicarle que el Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano manifiesta su interés en participar como Sede Participante de la Licenciatura en Ciencias Genómicas que se implantará en la ENES, Unidad Juriquilla.

Aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Querétaro, Qro. 2 de febrero de 2018.

  
**Rafael Palacios, M.D. Ph. D.**  
**Investigador Emérito UNAM**  
**Coordinador LIIGH**



Dr. Leonardo Lomelí Vanegas.  
Secretario General.  
UNAM.

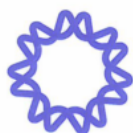
Estimado Dr Lomelí:

Me permito comunicarle que el Centro de Ciencias Genómicas, Campus Morelos UNAM, Cuernavaca, manifiesta su interés en participar como Sede Asesora de la Licenciatura en Ciencias Genómicas que se implantará en la ENES, Unidad Juriquilla.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuernavaca, Mor., 1º de febrero de 2018  
El Director

  
Dr. Christian Sohlenkamp





**Instituto de Biotecnología**  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Dirección**  
**Oficio. No. IBt/D/0061/2018**

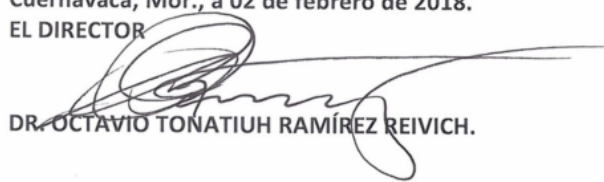
**DR. LEONARDO LOMELÍ VANEGAS**  
**SECRETARIO GENERAL, UNAM**  
**P R E S E N T E**

Estimado Dr. Lomelí,

Me permito comunicarle que el Instituto de Biotecnología manifiesta su interés en participar como Sede Asesora de la Licenciatura en Ciencias Genómicas que se implantará en la ENES, Unidad Juriquilla.

Sin otro particular por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU"**  
Cuernavaca, Mor., a 02 de febrero de 2018.  
EL DIRECTOR

  
DR. OCTAVIO TONATIUH RAMÍREZ REIVICH.

C.c.p. Dr. Rafael Palacios de la Lama - Coordinador del Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano.- Presente.  
C.c.p. Dr. Enrique Rudiño Piñera. - Secretario Académico del IBt.- Presente.  
C.c.p. Dra. Claudia Lydia Treviño Santa Cruz. – Coordinadora de Docencia del IBt.- Presente.  
C.c.p. Archivo



AV. UNIVERSIDAD 2001. COL. CHAMILPA  
C.P. 62210 CUERNAVACA, MORELOS, MÉXICO  
TELS. (5255) 5622 7600 - (777) 329 1600  
[www.ibt.unam.mx](http://www.ibt.unam.mx)





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIRECCIÓN



Oficio Núm. INEU/D/059/2018


**Dr. Leonardo Lomeli Vanegas**  
Secretario General  
UNAM

**Presente**

Estimado Dr. Lomeli:

Me permito comunicarle que el Instituto de Neurobiología manifiesta su interés en participar como Sede Asesora de la Licenciatura en Ciencias Genómicas que se implantará en la Escuela Nacional de Estudios Superiores – Juriquilla.

Atentamente  
POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU  
Campus UNAM Juriquilla, Querétaro, 02 de Febrero del 2018



**Dr. Alfredo Varela Echavarría**  
Director del Instituto de Neurobiología  
Campus UNAM Juriquilla, Querétaro

Instituto de Neurobiología, UNAM • Campus Juriquilla, 76230 Querétaro, Qro. • Tels. (55) 56 23 40 01 y (442) 238 10 01

AVE/BSM\*

• Fax (55) 56 23 40 05 y (442) 238 10 05

• [www.inb.unam.mx](http://www.inb.unam.mx)

• [avarela@unam.mx](mailto:avarela@unam.mx)



## **Anexo 2. Cartas de opinión de líderes internacionales del área de las Ciencias Genómicas**





STEVEN E. BRENNER

DEPARTMENT OF PLANT & MICROBIAL BIOLOGY  
461A KOSHLAND HALL #3102  
BERKELEY, CALIFORNIA 94720-3102

+1 510 643-9131  
Fax: +1 510 666-2505  
brenner@berkeley.edu  
<http://compbio.berkeley.edu>

21 February 2008

Dr. Rafael Palacios  
Coordinator  
Undergraduate Program on Genomic Sciences  
National Autonomous University of Mexico

Dear Dr. Palacios,

I am writing with my observations regarding your Undergraduate Program on Genomic Sciences. I am familiar with the program from having spoken in your seminar series in Cuernavaca in fall 2006 and also from having had two students from the program undertake research projects in my own laboratory.

My own experience with computational biology education comes from being one of the two authors of the genomic and computational biology graduate program at Berkeley and from active roles in the development of computational biology undergraduate programs in both Bioengineering and in Molecular & Cell Biology at Berkeley. I am therefore familiar with the challenges of building interdisciplinary programs that bridge biology with the mathematical sciences.

With that experience, I can state that what you have constructed in Cuernavaca is truly remarkable. Your curriculum map seems to cover all major areas of modern genomics in a carefully integrated program. It is extremely difficult to develop such a comprehensive program, and the well-honed curriculum ensures that students waste no time with repetitive material and that there are no inadvertent gaps in their knowledge. From speaking with the students, it is clear that the faculty are extremely devoted to their education, investing tremendous efforts in both classroom presentation and research experience. A great strength of the program is the visits from international researchers that you arrange. Unlike most such seminar series elsewhere, which are primarily for the benefit of the faculty, this series is very clearly to benefit the students. From looking at your invitation schedule, it was evident that you have managed to tempt the world's top researchers to come to Cuernavaca, and to engage them in speaking with your students. This exposes the students to the most exciting new areas of genomic science and gives them the opportunity to ask detailed questions.

I was tremendously impressed with the students that I met in your program. It is hard for me to tell to what extent their excellence comes from their innate brilliance versus outstanding educational experiences, but the result is clear: your students are clearly world-class. In terms of scientific maturity, many of the students seemed more similar to postdocs than to undergraduates. They had a depth of understanding well beyond what I had anticipated. I ordinarily do not accept students for internships in my laboratory, but because I was so impressed with those I met in Cuernavaca, I did invite two to work in my group at Berkeley. The first student was comparable to the best undergraduate students at Berkeley, making a distinctive positive impression on her classroom teachers and making very substantial progress on research in my lab. The second student has just arrived and is already off to a fast start.

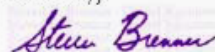


I have two concerns with the program, though I realize both may be ineluctable. The first is that this program offers relatively little flexibility and essentially no breadth beyond what is essential for today's genome sciences. Thus the course program will require frequent revision to avoid becoming dated. There seem to be no courses on chemistry or physics, which may be necessary foundations for new areas of genomic science. More seriously, it is not totally clear that students will have the broad background that will allow them to follow future changes in the field, and they also lack opportunities to pursue advanced coursework in specific areas of interest. Likewise, because the students are at a remote campus, they do not have the cross-fertilization with students from other disciplines that could enrich their educational experience. The yearlong research project and the steady flow of outstanding international researchers to Cuernavaca mitigate these concerns to a considerable degree. Moreover, I do not see any simple way to address this concern without making the training program longer.

The second concern is that while Mexico is doing an outstanding effort at training its undergraduate students in genome sciences, it is less clear that there will be opportunities for these students in Mexico when they ultimately complete all their training and wish to take permanent research positions in academia and industry. It is appropriate for students to gain a diversity of training internationally, but I would personally like to see a richer array of options for outstanding young Mexican scientists as principal investigators in their home country.

I look forward to opportunities for further interactions with your excellent program and students.

Sincerely,



Steven E. Brenner  
Associate Professor

SEB/rcp



Date: Tue, 26 Feb 2008 16:42:02 -0800  
From: "Kimmen Sjolander" <kimmen.sjolander@gmail.com>  
To: "Rafael Palacios" <palacios@ccg.unam.mx>  
Subject: Re: Undergraduate Program in Genomic Sciences

Dear Rafael

I'm travelling (in Europe), and had an NIH grant proposal due last week, so I've been a bit swamped.

I hope you can accept this email as my review of your program, since I won't be getting back to California until March 9.

I am very impressed with the thoughtfulness and decisions made in developing this computational biology curricula. Your students are outstanding. I wish we had this kind of curriculum here at Berkeley!

I recommend that the following be added:

A second statistics course, going into probabilistic/statistical models (e.g., HMMs, support vector machines, etc.). In my opinion, most students find statistics fairly un-intuitive and difficult, and it may not be until the second class before it starts to sink in.

I also encourage you to consider the inclusion of a significant written and oral presentation component in at least two courses, with a focus on written English. Becoming a skilled communicator in both written and oral presentation, like acquiring an understanding of statistics, can take some time to develop. But success in science depends on the ability to communicate one's ideas effectively, so this should start early in the program (say, in the first year). Since your curriculum is already quite packed, it doesn't make sense to add another course, but it may be possible to include a strong writing/oral presentation component in a couple of courses.

Lastly: I would encourage you to require students to perform an independent and significant software development project in at least one course, so that they are forced to develop significant programming skills. Some software engineering training (e.g., writing solid and well-documented modular code, algorithm design, testing for correctness, etc.) should be provided.

Your students are already outstanding, but these additional measures should help to increase their ranking when they apply to competitive PhD programs.

Best regards

Kimmen





Dr. Rafael Palacios  
Coordinator  
Undergraduate Program on Genomic Sciences  
National Autonomous University of Mexico

Dear Dr. Palacios,

I am pleased to offer some of my views on the Program based upon my visit in February of 2007. As you'll recall, I gave a seminar and also met with the students fairly extensively.

I think this program would be distinctive and impressive at any institution including my own. We do not have anything quite like it, and as a consequence our students are not nearly as knowledgeable about genomics as the advanced students in your program. At Princeton David Botstein has established an undergraduate program where the students begin in the freshman year to study chemistry, physics, and mathematics using instructive examples from biology. This is the closest program I know to the one you have created. By integrating biological examples into the study of the physical sciences, students are prepared to bridge fields especially effectively. In thinking about what else could be added to your already fine curriculum, it occurred to me that some electives in biophysics and/or bioengineering might be useful.

The students I met during the visit were consistently impressive. They were facile with the latest concepts in genomics and excited about the vast opportunities in this field. They were ambitious and confident. Their preparation means they could readily move into graduate programs in genomics at any university. The specialization of their training embodies a somewhat different approach than is typical in the U.S., where most of the undergraduate training is quite broad and therefore more shallow. For the students in the genomics program, that means that they are better prepared in science than typical U.S. undergraduates, but have less time to explore other areas. Based on talking with the students, I think it might be valuable to consider ways of incorporating a bit more depth in another area in addition to genomics, eg history or music or literature or economics. I expect that your own experience, like mine, is that writing and speaking clearly are integral parts of success in science. Work in these other fields will strengthen those skills.

In summary, then, I am highly impressed with the quality of the program you have built and with the training and intelligence of the students. I am glad I was able to visit and wish you the best of success with the program.

Sincerely,

Matthew Scott  
Professor of Developmental Biology, Genetics, and Bioengineering  
Investigator, Howard Hughes Medical Institute  
Clark Center West Wing W252  
318 Campus Drive  
Stanford University School of Medicine  
Stanford, California 94305-5439

Phone 650-725-7680  
Fax (650) 725-2952



2-12-2008

Dr. Rafael Palacios, Coordinator,  
Undergraduate Program on Genomic Sciences,  
National Autonomous University of Mexico.

Dear Rafael,

I am writing this letter in support of your Undergraduate program in Genomic Sciences. I had the wonderful opportunity to see your program in action at the National University of Mexico in November 2006. I gave two lectures (one just for the students and one for everybody) and I interacted with students during two dinners together. I was very impressed by the students' intellect and enthusiasm, especially because I talked about using genetic techniques to study mouse behavior and physiology – an area outside their curriculum. The students were well prepared and asked insightful questions. The students were just as good as the honors students (top 5% of the class) in the undergraduate biochemistry class on molecular and cellular biology that I teach here at the University of Washington. Thus, I can easily attest that the program attracts good students and that they are getting a first-rate education in an exciting area of biological sciences.

Sincerely,



Richard Palmiter

**Richard D. Palmiter, Ph.D.**  
Investigator  
Howard Hughes Medical Institute  
palmiter@u.washington.edu

University of Washington  
1959 N.E. Pacific Street, Health Science Building, J-661  
Seattle, Washington 98195-7370  
206.543.6064 • Fax 206.543.0858 •



UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY

BERKELEY • DAVIS • IRVINE • LOS ANGELES • MERCED • RIVERSIDE • SAN DIEGO • SAN FRANCISCO



SANTA BARBARA • SANTA CRUZ

LIOR PACTER  
ASSOCIATE PROFESSOR  
MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE  
UC BERKELEY

970 EVANS HALL  
BERKELEY, CALIFORNIA 94720-3840  
TELEPHONE (510) 642-2028  
FAX (510) 642-8204  
E-MAIL [lpachter@math.berkeley.edu](mailto:lpachter@math.berkeley.edu)  
WEBSITE <http://math.berkeley.edu/~lpachter>

February 27, 2008

Dear Dr. Palacios,

This is a letter of opinion on the undergraduate program in Genomic Sciences at the University of Mexico. I am familiar with this program, having visited Mexico last year when I had a chance to meet with the students and learn about the program. I have since also had the pleasure of meeting students from the program at UC Berkeley.

On the matter of the curriculum, I find the program to be extremely well designed and well thought out. The introduction of students to the key quantitative aspects of the field: discrete mathematics, algebra, computation, and statistics is fantastic. Coupled with this, a strong programming components sets them up for a strong basis in the skills necessary for research in bioinformatics. Moreover, the selection of biology coursework is broad and effective. I personally consider this to be a model curriculum for other programs seeking to establish similar training here in the United States.

In my visit to Mexico, I was also very impressed with the quality of the students. They are clearly well prepared for research in computational biology, and indeed many of them already participate in research projects in local laboratories in Mexico. Furthermore, I was most impressed with their knowledge of material beyond their coursework- including relevant literature and journals.

In summary, I was impressed with the program and consider a model design for similar initiatives I am involved in here on our own campus.

Sincerely,

Lior Pachter



Dr. Rafael Palacios.  
Coordinator.  
Undergraduate Program on Genomic Sciences.  
National Autonomous University of Mexico.

Dear Colleague,

The following describes my assessment of the Undergraduate Program in Genomic Sciences in terms of its curriculum and the quality of the students. As regards the latter, my evaluation stems from my contact with the students on the occasion of my invited lectures on bioethics to the student body and faculty of the Centro de Ciencias Genómicas, UNAM Cuernavaca, in September 2006.

The curriculum is well balanced and corresponds roughly to similar undergraduate curricula I have come across at European Universities. Three aspects of the program seem particularly notable to me and show a genuine effort to equip the students with a broad scientific perspective, that should open them the doors to graduate work in a variety of research settings. The first is the insistence on a rather advanced level of mathematics, comparable to what engineering students would typically receive. I think this is a wise choice, which will help students look beyond the "nuts and bolts" approach to informatics and make them capable to participate in many kinds of modelling tasks. This will also give these students a competitive edge relative to more traditionally schooled biologists. The second interesting element is the major place given to evolutionary theory. This is absolutely essential for genomic scientists, so that they can have a real vision of what they are called to do in research and grow to become reflective scientists, rather than being used simply as computer technicians. Finally - and as a bioethicist, this may sound slightly self-serving! - the significant place given to bioethics and social issues is to be welcomed. Aspiring genomic scientists will work in scientific fields which raise important and complex ethical and legal issues, and sometimes even to societal controversies. They will be expected to be competent opinion leaders and educators in those aspects as well, in addition to the purely scientific side of their profession.

My contact with the student body was rather limited, as mentioned before. Nevertheless it was immediately obvious to me that this was a rather exceptional group of young people. Inquisitive, fast-reacting, "intense", wanting to know ever more: this is how I perceived these really bright students. I left Cuernavaca tired but happy! I noted that the students often show a significant background in the humanities and philosophy, which suggests a high-quality pre-university educational background. In addition, I was impressed with their willingness to learn more and even to take initiatives to enhance their own education in bioethics. To me, they correspond to the new kind of student our universities and our society needs: not the obedient and passive learners of some received dogma, not the consumers of a fixed educational menu, but the active co-operators and co-designers of their own education. I can only wish them well for the future.

With best regards, I remain,  
Sincerely yours,

Alex Mauron, PhD  
Full professor of bioethics  
Faculty of medicine  
University of Geneva  
Switzerland



Investigator  
Howard Hughes Medical Institute  
Research Laboratories

Professor  
Department of Molecular and  
Human Genetics

One Baylor Plaza  
Suite 635E  
Houston, Texas 77030-3411  
713-798-8835 Office  
713-798-5443 Admin  
713-798-5168 Fax  
blee@bcm.edu


February 26, 2008

Dr. Rafael Palacios  
Coordinator  
Undergraduate Program on Genomic Sciences  
National Autonomous University of Mexico

Dear Dr. Palacios,

It was a pleasure having the opportunity to visit your institution, review your program, and meet extensively with your students. As an Investigator of the Howard Hughes Medical Institute and Professor in the Department of Molecular and Human Genetics, I have had the opportunity to evaluate and visit training programs at all levels on the national and international levels. I found that your didactic program integrated key areas of current genomics, genetics, and biology and compared favorably with the content and course work of the elite universities in the U.S. I found that the faculty and your institute were committed to providing an infrastructure and environment of learning that was very supportive of your undergraduate students. This was most evident in my many "one on one" interactions with the students. It was clear from these interactions that they were and felt that they were the priority and the valued commodity of your institution. In contrast to many institutions and labs that I have visited in the US and Europe, your institution very much depends on student productivity and emphasizes the undergraduate training program. This was again evident in the quality of the students. I can say that they asked some of the most insightful scientific questions that I have fielded from any student programs that I have visited. The best evidence of this is that our own graduate program has accepted some of your undergraduates. In short, I applaud you on your program and progress and I hope you get continued support to grow this important enterprise for the future of Mexican education.

Sincerely,



Brendan Lee, M.D., Ph.D.



School of Biology  
Atlanta, Georgia 30332-0230 USA  
(404) 385-2224  
[king.jordan@biology.gatech.edu](mailto:king.jordan@biology.gatech.edu)  
<http://esbe.gatech.edu>

Dr. Rafael Palacios  
Coordinator  
Undergraduate Program on Genomic Sciences  
National Autonomous University of Mexico

February 26, 2008

To Whom It May Concern:

It is my pleasure to give my opinion as to the outstanding quality of the National Autonomous University of Mexico's (UNAM) Undergraduate Program in Genome Sciences. I am an Associate Professor in the School of Biology (SoB) at the Georgia Institute of Technology. In addition to my teaching and research activities, I currently serve as the School of Biology (SoB) coordinator for the Georgia Tech interdepartmental PhD program in Bioinformatics, and I am a member of the executive committee that oversees our Professional Masters Program in Bioinformatics. I am also a member of the Center for Bioinformatics and Computational Genomics, the Center for the Study of Systems Biology and affiliated with the National Center for Biotechnology Information. My lab at Georgia Tech conducts research in the areas of Bioinformatics, Computational Genomics and Systems Biology. A description of my research interests, lab activities and a list of my publications can be found on my lab website at <http://esbg.gatech.edu>. Based on my own teaching and research experience, as well as my efforts in curriculum development and student recruitment, I consider myself capable of judging the quality of the students and the curriculum of the UNAM Undergraduate Program in Genome Sciences.

I became familiar with Genome Sciences program when I visited the Cuernavaca UNAM campus as part of the Frontiers in Genomics seminar series in the fall of 2005. For this series, I gave a regular one hour public seminar on my research as well as an in-depth two hour lecture to undergraduates on the kinds of approaches and techniques that we use in our work. I think that this is a great and truly innovative way to teach undergraduates about the latest advances in genomic science. Actually, before my visit I was skeptical as to how this approach would work with undergraduates. Here in the USA, it is quite unusual to have undergraduates exposed to science in this way; rather, we typically give lectures and laboratories on the basic or foundational approaches of our field. However, the quality of the students combined with the structure of the program, really makes this approach work. Apparently, the program is extremely selective in the students it admits and it really shows. The students I interacted with were bright, motivated and extremely engaging. They also showed a surprising breadth of knowledge and an ability to incorporate new concepts into their existing framework of understanding. After a few questions from the students in my own lecture, I quickly realized that I would be able to raise the level of instruction that I was giving. In fact, the



students really challenged me on a couple of points, and this impressed me. I would be delighted to have graduate students of that quality in my own laboratory.

Obviously the students are being well prepared by their coursework, and my perusal of the curriculum suggests that it is entirely appropriate for a program on genome sciences. One of the aspects of the curriculum that impresses me is the integration of quantitative disciplines with basic biology courses. This is not only critically important in genomics, as well as for biology in general, but it is also quite forward thinking since biology will continue to become more and more of a quantitative and integrative science. One challenge that I perceive in the curriculum is leaving the research project to the last year of study alone. But I wasn't entirely clear on the extent to which students are exposed to research projects of their own earlier in the program, such as in semesters five and six. Given how advanced the students and the program are, it should serve the interests of both to integrate the students into the research of the Center as early as is feasible. The only other suggestion that I could make in terms of curriculum development would be for the program coordinators to reach out to the organizers of the new undergraduate program in Quantitative and Computational Biology at the Lewis-Sigler Institute of Princeton University <http://www.genomics.princeton.edu/topics/certificate.html>. This program also employs an innovative approach to undergraduate education that relies on a deep integration between quantitative and biological sciences. Some sort of faculty exchange or less formal interaction between the UNAM program and the Princeton program could be quite beneficial.

If you have any further questions, please do not hesitate to contact me.

Sincerely,



I. King Jordan





Harvard Medical School  
Children's Hospital

Sui Huang, M.D., Ph.D.  
Visiting Associate Professor

Vascular Biology Program  
One Blackfan Circle  
Boston, MA 02115  
sui.huang@tch.harvard.edu

Associate Professor

Institute for Biocomplexity and Informatics  
University of Calgary  
Calgary, AB T2A 1N4  
sui.huang@ucalgary.ca  
TEL: (403) 210-7858

Dr. Rafael Palacios  
Coordinator  
Undergraduate Program on Genomic Sciences.  
National Autonomous University of Mexico.

Dear Dr. Palacios:

February 17, 2008

It is my pleasure to express my opinion on the **Undergraduate Program in Genomic Sciences** at the National Autonomous University of Mexico in Cuernavaca.

I had a chance to evaluate this program during my one-week lecture visit at the Center for Genomic Sciences (CCG) two years ago, and I remain connected to the center through the publications from this center which play a key role in my work in functional genomics

During my visit I was most impressed by the extraordinarily high level of knowledge and skills of the students who as a group exhibited a homogenous, solid command of the mathematical tools so much needed but sorely missed in genomics. I really envied the Center for having such a large body of excellent students: as an investigator at Harvard Medical School, I wish I had students with the comprehensive and specific skill set I have seen at the CCG to chose from. The training that these students receive will certainly produce the type of interdisciplinary and versatile scientists of the next "postgenomic" generation who are already highly thought after. In addition to the extraordinary intellectual capabilities that I encountered in the students, their sparkling enthusiasm for their studies was truly refreshing.

The program is carefully designed, well balanced between conveying computational skills and biological knowedge. It also strikes a good balance between multi-disciplinarity and integration. The inclusion of Systems Biology in the higher semester gives proof to the timeliness of the material taught. I am sure that as this field develops, this nascent discipline will receive more weight in the curriculum. The incorporation of Ethics and Legal issues is particularly laudable and should serve as an example for similar programs in the U.S.!

As a member of the Harvard community, and now of the University of Calgary, who over the past decade has actively helped promote new interdisciplinary initiatives such as Systems Biology and Biocomplexity, I can only attest to the strength and visionary courage of this Undergraduate Program in Genomics. It is unique in its multi-disciplinary, comprehensiveness and integrative efforts, and it fills a growing gap in education that elsewhere is still wide open.

If there is something I missed - which pales in view of all the impressive features of this program, it would be a stronger link to medical research. Given its historical roots in agriculturally relevant research and the connection to biotechnology, future expansion may emphasize the outreach to biomedicine and medical epidemiology which offer an immense opportunity for the application of the genomics skills that the student acquire in this program.

In summary, I find the program and the students of outstanding quality by international standards and I am pleased to have had the chance to be inspired by this program

Sincerely yours,

Sui Huang, MD, PhD





February 12, 2008



**Richard A. Gibbs, Ph.D**  
**Director and Wofford Cain Endowed Chair**

Dr. Rafael Palacios  
Coordinator  
Undergraduate Program on Genomic Sciences  
National Autonomous University of Mexico

Human Genome Sequencing Center

One Baylor Plaza  
Alkek Building, 15<sup>th</sup> Floor  
Houston, Texas 77030-3498

TEL: (713)798-6539  
FAX: (713)798-5741  
e-mail: agibbs@bcm.edu

Dear Dr Palacios,

Congratulations on your outstanding program. Through examination of the curriculum and from my visit to your campus I have learned that you have compiled a truly first rate approach to training young talented scientists in all aspects of Genomics and related disciplines. Your balance of providing mathematical training, computational skills and all aspects of biology as well as time in the laboratory provides a model that I think is unique. In designing this innovative program you have really managed to provide all the most important areas of training to equip these individuals with the skills and knowledge they will need to be successful scientists.

The thoughtfulness of the balance you have provided is reflected in all aspects of the program and more than evident when visiting.

The most dramatic demonstration of how powerful the training model is in the obvious quality of the individual students. Since I met so many on my visit and after following contact with some of them and having two visits for summer last year, all my positive views are affirmed. These are very bright and accomplished young people. At least one has been accepted to a BCM Graduate program and this is a wonderful development. I wish they all could come here - without exception I believe each would be a strong addition here.

Congratulations again on your tremendous achievement in building this program.

Sincerely

Richard Gibbs, Ph.D.  
Director, Human Genome Sequencing Center  
Wofford Cain Professor of Molecular and Human Genetics  
Baylor College of Medicine



Dr. Rafael Palacios  
Coordinator  
Undergraduate Program on Genomic Sciences  
National Autonomous University of Mexico  
Mexico

Dear Dr. Palacios:

It is my great pleasure to write to you concerning the Undergraduate program in Genomic Sciences. As you know, I visited your institute last year, and was able to spend an exciting few days meeting members of your staff, and also the undergraduate students.

I was greatly impressed by the outstanding quality of the students. In fact, of the two seminars that I gave (one to your students, and one to a general audience), I felt that the seminar to the students was much more exciting as their response and participation in the discussion was simply fantastic. All of the students seemed to have read the material that I sent them ahead of time and were therefore able to ask intelligent and well-thought out questions. The discussion was stimulating, and I also gained some excellent new ideas for my own research based on these interactions with the students.

In addition to the formal seminars, I also was able to spend quite a bit of time with the students in informal meetings. I was impressed by their mature attitude, and by their deep understanding of genomics and bioinformatics. One of the students, Claudia Gonzales, had previously spent a few months in my lab as a summer student, and she typifies the excellent qualities of the students in this program. Indeed, in my opinion, your program in Genomic sciences is as good as any similar program anywhere else in the world, and I believe you are training the next generation of genomic scientists in Mexico.

In summary, I have nothing but praise for the excellence of the program.

Sincerely yours,

Tony Futerman, PhD  
The Joseph Meyerhoff Professor of Biochemistry  
Department of Biological Chemistry  
Ullmann Building, room 13  
Weizmann Institute of Science  
Rehovot 76100, Israel

Tel: +972-8-9342704 (office)  
+972-8-9344318 (lab)  
+972-8-9343577 (home)  
+972-54-5486602 (cell)

Fax: +972-8-9344112  
e-mail: [Tony.Futerman@weizmann.ac.il](mailto:Tony.Futerman@weizmann.ac.il)  
[http://www.weizmann.ac.il/Biological\\_Chemistry/scientist/futerman/](http://www.weizmann.ac.il/Biological_Chemistry/scientist/futerman/)

---





## INSTITUT PASTEUR

### *Unité de Génétique Moléculaire des Levures*

CNRS URA 2171

Dr Rafael Palacios  
Coordinator  
Undergraduate Program on Genomic Sciences  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Centro de Ciencias Genómicas  
Av. Universidad s/n Col. Chamilpa  
62210, Cuernavaca, Morelos  
México.

Dear Dr Palacios,

My only direct contact with the Undergraduate Program on Genomic Sciences was at the level of the third year in the « Frontier of genomics » part where I have been teaching in 2006. I remember having a class of highly motivated students who were asking numerous and precise questions that demonstrated their very good knowledge of genetics at large and genomics in particular. In addition, the students were clearly able in bioinformatic methods and computation. Quite remarkable for students of this age, they were clearly benefitting from their personal reading of the scientific articles that were distributed to them or others that they had selected themselves. Therefore, they had reached a level of independence which is unusual for students of this level.

Regarding the program in general, it shows an original and very well balanced equilibrium between various aspects of Biology and Mathematics. This is a rare combination in all Universities of the world that are usually slower to adapt to the rapid changes of science. The National Autonomous University of Mexico deserves congratulations for this. It offers a program that corresponds well with the need of education for modern students in Biology in the genomic and post-genomic era. As I understand, this program is very selective and only the very best students are admitted to it, which is of course a condition for success in any innovative teaching program.

Perhaps one of the points for future improvement would be to have the students perform some actual experiments since the very first year. I am not certain if they do or not. Although modern genomics largely becomes a computer science, the whole of Biology remains significantly embedded in practical, not always logical, affairs that dictate the limits for exploration and set the background for further imagination. It would be wonderful if the

25-28, Rue du Docteur Roux  
75724 Paris Cedex 15  
Téléphone: +33 (0)1 45 68 84 78  
Télécopie: +33 (0)1 40 61 34 56



students could acquire such a vision as soon as possible in order to replace in perspective what they learn in theory.

This being said, I reiterate that the Genomic Sciences program of the National Autonomous University of Mexico is an exceptionally good one and must be continued and extended.

It also happened that I had one student of this program for two months in my laboratory in the summer of 2006. Not only was she a very well educated young woman, but she proved very able with experiments in the lab. She was very dedicated to her work, asking critical questions, working very hard and performing clean and demonstrative experiments. It was always a pleasure to discuss with her the results of her experiments and how they would reply to the questions raised. It was also a pleasure to try to guide her with the possible continuation of the work, where it would lead, the available methods to reach the new goals and in which question of general interest her work would eventually lead her. At each step, this student proved a large autonomy despite her young age and the fact that she was in a foreign environment.



Bernard Dujon

Professor of Genetics at University Pierre and Marie Curie, Paris  
Professor and Scientific General Director of Institut Pasteur  
Member of the French Academy of Sciences



UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY

BERKELEY · DAVIS · IRVINE · LOS ANGELES · RIVERSIDE · SAN DIEGO · SAN FRANCISCO · SANTA BARBARA · SANTA CRUZ

Sandrine Dudoit, PhD  
Associate Professor of Biostatistics and Statistics  
Chair and Head Graduate Advisor, Graduate Group in Biostatistics  
Division of Biostatistics, School of Public Health  
University of California, Berkeley

101 Haviland Hall, # 7358  
Berkeley, CA 94720-7358  
Tel: (510) 648-1108  
Fax: (510) 648-5168  
E-mail: [sandrine@stat.berkeley.edu](mailto:sandrine@stat.berkeley.edu)  
Website: [www.stat.berkeley.edu/~sandrine](http://www.stat.berkeley.edu/~sandrine)

February 15, 2008

Dr. Rafael Palacios  
Coordinator  
Undergraduate Program on Genomic Sciences  
National Autonomous University of Mexico

RE: Undergraduate Program on Genomic Sciences

Dear Dr. Palacios:

It is my pleasure to write this letter in enthusiastic support of the Undergraduate Program on Genomic Sciences from the National Autonomous University of Mexico. I became acquainted with the Program and its students when I visited the Center for Genomic Sciences in October 2007 to give the Frontiers in Genomics Seminar.

I am most impressed by the quality of the Program, both in terms of its depth and breadth. The four-level curriculum guides the students from theoretical classroom instruction to "real world" application of their acquired skills. The first two years of training provide solid foundations in pillar disciplines from both the biological and mathematical sciences, while the third and fourth years engage students in cutting-edge research projects. The location of the Program within the Center for Genomic Sciences allows students to get a taste for research and benefit from a variety of activities such as seminars and lab rotations. This integration of education and research seems very effective. As a teacher myself, I was also very impressed by the instructional facilities that include classrooms with state-of-the-art audiovisual and computing equipment. This set-up allows the integration of computer demonstration with classroom instruction. I have found it very effective to use such an interactive approach to concurrently teach (theoretical) statistical methods and their (practical) software implementation.

In my view, however, the most important asset of the Program is the people, that is, the outstanding faculty and student body. I was blown away by the quality of the students and constantly had to remind myself that they were UNDERgraduate students – not yet graduate students. It was a pleasure to interact with the students during my lectures and numerous informal discussions around the Center. I found it refreshing to witness their enthusiasm, thirst for knowledge, competence, sense of initiative, and maturity.



The students were the driving force behind the one-week R and Bioconductor course developed and taught by my PhD student Jim Bullard (January 21–25, 2008; <http://biostat-09.berkeley.edu/~bullard/courses/T-mexico-08>). In the discussions following my October 15th lectures, the students expressed a strong interest in further developing their skills in statistical methods and software for genomic data analysis. In particular, they were especially keen on learning about R and Bioconductor software and came up with the idea of a short course on this topic. I have rarely seen a project be successfully implemented in such a short time frame and efficient manner; it took less than three months to bring the entire project to fruition.

Following my October visit, I must admit that I went back to Berkeley thinking that American students could take a lesson or two from your students. However, I also went back to work with re-invigorated belief in the value and pleasure of teaching.

In closing, I would like to express my admiration for your leading role in putting together such an outstanding, creative, and timely academic program and for fostering such a pleasant and effective learning environment. I look forward to more interaction with the Program.

Best regards,

Sandrine Dudoit  
Associate Professor of Biostatistics and Statistics  
Chair and Head Graduate Advisor, Graduate Group in Biostatistics  
University of California, Berkeley



Dr. Rafael Palacios  
Coordinator.  
Undergraduate Program on Genomic Sciences.  
National Autonomous University of Mexico.

Dear Dr. Palacios:

I am happy to comment on the National University of Mexico's Undergraduate Program in Genomic Sciences at Cuernavaca. When I visited the new Center for Genomic Sciences in 2005 and gave an invited lecture as part of the "Frontiers of Genomics" course for the undergraduates, I was very impressed by the institute, the faculty, and the undergraduate program. All of these were outstanding, but the students, in my mind, were the best; they were superb and extraordinary in comparison to any other institution I have visited. They really made the place come alive with their passion for science and their strong desire to understand new ideas and take knowledge from the program. As in all student populations, some students are more advanced than others, and that was true here as well, but the overall level of achievement was very high and that a greater percentage of the students were really trying to get the most out of the program, whether it was from their courses, their interaction with faculty, and even their interaction with visiting scientists like myself. I gave the same type of lecture to these undergraduates that I give at international meetings and universities around the world. They responded with keen and sustained interest and asked many excellent questions; the same probing types of questions asked by good scientists everywhere. I am not familiar with how the students are chosen to be a part of this program, but the method is working very well. I expect that many of these students will become top graduate students and productive scientists.

I mentioned above that the program was outstanding in all aspects including the faculty and design of the curriculum. I very much liked the way the special course on "Frontiers of Genomics" was set up to provide the students with lectures from scientists doing all types of important research at the cutting edge of the field of genomics. Individual students were assigned as hosts for the invited lecturers and a strong effort was made to have the lecturer available to meet with the students informally in discussions on campus and at dinners. I have seen the general undergraduate curriculum; it provides the necessary introductory courses in mathematics and biology for the entering student, and then starts a strong program emphasizing genomics, bioinformatics and systems biology courses and projects. There is not much emphasis on biological interdisciplinary programs that include studies of chemistry and physics. All in all, however, it is a very good curriculum, which encourages individual study and research. In meeting with the students, I found that several in their third year had already gone to an international meeting and/or had taken courses outside of the institute, including rigorous summer research courses at The Cold Spring Harbor Labs. Importantly, the program does not overly emphasize human genomics and instead builds a strong base in genetics and molecular biology studies of model systems including bacteria. The faculty is strong and is well grounded in their own experimental studies, which provide an excellent base for individual student research projects in their last years in the program. Overall the Center is a vibrant spot for intellectual discussion and research at all levels. It is a great training ground for the students.

Sincerely,

Donald L. Court, Principal Investigator  
Chief, Molecular Control and Genetics Section  
Gene Regulation & Chromosome Biology Laboratory  
The Center for Cancer Research  
National Cancer Institute at Frederick  
National Institutes of Health



Dr. Rafael Palacios  
Coordinator  
Undergraduate Program in Genomic Sciences  
National Autonomous University of Mexico

Dear Dr. Palacios,

It is with great pleasure that I provide my evaluation of the Undergraduate Program in Genomic Sciences. After meeting with you and hearing your seminar here at Genentech in December, 2006, I was delighted to accept your invitation to visit the Center for Genomic Sciences at UNAM in August, 2007. I was very impressed with your ideas about creating a learning environment that specifically addressed the innate interdisciplinary nature of genome research. In addition, I was touched by your commitment and belief in the education of students in Mexico. I share this interest in further strengthening the society of my neighbor country, and quality higher education opportunities is a fundamental underpinning of this mission.

During my visit I was impressed even more than I had imagined by the quality of both your program and the students. The curriculum includes courses in the various aspects of biology, computer programming and mathematics that are the basis of genomic research. As a bioinformatician who has conducted numerous research endeavors in this area, I know that each of the skills and biological backgrounds you are teaching is essential to performing this work. In order to do genomic research that makes significant contributions to scientific advancement, one needs to both understand the biology deeply enough to form a meaningful scientific question, and also have the computational and statistical skills to test ideas on a genomic scale.

The students exemplified the quality of the program through their interactions with me throughout my visit. They had





carefully read and discussed my publications beforehand, and during my seminars asked many excellent questions. This demonstrated both their intelligence and studiousness, but also the course design, teaching and mentorship of the faculty. In meeting with various students in small groups, I could sense their motivation and excitement about scientific research. A few were eager to discuss their own research with me and ask for ideas and guidance. Although I am a scientist in a biotechnology company, I also hold an Adjunct Professor in Biology position at San Francisco State University. There, I have taught an undergraduate course for senior level biology majors. The UNAM students compared very well to the students in my class. I was so impressed by the your students that I requested and received approval for a summer intern in my department here at Genentech and am hoping to be able to have a UNAM student take this opportunity.

In summary, I have a high opinion of both the curriculum, faculty and students of the Undergraduate Program in Genomic Sciences at UNAM.

Best regards,  
Hilary Clark

Hilary Clark, Ph.D.

Senior Scientist

Bioinformatics & Immunology Departments

Genentech

1 DNA Way

South San Francisco, CA 94080

650-225-8373





Jacques van Helden  
BIOINFORMATIQUE DES GÉNOMES ET DES RÉSEAUX (BIGRE)  
ULB, FACULTÉ DES SCIENCES  
Boulevard du Triomphe Bât. BC - CP 263  
Tel : + 32 (0) 2 650 20 76  
Fax: + 32 (0) 2 650 54 25  
Web: <http://www.bigre.ulb.ac.be/Users/jvanheld/>  
Email : [Jacques.van.Helden@ulb.ac.be](mailto:Jacques.van.Helden@ulb.ac.be)

Dr. Rafael Palacios.  
Coordinator.  
Undergraduate Program on Genomic Sciences.  
National Autonomous University of Mexico.  
Mexico

Brussels, Feb 14, 2008

Dear Prof. Palacios,

In answer to your mail from Feb 12, please find hereafter my evaluation of the Undergraduate program in Genomic Sciences.

- 1) The fact to develop a specific training program on Genomic Sciences is an original and important undertaking. Indeed, in order to meet the new challenges of modern biology, multidisciplinary training will be an absolute requirement, combining good bases in genetics, molecular biology, computer sciences, statistics, ...
- 2) The program is structured in a clear and convenient way. During the first year, students are introduced to the main concepts of the disciplines involved in the multidisciplinary field of genome sciences. These topics are explored in a more advanced way during the second year. The third year aims at integrating these fields, in order to reach efficient multidisciplinaryity. The research project of the fourth year aims at providing students with a concrete realization in the domain.
- 3) About the quality of the students, I will only participate to the 2008 teaching in May, but I can already give you my impressions about the audience I had during the courses I gave in 2005 and 2006, respectively. I was favorably impressed by the fact that these students are already familiar with both the mathematical, algorithmical and biological concepts that are required for my courses. Usually, I am speaking to audiences who have a good training in one of these disciplines, and almost no background for the other ones.



- 4) During my previous stages at Cuernavaca, I was also very impressed by the quality of the teaching infrastructure: classrooms are equipped with one terminal per student, thereby allowing the teacher to go back and forth between theory and practice. This is in my opinion the most efficient way to keep the attention of students, and to associate the concepts to a practical experience. Actually, since I came back to Brussels, I tried to convince my Faculty to equip some teaching rooms on the LCG model, for our Master program in Bioinformatics.

Don't hesitate to contact me if you need additional information.

Bets regards,

Jacques van Helden  
Chargé de cours at ULB  
Director of the BiGRe laboratory



Dr. Rafael Palacios  
Coordinator  
Undergraduate Program on Genomic Sciences  
National Autonomous University of Mexico  
Cuernavaca, Mexico

**Barbara J. Trask, Ph.D.**  
*Full Member & Director*  
Division of Human Biology  
Mail Stop C3-168  
Telephone: (206) 667-1470  
Fax: (206) 667-4023  
E-mail: [btrask@fhcrc.org](mailto:btrask@fhcrc.org)

Dear Rafael,

I write to lend my very enthusiastic support for the outstanding Undergraduate program in Genomic Sciences at the National University of Mexico in Cuernavaca. I am extremely supportive of its continuation and expansion.

I will first outline my credentials for your colleagues who are evaluating the program. I am Senior Vice President and Director of the Division of Human Biology of the Fred Hutchinson Cancer Research Center in Seattle, Washington, USA. I also am Professor in Genome Sciences at the University of Washington. My research focuses on mammalian genome dynamics and structural variation, with a particular emphasis on human subtelomeres and large gene families such as those for chemosensory receptors. My research combines the use of molecular cytogenetics tools, such as fluorescence in situ hybridization and flow cytometric separation of chromosomes, with comparative genomics, and computational methods. I have been involved in graduate education in genomics for many years, having served as the Vice Chair of the Department of Molecular Biotechnology (recently folded in with Genetics to become the Department of Genome Sciences), the Principal Investigator of an NIH training grant for graduate and postgraduate training in genomics (which supported 21 trainees each year), and a member of many graduate student thesis committees. In addition, numerous graduate students and postdoctoral fellows have trained in my laboratory.

I am quite familiar with the Undergraduate Program in Genomic Sciences in Cuernavaca. In 2006, one of the program's students approached me directly about a summer internship in my laboratory. I was impressed by the student's letter, and she ultimately spent a summer in my laboratory characterizing chromosomal rearrangement breakpoints. She did a stellar job, because she had come prepared with a deep and broad knowledge of genomics, practical computational skills, and incredible enthusiasm and dedication. She was a real delight to have in the lab.

I then had the fortune to be invited to spend two full days with students and faculty in the program in Cuernavaca. My visit included giving two seminars. I was honored to be included in the outstanding line-up of speakers the students and faculty had invited from around the world. The visit showed that the student intern the previous summer had not been an outlier. All the students with whom I interacted in Cuernavaca were similarly outstanding. I was extremely impressed by the initiative, independence and organizational skills of the students, who are strongly encouraged on all fronts by Dr. Rafael Palacio, the program's Director. My visit was hosted by two students, who were gracious, organized, and clearly very excited about their training program.

The caliber of the students in the program is outstanding. The students I interacted with (many) were smart and had acquired broad training in genomics, genetics and bioinformatics. The

1100 Fairview Ave. N. Mail Stop C3-168 PO Box 19024 Seattle, WA 98109-1024 206.667.5000 [www.fhcrc.org](http://www.fhcrc.org)



program was clearly motivating them, training them well, and giving them the needed balance between fundamental and applied science. The students were dynamic, interactive, and inquisitive. They respected and valued their faculty mentors, in particular Dr. Palacio. It was clear that they were being given the expertise and the encouragement (an important combination) to take initiative and to be both rigorous and bold in their approach to research. They were extremely knowledgeable on a broad range of topics. It is rare to be thrown in with a student group that is so well informed or so prepared with questions about my work or about advice in meeting their career goals. I was particularly impressed by how the students took the lead during my visits, peppered me with questions, and, on top of that, presented their own research with enthusiasm and skill in one-on-one and small group meetings. The students' ability to communicate in English were outstanding, because they are given regular opportunities to exercise their skills and to gain confidence, poise, and new scientific knowledge. In summary, I found my 2-day visit stimulating, refreshing, and inspiring. I came away very impressed with the program.

The summer internship program pushes the students to excel and aim to do research in internationally recognized labs inside and outside of Mexico. This internship program is an extremely valuable component of the training provided and should be further encouraged.

The program should serve as a model for many other undergraduate – and for that matter – graduate programs in genomics research. Many of the students were operating at or above the level of many graduate students in excellent U.S. academic institutions.

The program is being led superbly by Dr. Palacio. Dr. Palacio should be applauded for his vision in pushing for this program to fill a national need, and for his leadership and enthusiasm in bringing it to such an impressive level so quickly. The students are top-notch, and the program is doing an outstanding job achieving its goal of training well-rounded scientists for the 21<sup>st</sup> century. The courses and research experiences offered by the training program are ideally balanced and focus the students on interesting and significant biological problems. The program clearly meets an important need. Dr. Palacio and his colleagues have arrived at an outstanding formula for success, and they have recruited and stimulated a stellar group of students that reflect extremely well on the program.

I enthusiastically support the expansion of this program and its continued support.

Best regards,



Barbara J. Trask, Ph.D.  
Full Member and Director, Division of Human Biology  
Senior Vice President  
Fred Hutchinson Cancer Research Center

Professor, Department of Genome Sciences  
University of Washington



February 29<sup>th</sup>, 2008

Dr. Rafael Palacios.  
Coordinator  
Undergraduate Program on Genomic Sciences.  
National Autonomous University of Mexico

Dear Dr. Palacios:

I am writing this letter in support of the Undergraduate Program on Genome Sciences, National Autonomous University of Mexico. On April 3<sup>rd</sup> 2006, I was invited to present a seminar in the "Frontiers of Genomics Lecture" series which was organized and hosted by students from that program. I spent considerable time meeting with the students and discussing the training program and their different independent research projects. Since that time, I have hosted one of the students in my laboratory and have communicated with others regarding both graduate school and research. I am, therefore, qualified to comment on both the scientific quality of the program and the caliber of the students.

First, I would like to commend you on the undergraduate program in genome sciences that you have established. This is a very unique program which combines a critical basic understanding of biochemistry, cell biology, programming, statistics and molecular biology with more advanced concepts within the field of genomics. It is an intensive curriculum designed to arm students with not only the necessary knowledge to become competent scientists but also to provide them with extensive practical experience. The training program culminates in a series of independent research projects and exposure to different research environments. Encouraging students to perform internships in other laboratories, not only builds ties with other universities but exposes them to different research paradigms. Consequently, unlike traditional undergraduate program centered around course work and laboratories, this program provides a true "taste" of basic research in the field of genomics. It is clear that such students have an advantage when considering graduate school.

Of course students are the most important testament to the success of an undergraduate program such as this. It would be an understatement to say that I was extremely impressed by the students with whom I have interacted. During my presentation, for example, they asked insightful questions and showed a command of the major issues of both human genomics and genetics. Subsequent to my visit one of your students, Tzitziki Lemus Vergara, completed an 8-week internship within my laboratory last year. I assigned her the difficult task of assessing copy-number difference of a segmental duplication which is represented ~20 times within the genome. Her project entailed generating and comparing real-time QPCR data with oligonucleotide array comparative genomic hybridization established on a reference set of eight individuals. Her preliminary results were convincing that she had successfully detected copy-number difference of LCR16a in both normal and individuals with autism disease. Her work and performance can only be described in superlative terms. The amount and quality of data she generated on such a short time-frame was excellent. She made every effort to come early to the laboratory and stay late in order to generate results. She learned new techniques very quickly and interacted very well with laboratory staff. She was an absolute pleasure to

Evan Eichler, Ph.D.  
Associate Professor      Genome Sciences, 1705 NE Pacific Street, Box 355065, Seattle, WA 98195-5065  
University of Washington      206.543.9526 • Fax 206.221.5795 • eee@gs.washington.edu



have visit the laboratory. I would rate her performance as outstanding!

Based on my understanding of the program and my interaction with some of the students, I would rate your program among the best I have seen. I typically give 20 invited lectures per year and meet with students from many different programs across many different universities. Your students are the most competent and knowledgeable undergraduates I have yet to meet. In fact, their competence in genomics rivals that of many students enrolled in some first-year Ph.D. programs here in the United States. I am convinced that there are emerging leaders of genomics among these students. Given the right opportunities, I expect to see some of these as rising stars in the next few years.

I wish you all the best in the evaluation of your program. Keep up the great work!

Sincerely,



Evan Eichler, PhD

Evan Eichler, Ph.D.  
Associate Professor  
University of Washington

Genome Sciences, 1705 NE Pacific Street, Box 355065, Seattle, WA 98195-5065  
206.543.9526 • Fax 206.221.5795 • [eee@gs.washington.edu](mailto:eee@gs.washington.edu)





Michael A. Savageau, Ph.D.  
Distinguished Professor  
COLLEGE OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING  
and MICROBIOLOGY GRADUATE GROUP  
[masavage@ucdavis.edu](mailto:masavage@ucdavis.edu)

3312 Genome & Biomedical Sciences Facility  
451 EAST HEALTH SCIENCES DRIVE  
DAVIS, CALIFORNIA 95616-5294  
(530) 754-7350 (Phone)  
(530) 754-5739 (Fax)

March 2, 2008

Dr. Rafael Palacios  
Coordinator  
Undergraduate Program on Genomic Sciences  
National Autonomous University of Mexico

Dear Dr. Palacios,

I am happy to comment on the quality of your Undergraduate Program on Genomic Sciences. First, let me apologize for the delay in my response. I have been undergoing chemotherapy for a lymphoma that was recently diagnosed and thus I have had to postpone many of my obligations. Second, my comments are based largely on the impressions from my visit to the Program in the Fall of 2006.

*Quality of the Program:*

This is a very forward-looking program, especially since it is at the undergraduate level. There are very few in the world to which it might be compared. My view of the formal and informal training opportunities provide for the students is that they are exceptional. This is no small challenge, since the backgrounds of the students is by necessity very diverse. The curriculum covers all of the foundational subjects for the interdisciplinary field of Genomic Sciences. It also includes course on the evolving interface between the more traditional fields. It is admirable that it also deals with the important issues of ethical, legal and social issues associated with a field with the potential for such broad impact. Finally, the Program excites students and makes them aware of the opportunities to contribute in important ways to the scientific and technical culture of the world in general and of Mexico in particular.

*Quality of the Students:*

During my visit I interacted with the students in several settings. I had them in my lectures, I had informal research discussions with many of them, I also had them as social escorts and companions at dinner. During my lectures they ask very thoughtful questions, which showed the level of preparation and their interest and motivation. These question/answer sessions were some of the most stimulating that I have had with students on campuses anywhere. In the smaller research-group settings, I found that they had an excellent grasp of their research projects and that they were performing at a level found among many graduate students. In the more social settings they were





---

Dr. Rafael Palacios  
March 2, 2008  
Page 2

very open about their lives outside the classroom and their dreams and plans for the future. Here I found differences in the levels of maturity, as would be expected among any group of undergraduates, but I must say that as a group they were very impressive.

In summary, I can only wish that our university had such a program and such a select group of enthusiastic students. I wish you all the best for the continued success of your Program.

Sincerely yours,

---

Michael A. Savageau

MAS/ml

---





**HARVARD MEDICAL SCHOOL  
BRIGHAM AND WOMEN'S HOSPITAL**



**Charles Lee, Ph.D., FACMG**  
Director of Cytogenetics, Harvard Cancer Center  
Assistant Professor, Harvard Medical School  
E-mail: clee@rics.bwh.harvard.edu  
Tel: (617) 278-0031 Fax: (617) 264-6861

Department of Pathology  
Brigham and Women's Hospital  
221 Longwood Avenue, EBRC 404A  
Boston, Massachusetts, U.S.A. 02115  
<http://www.chromosome.bwh.harvard.edu>

03 March 2008

Dr. Rafael Palacios  
Coordinator, Undergraduate Program on Genomic Sciences  
National Autonomous University of Mexico

Dear Dr. Palacios:

I have been asked to provide an evaluation of your undergraduate program in Genomic Sciences. I am pleased to write that, in my opinion, it is one of the most comprehensive and highest quality programs that I have had the privilege of evaluating during my academic career.

During my recent visit to your Institute, I was impressed by the caliber of the students in your program. My interactions with them convinced me that they were well selected and very passionate about their studies. The questions that they posed to me and subsequent discussion that we had, demonstrated that they each had a broad-based education with enough detailed knowledge to begin independent thinking of problems in genomic sciences. Moreover, over the last two years, I have had the pleasure of receiving three of your undergraduate students in my research laboratory for 10-week research rotations. I am proud to write that each student was very productive during his/her tenure in my laboratory. Each student was mature, learned new protocols quickly, and critically thought about the implications of their experimental results. Moreover, each student ended up with justified co-authorships on research papers published in journals including *Human Molecular Genetics*, *BMC Genomics*, and *American Journal of Human Genetics*. This is a clear testament to the academic foundation that your program in Genomic Sciences has provided.

I have also now reviewed your latest Curricular Map (2008) for this program and find it to be a well thought-out proposal. In particular, I am impressed with the logical progression of basic courses to advanced courses to courses requiring integrative analyses. This all prepares the students for a very practical research component in semesters 7 and 8 – which will undoubtedly make your students very competitive for graduate programs worldwide.



In summary, I am very impressed with your undergraduate program and would desire to have some changes made to our Harvard University Undergraduate Program in Biological Sciences that mimic what you have already accomplished. I wish you and your colleagues continued success in this academic training program and look forward to the many scientific breakthroughs that your students will inevitably make.

Sincerely yours,



Charles Lee, Ph.D.  
*Director of Cytogenetics, Harvard Cancer Center*  
*Assistant Professor, Harvard Medical School*  
*Associate Faculty Member, MIT Broad Institute*

