

LA LICENCIATURA EN CIENCIAS GENÓMICAS

David Romero Camarena*



¿QUÉ SON LAS CIENCIAS GENÓMICAS?

Durante los últimos ocho años se ha gestado una verdadera revolución en las ciencias biológicas. El año de 1995 marca la fecha de publicación de la secuencia completa del material genético (genoma) de un organismo vivo, la bacteria *Haemophilus influenzae*. Este logro, sin lugar a dudas toral en la historia de las ciencias biológicas, fue alcanzado gracias a la confluencia de científicos laborando en las disciplinas de la biología molecular, la computación y las matemáticas. Este enfoque interdisciplinario, de por sí llamativo, es aún más notable debido a la necesidad de trabajo en colaboración, requerimiento de trabajos de esta magnitud.

Afortunadamente, esta experiencia de trabajo interdisciplinario y colaborativo no ha sido única. Ac-

tualmente se cuenta con la secuencia completa del genoma de más de 140 organismos, desde las bacterias hasta el hombre. Adicionalmente, contando tanto esfuerzos públicos como del sector privado, existen proyectos para la secuenciación del genoma de 300 organismos más.

Esta asombrosa cantidad de información ha requerido el desarrollo de metodologías en bioinformática para organizar, decodificar, asignar funciones de diversa índole a segmentos de genoma, así como para, empleando técnicas de comparación, extraer nuevo conocimiento. Esta capacidad expandida para visualizar el archivo genómico de un organismo ha impulsado el desarrollo de nuevos enfoques de alta capacidad para identificar, de manera cuantitativa, qué genes están siendo expresados como ARN en un momento dado (el transcriptoma), qué proteínas se están expresando (el proteoma) y qué metabolitos se encuentran en la célula (el metaboloma). Estos esfuerzos se complementan con otros donde se pretende alterar funciones de muchos genes a la vez. Las estrategias reseñadas,

* Investigador titular C, investigador nacional nivel II, coordinador de la licenciatura en ciencias genómicas. Tiene más de 30 publicaciones y es experto en recombinación genética y rearrreglos genómicos en bacterias

en conjunto con el cuerpo de conocimientos de bioquímica, biología molecular, genética y bioestructura, así como aquéllas desarrolladas por la bioinformática y las matemáticas, se conocen actualmente como ciencias genómicas.

Estos desarrollos están cambiando la faz de la biología. En el ambiente de investigación es ahora necesario para un biólogo moderno el manejar enfoques que combinan el dominio no solo de su propio ámbito (como la bioquímica y la biología molecular) sino de campos tradicionalmente –pero equivocadamente– ajenos, como las ciencias de la computación y las matemáticas. Este cambio de perspectiva tiene ya un profundo impacto en la investigación biológica.

El potencial de estos enfoques se extiende también al ámbito del profesionista en diferentes áreas, incluyendo la médica (con la llamada medicina genómica), la veterinaria (con nuevos enfoques en genética animal), las ciencias agrícolas, el área industrial (con la ingeniería metabólica y la farmacogenómica) así como en el área ambiental (con nuevos enfoques que ayuden a la conservación de la biodiversidad). Adicionalmente a las mencionadas, las ciencias genómicas comienzan a tener aplicaciones importantes en las áreas legal (con nuevas metodologías forenses y la necesidad de una reglamentación clara), antropológica (metodologías para estudiar origen y relaciones de parentesco de restos óseos de humanos, animales y vegetales) e inclusive social (con las nuevas perspectivas generadas por la aplicación de estas metodologías, tanto desde un punto de vista social como ético).

LA UNAM Y LAS CIENCIAS GENÓMICAS

Los universitarios no estamos ajenos a esta revolución científica. Desde hace varios años existen esfuerzos, iniciados en el Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno y en el Instituto de Biotecnología, ambos en la ciudad de Cuernavaca, Morelos, para insertarse en la era genómica. Dentro de ellos, vale la pena mencionar el proyecto genómico de la bacteria *Rhizobium etli*, pionero en México, la genómica funcional bacteriana (incluyendo estudios de transcriptoma y proteoma) y la genómica funcional de la planta de frijol. A estos esfuerzos se suman avances importantes en las áreas de bioinformática, bioestructura e ingeniería metabólica, por

mencionar unas cuantas. Asimismo, existen grupos de investigación en ciencias genómicas en la Facultad de Medicina, el Instituto de Fisiología Celular y el Instituto de Investigaciones Biomédicas. La experiencia de los investigadores universitarios ha sido importante en el consorcio promotor de la creación del Instituto Nacional de Medicina Genómica, integrado por la Secretaría de Salud, la Fundación Mexicana para la Salud, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la UNAM.

LA CREACIÓN DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS GENÓMICAS

Estos esfuerzos deben extenderse, como es natural en una institución de educación superior, hacia la formación de nuevos profesionales. Si bien esta formación se ha realizado en diferentes programas universitarios de posgrado, la sinergia producto de la interacción entre las matemáticas, la computación y las biociencias moleculares sólo se logrará en su adecuada magnitud con la formación de profesionales a nivel de licenciatura.

Por esta razón, desde junio de 2001 un grupo de investigadores del campus Cuernavaca de la UNAM comenzó a trabajar en la integración de un programa de licenciatura, radicalmente nuevo, orientado hacia las ciencias genómicas. Este grupo estuvo conformado por investigadores del Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, del Instituto de Biotecnología y de la Unidad Cuernavaca del Instituto de Matemáticas, con la colaboración de profesores del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (campus Morelos).

El trabajo de este grupo, así como la propuesta de creación de la licenciatura que emanó de él, se apoya en las modificaciones a los artículos 8 y 9 del estatuto general, aprobadas por el H. Consejo Universitario en su sesión del 1 de abril de 2002, las cuales permiten la impartición de estudios de licenciatura por los institutos y centros ubicados en campus foráneos, siempre que correspondan, como es el caso de las ciencias genómicas, a nuevos campos de conocimiento y su impartición exija la concurrencia de dos o más disciplinas.

La creación de la licenciatura en ciencias genómicas fue aprobada por el H. Consejo Universitario el 20 de junio de 2003 e inició sus actividades el 18 de agosto de 2003, con un grupo de 28 estudiantes. Con este programa, la UNAM se convierte en la octava institución a nivel mundial, y la primera en Latinoamérica, en ofre-

cer un programa a nivel licenciatura orientado hacia las ciencias genómicas (fig. 1).

INSTITUCIÓN	NOMBRE DEL PROGRAMA	AÑO DE CREACIÓN
Universidad Nacional Autónoma de México	Licenciatura en Ciencias Genómicas	2003
Bielefeld University (Alemania)	B.S. in Bioinformatics and Genome Research	2002
Wesleyan University	Undergraduate Certificate Program in integrative Genomic Sciences	2002
University of California Santa Cruz (E.E.U.U.)	B.S. in Bioinformatics	2002
Rensselaer Polytechnic Institute (E.E.U.U.)	B.S. in Bioinformatics and molecular Biology	2001
Carnegie Mellon (E.E.U.U.)	B.S. in Biological Sciences/Computer Science track	2000
University of Pennsylvania (E.E.U.U.)	B.S. in Computational Biology	1998
University of the Sciences Philadelphia (E.E.U.U.)	B.S. in Bioinformatics	1998

Fig. 1. Programas de licenciatura orientados a las ciencias genómicas

La licenciatura se imparte en Cuernavaca, Morelos, y las entidades académicas responsables son el CIFN y el Instituto de Biotecnología, con la participación del Centro de Ciencias Físicas, la Facultad de Medicina, el Instituto de Fisiología Celular, el Instituto de Investigaciones Biomédicas y el Instituto de Matemáticas como entidades académicas asesoras.

PLAN DE ESTUDIOS E INSTALACIONES

DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS GENÓMICAS

Ésta es una carrera orientada hacia la formación en las ciencias genómicas, con miras a su incorporación en la investigación científica o en actividades profesionales. Los egresados combinarán conocimientos en las áreas de las biociencias moleculares, con la computación y las matemáticas.

Entre las actividades del egresado destacan las actividades profesionales, la investigación y la docencia en el área de las ciencias genómicas. Su labor profesional influirá en la población en ámbitos muy diversos (como la medicina, la veterinaria, las ciencias agrícolas, la industria, particularmente la farmacéutica, y el área ambiental) tanto a través del resultado de investigaciones en que participe como en actividades profesionales en los ámbitos mencionados. El egresado de la licenciatura en ciencias genómicas contará no sólo con los elementos académicos que le permitan, si así lo desea, continuar con estudios de posgrado para desenvolverse de manera independiente en el ámbito de

investigación, sino también con elementos que le abran la posibilidad de incorporarse al aparato productivo o a la docencia especializada.

El plan de estudios (fig. 2) consta de dos etapas, la básica (conformada por 34 asignaturas) y la profesional (conformada por al menos cuatro asignaturas). La etapa básica comprende los primeros siete semestres; las asignaturas correspondientes a esta etapa se han agrupado en cinco ejes temáticos. Los ejes temáticos de biología genómica y evolución (con las asignaturas de biología genómica y evolución I a VI) y genómica funcional (con química y biofísica de macromoléculas I y II y genómica funcional I a V) pretenden proporcionar una visión de la biología molecular actual empleando como hilo conductor los elementos actuales de las ciencias genómicas, vistos desde un punto de vista evolutivo. Los ejes temáticos de computación (con las asignaturas de principios de programación, estadística I a III y computación I a III) y matemáticas (con matemáticas I a V, una asignatura de bases de datos, así como una de inteligencia artificial), concentran los conocimientos matemáticos y computacionales orientados a las ciencias genómicas. La formación científica crítica del estudiante se complementa con un eje crítico-formativo que comprende las asignaturas de seminario y trabajo de investigación I a VII. En ellas se plantea hacer una revisión crítica de los avances y limitaciones

Ejes Temáticos	Biología genómica y Evolución	Genómica Funcional	Computación	Matemáticas	Crítico formativo	
Etapa básica	1	Biología genómica y Evolución I	Química y Biofísica de Macromoléculas I	Principios de programación	Matemáticas I	Seminario de trabajo de investigación I
	2	Biología genómica y Evolución II	Química y Biofísica de Macromoléculas II	Estadística I	Matemáticas II	Seminario de trabajo de investigación II
	3	Biología genómica y Evolución III	Genómica Funcional I	Estadística II	Matemáticas III	Seminario de trabajo de investigación III
	4	Biología genómica y Evolución IV	Genómica Funcional II	Estadística III	Matemáticas IV	Seminario de trabajo de investigación IV
	5	Biología genómica y Evolución V	Genómica Funcional III	Computación I	Matemáticas V	Seminario de trabajo de investigación V
	6	Biología genómica y Evolución VI	Genómica Funcional IV	Computación II	Bases de datos	Seminario de trabajo de investigación VI
	7		Genómica Funcional V	Computación III	Inteligencia artificial	Seminario de trabajo de investigación VII
Etapa profesional	8			Área de concentración I		
	9		Optativa(s)	Área de concentración II		

Fig. 2. Plan de estudios de la licenciatura en ciencias genómicas (UNAM).

del área, incluyendo aspectos éticos y sociales, tanto a través de discusiones con los profesores e investigadores de la licenciatura como con invitados nacionales e internacionales. Las asignaturas correspondientes a esta etapa son obligatorias y, en su mayoría, se encuentran seriadas.

Una vez concluida la etapa básica, los alumnos deberán continuar con la etapa profesional, la cual comprende los semestres octavo y noveno del plan. En esta etapa, los conocimientos previamente adquiridos le permitirán al estudiante el profundizar y especializarse en un área profesional de su elección, a través de la selección de áreas de concentración, cuyas actividades comprenderán dos semestres. Éstas estarán compuestas por las actividades, tanto teóricas como de investigación, que se desarrollarán en la modalidad de talleres bajo la coordinación de un tutor seleccionado de las nueve áreas de concentración propuestas (genómica computacional, genómica evolutiva, genómica funcional, medicina genómica, genómica industrial, genómica agropecuaria, genómica ambiental, genómica antropológica y genómica legal). La formación más especializada del alumno se complementará con cursos optativos, los cuales se propondrán al menos dos por cada área de concentración. La selección de los cursos optativos por los alumnos será libre. Las asignaturas optativas deberán cubrir un total de 40 créditos como mínimo.

Es preferible que los aspirantes a esta nueva licenciatura completen su bachillerato en el área de las ciencias biológicas y de la salud o en la de las cien-



fig.3. Una de las aulas de videoconferencia y cómputo de la licenciatura en ciencias genómicas



cias físico-matemáticas. Los estudiantes ingresan por pase reglamentado o concurso a cualquier carrera, preferentemente en las áreas mencionadas que ofrece la UNAM, para, posteriormente, realizar el cambio de carrera, toda vez que aprueben una selección realizada por el subcomité de admisión de la licenciatura. El ingreso de alumnos a esta licenciatura estará limitado a 40 estudiantes por generación anual.

Otra de las características novedosas que tiene esta licenciatura es su amplia interacción con centros de investigación internacionales. Es por ello que las nuevas instalaciones destinadas a esta carrera cuentan con salas de videoconferencia interactiva (fig. 3) que permitirán a los alumnos compartir conocimientos, experiencia y resultados con científicos de todo el mundo. Cada alumno contará con su propia terminal de cómputo y tendrá acceso a los laboratorios, invernaderos, auditorios y biblioteca de las entidades responsables. Para mayor información, puede consultarse la página de internet de la licenciatura (<http://www.lcg.unam.mx>).

Con la creación de esta licenciatura, la UNAM reafirma su liderazgo en la formación de nuevos profesionales en áreas emergentes y de gran futuro. ☼