



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SEDE SUR  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES EDUCATIVAS

**El currículum como dispositivo para la formación temprana en investigación: el caso de la Licenciatura en Ciencias Genómicas de la Universidad Nacional Autónoma de México**

Tesis que presenta

**María Rosa Cataldo Arriagada**

Para obtener el grado de

**Doctora en Ciencias**

En la especialidad de

**Investigaciones Educativas**

Directora de Tesis

**Dra. Rosalba Genoveva Ramírez García**

Ciudad de México

Febrero, 2022

A Eduardo Remedi Allione, maestro y amigo

## **Agradecimientos**

Agradezco a todos los que estuvieron presentes en este proceso de trabajo, generosos y solidarios:

Al Doctor Eduardo Remedi Allione por impulsarme a entrar en el Programa de Doctorado y acompañarme en este proceso.

A la Doctora Rosalba G. Ramírez García, directora de tesis; quien siempre tuvo una escucha amable, atenta y propositiva acerca de los avances de investigación. Su apoyo resultó imprescindible para que este trabajo llegara a buen puerto. Agradezco su generosidad, su impulso constante y su compromiso con este proyecto.

A mis compañeros de Seminario, Sinaí Rivera Martínez, Roberto Barrón Venegas, Ivett Estrada Mota, Flor Méndez Ochaita, Julia González Quiroz, Araceli Montiel Oviedo, Berenice Calzada Ramírez, Alan Camacho Rodríguez, Ariana Vergara López y Fernando Lara Gallardo, gracias por su apoyo. En las sesiones de Seminario, coordinadas por la Dra. Rosalba Ramírez, aprendí mucho de sus presentaciones de avances de investigación y de sus comentarios y reflexiones sobre asuntos educativos.

Agradezco al Departamento de Investigaciones Educativas que nos proporciona un lugar de formación académicamente sólido y en permanente renovación, sustentado en la experiencia y el conocimiento que producen sus investigadoras e investigadores.

Asimismo, agradezco el compromiso con la gestión académica de Rosa María Martínez, de quien he recibido una atención eficiente y amable siempre que lo he requerido.

A los integrantes del Comité Sinodal, Dra. Alicia Civera Cerecedo, Dra. Inés Dussel, Dr. Daniel Johnson Mardones, Dr. José María García Garduño y Dr. José Antonio Serrano Castañeda, gracias por sus valiosos comentarios y por su amable presencia.

Es importante destacar el inapreciable valor de estudiantes y profesores investigadores de la Licenciatura en Ciencias Genómicas que participaron en esta investigación; por su disponibilidad y generosidad a mostrar su proyecto educativo este estudio pudo llevarse a cabo.

No puedo dejar de mencionar a mi esposo Gerardo Fulgueira por su constante apoyo durante la realización del proyecto. También agradezco a Luisa, mi madre, a mi hermana Ximena, a mi sobrina Catalina y a la tía Inés, una parte de mi familia en Chile que han estado al pendiente de esta tarea.

## **Resumen**

En la presente investigación se analizan aspectos académicos y sociales que configuran la propuesta de formación temprana en investigación que sustenta la Universidad Nacional Autónoma de México en el campo de las ciencias genómicas. El estudio se centra en contestar la interrogante, ¿cuáles son las implicaciones curriculares de la puesta en práctica de un proceso de formación temprana en investigación en un campo científico? Se inscribe en la línea temática procesos de formación en investigación. Las nociones de currículum, socialización temprana en investigación y formación contribuyen a configurar el objeto de estudio. En términos metodológicos, la investigación recurre al enfoque etnosociológico, emplea entrevistas narrativas, observación en aula, entrevista grupal y análisis de documentos institucionales.

El contenido de este documento está organizado en seis capítulos y un apartado final, dedicado a las conclusiones. Los dos primeros capítulos reúnen información sobre el desarrollo y el impacto social de la genómica. En el capítulo siguiente se analiza la dinámica organizacional de la Universidad Nacional Autónoma de México a inicios del siglo XXI que favoreció la creación y operación de propuestas curriculares bajo un nuevo esquema de gestión. En el Capítulo 4 nos referimos a aspectos que otorgan identidad a la Licenciatura como el carácter selectivo del currículum, la secuencia e interdisciplinariedad en el diseño y tratamiento de los contenidos, por ejemplo.

En el capítulo 5 nos detenemos en los sujetos de la formación con el propósito de dilucidar ¿quiénes son los jóvenes que ingresan a esta Licenciatura? y ¿cuáles son los procesos que contribuyen a la configuración de su identidad estudiantil?

Por último, analizamos las prácticas pedagógicas en que se concreta la propuesta de formación e identificamos competencias que se desarrollan en el sujeto a propósito de la realización de esas prácticas.

## **Abstract**

In the present investigation there are analyzed academic and social aspects that set up the proposal for early training in research supported by the Universidad Nacional Autónoma de México in the field of genomic sciences. The study focuses on answering the question, what are the curricular implications of putting into practice an early training process in research in a scientific field. It is part of the thematic line research about training processes. The notions of curriculum, early socialization in research and training contribute to configure the object of study. In methodological terms, the research uses the ethnosociological approach, employs narrative interviews, classroom observation, group interviews, and analysis of institutional documents.

The content of this document is organized into six chapters and a final section dedicated to the conclusions. The first two chapters gather information on the development and social impact of genomic sciences. The following chapter analyzes the organizational dynamics of the Universidad Nacional Autónoma de México at the beginning of the 21st century, which allowed the creation and operation of curricular proposals under a new institutional management scheme. In Chapter 4 we refer to aspects that give identity to the career, such as the selective nature of the curriculum, the sequence and interdisciplinarity in the design and treatment of content, for example.

In chapter 5 we stop at the subjects of training with the purpose of elucidating who are the young people who enter this Bachelor's degree? And what are the processes that contribute to the configuration of their student identity?

Finally, we analyze the pedagogical practices in which the training proposal is specified and we identify the competencies that are developed in the subject in order to carry out these practices.

## Índice

	Página
<b>Introducción</b>	8
Planteamiento del problema	8
Nociones teóricas básicas	13
Enfoque metodológico	27
Trabajo de campo	32
Análisis de la información	37
<b>Capítulo 1. Las ciencias genómicas, un campo interdisciplinario en construcción</b>	41
1. Las ciencias genómicas en el nuevo paradigma de la biología	42
2. Los inicios de un campo: componentes y estructura del ADN	45
3. La era del ADN recombinante	50
4. El Proyecto Genoma Humano o la era genómica	52
5. Del ADN recombinante al ARN guía	55
6. Áreas estratégicas para la conformación del campo genómico en México	57
<b>Capítulo 2. Polémicas en torno a la aplicación del conocimiento genómico</b>	68
1. Campos de aplicación de la producción transgénica	71
2. Contenidos del debate en torno a los transgénicos	79
<b>Capítulo 3. Innovación curricular en la UNAM: nuevos dispositivos para la formación en licenciatura</b>	87
1. La experiencia señera de la LIBB en el ámbito de la formación temprana en investigación	88
2. Crisis, planes de modernización y reforma universitaria	92
3. Nuevas licenciaturas en la oferta académica de la UNAM. Periodo 2000-2016	96
4. Un dispositivo para la profesionalización temprana en investigación: La Licenciatura en Ciencias Genómicas	100
<b>Capítulo 4. Aspectos estructurantes del dispositivo de la LCG</b>	108
1. Selectividad	109
2. Secuencia e interdisciplinariedad	115
3. Contribución a la innovación y al desarrollo científico tecnológico	123
4. Formación en bioinformática: el sello distintivo de la Licenciatura	124
5. Flexibilidad curricular y movilidad de estudiantes	127

<b>Capítulo 5. Los estudiantes de la LCG, “todos queremos ser científicos”</b>	137
1. En la tradición de ‘los herederos’	139
2. Los primeros pasos: el interés por el conocimiento y el reconocimiento	142
3. Los otros en la construcción de una certeza vocacional	148
4. La búsqueda de la excelencia: una estrategia para ingresar a la LCG	152
<b>Capítulo 6. Dejándose atrapar por la investigación... De prácticas y disposiciones en la LCG</b>	155
1. Las prácticas, acción del sujeto sobre acciones de otros sujetos	156
1.1 Prácticas formales, buscando saberes	156
1.2 Prácticas informales, creando vínculos	182
2. Formando disposiciones para la vida científica	185
<b>Conclusiones</b>	195
<b>Bibliografía</b>	203
<b>Anexo</b>	220

## **Introducción**

### **Planteamiento del problema**

La formación de recursos humanos en el campo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (CTI) es una necesidad apremiante en nuestra sociedad. El país necesita de investigadores calificados que contribuyan a producir conocimiento para prever y solucionar problemas, para optimizar el uso de recursos, para generar valor agregado a los procesos productivos.

En la sociedad contemporánea, la producción de conocimiento científico y tecnológico corresponde a una función estratégica siempre asociada a las posibilidades de desarrollo económico y de bienestar de la población. La triada ciencia, tecnología e innovación puede producir una parte significativa del conocimiento que se requiere para atender las demandas de los entornos sociales y ecológicos en que se desarrolla la vida humana.

A nivel nacional nos encontramos ante la paradoja de un discurso político-institucional que, en un escenario poco favorable al desarrollo del campo, continúa exaltando su relevancia sin que se promuevan los cambios indispensables para mejorar sus condiciones de operación. El déficit proviene, en primer lugar, del bajo presupuesto asignado a las actividades del sector, tradicionalmente menos del 1 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB). En el año 2018, recibió el 0,5 por ciento del PIB, porcentaje equivalente a 138, 854 millones de pesos (CONACyT, 2019: 45).

Por otra parte, la escasez de investigadores resulta difícilmente superable en el largo plazo. Cabrero y Carreón (2020) al comparar el número de investigadores por cada 1,000 habitantes en la población económicamente activa de México con el promedio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), establecen para México un nivel de rezago sostenido; al respecto señalan,

Mientras que nuestro país ha oscilado entre 0.5 y 1, el promedio de la OCDE ha crecido de manera sostenida, pasando de poco más de 5 en 1994 a casi ocho en 2016. Esto indica que, en comparación con este grupo de países, nos hemos ido rezagando año con año.

Asimismo, el sistema educativo presenta magros resultados en la tarea de formar recursos humanos especializados. Como sabemos, esta tarea se realiza principalmente en el posgrado. Las especializaciones, maestrías y doctorados que conforman el nivel tienen la finalidad de desarrollar las habilidades y competencias necesarias para que sus egresados puedan desempeñarse y producir conocimiento en áreas específicas.



Pero, sin duda, una de las instituciones donde se construyen el interés y los conocimientos básicos sobre el mundo de la ciencia y la tecnología es la escuela básica. De acuerdo con Delval “uno de los pilares del trabajo escolar es establecer un conocimiento científico sobre la naturaleza y la sociedad” (Delval, 2013: 140).

En México, desde los primeros años de escolarización, se busca implementar un currículum que, en líneas generales, fomente el desarrollo de vocaciones y una sólida cultura científica en la población estudiantil. En los centros escolares inicia y se desarrolla un proceso de “alfabetización científica”, entendido no sólo como la apropiación de contenidos sino también como un acercamiento a la comprensión global del funcionamiento del mundo de la ciencia. Al respecto Delval sostiene que,

(...) además de adquirir una serie de conocimientos sobre los contenidos científicos, el individuo tiene que conocer también la forma de trabajar en la ciencia y cómo actúan los científicos. En realidad, saber cómo funciona la ciencia es lo más esencial para la indispensable “alfabetización científica”, pues los contenidos cambian con el desarrollo de la ciencia, y además son inabarcables en toda su extensión por un individuo normal. (Delval, 2013: 139)

En el centro de la alfabetización científica encontramos la tarea de desarrollar pensamiento científico, entendido éste como “una forma de trabajar, una actitud, un modo de abordar los problemas y no sólo una serie de ideas, de contenidos o de resultados a los que los hombres han llegado a lo largo de su historia” (Delval, 2013: 141). La “alfabetización científica” se constituye tempranamente en el punto de partida del largo proceso de formación de un investigador.

Sin embargo, investigaciones sobre educación básica (Razo, 2018; Candela, 2012) muestran las insuficiencias y aciertos en el diseño de los planes y programas de estudio en el área específica de ciencias, así como las dificultades en su implementación. En general, esos procesos de alfabetización científica obtienen resultados poco satisfactorios. Sobre esta situación, comparto el planteamiento de Guerra sobre el alcance de las últimas reformas curriculares en educación básica; al respecto plantea que,

Aún no se ha resuelto el dilema de ofrecer una educación científica básica que ofrezca conocimientos y habilidades generales o una formación especializada que sirva de antecedente a quienes optan por ésta como una opción vocacional. Aunque la contribución del estudio de las ciencias a la formación integral de los educandos se ha incorporado al discurso educativo, su concreción a nivel de propuestas didácticas formalmente expresadas en el currículo y reflejadas en la

selección de contenidos, su estructura, organización y secuenciación sigue siendo una tarea incompleta (Guerra, 2012: 83).

Una evidencia de la problemática del sistema la encontramos en el rendimiento que los alumnos de secundaria logran en el área de ciencias de la Prueba PISA. El informe del año 2018 vuelve a arrojar resultados poco favorables para los estudiantes mexicanos. Como en ocasiones anteriores, estos alcanzaron un puntaje bajo respecto del promedio OCDE en las tres áreas que evalúa la Prueba: lectura, matemáticas y ciencias. Sobre el desempeño en ciencias, la OCDE informa,

Alrededor del 53% de los estudiantes en México alcanzó el nivel 2 o superior en ciencias. Estos estudiantes pueden reconocer la explicación correcta para fenómenos científicos familiares y pueden usar dicho conocimiento para identificar, en casos simples, si una conclusión es válida en función de los datos proporcionados. Casi ningún estudiante demostró alta competencia en ciencias, alcanzando un nivel de competencia de 5 o 6. Estos estudiantes pueden aplicar de manera creativa y autónoma su conocimiento de la ciencia en una amplia variedad de situaciones, incluidas situaciones desconocidas. (OCDE, 2019: 4).

En Educación Media Superior, el panorama no es más alentador, aun cuando la última reforma curricular implementada en el nivel incluyó el aprendizaje de ciencias experimentales (biología, física, química y ecología), con base en un enfoque de desarrollo de competencias vinculadas principalmente con el análisis, la comprensión y aplicación de contenidos (RIEMS, 2008). Los investigadores que trabajan el nivel señalan que, en materia de enseñanza de la ciencia, predomina una metodología tradicional que prioriza la memorización en lugar del pensamiento crítico, la transmisión de contenidos informativos en lugar de la elaboración y análisis de preguntas sobre problemas del entorno y la lectura en lugar de la actividad experimental (Razo, 2018; Alvarado, 2014).

Por otra parte, los egresados de EMS manifiestan poco interés por cursar carreras del área científico-tecnológica. El porcentaje de jóvenes que ingresan a una licenciatura en el área de ciencias puede considerarse bajo en comparación con la demanda a carreras de otras áreas de conocimiento y con el ingreso a la misma área en otros países de la OCDE. En el informe correspondiente de esa Organización se da a conocer que “las ciencias naturales, matemáticas y estadística, junto con las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), muestran proporciones bajas de matriculados en México (3.1 por ciento y 1.9 por ciento, respectivamente), muy inferiores a los

promedios de la OCDE (6.5 por ciento y 4.6 por ciento, respectivamente)” (OCDE, 2019: 9).

Por lo señalado, no resulta extraño que el ingreso en el posgrado también sea menor en el área de ciencias. En el último diagnóstico sobre el nivel que publicó el Consejo Mexicano de Estudios de Posgrado (COMEPO), informó acerca de esta situación,

Las áreas de Humanidades - Ciencias de la Conducta y de las Ciencias Sociales acumulaban el 76% - 77% del total de ingreso de las generaciones consideradas en el estudio (...). Mientras que las áreas de Físico Matemáticas - Ciencias de la Tierra, Biología - Química, Biotecnología - Ciencias Agropecuarias y las Ingenierías representaban solamente el 15% del ingreso anual al posgrado. (Bonilla, 2015: 96).

Además, el COMEPO agrega otro dato interesante para pensar la formación de científicos en el país: aun cuando la función prioritaria del posgrado consiste en formar investigadores, el diagnóstico del Consejo señala que del total de programas de posgrado, el 77 por ciento son de tipo profesionalizante (8,123 programas), mientras que sólo el 23 por ciento restante corresponde a posgrados de investigación (2,435 programas) (Bonilla, 2015).

La formación de investigadores en el área científico-tecnológica es una tarea relevante. Ese largo proceso compromete a todo el sistema educativo. La actividad pedagógica de cada subsistema tiene un propósito formativo claramente definido, pero sin duda el establecimiento de relaciones sinérgicas entre la alfabetización científica, la formación temprana en investigación y la formación especializada en el área podrían optimizar esa tarea.

El estudio que presento en este documento se inscribe en la temática de formación de recursos humanos en el campo de las ciencias. De manera específica, analizo la experiencia de formación temprana de investigadores que se implementa en la Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG) que imparten el Centro de Ciencias Genómicas (CCG) y el Instituto de Biotecnología (IBt) en el campus Morelos de la UNAM.

La LCG se inscribe en un nuevo campo de conocimiento, las ciencias genómicas. Éstas surgen, en la última década del siglo XX, como campo interdisciplinario en el que confluyen conocimientos del campo de las ciencias biológicas y del área de las ciencias informáticas. Su objeto de estudio es el genoma de los organismos vivos. Weitzman (2018: 54) define al genoma como “el conjunto completo del material genético de un

organismo o de una célula”; y a la genómica como “el estudio del genoma de un organismo y se centra en su evolución, su función y su estructura.”

En este trabajo planteo que la implementación de un currículum centrado en la formación temprana de investigadores en el nivel licenciatura constituye una estrategia relevante para atender la formación de recursos humanos en el área de ciencias, pero un currículum orientado por ese propósito requiere de condiciones particulares de implementación.

Su puesta en escena puede resultar especialmente compleja, por ejemplo, si se consideran la finalidad profesionalizante del nivel licenciatura; los conocimientos, habilidades y aptitudes que construyen los jóvenes egresados de la EMS que ingresan al nivel; el contexto de crecimiento de la matrícula; el desplazamiento de tareas formativas de la EMS a los primeros años universitarios; y una gestión académico-administrativa centralizada en que la formación de licenciados está en manos de las facultades universitarias, entre otros aspectos.

Intentaré corroborar que este proceso educativo reúne características especiales que hacen imprescindible la convergencia de circunstancias institucionales: un estado particular de evolución del campo de conocimiento, la realización de prácticas pedagógicas específicas y la presencia de disposiciones determinadas en los sujetos involucrados en la experiencia.

Por lo anterior, el propósito de la investigación es analizar los aspectos académicos y sociales que configuran la propuesta de formación temprana en investigación que sustenta la UNAM en el campo de las ciencias genómicas, así como contestar la interrogante, *¿cuáles son las implicaciones curriculares de la puesta en práctica de un proceso de formación temprana en investigación en un campo científico?*

Como preguntas complementarias para orientar la indagación se plantean:

¿Cuáles son las relaciones que se establecen entre el dispositivo curricular y el contexto político-institucional de su elaboración e implementación?

¿Cuáles son y cómo se caracterizan las prácticas que configuran una propuesta de este tipo?

¿Cuáles son las disposiciones favorables al desarrollo de una identidad científica que los estudiantes construyen en las prácticas de la LCG?

En los siguientes apartados expongo las nociones teóricas centrales y el enfoque metodológico que orientan la investigación. Las primeras corresponden a formación y

formación temprana en investigación y a currículum. En el apartado sobre metodología hago referencia al enfoque metodológico, al trabajo de campo, a las técnicas de recolección de información y al análisis de la información.

### **Nociones teóricas básicas**

Los planteamientos teóricos que utilizamos en esta investigación operan, no como referencia obligada, sino como una perspectiva, como una atmósfera constructiva que ayuda a pensar lo cotidiano desde la sensibilidad que proporciona el referente. Las nociones teóricas de Gadamer, Ferry, Foucault y de otros autores que utilizamos en este trabajo cumplen esa función: ofrecer una posibilidad de lectura de situaciones que forman la cotidianidad de quienes trabajamos en la formación de sujetos en instituciones académicas. Estos constructos podemos utilizarlos como herramientas valiosas para intentar dilucidar qué está ocurriendo ahí, en esa práctica que transcurre en ese tiempo y en ese espacio.

### **Formación temprana en investigación**

En líneas generales, el currículum de la licenciatura está anclado en procesos de enseñanza y de aprendizaje que buscan la profesionalización de un campo de conocimiento. Tiene como finalidad la formación de sujetos con capacidad para prestar servicios a la sociedad dentro de una determinada área del saber, para ser parte de una comunidad profesional específica y para contribuir al desarrollo, mantenimiento y consolidación de un campo.

La investigación, como componente curricular, está presente en las propuestas educativas del nivel; su enseñanza se corresponde básicamente con dos modalidades de diseño curricular: una que privilegia la implementación de cursos sobre teoría y metodología de la investigación, y otra que considera la investigación como un contenido transversal del currículum. Mientras en una la investigación es considerada un contenido a transmitir, en la otra predomina el concepto de investigación como un contenido formativo que es necesario construir en la práctica (Sánchez, 2014).

En la primera, la enseñanza de la investigación se realiza mediante la impartición de cursos y talleres sobre metodología en alguno de los niveles, etapas o semestres que pueden estructurar el plan de estudios. A través de la apropiación y el ejercicio práctico de postulados teóricos y técnicas de recolección de información se espera que los estudiantes lleguen a producir conocimiento sobre determinados fenómenos o

problemáticas. El énfasis está en la transmisión de contenidos sobre investigación y, de manera más concreta, sobre metodología de la investigación (Sánchez, 2014).

En líneas generales, los contenidos aprendidos sobre investigación tendrán oportunidad de expresarse, hacia el final de la carrera, cuando el estudiante realice un ejercicio de investigación como requisito de titulación.

Cuando el componente investigación opera como un contenido transversal del currículum, la propuesta consiste en privilegiar el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico, reflexivo, creativo y crítico necesarias para generar y procesar información. La metodología de enseñanza está basada en la indagación. El espacio del curso expositivo es compartido por modalidades de trabajo que promueven una mayor interacción entre estudiantes y entre éstos y los profesores, por ejemplo, seminarios y talleres.

La interacción entre profesor y estudiante ocupa un papel central en la dinámica de formación. Sánchez (2014) identifica la existencia de diversas modalidades para enseñar a investigar, pero reconoce que “la comunicación directa y constante que se da en el taller entre el maestro y el aprendiz con ocasión de la transmisión de un oficio” ha mostrado dar los mejores resultados porque,

a investigar se aprende aliado de otro más experimentado; a investigar se enseña mostrando cómo; a investigar se aprende haciendo, es decir, imitando y repitiendo una y otra vez cada una de las complejas y delicadas labores de la generación de conocimiento; a investigar se enseña corrigiendo; se aprende viendo. (Sánchez, 2014: 14).

Los docentes asumen el rol de tutores y los estudiantes son considerados aprendices calificados que, en el ejercicio práctico, pueden desarrollar competencias para llevar a cabo tareas de investigación.

En el área de ciencias encontramos una tercera modalidad de enseñanza de la investigación en la licenciatura. Ésta incluye aspectos metodológicos de las otras propuestas, pero se caracteriza por promover una experiencia socializadora marcada por la inmersión del sujeto estudiante en una comunidad científica. Para justificar su implementación, continúan siendo válidas las consideraciones que, en los años setenta, llevaron a científicos del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM a crear la Licenciatura en Investigación Biomédica Básica (LIBB). Fortes y Lomnitz (2005), que documentaron ampliamente ese proceso, refieren sobre el particular lo siguiente,

Se consideró que las condiciones propias de México requerían una formación científica más temprana y más intensa, debido a las

deficiencias de la enseñanza media y a la necesidad de contrarrestar factores culturales y ambientales poco propicios a la vocación científica. Al mismo tiempo, esta estrategia facilitaría la labor educativa obviando la necesidad de combatir deformaciones introducidas por las escuelas profesionales, y permitiendo a los maestros trabajar con los alumnos menos cansados, más frescos, más entusiastas (Fortes y Lomnitz, 2005: 37).

En esta modalidad de enseñanza de la investigación se acentúa el saber práctico, el profesor asume el papel de guía que, de manera cercana y experiencial, ayuda al estudiante a apropiarse de formas de pensar y de hacer favorables al desarrollo de procesos de investigación. Se trabaja en grupos pequeños con estudiantes que manifiestan alto grado de interés y motivación por el quehacer científico.

Un componente clave de esta modalidad corresponde a la presencia de una comunidad académica que opera como espacio de socialización para los aprendices de investigador. Esta tribu académica actúa como referente identitario. Becher señala que, junto con las características estructurales que definen la disciplina, las comunidades científicas ejercen sobre los sujetos una fuerza integradora aún más poderosa a través de sus componentes explícitamente culturales,

tradiciones, costumbres y prácticas, el conocimiento transmitido, las creencias, los principios morales y normas de conducta, como también sus formas lingüísticas y simbólicas de comunicación y los significados que comparten. Ser admitido como miembro de un sector en particular de la profesión académica implica no sólo un nivel suficiente de competencia en el propio oficio intelectual, sino también una medida adecuada de lealtad al propio grupo colegiado y de adhesión a sus normas (Becher, 2001: 44).

Asimismo, la vida de estas tribus académicas abre a sus aprendices la posibilidad de entrar en interlocución con miembros de la comunidad global y su producción científica, y les proporciona entornos que cuentan con la infraestructura y los recursos suficientes para llevar a cabo su formación (laboratorios, espacios para el trabajo individual y colectivo, recursos didácticos...).

En resumen, cuando hablamos de formación temprana en investigación hacemos referencia a un proceso que trasciende la transmisión de contenidos para constituirse en una experiencia de socialización que forma en los sujetos estudiantes una identidad en torno a una comunidad académica, a una disciplina y a la producción de conocimientos en ese campo disciplinar. La investigación, más que un contenido de enseñanza, es el componente básico de un proceso de socialización amplio y complejo orientado a configurar una identidad científica, entendida como el producto de la relación dialéctica

entre el individuo como una realidad subjetiva y las estructuras y procesos sociales que conforman la sociedad.

Con el propósito de profundizar en la noción de formación temprana en investigación, entendida como un proceso amplio de socialización en un campo de conocimiento, en el siguiente apartado presentaré la noción de formación que orienta el presente estudio.

### **Formación, el trabajo del sujeto sobre sí mismo**

El sujeto de la formación, de acuerdo con Edgar Morin, reúne en sí rasgos contradictorios, complejos, que lo mantienen abierto a la posibilidad de cambio y transformación como movimiento del ser; dice el autor,

el hombre es racional (*sapiens*), loco (*demens*), productor, técnico, constructor, ansioso, gozador, extático, cantante, danzante, inestable, imaginante, fantasmante, neurótico, erótico, destructor, consciente, inconsciente, mágico, religioso. Todos esos rasgos se componen, se dispersan, se recomponen según los individuos, las sociedades, los momentos, aumentando la diversidad increíble de la humanidad... (Morin, 2006: 71).

En la presente investigación, la formación corresponde al trabajo que ese sujeto hace sobre sí mismo, relacionado con procesos de socialización y resocialización que tienen el propósito de favorecer su integración a una comunidad académica. Ferry (1990: 43) identifica esta noción con una tarea que cada sujeto decide realizar; decisión con la que expresa su voluntad de responsabilizarse de las formas, dimensiones y características que asuma esa experiencia vital.

Al respecto señala “formarse no puede ser más que un trabajo sobre sí mismo, libremente imaginado, deseado, perseguido, realizado a través de medios que se ofrecen o que uno mismo procura”. La noción de formación para este autor corresponde a un proceso individual orientado a desarrollar capacidades “de sentir, de actuar, de imaginar, de comprender, de aprender, de utilizar el cuerpo...”, esta tarea se lleva a cabo en el marco de dispositivos institucionales.

Para Gadamer (2007), la formación es simultáneamente proceso y resultado, en el entendido de que el resultado no es algo “terminado y olvidado” sino que continúa siendo parte del proceso, “en la formación alcanzada nada desaparece, sino que todo se guarda”, es decir, como resultado “surge del proceso interior de la formación y conformación y se encuentra por ello en un constante desarrollo y progresión”. De



acuerdo con Gadamer, la formación es un proceso inacabado en el cual el ser humano “no es sino lo que en su devenir va siendo”.

En la formación, los procesos de apropiación se expresan en formas de ser, de estar, de hacer que se traducen en “teoría incorporada, realizada”. Este es un proceso complejo que implica un dominio de la teoría y el desarrollo de la capacidad de traducirla en prácticas. Al respecto, Bourdieu señala que el aprendizaje del quehacer científico implica,

la adquisición de unas estructuras teóricas extremadamente complejas, capaces de ser formalizadas y formuladas, de manera matemática, especialmente, y que pueden adquirirse de forma acelerada gracias a la formalización. La dificultad de la iniciación en cualquier práctica científica (física cuántica o sociología) procede de que hay que realizar un doble esfuerzo para dominar el saber teóricamente, pero de tal manera que dicho saber pase realmente a las prácticas, en forma de oficio, de habilidad manual, de ‘ojo clínico’, etcétera, y no se quede en el estado de metadiscurso a propósito de las prácticas (Bourdieu, 2003: 78).

Si bien la formación corresponde a una tarea que el sujeto realiza sobre sí mismo, este trabajo siempre encuentra su sentido en un contexto de socialización más amplio. En el caso de la formación de los estudiantes de la LCG, las prácticas en las que participan adquieren sentido en relación con la dinámica de la institución y del campo de conocimiento en que se desarrollan. De acuerdo con Gadamer (2006), la comprensión de ese sentido es resultado de la interrelación entre las partes y el todo.

Foucault habla de este proceso, pero haciendo referencia a las técnicas que el sujeto emplea para conocerse a sí mismo, es decir, a las “tecnologías del yo”. Estas, en relación con otras tecnologías (de producción, de sistemas de signos, y de poder) pero especialmente con las tecnologías del poder, conllevan ciertas formas de aprendizaje y de modificación de los individuos “no sólo en el sentido más evidente de adquisición de ciertas habilidades, sino también en el sentido de la adquisición de ciertas actitudes” (Foucault, 2008: 48).

La interrelación de lo individual y lo social en la formación, tiene un carácter paradójico: en general, el propósito es promover la existencia de sujetos autónomos; pero, también supone la apropiación de sentidos y prácticas sociales, es decir, de un orden establecido que les dirija hacia la integración y la sujeción a un determinado grupo social. Al respecto Ferry (1990: 45) señala,

La formación, que implica un trabajo del ser humano sobre él mismo, sobre sus representaciones y sus conductas, viene a evocarse como

el advenimiento ineludible de un orden de cosas. No ya como una acción de la que convendría apropiarse, apropiándose además de sus objetivos, sus modalidades y los medios en función de las intenciones y los deseos, sino más bien como una ley natural que debe satisfacerse para lograr ser reconocido profesional y socialmente (Ferry, 1990: 45).

La formación de sujetos otorga sentido específico y sustento pedagógico al currículum. En el siguiente apartado presentamos brevemente la trayectoria polisémica del concepto para precisar en ese marco el significado foucaultiano de la noción de dispositivo que utilizamos para hacer referencia al currículum.

### **El currículum, un tejido relacional complejo**

El currículum es un elemento central en este estudio. En este apartado interesa identificar el carácter dinámico de su conceptualización, siempre atada al devenir socio-político, que conduce a distintas conceptualizaciones coexistentes en el campo. Asimismo, interesa presentar los elementos que se relacionan en la noción de currículum cuando esta es conceptualizada como dispositivo en el marco de la producción foucaultiana.

#### **a) La trayectoria de un concepto**

El campo curricular en México reúne una densa y variada experiencia de intervención práctica y producción teórica que puede organizarse en diversas etapas de desarrollo; en cada una identificamos una conceptualización particular del currículum.

De acuerdo con Kumar (2011) podemos establecer por lo menos tres etapas de producción en el campo. La primera inicia en la década de los setenta y tiene una fuerte influencia del enfoque técnico-conductual, impulsado por autores como Tyler, Taba y Bloom, entre otros. El currículum es reconocido por el predominio de una racionalidad instrumental que le otorga la condición de una herramienta técnico-administrativa de carácter prescriptivo.

Ese significado remite al proceso de selección y organización de contenidos, es decir, a la elaboración racional de un plan y sus correspondientes programas de estudios. En esta conceptualización del currículum como producto, Ruiz (2001: 21) señala que éste “adquiere un sentido prescriptivo y regulador cuya planeación se hace previamente a la enseñanza. Bajo esta forma de abordaje se enfatizan los aspectos meramente instrumentales y técnicos presentes durante la planeación curricular”. Así entendido, los términos plan de estudios y currículum son utilizados como sinónimos en el discurso educativo.

En contraposición, también en este periodo, surge la tendencia a identificar al currículum con aquello que efectivamente ocurre en los centros de enseñanza, es decir, con las prácticas que llevan a cabo estudiantes, docentes y administradores en el espacio institucional compartido.

En este contexto, los estudios sobre el currículum enfrentan la disyuntiva de mirar hacia lo prescrito o hacia lo efectivamente experimentado en los centros educativos. Stenhouse describe esa situación del siguiente modo,

Nos hallamos, al parecer, ante dos puntos de vista diferentes acerca del currículum. Por una parte, es considerado como una intención, un plan, o una prescripción, una idea acerca de lo que deseamos que sucediese en las escuelas. Por otra parte, se le conceptúa como el estado de cosas existentes en ellas, lo que de hecho sucede en las mismas. (Stenhouse, 1987: 27).

Mientras en la primera conceptualización el currículum refiere básicamente al plan de estudios, entendido como “la organización racional del estudio”, una noción más amplia pone el acento en la trayectoria, en el recorrido de formación, en el conjunto de prácticas de formación que el sujeto experimenta en una institución educativa.

El enfoque de desarrollo curricular que se consolida en este periodo intenta superar esa divergencia: promueve el estudio del currículum como un proceso en el que se interrelacionan la intención y la práctica, la idea y la realidad. Stenhouse señala que la característica central de este enfoque consiste precisamente en su “insistencia acerca de que las ideas deben ajustarse a la disciplina de la práctica y que ésta necesita hallarse arraigada en las ideas” (1987: 27). El concepto de currículum incluye el plan de estudios, pero lo trasciende y lo ubica como un organizador del quehacer institucional. (Furlán, 1998; Frigerio, 1992; Gimeno Sacristán, 1996; Stenhouse, 1987).

En esta línea de teorización, Remedi (2004: 25) refiere al currículum como ‘entrecruzamiento y expresión de prácticas’; prácticas portadoras de órdenes y significados distintos, pero complementarios en la construcción del fenómeno educativo. Remedi define la noción de currículum como,

Una relación compleja en que se articula la historia institucional y su concreción en la propuesta explícita de un plan; los mecanismos por los cuales los sujetos, de acuerdo con la cultura institucional lo reciben y lo reflexionan, cruzados por sus trayectorias académicas y personales y, en última instancia, el deslizamiento concreto de esas prácticas que reestructura y muestra un conjunto de interacciones en la enunciación de un proyecto (Remedi, 2004: 25).

El currículum es producido en el interjuego de aspectos de la historia y la cultura institucional, de las trayectorias personales y académicas de los sujetos y de una propuesta de formación que se explicita en un plan. Asimismo, en la definición se identifica la presencia de la idea de currículum prescrito y currículum apropiado o resignificado por los sujetos.

La segunda etapa corresponde al movimiento de reconceptualización y comprensión del currículum que con base en la teoría crítica propone una mirada sociopolítica de los procesos educativos e incorpora planteamientos teóricos provenientes de otros campos de conocimiento al estudio de fenómenos curriculares. Este conjunto ecléctico de abordajes teóricos y metodológicos está guiado por el interés de entender cómo se configuran las dinámicas y los procesos curriculares.

De acuerdo con Pinar (2014), esta etapa se caracteriza “por un esfuerzo académico multidiscursivo para comprender el currículum” que reúne ideas y enfoques teóricos diversos, como el existencialismo, la fenomenología crítica, el constructivismo, el marxismo, el abordaje institucional, el autobiográfico/biográfico, la teoría psicoanalítica y la crítica artística y literaria (García Garduño, 2014; Kumar, 2011; Lawn y Barton, 1989).

Pinar (1989) plantea que para este movimiento la educación es un fenómeno político, apartándose de la idea del currículum como un asunto meramente técnico, de apoyo administrativo o relacionado con la acumulación de información sobre el proceso educativo. La reconceptualización pone el acento en el estudio crítico de las condiciones internas y externas en que se desarrolla la educación y en su carácter emancipador. Pinar señala que,

Un reconceptualista tiende a considerar la investigación como un acto inevitablemente político, tanto como intelectual, y como tal trabaja con el fin de suprimir o liberar no sólo a los que llevan la investigación o a los que se dirige la investigación sino a los que están fuera de la subcultura académica. (...) Lo que es necesario es una reconceptualización de lo que es el currículum, de cómo funciona, y de cómo podría funcionar de manera emancipatoria. (Pinar, 1989: 236-237).

Del debate sobre teoría curricular, Pinar (2014) sostiene que éste incluye aspectos que tradicionalmente se han abordado en el campo, pero no se limita a ellos. El currículum, dice el autor, es ahora ‘un concepto altamente simbólico’ y, por tanto, es también ‘una conversación extraordinariamente compleja’.

Por último, mientras Kumar (2011) denomina la tercera etapa del desarrollo del currículum como ‘la etapa neoliberal’, caracterizada por un discurso educativo que

resalta aspectos como la calidad, la eficiencia, la innovación, la excelencia, el desarrollo de competencias, la flexibilidad y la tutoría, otros autores refieren a la gestación de otro movimiento conocido como internacionalización del currículum (Pinar, 2014; Gimeno Sacristán, 1996). Este movimiento adquiere mayor fuerza en las últimas décadas y, citando a Pinar, “promueve una profunda comprensión de lo local y lo individual a través del encuentro con lo global y lo colectivo” (2014: 107).

## **b) El currículum como dispositivo**

En este campo de conocimiento, en el que encontramos enfoques teóricos y metodológicos diversos, proponemos estudiar el currículum como un dispositivo en el que interactúan y se entretajan relaciones entre poder, saber y subjetivación (Foucault, 2003).

Pensar un fenómeno como el currículum desde la lógica del dispositivo implica abordar su estudio como un fenómeno abierto, complejo, procesual, configurado por la red que tejen las interacciones que produce y en las que es producido.

La noción de dispositivo proviene de la producción discursiva de Foucault. La utiliza para analizar fenómenos como el castigo, la disciplina, la prisión y la escuela. La noción corresponde a un instrumento teórico metodológico que abre la posibilidad de analizar comprensivamente cuáles y cómo son las estrategias y elementos que utiliza el sujeto para crearse, vincularse y relacionarse con otros semejantes, con otros objetos y con las instituciones que los producen y regulan (Foucault, 2003). Foucault no elaboró una extensa conceptualización del término. Cuando se refirió a él con el propósito de definirlo puntualizó que era,

Un conjunto heterogéneo, que comprende discursos, instituciones, instalaciones arquitectónicas, decisiones reglamentarias, leyes, medidas administrativas, enunciados científicos, proposiciones filosóficas, morales, filantrópicas; los elementos que lo componen pertenecen tanto a lo dicho como a lo no dicho, a lo explícito y a lo implícito de un fenómeno. (...) Una red de saber/poder en la que se inscriben las instituciones, donde se procesan tanto las prácticas discursivas como no-discursivas. (Foucault, 1985: 128).

En el dispositivo foucaultiano siempre está presente el interjuego entre sus componentes que llevan a cambios de posición, de intensidad en las interacciones, al movimiento permanente y al condicionamiento mutuo.

En el análisis que Foucault realiza de dispositivos concretos queda en evidencia la interacción y mutua dependencia entre saber y poder; éstos son interdependientes; se necesitan para producirse y producir el dispositivo.

Asimismo, estos juegos de poder-saber se inscriben en la cotidianeidad de la historia, corresponden a una formación temporal y espacialmente situada. Esto nos obliga a reconocer su historicidad, es decir, a identificar las circunstancias, las necesidades sociales específicas que le otorgan significado. El dispositivo posee una funcionalidad que otorga a su operación un carácter estratégico, funciona en un determinado contexto de acuerdo con ciertos procedimientos con la intención de producir un efecto.

Para Foucault, 'el dispositivo es un modelo productivo de funcionamiento del poder' (Foucault, 2003) que actúa sobre los cuerpos de los individuos para determinar su conducta y someterlo a ciertos fines. En definitiva, es una objetivación del sujeto que se traduce en prácticas (Foucault, 2008). El dispositivo adquiere cada vez menos visibilidad en la medida que se incorpora en las prácticas de los sujetos. Al respecto, el autor señala,

El que está sometido a un campo de visibilidad, y que lo sabe, reproduce por su cuenta las coacciones del poder; las hace jugar espontáneamente sobre sí mismo; inscribe en sí mismo la relación de poder en la cual juega simultáneamente los dos papeles; se convierte en el principio de su propio sometimiento. Por ello; el poder externo puede aligerar su peso físico; tiende a lo incorpóreo; y cuanto más se acerca a ese límite, más constantes, profundos, adquiridos de una vez para siempre e incesantemente prolongados serán sus efectos: perpetua victoria que evita todo enfrentamiento físico y que siempre se juega de antemano (Foucault, 2003: 206).

La fuerza coercitiva del dispositivo no necesariamente nos pone ante la presencia de un individuo enajenado; el carácter productivo de ejercicio del poder abre la posibilidad de la constitución de un sujeto consciente del poder y la fuerza socializadora del dispositivo y con capacidad para utilizarlo en el marco de sus posibilidades de elección y de acción. Foucault, precisamente, invita a mirar esa dimensión constructiva del poder al plantear,

Hay que cesar de describir los efectos de poder en términos negativos: 'excluye', 'reprime', 'rechaza', 'censura', 'abstrae', 'disimula', 'oculta'. De hecho, el poder produce; produce realidad; produce ámbitos de objetos y rituales de verdad. El individuo y el conocimiento que de él se pueden obtener corresponden a esta producción (Foucault, 2003: 198).

En el pensamiento foucaultiano el poder no se manifiesta sólo en el establecimiento de relaciones jerárquicas Estado-sujeto sino que adquiere presencia en las relaciones de poder que el sujeto establece en su vida cotidiana. El poder es una fuerza que incluye al Estado, pero lo trasciende para hacerse más fino y más difícil de asir. Foucault señala que:

El poder en su ejercicio va mucho más lejos, pasa por canales mucho más finos, es mucho más ambiguo, porque cada uno es en el fondo titular de un cierto poder y, en esa medida, vehicula el poder. El poder no tiene como única función reproducir las relaciones de producción. Las redes de la dominación y los circuitos de la explotación se interfieren, se superponen y se refuerzan, pero no coinciden. (Foucault, 1992: 119).

Nos quedamos con la idea básica de que el poder corresponde a una acción; como señala Foucault (2008) “no es una posesión, una sustancia o un atributo misterioso”, sino es un ejercicio de individuos sobre otros individuos con la intención de determinar su conducta. Textualmente, el autor señala,

Es un conjunto de acciones sobre acciones posibles; opera sobre el campo de posibilidad o se inscribe en el comportamiento de los sujetos actuantes: incita, induce, seduce, facilita o dificulta; amplía o limita, vuelve más o menos probable; de manera extrema, constriñe o prohíbe de modo absoluto; con todo, siempre es una manera de actuar sobre un sujeto actuante o sobre sujetos actuantes, en tanto que actúan o son susceptibles de actuar. Un conjunto de acciones sobre otras acciones. (Foucault, 1988: 15).

El poder, en la producción foucaultiana, opera en el marco de relaciones entre sujetos con capacidad de acción, es decir, estas relaciones de poder acontecen entre sujetos libres o que disponen de la libertad necesaria para involucrarse en un ejercicio positivo de las relaciones de poder. Al respecto, el autor expresa,

Y es preciso subrayar que no pueden existir relaciones de poder más que en la medida en que los sujetos sean libres. Si uno de los dos estuviese completamente a disposición del otro y se convirtiese en una cosa suya, en un objeto sobre el que se puede ejercer una violencia infinita e ilimitada, no existirían relaciones de poder (...) si existen relaciones de poder a través de todo el campo social es porque existen posibilidades de libertad en todas partes. (Foucault, 1994: 111).

Considerar la existencia de sujetos libres como condición para el ejercicio del poder nos remite a la dimensión positiva, creadora y transformadora de las relaciones de poder. El poder no se objetiva sólo en acciones de represión y de imposición reproductoras de un sistema, sino en el establecimiento de relaciones entre sujetos con

capacidad de resistencia como manifestación de ejercicio del poder. Es precisamente esta capacidad productora de poder la que involucra a los sujetos en juegos, en relaciones de poder. Al respecto Foucault afirma,

Cuando se definen los efectos del poder por la represión se da una concepción puramente jurídica del poder; se identifica el poder a una ley que dice no; se privilegiaría sobre todo la fuerza de la prohibición. Ahora bien, pienso que esta es una concepción negativa, estrecha, esquelética del poder que ha sido curiosamente compartida. Si el poder no fuera más que represivo, si no hiciera nunca otra cosa que decir no, ¿pensáis realmente que se le obedecería? Lo que hace que el poder agarre, que se le acepte, es simplemente que no pesa solamente como una fuerza que dice no, sino que de hecho la atraviesa, produce cosas, induce placer, forma saber, produce discursos; es preciso considerarlo como una red productiva que atraviesa todo el cuerpo social más que como una instancia negativa que tiene como función reprimir. (Foucault, 1991: 182)

En la misma visión del autor, "...el poder no es el mal, son juegos estratégicos en que unos buscan ejercer poder sobre otros" (Foucault, 1994: 138); estos juegos se acentúan en función de los niveles de libertad de los sujetos, a mayor libertad hay mayor interés por regular al otro.

Las relaciones de poder tienen como contexto de realización los espacios donde se desarrollan relaciones humanas. Al igual que estas últimas, pueden encontrarse en distintas situaciones y asumir diversas formas; se caracterizan precisamente por tener un carácter inestable, por no estar determinadas indefinidamente, porque pueden cambiar y producir transformaciones (Foucault, 1994).

El poder como acción, en que está en juego la libertad de los sujetos, franquea los planteamientos teóricos que ven en lo educativo sólo sistemas de imposición y reproducción. La perspectiva foucaultiana contempla lindes de movimiento y acción para la expresión creativa y original de los sujetos que construyen prácticas entre el control y la libertad.

Por otra parte, el saber como conjunto de conocimientos y verdades establecidas no aparece en la escena social como una entidad neutra, abstracta, libre de intereses y condicionamientos. Necesita relacionarse con el poder para poder ser, para adquirir una manifestación concreta. En esta reflexión, Palazzo (2014) afirma que al mostrar la estrecha relación existente entre poder y saber, Foucault cancela la posibilidad de ubicar a este último en una posible posición de neutralidad epistémica.



El autor identifica el saber como una práctica discursiva que no necesariamente llega a producir conocimiento científico, pero que cumple el propósito de ofrecer a los sujetos el espacio para construir una posición desde la cual hablar y elaborar enunciados sobre un objeto. El saber expresado en el ámbito de las prácticas permite producir y manifestar lo producido mediante un discurso. Para Foucault el saber corresponde a,

un conjunto de elementos formados de manera regular por una práctica discursiva y que son indispensables a la constitución de una ciencia, aunque no estén necesariamente destinados a darle lugar (...) es también el espacio en el que el sujeto puede tomar posición para hablar de los objetos de que se trata en su discurso (...) es también el campo de coordinación y de subordinación de los enunciados en que los conceptos aparecen, se definen, se aplican y se transforman (...) en fin, un saber se define por posibilidades de utilización y de apropiación ofrecidas por el discurso (...). Existen saberes que son independientes de las ciencias (que no son ni su esbozo histórico ni su reverso vivido), pero no existe saber sin una práctica discursiva definida; y toda práctica discursiva puede definirse por el saber que forma. (Foucault, 1991: 306-307).

Las prácticas discursivas que identificamos en la LCG se construyen sobre el conjunto de antecedentes históricos e ideas pedagógicas y sobre el conjunto de saberes que, habiendo alcanzado el estatus de conocimiento científico, estructuran el discurso de verdad que fundamenta la tarea profesionalizante de la Licenciatura.

El tercer elemento presente en el dispositivo corresponde a la subjetivación, entendida esta como el conjunto de prácticas de objetivación que conducen al ser humano a transformarse en sujeto. Para Foucault, el ser humano muda a sujeto sólo cuando puede objetivarse y constituirse en objeto para sí. Este proceso, centrado en la relación que establecemos con el sí mismo, implica el uso de una serie de técnicas, de tecnologías del yo, que favorecen el hecho de que nos constituyamos en sujetos de nuestra propia existencia. El autor señala que estas tecnologías del yo permiten,

a los individuos efectuar, por cuenta propia o con la ayuda de otros, cierto número de operaciones sobre su cuerpo y su alma, pensamientos, conductas, o cualquier forma de ser, obteniendo así una transformación de sí mismos con el fin de alcanzar cierto estado de felicidad, pureza, sabiduría o inmortalidad (Foucault, 2008: 48)

Pero esta transformación no se produce sino en el contexto de las relaciones poder-saber que generan al dispositivo. El sujeto para Foucault está en continua transformación como consecuencia de las condicionantes históricas en que se desenvuelve y del trabajo que realiza sobre sí mismo. Sobre este asunto, comenta,

Pues mi hipótesis es que el individuo no es lo dado sobre el que se ejerce y se aferra el poder. El individuo con sus características, su identidad, en su hilvanado consigo mismo, es el producto de una relación de poder que se ejerce sobre los cuerpos, las multiplicidades, los movimientos, los deseos, las fuerzas. (Foucault, 1992: 120).

Foucault asigna a la noción de sujeto por lo menos dos significados: “sujeto sometido a otro a través del control y la dependencia, y sujeto atado a su propia identidad por la conciencia o el conocimiento de sí mismo” (Foucault, 1988: 7). Aunque en ambos casos refiere al paso del individuo a una forma de sujeción construida socialmente, en la primera alude al sometimiento a otros, mientras que en la segunda los lazos de sujeción son buscados, aceptados e incorporados como parte sustantiva de la identidad, del sí mismo. El sujeto dice Foucault “es aquel que se sirve de medios para hacer cualquier cosa que sea” que lo lleve a convertirse en algo que no es y que nunca ha sido (Foucault, 1994: 47).

El sujeto es una forma en movimiento que se construye en el juego de las prácticas. En coincidencia con la idea de Gadamer, dice Foucault, el sujeto “es una forma, y esta forma no es sobre todo ni siempre idéntica a sí misma (...) Existen, sin duda, relaciones e interferencias entre estas diferentes formas de sujeto, pero no estamos ante el mismo tipo de sujeto. En cada caso, se juegan, se establecen respecto a uno mismo formas de relaciones diferentes” (Foucault, 1994: 123).

La pregunta sobre el sujeto remite necesariamente al ámbito de las prácticas porque es en ese espacio donde tiene lugar su configuración identitaria; de ahí el interés, desde el campo educativo, por detenernos en su estudio e intentar contestar la pregunta, ¿qué tipo de prácticas favorecen la configuración de qué tipo de sujetos? De acuerdo con Foucault, la pregunta sobre las prácticas es siempre una pregunta sobre el sujeto.

Ante la propuesta foucaultiana de pensar y analizar los fenómenos sociales desde la lógica de funcionamiento de un dispositivo, planteamos la pregunta ¿por qué usar esta noción en el campo curricular?, ¿cuáles pueden ser sus aportes al campo?

En primer lugar, podemos señalar que en el dispositivo se producen formas de subjetivación y transformación del sujeto como resultado de su interacción con el propio dispositivo y en la interacción de éste con la sociedad. Según Foucault, los individuos son producidos por un dispositivo, éste los constituye en sujetos al inscribir en sus cuerpos una forma de ser, entendida como un conjunto de prácticas, de saberes que administran, controlan, orientan y dan sentido a sus comportamientos, gestos y pensamientos.

El dispositivo curricular entendido como dispositivo pedagógico, de acuerdo con Larrosa (1995: 291), proporciona un lugar y unos mecanismos “orientados a la constitución o a la transformación de la manera en que la gente se describe, se narra, se juzga o se controla a sí misma (...). Y, básicamente, aquellos en los que aprende (o transforma) determinadas maneras de observarse, juzgarse, narrarse o dominarse”.

Por otra parte, el dispositivo es un instrumento con capacidad para producir espacios de prácticas discursivas o no-discursivas. Dice Óscar Moro, “el dispositivo nos envía a terrenos, como la sexualidad, entendidos como campos de experiencia donde poder y saber, discursos y prácticas, poder-represión y poder-incitación, verdad y ética se constituyen en ‘dominios complejos’” (2003: 12).

La noción de dispositivo aplicada al currículum nos permite estudiar este instrumento propio del campo educativo, a) como una propuesta de formación que se expresa formalmente en propósitos, contenidos, metodologías y formas de evaluación, b) en prácticas c) en procedimientos y, d) que está inscrito en una dinámica social que incluye a los sujetos y sus interacciones con el decurso institucional y el contexto sociopolítico de su realización.

Para Foucault, saber y poder constituyen los polos de una relación generadora de prácticas; como señala en *Vigilar y castigar*,

Hay que admitir más bien que el poder produce saber (y no simplemente favoreciéndolo porque lo sirva o aplicándolo porque sea útil); que poder y saber se implican directamente el uno al otro; que no existe relación de poder sin la constitución correlativa de un campo de saber, ni saber que no suponga y no constituya al mismo tiempo unas relaciones de poder. (Foucault, 2003: 34).

En ese entramado opera la transformación del individuo en un sujeto constituido por un conjunto de capacidades-disposiciones, es decir, de conductas subjetivamente aprendidas orientadas a su normalización e integración a un determinado cuerpo social, sea este un grupo, colectivo, institución o campo disciplinar.

### **Enfoque metodológico**

En la formulación de este proyecto de investigación intervienen motivaciones personales y colectivas relacionadas con el estudio del currículum y las trayectorias de formación de investigadores en el campo científico. Sobre la configuración de este interés personal y sus vínculos colectivos haré mención en los siguientes párrafos para luego referirme a cuestiones metodológicas implicadas en el desarrollo de esta investigación, el enfoque

metodológico, las técnicas comprometidas en su operación, la realización del trabajo de campo y el análisis de los datos recabados.

En cuanto a mi experiencia en asuntos cercanos al currículum puedo señalar que el trabajo realizado en distintos espacios institucionales me vinculó con el diseño e implementación de propuestas curriculares. De acuerdo con su lógica de funcionamiento, en cada espacio encontré evidencias de la complejidad del campo. Por ejemplo, en mi participación en equipos responsables de diseñar y dar seguimiento a propuestas académicas para la actualización de maestros y para la formación de estudiantes de licenciatura, constaté, entre otros aspectos, la importancia del currículum como un dispositivo en el que decanta una propuesta política-ideológica con trascendencia social. En el ejercicio de la docencia en licenciatura y posgrado experimenté el conjunto de posibilidades que puede abrir una propuesta curricular, pero también cómo las dinámicas de gestión institucional y las trayectorias de los sujetos van marcando las condiciones de posibilidad de su implementación.

Pero mi relación con el campo del currículum está mediada por el encuentro con el Dr. Eduardo Remedi Allione en la Maestría en Investigaciones Educativas del Departamento de Investigaciones Educativas. En su trayectoria de investigador, el currículum fue uno de los objetos que concentró su producción académica. La experiencia teórico-práctica acumulada en ese campo fue uno de los tantos conocimientos que generosamente compartió con sus estudiantes en seminarios de teoría curricular, de sujetos e instituciones y en la asesoría de investigaciones.

Como estudiante, tuve oportunidad de asistir a más de uno de esos seminarios, de conocer sus eruditas reflexiones sobre el quehacer en el campo y sus abundantes y acertadas recomendaciones de lecturas que incluían temas de teoría curricular, trayectorias académicas, vida institucional, sociología de la educación, psicoanálisis y, por supuesto, literatura; como su ayudante de investigación pude aprender de su particular estrategia de intervención curricular al observar su trabajo en la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Años más tarde, nos volvimos a encontrar en su Seminario de Investigación *Vida institucional y trayectorias académicas*. Con la generosidad de siempre, me abrió las puertas de ese espacio centrado principalmente en el análisis y seguimiento de investigaciones en curso. El Seminario funcionaba como una clínica en la que se exponían proyectos y avances de investigación. Uno de los temas que incluía el Seminario era precisamente currículum; la atención estaba centrada en el estudio del

currículum de licenciatura en el área de ciencias. En este tema estaban involucrados especialmente Fernando Lara Gallardo y José Roberto Barrón Venegas quienes estudiaban el currículum de la Licenciatura en Biología Experimental de la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa. A ese esfuerzo temático se sumó la investigación sobre la Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG) y el trabajo de campo que, en ese periodo, realicé en la Licenciatura en Ciencias Agrogenómicas (LCA) que imparte la UNAM en la Unidad León, estado de Guanajuato.

Ese interés colectivo deriva del estudio de trayectorias científicas en que la licenciatura aparece como el espacio en que los sujetos aprenden conocimientos disciplinarios básicos para hacer investigación y encuentran bases identitarias para integrarse a una comunidad académica (Montiel, 2014; Fortes y Lomnitz, 2005). Las preguntas sobre ¿cómo se llevan a cabo los procesos de formación temprana en investigación?, ¿qué tipo de recursos moviliza?, ¿cuáles son las tensiones y las presiones que les dan origen y acompañan su desarrollo? organizaban el diálogo y la reflexión.

En la investigación de Araceli Montiel sobre trayectorias de académicas destacadas, realizada en el marco del Seminario, la autora señala que el tránsito por la licenciatura significó para las científicas entrevistadas “un espacio material y simbólico que marcó la oportunidad de apropiarse de un capital científico producto de un cruce de trayectorias entrelazadas de lo institucional, de prácticas, de saberes y de científicos posicionados como polos de saber.” (2014: 49). En la narrativa de las investigadoras, la licenciatura aparece como un momento significativo en sus trayectorias de formación; en ese espacio encontraron el capital acumulado en las instituciones y en los sujetos que configuró un punto de partida en sus trayectorias científicas.

De mi experiencia en el campo recupero algunas ideas básicas para este proyecto. En primer lugar, la necesidad de pensar el currículum como la interacción de voluntades políticas, proyectos académicos y experiencias sociales. Por otra parte, la importancia de identificar que la finalidad última del currículum se inscribe en el ámbito de la formación de los sujetos, es decir, en la promoción de experiencias que contribuyan a que el individuo haga suya la tarea de formarse como sujeto siempre en interacción con otros. En tercer lugar, la certeza de que las prescripciones curriculares sólo adquieren pleno sentido y realidad en el proceso de apropiación que llevan a cabo los sujetos del currículum, profesores y estudiantes. Ese nivel de apropiación se expresa en las prácticas cotidianas que ocurren en los centros educativos, y que de acuerdo con

Bourdieu, corresponden al “ámbito de la dialéctica del *opus operatum* y del *modus operandi*, de los productos objetivados y de los productos incorporados de la práctica histórica, de las estructuras y de los habitus” (Bourdieu, 2009: 86), es decir, al espacio donde se encuentran relacionamente la norma y la aplicación de la norma, el constructo objetivo y su apropiación subjetiva.

### **Perspectiva etnosociológica**

La presente investigación se inscribe en el paradigma de investigación cualitativa que, de acuerdo con Della Porta (2013: 39), tiene la intencionalidad de “conocer los hechos, desvelando los significados que los seres humanos atribuyen a su conducta y al mundo exterior.” Entre las distintas corrientes, enfoques y perspectivas teórico-metodológicas que forman parte de la tradición cualitativa encontramos la propuesta etnosociológica de Daniel Bertaux.

En líneas generales, la etnosociología persigue comprender la particularidad y complejidad del funcionamiento de un objeto social, analizar los procesos y mecanismos que estructuran su acción, reconociendo su historicidad y pertenencia a un contexto social que lo trasciende (Bertaux, 2005).

De esa perspectiva retomamos su principal recurso metodológico, el relato de vida. Bertaux lo define como un “relato de prácticas en situación”, es decir, una narración que acerca al investigador a la posibilidad de comprender las modalidades de configuración, funcionamiento y transformación de una parte, de un fragmento de la realidad socio-histórica. El relato de vida, en la perspectiva etnosociológica, no es la historia que recoge una narración de autobiografía desplegada en el tiempo, sino la narración focalizada en un “mundo social” particular en el que se desarrolla una actividad específica o una “categoría de situación” que congrega y define socialmente a los sujetos de investigación.

De acuerdo con Bertaux, el conocimiento de las lógicas de funcionamiento de una situación (microcosmos) tendría que proporcionarnos datos suficientes como para derivar las modalidades de operación de otras situaciones similares. En esta línea, el autor formula la principal hipótesis de la etnosociología; sobre el particular sostiene que,

(...) las lógicas que rigen el conjunto de un mundo social o mesocosmos se dan igualmente en cada uno de los microcosmos que lo componen: observando con atención uno solo, o mejor varios de estos microcosmos, y por poco que se logre identificar las lógicas de acción, los mecanismos sociales, los procesos de reproducción y de

transformación, se deberían poder captar al menos algunas de las lógicas sociales del mesocosmos mismo. (Bertaux, 2005: 18).

El relato de vida o, de manera más precisa en nuestro caso, el relato de prácticas se construye a partir de la información que recopilamos mediante el uso de la entrevista narrativa. Este tipo de entrevista se relaciona con la entrevista no estructurada, propia del paradigma cualitativo; se caracteriza por presentar preguntas abiertas con la intención de que sean respondidas en profundidad.

Chase (2015: 60) señala que en el contexto de la investigación narrativa, el término narración que confiere un carácter particular a la entrevista, tiene al menos tres acepciones,

- a) Una historia corta con un tópico determinado sobre un acontecimiento particular y personajes específicos, como el encuentro con un amigo, jefe o doctor;
- b) una historia extensa acerca de un aspecto significativo de nuestra vida, como la escuela, el trabajo, el casamiento, el divorcio, la maternidad, una enfermedad, un trauma o la participación en una guerra o en un movimiento social, o
- c) una narrativa completa de nuestra vida desde el nacimiento hasta el presente.

En esta investigación, la entrevista se centró en la segunda acepción de narración en la que se busca la producción de un discurso sobre aspectos significativos de la vida de los sujetos, en nuestro caso, la trayectoria escolar y la experiencia de formación en el nivel licenciatura.

Asimismo, Chase (2015) presenta cinco enfoques analíticos de este recurso metodológico que a continuación recuperamos no como enfoques, sino como características que contribuyen a otorgar particularidad a la técnica. En una entrevista narrativa el narrador describe sucesos, expresa emociones, pensamientos e interpretaciones; el entrevistado o narrador se convierte en el protagonista de la acción ya sea como participante o como observador de un hecho; el narrador se convierte en el creador de una historia que posee un contenido, una modalidad de expresión y un lugar social de emisión que le otorga especificidad. A medida que el entrevistador extrae significado de los materiales que analiza, va desarrollando su propia voz narrativa con base en las voces y realidades de otros.

Esta modalidad de entrevista ha adquirido relevancia en el campo de las ciencias sociales hasta llegar a ser el elemento central de un tipo de investigación, la investigación narrativa. De acuerdo con Chase (2015: 59) esa propuesta de investigación “puede caracterizarse como una amalgama de enfoques analíticos interdisciplinarios, diversas

perspectivas disciplinarias y métodos tanto tradicionales como innovadores, todos girando en torno a detalles biográficos tal como los narran quienes los viven.”

También favoreció la realización de la presente investigación la puesta en acción de las funciones exploratoria y analítica, incluidas en esta perspectiva metodológica. La primera inicia con el trabajo de campo y permite identificar las líneas fuerza y los temas a trabajar. Mientras que mediante el ejercicio de la función analítica se buscó identificar datos recurrentes, complementarios, discordantes y contradictorios en el material de campo.

El uso de la entrevista narrativa no limita la utilización de otras técnicas de recolección de datos; de manera que durante la investigación también se utilizó la observación, entrevistas grupales y análisis de fuentes documentales. A ellas nos referiremos en el siguiente apartado en el que presentamos las actividades de recolección de información y a los sujetos de investigación.

### **Trabajo de campo**

En esta etapa de trabajo, procuré establecer contacto y vínculos sociales con los sujetos de investigación en los espacios institucionales en los que desarrollaban sus prácticas (en el salón de clase y en los lugares de descanso).

Las actividades de recolección de información en campo las realicé en el Centro de Ciencias Genómicas (CCG) del campus Morelos de la UNAM, ubicado en la ciudad de Cuernavaca; allí donde se imparte la Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG), en un edificio construido ex profeso para actividades de docencia.

Recabé información mediante el uso de las técnicas de observación del trabajo en el salón de clases, entrevista en grupo y entrevista narrativa. La puesta en escena de esas técnicas ocurrió precisamente en el orden en que están planteadas; la decisión de hacerlo de ese modo obedeció al interés de promover un ingreso al campo que favoreciera una paulatina y buena relación con los estudiantes. Asimismo, pensaba que la información recogida en el aula constituía un excelente punto de partida para las entrevistas grupales y narrativas.

El acceso al lugar y a las actividades de la Licenciatura lo facilitaron investigadores que realizan actividades de docencia en la LCG. Sin necesidad de llevar a cabo trámites formales que implicaran solicitar autorizaciones, mostrar credenciales y anteproyectos, les interesó la idea y, generosamente, accedieron a que asistiera a sus clases, los entrevistara a ellos y platicara con los estudiantes.



### *Observación en aula*

Las observaciones las realicé en las materias de Biología Celular, Genómica Evolutiva y Bioética durante el primer y segundo semestres del año escolar 2015. La primera asignatura está incluida en el Nivel Básico y las otras dos forman parte del Nivel Avanzado del plan de estudios de la LCG. Las clases se impartían los días lunes o miércoles en horario matutino (9:00 a 13:00 horas) lo que hizo necesario mi traslado desde Ciudad de México a Cuernavaca la noche anterior o que viajara de madrugada para estar al inicio de la clase. La selección de materias obedeció a razones prácticas, los profesores me permitieron observar sus clases y las materias se impartían en un horario compatible con las actividades laborales que realizo en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Durante las observaciones hice grabaciones de audio, tomé notas y elaboré diagramas de las participaciones orales en las clases. Al momento del análisis, las notas de campo fueron la estrategia de mayor utilidad porque estaban orientadas por las preguntas ¿qué están haciendo?, ¿cómo lo están haciendo?, ¿quiénes están participando?

Los contenidos tratados en las sesiones siempre fueron muy interesantes; en ocasiones, tocaban algún punto de mi memoria para recordarme que algo de “eso”, alguna vez, lo había escuchado en una clase de biología cuando era estudiante, pero siempre me recordaron que estaba en un “mundo”, en un área del conocimiento desconocida para mí. El sentimiento de extrañeza temática fue una constante. Obviamente, me sentía mucho más cercana a los tópicos que se abordaban en el seminario de Bioética.

Las observaciones las llevé a cabo con el propósito de conocer las prácticas que estudiantes y profesores construyen en el salón de clases, es decir, conocer el contenido y las características de las interacciones entre los sujetos del currículum, así como la modalidad de trabajo con los contenidos. De acuerdo con Bourdieu es en las prácticas donde se actualiza el habitus de los sujetos y donde encontramos “la presencia activa de las experiencias pasadas que, registradas en cada organismo bajo la forma de esquemas de percepción, de pensamientos y de acción, tienden, con más seguridad que todas las reglas formales y todas las normas explícitas a garantizar la conformidad de las prácticas y su constancia a través del tiempo.” (Bourdieu, 2007: 88)

Con el mismo propósito observé sesiones del seminario *Fronteras de la genómica* en las que participaron invitados nacionales, principalmente, investigadores de

Langebio-Irapuato que presentaban sus proyectos de investigación y sus equipos de trabajo integrados mayoritariamente por estudiantes de distintos niveles de formación.

La posibilidad de contactar a los sujetos entrevistados fue abierta por las observaciones en aula. Para realizar las entrevistas grupales convoqué a los integrantes de los dos grupos que observé en el aula a participar en una reunión para intercambiar opiniones y vivencias sobre su experiencia en la Licenciatura. La invitación la formulé al concluir una de las sesiones en aula; en ella señalé el carácter voluntario de la participación, que las reuniones serían dos, durarían alrededor de 90 minutos y se realizarían fuera del horario de clases en el edificio de docencia, en un horario y fecha a establecer de común acuerdo. Plantear la invitación en ese espacio público, ante todo el grupo y en presencia de un profesor considero que proporcionó formalidad a la convocatoria y favoreció la participación de los estudiantes.

### *Entrevista en grupo*

Esta técnica de recolección de datos se utiliza con el propósito de recoger información sobre una situación o fenómeno de interés compartido por los integrantes de un grupo. Con su realización se busca identificar significados compartidos o divergentes entre los integrantes de un colectivo.

Tradicionalmente, esta modalidad de entrevista se vincula con investigaciones de mercado (sondeos de opinión), aunque también se utiliza en investigaciones sobre temas sociales. El formato requiere de la presencia de un grupo de informantes y de un entrevistador mediados por la aplicación de una entrevista estructurada que incluye preguntas específicas sobre un tema (Vela Peón, 2001; Barbour, 2014). Fontana y Frey (2015: 155) señalan que en la actualidad “se designa genéricamente a todas las entrevistas de grupo como entrevistas de *grupo focal*, incluso cuando existen diferencias considerables en la naturaleza y los tipos de entrevistas grupales”.

En este caso, la entrevista en grupo mantuvo el formato de una entrevista no estructurada, construida con preguntas abiertas que los estudiantes respondían de manera espontánea. De la dinámica de esas reuniones destaco el buen nivel de participación oral de los estudiantes. Llevaron a cabo un tipo de conversación en que, sin necesidad de mucha motivación, intervenían para abrir, complementar o disentir con el contenido de una participación; una intervención se constituía, con relativa facilidad, en motivación de la siguiente.

Se formaron dos grupos que tuvieron el número de integrantes y la distribución por género que se señala en la Tabla que se registra a continuación.

*Tabla 1. Entrevista grupal: participantes por grupo y género*

<i>Grupos Participantes</i>	<i>Grupo 3</i>	<i>Grupo 5</i>	<i>Total</i>
<i>Mujeres</i>	7	8	15
<i>Hombres</i>	9	10	19
<i>Total</i>	16	18	34

La entrevista se realizó en dos sesiones de 90 minutos en cada grupo. La coordinación de las sesiones estuvo a mi cargo. Coordiné las entrevistas utilizando una guía de discusión que incluyó los siguientes asuntos: proceso de admisión a la LCG, características del currículum, dinámica de trabajo en el aula, aprendizajes en las materias, papel del laboratorio en la propuesta de formación, propuestas de cambios en la LCG, perspectivas profesionales. Interesaba principalmente conocer la narrativa que ellos construyen acerca de su participación en la operación de la Licenciatura.

Durante las entrevistas en grupo, invité a los estudiantes a participar en una entrevista individual, haciendo explícito el propósito de ésta, los asuntos que abordaría, el tiempo que involucraría y el carácter confidencial del intercambio. Se inscribieron para participar en esa actividad cinco mujeres y seis hombres de quinto semestre, y cuatro mujeres y cinco hombres de tercer semestre. Por diversas razones, no todas las estudiantes llegaron a la entrevista.

#### *Entrevista narrativa*

En el apartado sobre el enfoque metodológico, decíamos que mediante el uso de la entrevista como técnica de recolección de datos buscaríamos que el sujeto entrevistado narrara parte de su experiencia en el mundo social de la escuela, destacando aspectos de su trayectoria como estudiante de la Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG).

Las preguntas abordadas en la entrevista estaban organizadas en cinco categorías principales: antecedentes familiares, trayectoria escolar, experiencia en la licenciatura, expectativas laborales y en relación con el campo de conocimiento.

La entrevista narrativa se trabajó con un total de 11 estudiantes entre 19 y 21 años de edad, provenientes de distintos estados de la República Mexicana que cursaban tercer o quinto semestre de la LCG. A diferencia de la entrevista en grupo, no hubo presencia de mujeres en esta actividad. Como se observa en la Tabla 2 que aparece a continuación la totalidad de entrevistados fueron estudiantes varones.

*Tabla 2. Estudiantes entrevistados por semestre, edad y lugar de procedencia*

<i>Estudiantes</i>	<i>Semestre</i>	<i>Edad</i>	<i>Lugar de procedencia</i>
Luis	Quinto	20	San Luis Potosí
Darío		21	Morelos
Héctor		21	Ciudad de México
Ignacio		21	Guerrero
Lucas		21	Puebla
Fernando		20	Estado de México
Julio	Tercero	20	Guadalajara
Elías		19	Morelia
Esteban		19	Sinaloa
Iván		20	Ciudad de México
Adrián		19	Guadalajara

También entrevisté a egresados de las primeras generaciones de la Licenciatura sobre su experiencia estudiantil en la Licenciatura. Ellos, una mujer y cuatro hombres, pertenecían a las primeras generaciones de la LCG y, en el momento de la entrevista, trabajaban en el CCG o en el IBt o se encontraban realizando estudios de doctorado en el Centro de Ciencias Genómicas (CCG).

Con los egresados pude acceder a la narración de su experiencia estudiantil en la LCG y conocer las actividades que emprendieron una vez que concluyeron la Licenciatura. Por su parte, los docentes y la coordinadora de la LCG relataron su experiencia como profesores de la Licenciatura, su visión de los estudiantes y sus reflexiones acerca de la operación del dispositivo curricular.

Otra fuente de información fueron entrevistas publicadas a investigadores que trabajan temas genómicos; estas se pueden encontrar en las páginas digitales que hacen referencia a la LCG y al campo genómico. En éstas, los y las entrevistadas hacen referencia a sus trayectorias académicas y opinan acerca del desarrollo y las perspectivas del campo.

En resumen, en la Tabla que aparece a continuación registro el número de actividades realizadas en el trabajo de campo: observaciones en aula, entrevistas a estudiantes, a profesores y a la coordinadora de la licenciatura; y trabajo con estudiantes en entrevistas grupales.

Tabla 3: Actividades realizadas en el trabajo de campo

Técnica	Número	Horas	Materia/Estudiantes por generación
Observación en aula	15	45	Biología Celular Genética Evolutiva Bioética
Observación de seminarios	3	6	Fronteras de la Genómica Conferencia de Bioética
Entrevista a estudiantes	19	37	11 <sup>a</sup> y 12 <sup>a</sup> generación
Entrevista a profesores	4	5	
Entrevista a egresados	6	10	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> y 4 <sup>a</sup> generación
Entrevista a la coordinadora	1	2	
Entrevista en grupo	4	8	11 <sup>a</sup> y 12 <sup>a</sup> generación

#### Revisión documental

Los documentos son el registro material de los hechos que se estudian. En este sentido, forman parte de la memoria objetivada de procesos y eventos que se inscriben en un contexto de realización más amplio.

El material escrito al que se accedió, se clasifica en varias categorías: una de ellas corresponde a la que incluye información acerca de la vida cotidiana de la institución educativa y de los sujetos que la conforman (periódicos, revistas, boletines, hojas de circulación restringida, etcétera); otra posee un carácter oficial y por ello puede normar la vida institucional, presentar informes del quehacer institucional o considerar datos de la trayectoria de los sujetos en la institución (plan y programas de estudio, reglamentos, informes de actividades, expedientes de los alumnos, leyes, convenios, etc.); una tercera proporciona datos acerca del contexto en el que se desarrolla la producción genómica (fuentes hemerográficas); por último, se revisaron libros de consulta sobre historia de las disciplinas biológicas en el siglo pasado y en las últimas décadas. Este trabajo permitió acercarse a responder ¿qué son las ciencias genómicas?

También se revisaron fuentes digitales, entre las que se incluyen páginas web oficiales de distintas licenciaturas de la UNAM, y de otras instituciones como el LANGE BIO y el IBt; entrevistas a investigadores del CCG y el IBt; sesiones del seminario *Fronteras de la Genómica* que coordina el CCG; y conferencias en línea, impartidas por especialistas en temas genómicos.

#### Análisis de la información

La transcripción de las entrevistas, la organización de las notas de campo y de las observaciones en aula permitió tener una primera sistematización, un primer ordenamiento de los datos recabados.

Los datos que proporcionaron los entrevistados se organizaron tomando en cuenta los grandes temas que consideró la entrevista narrativa (proceso de admisión a la LCG, características del currículum, dinámica de trabajo en el aula, aprendizajes en las materias, papel del laboratorio en la propuesta de formación, sugerencias de cambios en la LCG, perspectivas profesionales). La intención de esta tarea era tratar de tener una visión general del punto de vista de los entrevistados sobre los tópicos abordados; siguiendo la perspectiva analítica de Taylor y Bogdan, queríamos tener “una comprensión en profundidad de los escenarios y de las personas que se estudian” (1987: 159).

Este ordenamiento de los datos fue el punto de partida para identificar qué dicen los estudiantes sobre cada tema, sobre cuáles aspectos existe consenso, en cuáles difieren y cuál es el contenido de los puntos de acuerdo y de los disensos. El resultado de este trabajo fue un documento que recogió un primer análisis de datos en el que se recuperaron registros de entrevistas sobre cada aspecto abordado con la finalidad “de no perder la voz de los entrevistados” en cada tema.

En general, los segmentos narrativos que se registran en este documento, son ejemplos de lo narrado por los entrevistados; prácticamente, no existe segmento transcrito que sea único, distintivo de algún entrevistado. El nombre de todos los entrevistados y entrevistadas fue cambiado para mantener la confidencialidad de la información.

En la elaboración de los capítulos que guardan relación con el contexto científico y universitario en que se desarrolla la propuesta utilicé información documental impresa y digital. Los datos recabados permitieron construir el escenario académico y social en que se desarrolla el dispositivo y destacar su carácter innovador en el ámbito de la ciencia y de la formación universitaria.

### **Presentación de los capítulos**

El contenido de este documento está organizado en seis capítulos y un apartado final, dedicado a las conclusiones.

El Capítulo 1 *Las ciencias genómicas, un campo interdisciplinario en construcción* y el Capítulo 2 *Polémicas en torno a la aplicación del conocimiento genómico* reúnen información sobre el desarrollo y el impacto social de la genómica. En el primer capítulo, interesa destacar el carácter interdisciplinario de la producción genómica; se reúnen acontecimientos significativos que desde distintas disciplinas de las ciencias (Botánica,

Física, Química, Bioquímica, Medicina) generan las condiciones epistémicas y técnicas para la producción de conocimiento genómico. Asimismo, en el capítulo siguiente se identifican las áreas de aplicación de este conocimiento y se esboza el carácter polémico y conflictivo de su utilización. La controversia en torno a su uso se genera en una sociedad cada vez más consciente de los intereses económicos, políticos y éticos comprometidos en su elaboración y de los efectos negativos que la producción científica puede generar en el ser humano y en el medio ambiente.

En este mismo capítulo se muestran evidencias de los avances del proceso de institucionalización de las ciencias genómicas en México, relacionados con la producción de conocimiento genómico, la creación de organizaciones, la existencia de una comunidad científica congregada por el objeto de estudio de la genómica, y la operación de propuestas curriculares orientadas a profesionalizar el campo como evidencias de un proceso de institucionalización en marcha.

En este tejido histórico-social se crea el dispositivo curricular de la LCG que participa en el movimiento creativo de desarrollo del campo genómico.

En esta línea de identificación de condiciones de posibilidad para el desarrollo de un currículum, en el Capítulo 3 *Innovación curricular en la UNAM: nuevos dispositivos para la formación en licenciatura* analizamos la dinámica organizacional de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), identificando a finales del siglo XX e inicios del siglo XXI un movimiento de cambio institucional que se concretó en una serie de reformas académicas y administrativas que permitieron la creación y operación de propuestas curriculares bajo un nuevo esquema de gestión.

En los capítulos siguientes abordamos el dispositivo curricular de la LCG tomando en cuenta tres aspectos sustantivos: aspectos estructurantes de la propuesta, los sujetos y las prácticas curriculares.

En el Capítulo 4 *Aspectos estructurantes del dispositivo de la LCG* se analiza la puesta en práctica de aspectos que otorgan identidad a la LCG, nos referimos al carácter selectivo de la propuesta, a la secuencia e interdisciplinariedad en el diseño y tratamiento de los contenidos, al carácter innovador del currículum y a su intencionalidad de contribuir al desarrollo científico-tecnológico de un campo de conocimiento, a la bioinformática como un sello particular de la formación de los licenciados en ciencias genómicas de la UNAM, y a la flexibilidad curricular como condición necesaria de la movilidad estudiantil.

En el capítulo 5 *Los estudiantes de la LCG, “todos queremos ser científicos”* nos detenemos en los sujetos de la formación con el propósito de dilucidar ¿quiénes son los jóvenes que ingresan a esta Licenciatura? y ¿cuáles son los procesos que contribuyen a la configuración de su identidad estudiantil?

En el Capítulo 6 *Dejándose atrapar por la investigación... Prácticas y disposiciones en la LCG*, analizamos las prácticas pedagógicas en que se concreta la propuesta de formación de la Licenciatura e identificamos las competencias que se desarrollan en el sujeto a propósito de la realización de esas prácticas. En esas acciones formativas es fundamental la presencia de un estudiante que busca contruirse a sí mismo como investigador en un campo específico.

En el apartado Conclusiones abordamos asuntos que se derivan de las preguntas y del proceso de investigación.



## **Capítulo 1. Las ciencias genómicas, un campo interdisciplinario en construcción**

El campo de la biología moderna incluye todos los conocimientos y disciplinas que tienen por objeto de estudio los organismos vivos. Mayr (2005) plantea que fue la identificación de propiedades y capacidades exclusivas de los seres vivos lo que favoreció el reconocimiento y la aceptación gradual de la biología como ciencia. Entre esas propiedades, el autor menciona, por ejemplo, el hecho de que esos organismos posean programas genéticos que contienen información adquirida a lo largo del tiempo; desarrollen procesos químicos; funcionen como sistemas abiertos, ordenados jerárquicamente que disponen de mecanismos de control, regulación, retroalimentación y adaptación. Entre las competencias de estos destaca la capacidad evolutiva, de autorreplicación, de crecimiento y diferenciación, de metabolismo, de autorregulación y de respuesta a los estímulos del ambiente.

La producción de conocimientos en el campo de la biología ha dado origen a un abanico de disciplinas y subdisciplinas que estudian aspectos específicos de los seres vivos, entre las que se pueden mencionar la Biología Funcional, Biología Evolutiva, Anatomía, Biología Molecular, Botánica, Fisiología, Genética, Bacteriología, Biología Marina, Bioinformática, entre otras.

En las últimas décadas del siglo XX, la secuenciación del genoma de seres vivos revolucionó la forma de entender y aproximarse al fenómeno de la vida. La posibilidad de manipulación genética se concretó, por ejemplo, en la clonación exitosa de organismos completos, la reproducción de células madre, y la fecundación *in vitro*.

La investigación acerca de la herencia genética transitó desde los estudios sobre el gen, una parte del cromosoma que contiene información sobre caracteres hereditarios de los seres vivos, al estudio del genoma, es decir, al conjunto de genes que contiene el cromosoma de un ser vivo. Este cambio de objeto de estudio requirió de la elaboración de marcos teóricos, de nuevas técnicas e instrumentos que permitieran avanzar en la producción de conocimiento en ese campo específico. En suma, dio paso a la generación de un nuevo paradigma en el campo de las ciencias biológicas (Kuhn, 2004).

En este contexto, se produjo el auge de la genética, de la biología molecular, de la biotecnología y de las ciencias informáticas, disciplinas que abren la puerta a una nueva área de conocimiento, las ciencias genómicas.

La construcción de este nuevo espacio de conocimiento precisa de una comunidad científica comprometida con el desarrollo de proyectos de investigación, con

la difusión de sus resultados, con la creación de organizaciones y redes científicas que aseguren su producción e impacto en la sociedad; con la búsqueda y administración de recursos y, por supuesto, con la formación de nuevos miembros que aseguren su permanencia en el tiempo. Cuando acontece lo anterior, podemos decir que estamos ante un proceso orientado a la institucionalización de un campo.

Este capítulo tiene el propósito de presentar el carácter dinámico, innovador y en permanente expansión de los estudios científicos que configuran el campo genómico en el plano internacional. Asimismo, interesa presentar aspectos que van dando cuenta del proceso de creación de organizaciones, de producción de conocimientos y de formación de recursos humanos especializados en esta área en México.

El contenido del documento se estructura en seis apartados:

- Las ciencias genómicas en el nuevo paradigma de la biología
- Los inicios de un campo: componentes y estructura del ADN
- La era del ADN recombinante
- El Programa Genoma Humano o la era genómica
- Del ADN recombinante al ARN guía
- Aspectos estratégicos en la constitución del campo genómico en México.

En el primero, se explica en qué consisten las ciencias genómicas como campo científico que se inscribe en un nuevo paradigma biológico. En los cuatro apartados siguientes, se presentan situaciones y sujetos que marcaron puntos de inflexión en las ciencias biológicas y contribuyeron, desde distintas disciplinas, a crear el campo de la genómica como un espacio de investigación y producción de conocimiento interdisciplinario.

Se cierra el capítulo presentando diversas iniciativas puestas en práctica para sentar las bases de este quehacer científico en México, y en la dinámica de la comunidad internacional.

## **1. Las ciencias genómicas en el nuevo paradigma de la biología**

En el marco del organicismo, la biología logra, a partir de la segunda mitad del siglo XX, avances cruciales que inauguran campos de conocimiento de los seres vivos y, en particular, de los seres humanos (Mayr, 2005). Este modelo epistémico “considera que el elemento fundamental de la biología es el organismo, y trata de fundamentar en él las explicaciones de los procesos vivientes” (Exteberria y Umerez, 2006: 5).

Para el organicismo los niveles de estructuración que alcanzan los seres vivos constituyen sus características exclusivas y fundamentales, es decir, “la base del organicismo es el hecho de que los seres vivos poseen organización. No son simples montones de caracteres o de moléculas, porque su funcionamiento depende por completo de su organización, de sus interrelaciones mutuas, de sus interacciones e interdependencias.” (Mayr, 2005: 34).

Este modelo epistémico intenta superar los planteamientos centrales del vitalismo y del mecanicismo o fisicismo. Mayr (2005) plantea que esas corrientes de pensamiento, al igual que el organicismo, surgieron ante la necesidad de encontrar una explicación a las preguntas ¿qué es la vida? y ¿cómo se explican los procesos vitales? Dice Mayr,

En pocas palabras, la situación era la siguiente: siempre existía un bando que afirmaba que, en realidad, los organismos vivos no eran diferentes de la materia inanimada; a esas personas se les llamó primero mecanicistas y más tarde fisicistas. Y siempre existió un bando contrario -los llamados vitalistas- que aseguraban que los organismos vivos tenían propiedades que no existían en la materia inerte, y que, por lo tanto, las teorías y conceptos biológicos no se podían reducir a las leyes de la física y de la química. (...) En este siglo ha quedado claro que ambos bandos tenían parte de razón y ambos se equivocaban en parte. (Mayr, 2005:16).

Los vitalistas planteaban la existencia en los seres vivos de un impulso vital o ‘elán vital’, sustancia inmaterial que tendría la capacidad de generar vida, y de establecer la diferencia entre la materia viva y la materia inerte. Por su parte, los mecanicistas afirmaban la existencia de una causalidad física en todos los procesos que dan origen a la vida. Para ellos, todo fenómeno se explicaba por las causas físicas que lo generaban y por las interacciones mecánicas que lo estructuraban. (Exteberria y Umerez, 2006; Mayr, 2005).

En el organicismo, los organismos vivos son sistemas abiertos, ordenados jerárquicamente, complejos, adaptados, con gran flexibilidad de desarrollo y evolución; poseen un ciclo vital, mecanismos de control y regulación, así como capacidad de autorreplicación y de cambio a nivel del fenotipo y genotipo, entre otras propiedades y características (Mayr, 2005).

La capacidad de comprensión y de producción de conocimiento sobre los sistemas biológicos se amplió cuando los científicos lograron desmontarlos “en pequeñas partes para estudiar cada una individualmente, reconstruyendo el sistema

biológico desde cero” (Valcourt, 2018: 13). En este proceso utilizaron tecnologías de alta potencia, por ejemplo, el microscopio óptico confocal espectral Leica TCS SP8 con AOBS y los citómetros de flujo modernos, así como nuevas técnicas de experimentación. Para Valcourt (2018: 16), esta combinación de tecnologías permitió “a los científicos buscar patrones de comportamiento en grandes conjuntos de datos, demasiados como para que un cerebro humano pudiera trabajar con ellos”.

Estos desarrollos tecnológicos, Valcourt (2018) los vincula con el surgimiento de la biología sistémica moderna y con el desarrollo de otros campos de conocimiento. Tal es el caso de la investigación genómica que en los años 90 logró descifrar el genoma humano y el de otras especies.

El alto nivel de especialización que alcanzan esos estudios da lugar a la formación de las denominadas ciencias ómicas, conformadas por la genómica, la proteómica, la transcriptómica y la metabolómica. El sufijo “ómica”, significa “conjunto”, “totalidad”; su utilización pretende dar cuenta del carácter masivo de los estudios biológicos que se realizan actualmente (Bernal, 2015).

Como se mencionó en párrafos anteriores, la genómica estudia el contenido, la organización, la función y la evolución de la información molecular de la cadena de ácido desoxirribonucleico (ADN) contenida en el genoma completo de un organismo. El ADN está formado por 4 bases nitrogenadas: adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T). La forma o la secuencia en que se organizan estas bases configuran la especificidad de cada ser humano (Bernal, 2015; De la Peña, 2017).

La genómica estructural y la genómica funcional son las ramas en las que se organiza la genómica. La primera se centra en la caracterización y localización de las secuencias que conforman el ADN para elaborar mapas genéticos de los organismos; la segunda busca recolectar y sistematizar información acerca de las funciones desempeñadas por los genes (Bernal, 2015; Palacios, 2007).

Las actividades que se realizan en el ámbito de las ciencias ómicas tienen un carácter interdisciplinar. La integración de conceptos provenientes de las matemáticas, la física, la química y la informática permite atender problemas biológicos que antes resultaban inabordables. El enorme desarrollo técnico, alcanzado por la informática, permite el procesamiento de una gran cantidad de datos, haciendo legible y útil esa información (Valcourt, 2018; Bernal, 2015; Palacios, 2007; Exteberria y Umerez, 2006).

## 2. Los inicios de un campo: componentes y estructura del ADN

En la primera mitad del siglo XX se asistió al desarrollo y posicionamiento de la genética como una de las ciencias biológicas más importantes de ese periodo. La genética se desarrolló como una disciplina que de acuerdo con De la Peña (2017:27) "...estudia la forma en que la información biológica es transferida de una generación a la siguiente, y cómo dicha información es expresada dentro del organismo."

Los estudios sobre genética se organizan en los siguientes campos de conocimiento: Genética clásica o mendeliana, Genética molecular, Genética poblacional, y Genética cuantitativa. Una de las estructuras y conceptos claves de la genética es el gen. En él reside la información de la herencia, y puede estudiarse a nivel molecular, bioquímico, celular, familiar, poblacional o evolutivo (De la Peña y Loyola, 2017).

La genética encuentra sus orígenes en el trabajo experimental sobre hibridación vegetal que realizó el monje agustino Gregor Mendel (1822-1884). Este naturalista obtuvo reconocimiento por el diseño de un modelo matemático para explicar el funcionamiento de la herencia o la transmisión de rasgos genéticos de una generación a otra, y por la formulación de los tres principios generales o *leyes de la herencia*: ley de la uniformidad, de la segregación, y de la combinación independiente.

La ley de la uniformidad de los híbridos establece que la primera generación de descendientes de progenitores puros tendrá las mismas características fenotípicas y genotípicas que estos últimos.

En la ley de la segregación independiente se plantea que los descendientes de la primera generación presentan los fenotipos y los genotipos dominantes con un mayor porcentaje de probabilidad (75 por ciento) que los genes recesivos (25 por ciento). Los dos alelos hereditarios se separan durante la reproducción de manera que los descendientes reciben uno de esos elementos de cada padre que pueden ser dominantes o recesivos. La característica de un gen (genotipo) recesivo sólo es observable (fenotipo) si se relaciona con otro gen recesivo, mientras que el gen dominante siempre tendrá la oportunidad de manifestarse aun cuando se relacione con un gen recesivo.

A diferencia de las leyes anteriores, la ley de la combinación independiente se refiere a la herencia de dos caracteres y establece que la posible herencia de un gen no está determinada por la oportunidad de poseer otro gen distinto, es decir, la reproducción de una característica genética no está vinculada con la posibilidad de adquirir otra durante la hibridación.

En 1865, Mendel presentó resultados de sus experimentos en la Sociedad de Historia Natural de Brünn y, en 1866, publicó el artículo “Experimentos sobre hibridación de plantas” en *Actas de la Sociedad*. No obstante, no fue sino hasta el año 1900, seis años después de su muerte, cuando Hugo de Vries y otros dos botánicos, Carl E. Correns y E. Tschernack, reconocieron en la publicación de sus artículos el antecedente mendeliano en los asuntos que ellos abordaban (Serres, 1998).

También sobre la base de los resultados de los experimentos de Mendel, trabajaron, de manera independiente, los médicos ingleses Archibald Edward Garrod (1857-1936) y William Bateson (1861-1926). Este último es quien, en 1906, empleó por primera vez en una conferencia pública el concepto de genética para referirse al estudio de la herencia y la variación en seres vivos (Sánchez Ron, 2011).

El desarrollo de la genética se produjo en medio de un intenso trabajo y diálogo interdisciplinar y multidisciplinar. Jacob (2014) destaca el clima intelectual que, como fenómeno de época, estimuló el desarrollo y la discusión de ideas revolucionarias para el mundo de la ciencia. En este sentido, refiriéndose al trabajo de Watson y Crick, científicos que propusieron el modelo de doble hélice del ADN con base en la producción de otros investigadores y en diálogo con miembros de la comunidad científica, dice lo siguiente,

pero no estaban solos... Al leer las narraciones nos damos cuenta de que estamos inmersos en un clima intelectual altamente favorable y estimulante para la discusión de las ideas y de que, además, algunas de las mentes más brillantes de su tiempo también participaron en este descubrimiento: orientaron sus ideas, revisaron sus propuestas, corroboraron sus hipótesis, compartieron los resultados de sus trabajos; este fue, en síntesis, un esfuerzo colectivo y multidisciplinario. (Jacob, 2014).

Como se lee en la Tabla 4, la estructura del ADN, uno de los descubrimientos más relevantes de ese campo, realizado en la primera mitad del siglo XX, se efectuó con base en trabajos de especialistas en una disciplina, pero con la habilidad de poner en diálogo teorías, conceptos, metodologías, hallazgos de distintas áreas disciplinares.

Tabla 4. Contribuciones científicas para la identificación de la estructura del ADN.  
(S. XIX y primera mitad del siglo XX).

Disciplina	Año	Científico	Contribución científica
Bioquímica	1869	Johann Friedrich Miescher	Ácido desoxirribonucleico (ADN), reportado como nucleína.
Medicina	1902	Archibald Edward Garrod	Transmisión genética de la Alcaptonuria.
Botánica	1909	Wilhelm Johannsen	Acuñó el término gen a partir del griego genes que significa "que origina".
Medicina	1910	Thomas Hunt Morgan	Estudio de mutaciones en <i>Drosophila melanogaster</i> (mosca de la fruta).
	1926		Publicación del libro <i>La teoría del gen</i> .
	1911	Alfred Henry Sturtevant	Primer mapa cromosómico.
Física	1913	William Henry Bragg y William Lawrence Bragg	Difracción de Rayos X. Determinación de la estructura del diamante.
Bioquímica	1920	Phoebus A.T. Levene	Composición química de los ácidos nucleicos.
Cristalografía	1934	John Desmond Bernal	Fotografía de la difracción de rayos X de un cristal de proteína pepsina.
Física	1935	Max Delbrück, Timoféeff-Ressovsky y Karl Günther Zimmer	Modelo cuántico de mutación genética.
Física	1937	Max Delbrück y Emory Ellis	Experimentos con genes, usando bacteriófagos.
Cristalografía Química	1936	Max Perutz	Estudios de la estructura de proteínas globulares.
Bioquímica	1944	Oswald T. Avery, Colin MacLeod y Maclyn McCarty	ADN contiene el código genético.
Física	1944	Erwin Schrödinger	Libro <i>Qué es la vida</i> . Desarrollo de la biología molecular.
Bioquímica	1948 1949	Erwin Chargaff	ADN es distinto en cada especie. Los 4 componentes del ADN.
Química Física	1952	Rosalind Franklin	Primeras fotografías de alta resolución de difracción de cristales de fibras de ADN.
Bacteriología/ Química	1952	Alfred D. Hershey y Martha Chase	ADN vehículo del código genético.
Biología Biofísica	1953	James Watson y Francis H.C. Crick	Estructura del ADN.

Fuente: Elaboración propia con base en Sánchez, 2007; López, 2004.

Como se registra en la Tabla anterior, fueron James Watson, biólogo estadounidense, y Francis H. C. Crick, biofísico británico, quienes identificaron la estructura tridimensional del ácido desoxirribonucleico (ADN). Ambos publicaron en coautoría, en la revista *Nature*, en abril y mayo de 1953, dos artículos breves en los que proponían el modelo de doble hélice de la molécula del ADN. Estos llevaban por título "Estructura molecular de los ácidos nucleicos: una estructura para el ácido desoxirribonucleico" e "Implicaciones genéticas de la estructura del ácido desoxirribonucleico".

El trabajo que realizaron Watson y Crick para establecer la estructura del ADN fue de carácter teórico-analítico. El modelo que propusieron surgió del estudio e inferencia de actividades experimentales y esfuerzos creativos realizados por físicos, biólogos y químicos. Acerca del quehacer efectuado por estos investigadores, López (2004: 4) plantea que ellos “no realizaron ningún trabajo experimental, su gran contribución a la ciencia consistió en interpretar los datos disponibles e integrarlos para postular la estructura del ADN”. Este fue resultado de los vínculos analíticos establecidos entre la producción del laboratorio húmedo y el laboratorio seco. El primero está asociado con el laboratorio experimental tradicional, mientras que el segundo corresponde, en la actualidad, al espacio de trabajo en que se efectúa el proceso de sistematización y análisis de datos experimentales, mediante el uso de técnicas e instrumentos cada vez más poderosos y eficientes provenientes de las ciencias matemáticas, computacionales e informáticas.

El trabajo analítico de Watson y Crick se fundamenta, por ejemplo, en información bioquímica que produjo Phoebus A.T. Levene (1920), en el Instituto Rockefeller de Nueva York. Este investigador estableció que la composición química de los ácidos nucleicos ADN y ARN (ácido ribonucleico) estaba formada por componentes básicos:

- a) Un azúcar de cinco carbonos (desoxirribosa para el ADN y ribosa para el RNA).
- b) Grupos fosfatos (derivados de ácido fosfórico que contiene átomos de fósforos, oxígeno e hidrógeno).
- c) Cuatro bases nitrogenadas (adenina, timina, guanina, citosina para el ADN, y adenina, uracilo, guanina y citosina para el ARN) (Sánchez, 2007).

También contribuyeron con ese propósito, los resultados del trabajo experimental de Oswald T. Avery, Colin MacLeod y Maclyn McCarty que se recogen en el artículo “Estudios sobre la naturaleza química de la sustancia que induce transformación de tipo neumococo tipo III”, publicado en *The Journal of Experimental Medicine* (1944). En ese artículo, los científicos difundieron que los genes están sumergidos en ácido desoxirribonucleico (ADN) y que la información genética del neumococo estaba en el ADN, por tanto, era este último el que transmitía la información genética. Casi una década más tarde, en 1952, Alfred D. Hershey y Martha Chase confirmaron esa conclusión al mostrar experimentalmente que cuando un bacteriófago “infecta a una bacteria y se reproduce allí produciendo más fagos, solamente el ácido nucleico, el ADN, entra en la bacteria, mientras que la proteína del fago permanece en el exterior” (Hershey y Chase, 1952: 43).



En esta línea de trabajos experimentales, se encuentra la producción del bioquímico austriaco Erwin Chargaff quien realizó dos contribuciones significativas a la empresa de Watson y Crick. La primera, en 1948, fue cuando reportó que el ADN de diferentes organismos contenía distintas cantidades de adenina, guanina, timina y citosina, pero que esas cantidades eran propias de cada especie. En 1949, publicó que la cantidad de adenina era siempre igual a la de timina y que la cantidad de citosina era siempre igual a la de guanina, independientemente del origen de la muestra de ADN que se empleara.

Desde la física, la contribución más significativa a la creación del modelo de estructura del ADN fueron los experimentos sobre la difracción de rayos X, realizados por William Henry Bragg y William Lawrence Bragg. Estos científicos ingleses, padre e hijo, estudiaron la estructura de cristales orgánicos, de los minerales y de los metales.

Otro físico, John Desmond Bernal descubrió, en 1934, que las moléculas de proteínas pueden cristalizarse de modo que su estructura podía ser estudiada por medio de rayos X. El aporte de Bernal consistió en fotografiar la difracción de rayos X de un cristal de proteína pepsina, de cuyo análisis se pudo obtener información sobre su estructura y peso molecular.

En 1936, Max Perutz, químico vienés, siguiendo el trabajo de cristalografía de Bernal, se dedicó a investigar la estructura de la molécula de la hemoglobina, recibiendo el Premio Nobel de Química por sus investigaciones sobre las estructuras de proteínas globulares (en particular la hemoglobina) en 1962.

Erwin Schrödinger, físico austríaco, creador de la mecánica cuántica ondulatoria, en su libro *¿Qué es la vida?* (1944) planteó las preguntas que guiarían los trabajos en esta área de la biología: ¿cuál es la estructura física de las moléculas que se duplican cuando se dividen los cromosomas?, ¿cómo debe entenderse el proceso de duplicación?, ¿cómo estas moléculas conservan su individualidad? Estos cuestionamientos causaron un profundo impacto en la comunidad científica, dando lugar a proyectos significativos en el ámbito de la biología molecular (Sánchez, 2007).

Otro físico, Max Delbrück, integrante del grupo de científicos denominado “Grupo de los Fagos”, interesado en resolver el misterio del gen (Sánchez Ron, 2011), en compañía de Timoféeff-Ressovsky y Karl Günter Zimmer, diseñó un modelo cuántico de mutación genética que publicó, en 1935, en el artículo “Sobre la naturaleza de la mutación genética y la estructura de los genes”. Posteriormente, en 1937, comenzó a estudiar experimentalmente los genes, utilizando virus que afectan exclusivamente a las

bacterias, llamados bacteriófagos o “fagos”. Junto a Emory Ellis demostró que un virus bacteriano que infecta a una célula puede dar lugar a cientos de virus idénticos en media hora, por lo que se convertían en extraordinarios instrumentos para el estudio de la replicación genética.

En 1951, Rosalind Franklin (1920-1958), química y cristalógrafa inglesa, como parte de sus estudios sobre la difracción de rayos X, fotografió una molécula; ese material, conocido en la actualidad como “Fotografía 51”, aportó información clave para que, en 1953, los investigadores James Watson y Francis Crick elaboraran el modelo de estructura helicoidal del ADN. Pero no fue Franklin quien proporcionó este material a Watson y Crick. El responsable de que la Fotografía 51 fuera conocida por estos últimos fue Maurice Wilkins, jefe del Laboratorio del King’s College de Londres en el que Franklin era investigadora asociada. Este entregó a James Watson y Francis Crick el expediente que incluía la mencionada fotografía sin contar con el consentimiento de Franklin.

El mundo científico reconoció a Watson y Crick la realización de ese descubrimiento, desconociendo el aporte de Rosalind Franklin al mismo. En 1962, ambos investigadores y Maurice Wilkins recibieron el Premio Nobel de Fisiología o Medicina. Mientras que la importante contribución de Rosalind Franklin al descubrimiento de la estructura del ADN nunca fue reconocida formalmente por los científicos galardonados, ni por la comunidad científica.

Medio siglo de trabajos científicos permitió conocer la composición química de la molécula del ADN, establecer que era la responsable de transmitir la herencia genética, e identificar su estructura y mecanismos de reproducción. Pero, aún no era posible manipularla, es decir, fragmentarla y luego recomponerla. No se disponía de técnicas adecuadas para su manipulación. La tarea para alcanzar ese propósito abarcaría otro medio siglo.

### **3. La era del ADN recombinante**

Los resultados positivos que se obtienen de investigaciones centradas en cortar y unir con material biológico las moléculas de ADN de manera ordenada, es decir, sin perder información genética, son los que abren a una nueva etapa en el campo de la genética, la era del ADN recombinante. En la Tabla 5 se presentan los aportes científicos que, desde la biología molecular, la microbiología, la genética, la bioquímica y la microbiología, contribuyeron a este propósito.

Tabla 5. El ADN recombinante. (Segunda mitad del siglo XX)

Disciplina	Año	Científico	Contribución científica
Microbiología	1960	Werner Arber, Stewart Linny	Enzimas de restricción.
Genética	1967	B. Weiss y C.C. Richardson	La enzima ligasa puede unir cadenas de ADN.
Biología Molecular	1971	Daniel Nathans, Kathleen Danna, Hamilton Smith.	Enzimas de restricción, diagnóstico precoz de defectos congénitos.
Bioquímica Genética	1972	Janetz Mertz, Ronald Davis	La enzima de restricción <i>EcoRI</i> puede unir moléculas de ADN.
Bioquímica	1973	Herb Boyer, Stanley Cohen	Reordenan moléculas de ADN en un tubo de ensayo para crear moléculas híbridas.

Fuente: Elaboración propia con base en Sánchez, 2007; López, 2004.

A finales de la década de los años 60 nuevas técnicas comenzaron a ser desarrolladas; ello marcó los inicios de la biotecnología o ingeniería genética. Ésta es “la disciplina que se ocupa de ‘unir genes’; esto es, de sustituir un segmento de ADN de una célula por uno de otra (al organismo que surge de este proceso se le denomina *transgénico*).” (Sánchez Ron, 2011: 939).

En el campo de la ingeniería genética, se identifica el aporte pionero de B. Weiss y C.C. Richardson; en 1967 descubren, con el aislamiento de la enzima ligasa, que ésta puede unir cadenas de ADN. A partir de este momento, otros trabajos experimentales concluyen que el ADN se puede fragmentar de manera ordenada o secuenciar cuando se utiliza una enzima de restricción específica, lo que supone la posibilidad de su reconstrucción en un tubo de ensayo. Las enzimas de restricción cumplen la función de afilados “cuchillos químicos” que permiten cortar con precisión las moléculas de ADN.

En 1972, Janet Mertz y Ronald Davis descubrieron que las moléculas de ADN se pueden unir cuando se las corta utilizando la enzima de restricción *EcoRI*.

En 1973, Herbert Boyer y Stanley Cohen efectuaron los primeros experimentos en ingeniería genética en que se utilizaron plásmidos<sup>1</sup> como vectores para clonar segmentos de ADN. Estos experimentos tenían el propósito de transferir genes de una especie a otra y permitieron crear “un método para reordenar moléculas de ADN en un tubo de ensayo, para crear moléculas híbridas procedentes en parte de, por ejemplo, ADN de una mosca y en parte ADN bacteriana” (Sánchez Ron, 2011: 940).

Los experimentos de Boyer y Cohen lograron clonar patrones determinados de ADN, y abrieron las puertas al desarrollo de los transgénicos. Los resultados del trabajo

<sup>1</sup> Los plásmidos son moléculas de ADN extracromosómico que se replican y transforman de manera independiente del ADN cromosómico, presentes en bacterias y ocasionalmente en organismos eucariotes como las levaduras.

de estos investigadores se han utilizado en la producción de insulina sintética para personas con diabetes, en medicamentos para disolver coágulos en víctimas de ataques cardíacos y en hormonas de crecimiento. Con ello sentaron las bases de la terapia génica y la industria de la biotecnología (Sánchez Ron, 2011).

Por la realización de trabajos en esa línea que contribuyeron de manera significativa al avance de la recombinación genética y al desarrollo de la ingeniería genética, Werner Arber (Suecia), Daniel Nathans y Hamilton Smith (ambos de Estados Unidos) reciben el Premio Nobel de Medicina en 1978.

La atención de los investigadores en este campo estaba puesta en la creación de los mejores métodos y técnicas para ejecutar la secuenciación de los aminoácidos. Por el aporte de sus investigaciones en esta línea, los científicos Frederick Sanger (Inglaterra, 1918-2013, bioquímico, Universidad de Cambridge), Paul Berg (Estados Unidos, 1926, bioquímico, Universidad de Stanford) y Walter Gilbert (Estados Unidos, 1934, físico, bioquímico, Universidad de Harvard) recibieron el Premio Nobel de Química en 1980. Berg y Gilbert perfeccionaron el denominado “método Sanger”, formulado por Frederick Sanger en 1977.

Anteriormente, en 1958, Sanger había recibido el Premio Nobel de Química por demostrar que las proteínas eran aminoácidos que se presentaban en forma de rosario, y establecer la primera secuencia de una proteína, la insulina.

Este punto de llegada ofrece la oportunidad de realizar la secuenciación completa del genoma humano. Científicos y políticos de Gran Bretaña, Francia, Japón, China, Alemania y Estados Unidos forman el Consorcio Internacional para Secuenciar el Genoma Humano que tendrá a su cargo la realización del Proyecto Genoma Humano (PGH).

#### **4. El Proyecto Genoma Humano o la era genómica**

La iniciativa de formular el Proyecto de Genoma Humano (PGH) surgió en 1984, bajo el auspicio del Departamento de Energía y de los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos (DOE y NIH respectivamente, por sus siglas en inglés). En 1988, los NIH crearon la Oficina de Investigación del Genoma Humano con el propósito de supervisar la planeación y ejecución de proyectos de investigación financiados por esa organización, y de coordinar esas actividades sobre el genoma con las realizadas por otras agencias y centros nacionales e internacionales; su primer director fue James Watson. En 1989, los NIH transformaron la Oficina en el Centro Nacional de

Investigación del Genoma Humano (NCHGR); J. Watson continuó con sus funciones de dirección en este Centro (Lee, 2008).

La meta del PGH era lograr la secuenciación del genoma humano y de otros organismos como la *Escherichia coli* (bacteria del tracto gastro intestinal), *Saccharomyces cerevisiae* (hongo, levadura de cerveza), *Arabidopsis thaliana* (planta herbácea, flores hermafroditas), *Caenorhabditis elegans* (gusano hermafrodita) y *Drosophila melanogaster* (mosca de la fruta). El conocimiento que se obtuviera se utilizaría no sólo para saber más acerca del fenómeno de la vida, sino también para atender enfermedades de origen genético, por ejemplo, la enfermedad de Lou Gehrig, hemofilia, síndrome de Down, distintos tipos de cáncer, Alzheimer y esclerosis (Jiménez y Valdéz, 2012).

El compromiso era alcanzar el objetivo en un plazo de 15 años. Durante ese periodo se dispondría de un presupuesto de 3,000 millones de dólares, aportado por el erario de los 6 países participantes: Gran Bretaña, Francia, Japón, China, Alemania y Estados Unidos. Un porcentaje de ese presupuesto sería financiado por el sector industrial de los países miembros del Consorcio. Finalmente, en el rubro económico, el Proyecto se excedió en mil millones de dólares (Meyer, 2015).

En el año 2000, se realizó una primera declaración pública de carácter político, en la que estuvieron presentes el Presidente de Estados Unidos y el Primer Ministro de Inglaterra, para comunicar que se había conseguido un primer borrador de la secuencia del genoma humano. En abril del 2003, se informó que el trabajo de cientos de científicos en el DOE y en los NIH de los Estados Unidos, así como en Universidades y centros de investigación de los países participantes había rendido fruto. La secuenciación del genoma humano era un hecho; el genoma humano estaba compuesto de 22,500 a 25,000 genes distintos (Lee, 2008).

Este enorme proyecto captó el interés de la comunidad científica y política internacional, y del sector económico. Los capitales privados vieron en esta actividad una excelente oportunidad para invertir. Las expectativas económicas se concentraron en el proyecto paralelo de secuenciación genómica de la compañía comercial *Celera Genomics*, dirigida por Craig Venter, que inició actividades en 1998.

Venter, bioquímico, doctorado en fisiología y farmacología por la Universidad de California, trabajó en los Institutos Nacionales de la Salud (NIH) cuando éstos controlaban el PGH. En 1992, abandonó el sector público y fundó el Instituto para la Investigación Genómica, organización sin fines de lucro, donde desarrolló una técnica

para identificar genes en cadenas de ADN, conocida como método shotgun que, además de ser más económica y rápida que el método que empleaba el PGH, le permitió secuenciar el genoma de la bacteria *Hemophilus influenzae* en 1995 (Sánchez Ron, 2011).

En 1998, fundó *Celera Genomics*, empresa con fines comerciales, con la intención explícita de competir con el PGH y secuenciar el genoma humano en tres años. Como presidente y principal científico de *Celera Genomics* compartió con las autoridades del PGH el protagonismo de la declaración del año 2000 en la que, como se señaló, se informaba que se había secuenciado el genoma humano. El 16 de febrero del 2001 publicó, junto a su equipo de colaboradores, el correspondiente artículo en la revista *Science*. Los científicos del PGH habían hecho lo mismo un día antes, el 15 de febrero, en la revista *Nature*.

Se inició una actividad acelerada en torno a la secuenciación del genoma de organismos vivos. A saber, el desafío de mejorar métodos, técnicas e instrumentos de trabajo para realizar secuenciaciones en el menor tiempo y al costo más bajo posible. Se había abierto la carrera por las patentes y por el financiamiento de investigaciones científicas en el campo genómico. El impacto de este trabajo no se limitó al ámbito de las ciencias, implicó a toda la sociedad: conocer cómo estaba organizada la vida supuso la posibilidad de generar vida; de ahí la necesidad de establecer leyes regulatorias y códigos éticos (Jouve, 2015; Sánchez, 2007). De este periodo puede citarse la “Declaración sobre los principios de actuación en la investigación genética”, Proyecto Genoma Humano (HUGO, sigla en inglés), Heidelberg, Alemania, 21 de marzo de 1996; la “Declaración del Comité ético sobre clonación”, HUGO, marzo de 1999; la “Declaración del Comité ético sobre distribución de beneficios en la investigación genética”, HUGO, Vancouver, Canadá, 9 de abril de 2000.

Sin embargo, las promesas iniciales de que el conocimiento del genoma humano mejoraría sustantivamente la calidad de vida de muchos seres humanos, sobre todo en relación con el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de enfermedades no se han cumplido del todo. Al respecto, Meyer (2015) señala que las grandes expectativas iniciales se han reducido a modestos avances que se concretan en pruebas genéticas para predecir el cáncer de mama, avances en quimioterapia y la predicción del efecto de algunos medicamentos.

Como se señala, el conocimiento genómico ha tenido gran impacto es el ámbito económico. Al respecto, Jiménez-Sánchez y Pozas (2012: 80) quienes identifican al PGH como un motor de la economía contemporánea, comentan que,

El reporte sobre el impacto económico del Proyecto del Genoma Humano, recientemente publicado por el *Battelle Memorial Institute* de Estados Unidos (2011), muestra que la inversión realizada inicialmente por el gobierno norteamericano ha recibido 141 dólares por cada uno de los cerca de 5,600 millones invertidos inicialmente, una de las tasas más elevadas de retorno a la inversión pública. Sólo en 2010, los proyectos de secuenciación genómica y las actividades industriales y de investigación asociadas generaron 67,000 millones de dólares, 20,000 millones de dólares en ingresos a trabajadores de Estados Unidos y 310,000 empleos.

## 5. Del ADN recombinante al ARN guía

A través del Proyecto del Genoma Humano se alcanzó la meta de secuenciar el genoma completo del ser humano y de otros seres vivos. El campo de la genómica siguió avanzando hacia nuevos objetivos. Mediante el procedimiento conocido como ADN recombinante, que utiliza la enzima ligasa para unir cadenas de ADN *in vitro*, se logró intervenir en el genoma para hacer edición genética. Era necesario seguir trabajando en esta tecnología para perfeccionarla, hacerla más precisa, rápida y económica.

Con ese propósito, décadas después, se crea una nueva herramienta, el CRISPR-Cas9. Este desarrollo biotecnológico, según lo expresan expertos en la materia “ha supuesto un salto cualitativo con respecto a las posibilidades que se abren de intervenir con efectividad en todas las formas de vida y, en particular, en la humana.” (Bellver, 2016: 224)

Morán (2015, 2017) y Bellver (2016) definen a esa tecnología como “tijeras o scalpelos moleculares” con capacidad para cortar una molécula de ADN de manera precisa y controlada, eliminando o insertando nuevo ADN.

Las siglas CRISPR/Cas9 corresponden en inglés al *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*, y en español a “Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas”. Por su parte, Cas9 es la denominación de una serie de proteínas, llamadas así por ser parte de esta tecnología. De manera que Cas9 corresponde a *CRISPR associated system*, es decir al sistema asociado a CRISPR (López, 2015).

El 17 de agosto de 2012, las investigadoras Emmanuelle Charpentier de la Universidad de Umea, Suecia, y Jennifer Doudna de la Universidad de California en

Berkeley junto a otros colaboradores publicaron, en la revista *Science*, el artículo “Una endonucleasa de ADN guiada por ARN dual programable en inmunidad bacteriana adaptativa” en el que demostraban que esa maquinaria natural se podía transformar en una herramienta de edición programable que podía servir para cortar cualquier cadena de ADN *in vitro* de manera precisa, rápida, sencilla y con un costo menor que el de tecnologías anteriores (Cong y Ran, 2013). Por la creación de esta tecnología recibieron el premio Princesa de Asturias de Investigación Científica y Técnica (2015), el Paul Janssen Award for Biomedical Research (2014) y el Breakthrough Prize in Life Sciences (2015), entre otros.

Asimismo, el 15 de febrero de 2013, el investigador Feng Zhang del Broad Institute, laboratorio del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y de la Universidad de Harvard publicó junto con su equipo de investigación el artículo “Ingeniería del genoma multiplex con sistema CRISPR” en la revista *Science*. El contenido de la publicación hacía referencia al desarrollo de un sistema CRISPR con el que se habían editado genomas de células humanas y de animales.

De acuerdo con Giono (2017) y Charpentier, entrevistada por Domínguez (2018), el CRISPR-Cas-9, aunque es una herramienta que ha alcanzado altos niveles de precisión y eficiencia, aún no es perfecta. Su uso presenta problemas, por ejemplo, puede ser rechazada por el sistema inmunológico humano o el ARN guía puede unirse con más de un sitio en el genoma, lo que conduciría a que la enzima Cas-9 cortara en un sitio no definido previamente. De tal manera, el trabajo para mejorar esta tecnología continúa realizándose. Charpentier, en la entrevista anteriormente citada comenta al respecto, el “CRISPR es como una receta que está siendo constantemente mejorada y adaptada a diferentes genes, células”.

A la fecha, se han identificado más de 6 tipos distintos de sistemas CRISPR y nuevas enzimas asociadas como Cas-X y Cas-Y que permiten mejorar la precisión de esta tecnología. También se han identificado inhibidores del CRISPR que permitirían obtener un mayor control en las aplicaciones de la técnica. Las rápidas modificaciones que el trabajo experimental implementa en el sistema hacen que, en la actualidad, se haga referencia solo a CRISPR, sin especificar el sistema asociado ya que este es variable.

Todavía no hay terapias establecidas con base en el uso del CRISPR. Sin embargo, se ha empleado con relativo éxito en tratamiento de cáncer de pulmón, en



anemia falciforme, en la distrofia muscular de Duchenne y tratamientos de ciertas cardiopatías, entre otras (Morán, 2016; Lammoglia, 2016).

Una innovación tecnológica de esta envergadura también tiene repercusiones significativas en el plano económico. Van Erp y Bloomer (2016) señalan que aún cuando la primera patente para utilizar CRISPR en células eucariotas fue emitida el 15 de abril de 2014, ya en 2013 las empresas interesadas en emplear esta tecnología habían acumulado 600 millones de dólares en capital de riesgo y mercados públicos. Por su parte, empresas farmacéuticas como *Novartis* se han asociado con otras firmas de capital privado como *Atlas Ventures* para comprometer 15 millones de dólares en la creación de un nuevo desarrollo farmacéutico, *Intellia Therapeutics*.

El sistema CRISPR tampoco escapa a los conflictos que puede generar la adjudicación de patentes. La propiedad intelectual de esta tecnología podría reportar a su poseedor una suma aproximada de 50.000 millones de euros. En esta línea de eventos, se destaca la disputa legal sobre la patente del CRISPR en la que se encuentran las investigadoras Doudna y Charpentier con el investigador Feng Zhang del Broad Institute.

Luego de la publicación sobre el sistema CRISPR que hicieron Doudna y Charpentier en la revista *Science* en el año 2012, la Universidad de California solicitó la patente del CRISPR-Cas9 a la Oficina correspondiente de EE. UU. Lo mismo hizo el MIT con base en el artículo que publicó Zhang en la revista científica del mismo nombre, pero en febrero de 2013. En abril de 2014 se otorgó la patente al MIT. Ante esta situación, la Universidad de California expuso que existían pruebas contundentes acerca de que la autoría del sistema pertenecía a Doudna y Charpentier e interpuso una queja ante la Oficina de Patentes de E.U.

En febrero del 2017, esa Oficina reiteró el otorgamiento de la propiedad de la patente del sistema CRISPR al investigador Zhang del Broad Institute, señalando que las solicitudes de patente de la Universidad de California y la del MIT no eran incompatibles puesto que mientras la Universidad solicitaba la patente del CRISPR para su uso en cualquier tipo de organismo, el MIT la solicitaba para usar el sistema en células humanas. Al parecer esta es una posible vía de solución a la disputa legal.

## **6. Áreas estratégicas para la conformación del campo genómico en México**

Mientras en el ámbito internacional se desarrollaba el Programa del Genoma Humano (PGH), en México se implementaban iniciativas y proyectos que tenían el doble propósito

de avanzar en la conformación del campo genómico en el país e incorporar a la comunidad local de investigadores al debate y a la producción científica internacional.

Los esfuerzos de miembros de la comunidad científica se concentraron en áreas estratégicas para la institucionalización del campo, es decir, en la creación de espacios de producción de conocimiento genómico, en la fundación de sociedades científicas centradas en el tema; y en el desarrollo de propuestas de formación en licenciatura y posgrado para favorecer la profesionalización del campo.

En la realización de las actividades antes mencionadas han desempeñado un rol protagónico las instituciones públicas de educación superior. Grupos de investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y del Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) fueron los primeros en efectuar investigaciones genómicas y en proponer iniciativas que culminaron con la creación de instancias dedicadas a ese tipo de investigación y a la formación de recursos humanos especializados.

En la Tabla 6 se registran datos básicos sobre las dependencias centradas en trabajar temas genómicos en el país. En todas ellas se desarrollan actividades de investigación y docencia. Aunque la docencia está centrada en la formación de posgrado, en cuatro de estas instancias, además de la formación en maestría y doctorado, se ofrece formación en el nivel licenciatura, abriendo a los interesados en especializarse en este nuevo campo interdisciplinar la posibilidad de participar en un proceso de formación temprana en este campo.

*Tabla 6: Instituciones académicas de ciencias genómicas. Periodo 1980-2018*

<i>Institución</i>	<i>Instancia académica</i>	<i>Año de creación</i>	<i>Lugar de funcionamiento</i>
UNAM	Centro de Investigaciones sobre Fijación del Nitrógeno (CIFN). Posteriormente se transforma en el Centro de Ciencias Genómicas (CCG)*.	1980-2004	Campus Morelos. Cuernavaca, Morelos.
		2004	Campus Morelos. Cuernavaca, Morelos.
	Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES)-León*.	2013	ENES-León, Guanajuato.
	Laboratorio Internacional de Investigaciones sobre el Genoma Humano (LIIGH).	2015	Campus Juriquilla, Querétaro.
	ENES – Unidad Juriquilla*.	2018	Campus Juriquilla, Querétaro.
CINVESTAV	Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO).	2005	Unidad Irapuato, Guanajuato.
INMEGEN	Posgrado	2004	Ciudad de México
UACM	Posgrado de Ciencias Genómicas*.	2003	Plantel Del Valle, Ciudad de México.
Universidad del Mar (UMAR)	Instituto de Genética.	2010	Campus Puerto Escondido, Oaxaca.

\*Incluye en su oferta académica una Licenciatura en Ciencias Genómicas.

Como se observa en la Tabla anterior, el Centro de Investigación sobre la Fijación del Nitrógeno (CIFN) de la UNAM fue una institución pionera en la investigación genómica en México. La Dra. Georgina Hernández Delgado, primera directora del CIFN, en una edición de la *Revista Universidad* señala que los objetivos del Centro eran,

contribuir al desarrollo de la ciencia; mantener un nivel de frontera en la investigación sobre fijación del N (Nitrógeno); realizar proyectos genómicos de bacterias y plantas; contribuir al desarrollo de las ciencias genómicas en México; contribuir al desarrollo de la agricultura sostenible a través de la investigación básica y aplicada en fijación biológica de N, y formar recursos humanos para la investigación. (Hernández, 2003: 67).

La creación del CIFN fue iniciativa de los doctores Jaime Mora y Rafael Palacios. Ambos investigadores del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBO) presentaron el proyecto al Consejo Universitario de la UNAM durante la rectoría del Dr. Guillermo Soberón. Su aprobación se produjo en el año 1980, lo que permitió que un año después el Centro abriera sus puertas en el estado de Morelos.

Entre las contribuciones del Centro al desarrollo del campo genómico en el país se destaca la realización del primer proyecto de secuenciación e interpretación de la información genética a gran escala del *Rhizobium etli*, bacteria con capacidad para fijar nitrógeno atmosférico y transferirlo a la planta de frijol. El proyecto, denominado “La estructura de mosaico del plásmido simbiótico de *Rhizobium etli* CFN42 y su relación con otros compartimentos del genoma simbiótico” fue realizado por un equipo de investigadores del CIFN, liderado por el Dr. Guillermo Dávila (González, 2003).

En 1997, se publicó en la revista *Science* la secuencia completa del genoma de *Escherichia coli*. El artículo titulado “The complete genome sequence of *Escherichia coli* K-12” registró el mayor número de citas durante el año 1998. La autoría correspondió al grupo de bioinformática del Centro, liderado por el Dr. Julio Collado-Vides.

Otro equipo de investigadores del CIFN, integrado por los doctores Julio Collado-Vides, Jaime Mora y Rafael Palacios, implementó el proyecto “Desarrollo de la Ciencia Genómica en México: el *Rhizobium etli* como Sistema Modelo”, uno de los primeros proyectos de investigación genómica, financiado por CONACyT, en el marco de la primera convocatoria del Programa para la Identificación y Selección de Campos Nuevos, Emergentes o Rezagados, promovido por ese Consejo (*Memorias UNAM, 2000 y 1997*).

El Programa de Biología Molecular Computacional del CIFN, coordinado por el Dr. Collado-Vides, fue reconocido como el Nodo Nacional de Bioinformática, es decir como el punto de convergencia digital de información sobre asuntos genómicos, por la red internacional European Molecular Biology Network (EMBN) en septiembre del 2000.

Otro aporte significativo, se relaciona con la creación de biofertilizantes para el mejoramiento de la producción y la calidad nutritiva de los vegetales como alternativa a los fertilizantes químicos; uno de ellos fue desarrollado con base en la bacteria *Azospirillum* y el otro está conformado por cepas de *Rhizobium etli* (Hernández, 2003).

La producción del CIFN justificó que su Consejo Interno presentara, ante las instancias correspondientes de la UNAM, la solicitud de cambiar el nombre del establecimiento por el de Centro de Ciencias Genómicas (CCG). Como resultado de la gestión, el CIFN pasó a llamarse Centro de Ciencias Genómicas (CCG) en el año 2004.

El CCG mantiene el propósito general de contribuir al desarrollo de las ciencias genómicas en el país en colaboración con otras comunidades científicas de México y del extranjero. El Dr. Christian Sohlenkamp, director del Centro, en el *Informe de trabajo-2017*, entre las actividades de investigación destacó lo siguiente,

El CCG tuvo avance importante en los estudios de todos los diferentes modelos biológicos que desarrolla. Sin embargo, vale la pena destacar algunos de ellos: 1) El CCG ha sido invitado por la Organización Mundial del Proteoma Humano (HUPO) para coordinar el Consorcio Mexicano que participa con la misión de definir a las proteínas codificadas por cromosoma 19, esto como parte del proyecto del Proteoma Humano que tiene como tarea identificar a la totalidad de las proteínas codificadas por el genoma humano. 2) Académicos del CCG publicaron la versión 9.4 de RegulonDB, la base de datos de regulación transcripcional más grande de *Escherichia coli*. Asimismo, se está avanzando en la curación digital y semiautomática de esta base de datos. 3) Se publicaron y analizaron las secuencias genómicas de más de 20 cepas bacterianas, incluyendo bacterias formadoras de nódulos, bacterias patógenas oportunistas, bacterias ambientales y endosimbiontes de insectos. (*Memoria UNAM, 2017*).

Otra institución de la UNAM que contribuye significativamente al desarrollo de la investigación genética en el país es el Instituto de Biotecnología (IBt) con sede en el campus Morelos de la UNAM. El Instituto tiene como antecedente organizacional el Centro de Investigación sobre Ingeniería Genética y Biotecnología (CIIGB), creado el 26 de abril de 1982 por decreto del rector Dr. Octavio Rivero Serrano. Al igual que en el caso del CIFN, la propuesta del CIIGB comenzó a diseñarse un par de años antes en el

Instituto de Investigaciones Biomédicas (IBBO); en su formulación participaron activamente el Dr. Francisco Bolívar Zapata, el Dr. Rodolfo Quintero Ramírez y el Dr. Xavier Soberón Mainero. El 14 de septiembre de 1991, luego de casi una década de producción científica, el CIIGB se transformó en el IBt (Vergara, 2015).

En la actualidad, en el IBt se llevan a cabo importantes proyectos en el área de genética y fisiología molecular de sistemas y organismos modelo, por ejemplo, el ratón, erizo de mar, *Drosophila melanogaster*, *Arabidopsis* y *Escherichia coli*, entre otros; de organismos relevantes por su relación con el ser humano, por ejemplo, la amiba, rotavirus, salmonella, frijol, maíz y alacranes; y de microorganismos fijadores de nitrógeno y microorganismos de interés industrial (*Memoria UNAM - IBt*, 2020).

Mientras la UNAM creaba esa institución y realizaba las actividades referidas para desarrollar el campo genómico, el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (Cinvestav-IPN) fundaba en el año 2005 el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO) como una instancia adscrita a la Unidad Irapuato. Esta última desarrolla actividades desde el año 1981 en la ciudad de Irapuato, Guanajuato. La iniciativa de crear este Laboratorio fue presentada por los doctores Octavio Martínez de la Vega, Luis Herrera-Estrella, Alfredo Herrera-Estrella y Jean-Philippe Vielle-Calzada, investigadores del Departamento de Ingeniería Genética de la Unidad Irapuato-Cinvestav.

LANGEBIO informa en su página electrónica que se creó por medio de un acuerdo firmado por el Cinvestav, la Secretaría de Educación Pública, la Secretaría de Agricultura, el CONACyT y el Gobierno del Estado de Guanajuato. La propuesta consistía básicamente en conformar equipos de investigación de alto nivel académico, independientes y multidisciplinarios para que desarrollaran proyectos genómicos sobre la biodiversidad mexicana y promovieran su utilización sostenible, y, además ofrecieran servicios de secuenciación y análisis de genomas al propio Cinvestav y a instituciones científicas que lo solicitaran.

Otro laboratorio científico, pero esta vez de carácter internacional, es fundado por acuerdo del rector de la UNAM, Dr. José Narro Robles, el 27 de febrero de 2014; se trata del Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano (LIIGH-UNAM). Este proyecto está adscrito a la Coordinación de Investigación Científica de la UNAM y cuenta con la colaboración del Cold Spring Harbor Laboratory (Namihira, 2017). Fue inaugurado el 7 de abril de 2015 en el campus Juriquilla - UNAM en el Estado de Querétaro.

Entre los principales objetivos y metas del LIIGH se encuentran: a) incorporar investigadores jóvenes con talento y un entrenamiento de primer nivel en el área de las ciencias genómicas y la biología integrativa; b) realizar investigación con estándares internacionales; c) formar en todos los niveles egresados en ciencias genómicas, competitivos a nivel internacional; d) consolidarse como un sitio estratégico para la discusión internacional de los nuevos horizontes de las ciencias genómicas y la biología integrativa; e) colaborar con instituciones nacionales (otras entidades académicas de la UNAM, el Inmegen y el Langebio) y con instituciones del extranjero en el desarrollo de las ciencias genómicas. (Coordinación de Investigación Científica, UNAM, 2015: 233; Namihira, 2017: 18).

En la *Gaceta UNAM* se informa que “en el LIIGH se hace ciencia de frontera desde México, con un modelo que prioriza a los jóvenes científicos (recién egresados del posdoctorado y menores de 32 años), el rigor académico, la libertad de investigación y la colaboración internacional.” (López, 2018).

Las líneas de investigación del LIIGH son: Estructura, dinámica, evolución y síntesis de genomas (que incluye análisis y síntesis de genomas de diversos modelos); Genoma regulatorio, circuitos génicos y biología de sistemas; Genética de poblaciones y paleogenómica (ADN antiguo); Biología del cáncer (en especial melanoma); y Genómica del desarrollo, Función y Patología del cerebro (desarrollo y funciones cerebrales).

El LIIGH está relacionado con la implementación de la Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG) que se ofrece desde agosto de 2018 en la ENEP-Juquilla. Esta Licenciatura tiene el mismo diseño de la LCG que imparten el CCG-IBt en el campus Morelos en Cuernavaca.

Asimismo, universidades públicas de reciente creación como la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) y la Universidad del Mar en Oaxaca se suman a la tarea de investigar para producir conocimiento genómico, creando para ello las instancias académicas correspondientes.

En el caso de la UACM, el 1 de octubre de 2003, se fundó el Posgrado de Ciencias Genómicas (PCG) como una instancia de investigación y docencia adscrita al Colegio de Ciencia y Tecnología de esa casa de estudios superiores.

El trabajo de investigación del PCG está organizado en las líneas de investigación Genómica de bacterias y parásitos, Genómica de virus y Genómica humana. Las actividades de docencia iniciaron en el año 2003. La primera oferta de formación fue la

Maestría en Ciencias Genómicas que cuenta con el aval del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del CONACyT. Luego se ofreció el Doctorado en Ciencias Genómicas, y recientemente la Licenciatura en Ciencias Genómicas (2012).

En la investigación *Una tribu académica en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México* (Rivera, 2016) se realiza una aproximación a la historia institucional del PCG a partir de la voz de los sujetos que integran el equipo de investigación, de la revisión de sus trayectorias y del análisis de documentos institucionales que sustentaron su creación. En relación con el equipo de 13 investigadores, responsable de las actividades académicas del Posgrado, Rivera (2016: 133) señala que “este núcleo disciplinar estuvo conformado por jóvenes investigadores con posgrado en las áreas de genética y biología molecular, formación que adquirieron en diversos departamentos del Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN)”. Asimismo, durante la etapa fundacional del PCG, este equipo de investigación contó con el acompañamiento de investigadores del Cinvestav con reconocidas y consolidadas trayectorias en el campo de la investigación científica.

De acuerdo con información que la Universidad del Mar (UMAR) publica en su página web, esta casa de estudios fue fundada el 20 de agosto de 1992 en el Estado de Oaxaca por iniciativa del gobierno de esa entidad federativa. El presupuesto universitario está integrado con recursos económicos que provienen del gobierno del Estado y la Secretaría de Educación Pública (SEP). La UMAR realiza sus actividades universitarias en 4 campus que tienen el nombre de la ciudad en que están ubicados: campus Huatulco, campus Puerto Escondido, campus Puerto Ángel y campus Oaxaca.

A partir del año 2010, en el campus Puerto Escondido, funciona el Instituto de Genética, creado para “hacer investigación y formar investigadores de alto nivel en el campo de la Genética, Genómica, Proteómica y Biotecnología”. El equipo de investigación del Instituto está formado por 24 investigadores: 7 doctores, 5 maestros en ciencias y 12 licenciados. Entre las líneas de investigación del Instituto se encuentra Genómica y Proteómica.

La División de Estudios de Posgrado de la Universidad ofrece la Maestría en Ciencias Genómicas en la ciudad de Oaxaca en modalidad escolarizada con una duración de 4 semestres.

Además de las instancias académicas, ocupadas en actividades de investigación y docencia, se pueden identificar otras organizaciones de carácter público del sistema de salud que contribuyen a desarrollar el quehacer genómico. Estas instituciones

realizan investigación, desarrollan actividades de docencia para formar recursos humanos especializados en el campo, y otorgan asistencia y servicios de salud al público que lo requiere. En esta situación se encuentran el Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN) y la Unidad de Biología Molecular y Medicina Genómica del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), ambas en la Ciudad de México.

El INMEGEN es el onceavo Instituto Nacional de Salud existente en México, se creó por Decreto Presidencial el 29 de julio del 2004. Su fundación es el resultado de un proceso que inicia en el año 2000 con el establecimiento de una alianza estratégica entre la Secretaría de Salud, el CONACyT y la UNAM para realizar un estudio acerca de la factibilidad de desarrollar la medicina genómica en México.

El estudio se realizó con asesoría de organizaciones privadas, contó con la participación de más de 60 especialistas y terminó el año 2001; entre sus conclusiones destacan las condiciones de posibilidad que tiene el desarrollo de la medicina genómica en el país y la necesidad estratégica de formar una instancia temporal con el propósito de promover la creación de un instituto de salud en el campo genómico. Se crea el Consorcio Promotor del Instituto de Medicina Genómica, integrado por la UNAM, el CONACyT, la Secretaría de Salud y la Fundación Mexicana para la Salud que tienen como principal objetivo la creación del INMEGEN.

En su portal web, el INMEGEN da a conocer que el objetivo central de su quehacer es “contribuir al cuidado de la salud de los mexicanos, a través de investigación científica que genera aplicaciones genómicas innovadoras con tecnología de vanguardia para mejorar la atención de la salud con apego a principios éticos universales y de respeto a los Derechos Humanos.”

Actualmente, el Instituto organiza sus actividades científicas en 20 líneas de investigación entre las que encuentran Farmacogenómica, Desarrollo de Tecnologías Genómicas, Genómica de enfermedades hepáticas; Genómica de enfermedades autoinmunes, Genómica de poblaciones, por ejemplo.

Otro espacio de investigación, docencia y atención médica de tercer nivel a pacientes es la Unidad de Biología Molecular y Medicina Genómica del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, creada en el año 1998.

Los investigadores que desarrollan estudios en el campo genómico también han participado activamente en la creación de asociaciones civiles que reúnen a investigadores que, en distintas instituciones y lugares del país, realizan actividades de



investigación en ciencias genómicas. Tal es el caso de la Sociedad Mexicana de Ciencias Genómicas y de Sociedad Mexicana de Medicina Genómica (SOMEGEN).

La Sociedad Mexicana de Ciencias Genómicas se fundó el 9 de febrero de 2001 en Cuernavaca, Morelos. Su creación fue producto del proyecto de investigación, mencionado anteriormente, “Desarrollo de las Ciencia Genómica en México: El Genoma de *Rhizobium etli* como sistema modelo”, realizado por un equipo de investigadores del CIFN con financiamiento CONACyT.

La Sociedad se constituye como una asociación civil, sin fines de lucro, con la intencionalidad expresa de promover la ciencia y el beneficio de sus asociados. Entre los propósitos de la Sociedad destacan los siguientes: “Asociar a un grupo de investigadores en ciencias genómicas que busquen la producción científica de alta calidad, su participación en la formación de profesionistas y doctores en el área, o su participación en desarrollos tecnológicos y divulgación de la ciencia genómica a la sociedad en general, sin perjuicio de los derechos de propiedad industrial o intelectual” (Acta Constitutiva, p.181).

Los integrantes de la primera mesa directiva son el Dr. Julio Collado-Vides (presidente, CIFN), el Dr. Alejandro Cravioto (vicepresidente, Facultad de Medicina), el Dr. Daniel Piñero (secretario, Instituto de Ecología) y el Dr. David Romero (tesorero, CIFN). Todos investigadores de la UNAM (*Memoria UNAM 2001*, 4).

Los socios fundadores son un grupo de 30 investigadores de distintas instituciones de educación superior del país, entre las que se cuentan, la UNAM, el Cinvestav-Irapuato, la Universidad Autónoma de Nuevo León, el Tecnológico de Monterrey Campus Morelos (Cruz, 2001).

La SOMEGEN se crea con la intencionalidad de constituir un foro transinstitucional que estimule la interacción de profesionales de distintas disciplinas en torno a la medicina genómica.

Jiménez al referirse a la creación del SOMEGEN plantea que la tarea central de esta Sociedad consistiría en “promover el conocimiento, la enseñanza y la divulgación de la medicina genómica a través de un foro multi e interdisciplinario que incorpore la investigación científica, las ciencias médicas y de la salud, las humanidades y las ciencias sociales, la tecnología y la industria en beneficio de la sociedad.” (Jiménez, 2004).

Sin duda, los diversos acontecimientos enunciados en este capítulo son parte de un periodo caracterizado por el auge de las ciencias biológicas. Para algunos el siglo XX

es considerado “el siglo de la biología”. Mayr (2005) ajusta el periodo a la segunda mitad del siglo pasado y plantea que la biología es un campo científico en pleno crecimiento.

Los descubrimientos que marcaron esa época tienen el sello de la investigación interdisciplinar. El uso de conocimientos provenientes de la física, la química y la medicina desempeñaron un papel clave en la identificación de la estructura del ADN. De acuerdo con Lee (2008), este descubrimiento abre las puertas a “la más grande aventura biológica del siglo”: la secuenciación del genoma y la búsqueda de procedimientos y desarrollos tecnológicos que permitan su manipulación exitosa.

En el siglo pasado se asistió al desarrollo de la biología molecular y de la biotecnología que sumadas a los avances en las ciencias de la computación y la informática propiciaron el surgimiento de las ciencias genómicas.

Los protagonistas de esta revolución en el conocimiento biológico son investigadores de universidades de países desarrollados; encabezan la lista Estados Unidos e Inglaterra, luego se suman Unión Soviética, Italia y Japón y, posteriormente, se integran a ella Francia, Canadá, China y Australia (Lee, 2008). Asimismo, México, desde los años noventa desarrolla proyectos encaminados a producir conocimiento en este ámbito. Este quehacer lo realizan fundamentalmente investigadores de instituciones públicas de educación superior, UNAM y Cinvestav.

La participación de la academia en la configuración del campo genómico puede considerarse una respuesta al reto que se plantea a las instituciones de educación superior para que asuman funciones de liderazgo en la promoción del desarrollo científico y tecnológico de la sociedad. Al respecto Clark (1991: 34) señala que “a medida que los imperativos de la ciencia y la tecnología han penetrado en las universidades en muchos países, los académicos se han comprometido crecientemente con el descubrimiento y la confección de nuevos cuerpos de conocimientos.”

El quehacer de los investigadores nacionales produce conocimiento científico; crean laboratorios y centros de investigación, formulan propuestas de licenciaturas y posgrado, fundan sociedades especializadas y crean empresas productoras de desarrollos tecnológicos, entre otras. La LCG forma parte de ese proceso. Su contribución específica se relaciona directamente con la profesionalización de sus agentes.

Siguiendo la línea expositiva de este capítulo, podemos concluir que el campo de las ciencias genómicas se encuentra en pleno proceso de institucionalización y que su objeto de estudio se configura en un contexto interdisciplinar, internacionalizado, abierto

a la experimentación permanente, cuyos efectos no se limitan al ámbito científico porque su producción tiene repercusiones significativas en el conjunto de la vida social; impacta en la economía, en la salud, la política y desafía planteamientos éticos sobre el tratamiento de la vida, por ello es también un campo de producción de conocimiento profundamente polémico. A este carácter se hará referencia en el siguiente capítulo.

## Capítulo 2. Polémicas en torno a la aplicación del conocimiento genómico

Las controversias y conflictos que genera la producción y aplicación del conocimiento genómico guarda estrecha relación con la conceptualización de la ciencia y de la tecnología que predomina en nuestra sociedad.

En esta época, podemos decir con certeza que el desarrollo científico-tecnológico ha producido importantes modificaciones en las relaciones del ser humano con la naturaleza, consigo mismo y con el colectivo social. Al respecto Aggazi plantea que “los productos de la tecnología han penetrado tan profundamente en nuestra vida cotidiana, hasta en los detalles más pequeños, que la *condición natural* del hombre moderno viene representada por su *mundo artificial*.” (Aggazi, 2014: 55). Somos testigos y protagonistas de la manera en que la ciencia y la tecnología modifican las condiciones de vida de la especie humana; junto con facilitar la realización de una serie de actividades, crear condiciones de bienestar, proponer nuevas miradas y visiones sobre las cosas y el mundo e imponer nuevas formas de relaciones interpersonales, crean necesidades y expectativas, generan nuevos problemas medio ambientales y encrucijadas éticas.

La relación ciencia y sociedad ha terminado por generar una nueva mirada sobre la ciencia misma. Como humanidad estábamos acostumbrados a pensar en la ciencia como una instancia productora de beneficios sociales, incluso, como señala Aggazi (2014), porque confiábamos en su capacidad para identificar y difundir lo positivo, y anticipar para evitar o controlar los posibles efectos negativos.

La parte de la ciencia y la tecnología que puede relacionarse con ganancias exorbitantes, comercio desigual, patentes o belicismo desdice todo sentido social. A su vez, las distintas versiones de lo que habría que entender por lo social se conflictúan según países, regiones o ideologías políticas. La encrucijada de la escasez de alimentos y la seguridad social y médica en el mundo son muestra de ello. Detrás de la crisis de medio ambiente, hambrunas y pobreza no está solamente su reconocimiento por Naciones Unidas o los comités internacionales de ética, sino todas las nuevas posibles vías que conceptualicen el sentido social de la política y la creación científica y técnica. Este es uno de los temas complejos del siglo XXI.

En este capítulo se presentan aspectos de la dinámica científica y sociopolítica en que se desarrolla la propuesta curricular de la Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG). Esta mirada sobre el contexto de realización de la Licenciatura permite identificar presiones externas que están presentes en la operación del currículum. De acuerdo con

Gimeno (1996: 127), “el currículum no puede entenderse al margen del contexto en el que se configura ni independientemente de las condiciones en que se desarrolla”.

En el campo social de las ciencias genómicas entendido éste como “espacio de juego históricamente constituido con sus instituciones específicas y sus leyes de funcionamiento propias” (Bourdieu, 1988: 108) destacan el intenso trabajo experimental innovador que se lleva a cabo, el conocimiento que genera y la rápida traducción de éste en aplicaciones tecnológicas.

Pero el quehacer genómico produce controversias en el campo social; no deja indiferente a los agentes que intervienen en este espacio, sean de la comunidad científica o de la sociedad civil. Todos expresan comentarios y opiniones que pueden estar cargados de reconocimiento, crítica, descalificación, preocupaciones éticas o económicas. Las controversias se plantean básicamente en dos frentes: la producción y consumo de productos agropecuarios transgénicos, y la manipulación del genoma humano.

Para iniciar el abordaje de esta polémica es necesario considerar que el conocimiento genómico pretende atender la problemática por la que atraviesan las sociedades contemporáneas. Estas enfrentan problemáticas de carácter estructural, derivadas de la sobreexplotación del trabajo humano y el medio ambiente, el crecimiento de la población y la disminución de los recursos (Toledo, 2009). Aparecen, por ejemplo, crisis alimentarias y ecológicas, pobreza y pobreza extrema, enfermedades que azotan a la población como epidemias y pandemias. En este contexto de crisis, el conocimiento científico y tecnológico orientado a mejorar condiciones de vida, posee carácter estratégico.

El conocimiento acumulado sobre el genoma y las posibilidades de intervención y manipulación de los organismos vivos ha tenido impactos significativos de diverso orden en la sociedad (epistémico, ético, religioso, económico, alimentario, médico, medio ambiental, político, entre otros). La polémica en torno a la producción y uso de organismos genéticamente modificados (OGM) es un hecho innegable. Las reacciones que genera en la sociedad este conocimiento científico es una evidencia más de que la ciencia, lejos de ser una práctica neutral, tiene dimensiones culturales, políticas y económicas capaces de proveer cambios significativos en la sociedad (Agazzi, 1996).

Mientras algunos sectores se congratulan por los avances biotecnológicos alcanzados y evalúan positivamente su impacto social y económico en las áreas de aplicación, otros manifiestan su abierta oposición a la realización de esas prácticas

científicas y a la aplicación masiva de sus resultados; argumentan que si bien se requiere enfrentar la situación con soluciones innovadoras y de alto impacto, estas deben ser respetuosas de la dignidad humana, del medio ambiente y del acervo cultural de las comunidades, y accesibles para la mayoría de la población.

Al respecto, resultan ilustrativos los comentarios vertidos acerca del tema por miembros de la comunidad científica nacional poseedores de una significativa cuota de capital simbólico en el campo científico. Se recoge el comentario de la Dra. Álvarez-Buylla, investigadora de la UNAM, Premio Nacional de Ciencias 2018, genetista molecular, ecologista y activista ambiental, en una entrevista concedida a Iván Carrillo en el año 2014,

Estoy a favor de una tecnología basada en ciencia, en conocimiento, pero también de una tecnología sensible al contexto nacional. Somos un país biodiverso, somos un país centro de origen de la diversidad, donde esta diversidad es todo un proceso que tiene al menos tres componentes: el ambiente; la biodiversidad genética y las comunidades campesinas e indígenas. Si se destruye este trinomio, cualquiera de estos componentes, se destruye un proceso que ha durado años en establecerse y que es la base, hoy por hoy, de la soberanía alimentaria, de la seguridad alimentaria.

En el otro extremo del debate, se encuentran declaraciones en apoyo a la producción y consumo de transgénicos como la Carta Pública que, en junio de 2016, difundió un grupo de 125 científicos, ganadores del Premio Nobel, la mayoría en campos como medicina, física y química. En ella también instaban a organizaciones como Greenpeace a no obstruir la utilización de estos insumos con base en argumentos no científicos. En la introducción a la Carta señalan,

El Programa de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas ha señalado que la producción mundial de alimentos, piensos y fibra necesitará aproximadamente que se duplique para el 2050 para satisfacer las demandas de la creciente población mundial. Organizaciones que se oponen al mejoramiento vegetal moderno, con Greenpeace a la cabeza, han negado repetidamente esos hechos y se han opuesto a las innovaciones biotecnológicas en la agricultura. Ellos han desvirtuado sus riesgos, beneficios e impactos, y apoyado la destrucción criminal de ensayos de campo y proyectos de investigación aprobados.

Pero durante estos casi 30 años de trabajo con OGM, ¿qué se ha hecho?, ¿cuál es la oferta de transgénicos que circula en la sociedad?, ¿cuáles son los resultados esperados de su aplicación en sectores específicos?, ¿cómo impacta su uso en la vida cotidiana de la población? La respuesta a estas interrogantes permite identificar

aspectos centrales del debate acerca de la producción, difusión y aplicación del conocimiento genómico en la sociedad. Polémica que también forma parte del contexto en que se desarrolla la LCG. Estas preguntas orientan el contenido de este capítulo que se ha organizado en torno a los siguientes asuntos:

- Campos de aplicación de la ingeniería genética o el mercado de transgénicos.
- Contenidos del debate en torno a los transgénicos.

### **1. Campos de aplicación de la producción transgénica**

Los conceptos de modificación genética, manipulación genética o ingeniería genética se utilizan para referirse “a la transferencia de genes de una especie a otra de forma artificial, con el fin de conseguir la transformación de la especie receptora, mediante la adquisición de un rasgo del que carece y que es aportado por un donante. Al organismo modificado de esta forma se le denomina ‘transgénico’.” (Jouve, 2008: 91).

En el escenario de los OGM se observa con facilidad el mayor desarrollo e impacto alcanzado por la manipulación genética en el mundo vegetal. También es empleada en programas de mejoramiento, reproducción y crianza de ganado, aves y peces, aunque en estas áreas todavía se encuentra en sus primeras etapas de desarrollo.

Por otra parte, son destacables las aplicaciones biotecnológicas que invaden la industria farmacéutica y la biomedicina. La clonación de organismos vivos completos ha renovado el debate acerca de qué es la vida y cómo se entiende la dignidad de la vida humana.

A continuación, se presenta un panorama general del uso de transgénicos en los sectores agropecuario, médico y farmacéutico, además del impacto de la biotecnología en otras esferas de la vida social. Ahora se habla de bioeconomía, bioindustria y bioderecho, por ejemplo.

#### **En el sector agropecuario**

De acuerdo con expertos en el tema, el uso de OGM en el medio agrícola vino a complementar las técnicas tradicionales de mejoramiento vegetal: selección artificial y cruzamientos selectivos, hibridación, mutagénesis inducida, polinización y fertilización in vitro, cultivo in vitro de células, tejidos y órganos vegetales, entre otras (Argenbio, 2007).

Al cumplirse 20 años (1996-2016) del uso de transgénicos en el cultivo de productos agrícolas, el *Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas* (ISAAA), organismo internacional sin fines de lucro, creado en 1992

para difundir conocimientos sobre biotecnología agrícola entre los interesados de países en desarrollo (consumidores, agricultores, responsables políticos, científicos y medios de comunicación), publicó un informe en el que se lee, por ejemplo, que los transgénicos son una de las tecnologías de más rápida adopción en la historia reciente de la agricultura. Para esta organización internacional el balance del uso de transgénicos en el sector ofrece resultados favorables en términos del incremento de la calidad y cantidad de la producción agrícola, del número de hectáreas sembradas, del incremento de productos transgénicos en cultivos experimentales y de otras variables que abren perspectivas optimistas para atender la crisis alimentaria en el mundo.

El ISAAA (2016) destaca que la superficie de cultivos transgénicos, a nivel mundial, en el año 2016, alcanzó los 185.1 millones de hectáreas sembradas, distribuidas en 26 países. De éstos, 19 son países en desarrollo que poseen el 54 por ciento de los cultivos, mientras que los otros 7 son naciones industrializadas a las que pertenecen el otro 46 por ciento. Los primeros 10 países con mayor superficie de cultivos transgénicos son Estados Unidos, Brasil, Argentina, Canadá, India, Paraguay, Pakistán, China, Sudáfrica y Uruguay. Los cultivos más importantes son los de soya, maíz, algodón, canola, arroz; en menor volumen también se cultiva tabaco, alfalfa, achicoria, papa, papaya, manzana, lino, ciruela, betabel y berenjena.

Las modificaciones genéticas realizadas en esos productos agrícolas se llevan a efecto con fines de, por ejemplo, aumentar la calidad y los ciclos de cultivo, generar productos resistentes a las variaciones del clima, reducir el uso de pesticidas, y ahorrar tiempo y maquinaria. En la tabla que se encuentra a continuación se presentan los objetivos que se pretenden alcanzar con las distintas aplicaciones.



Tabla 7: Principales objetivos de la transgénesis en plantas

Aplicaciones	Objetivos
Defensa contra plagas, enfermedades y malas hierbas	Tolerancia a herbicidas Resistencia a insectos, a micosis, a bacterias, y a virosis
Obtención de plantas con mejores propiedades agronómicas	Resistencia a heladas Mayor tolerancia al estrés hídrico, salinidad y metales pesados Mejora de morfología con fines ornamentales Obtención de formas androestériles
Aumento de la calidad	Semillas con mayor contenido en lisina y metionina Mejora en la calidad de las proteínas Aumento de la cantidad de proteínas Forraje rico en aminoácidos sulfurados
Aumento de la calidad post-cosecha	Retraso del envejecimiento de flores y de maduración del fruto Aumento de riqueza en sólidos en frutos y en almidón Aumento en cantidades de azúcares
Síntesis de productos de interés industrial	Aceites, almidón, enzimas; fármacos, caucho, celulosa, ceras, plásticos, vitaminas
Beneficio sobre el ambiente	Detoxificación de suelos contaminados Incremento de la eficiencia fotosintética

Fuente: Jouve, 2008.

Los OGM no sólo se emplean en el cultivo de especies vegetales sino también en la elaboración y procesamiento de alimentos. Enzimas y aditivos provenientes de microorganismos están presentes en el proceso de elaboración de alimentos de consumo humano. En el cuadro siguiente se registran algunos ejemplos.

Enzimas y aditivos	Proceso/ producto
Quimosina recombinante	Quesos
Amilasas	Hidrólisis de almidón
Pectinasas	Clarificación de jugos
Glucosas-oxidasas y catalasas	Deshidratación del huevo
Lipasas	Maduración de quesos Transformación de aceites
Glucosa-isomerasas	Jarabes fructosados
Gluconasas	Cerveza
Lactasas	Degradación de la lactosa de la leche

Fuente: Bolívar, 2011.

Por otra parte, en el sector pecuario se han implementado programas de mejoramiento génico en ratones, pollos, conejos, cerdos, vacas, ovejas, cabras, codornices y peces. Estos programas se efectúan para buscar el mejoramiento del ganado y otros animales de importancia económica, para producir leche con mayor valor nutricional o que contenga proteínas de importancia farmacéutica. Hasta el año 2015, el consumo humano de animales transgénicos no estaba autorizado por las autoridades competentes. En esa fecha, la agencia de Administración de Alimentos y Medicamentos

de Estados Unidos (FDA por sus siglas en inglés) autorizó a la empresa de ese país *AquaBounty Technologies*, la comercialización para consumo humano de su desarrollo biotecnológico, el salmón transgénico *AquaAdvantage* (Liendo, 2016). El genoma de ese salmón se editó con la hormona de crecimiento del salmón *Chinook* lo que permite que crezca el doble y a una mayor velocidad que el salmón normal (Fernández, 2014).

En la experimentación con fines médicos, se utilizan especies animales para estudiar el funcionamiento de genes específicos; disponer de modelos para analizar enfermedades que afectan al ser humano y, con base en esa información, desarrollar nuevas drogas y estrategias de tratamiento; generar tejidos y órganos posibles de trasplantar en humanos (ArgenBio, Cuaderno 9, 2007).

### **En el sector salud: medicina y farmacéutica**

La experimentación con OGM tiene enorme impacto en la producción de medicinas. La creación de medicamentos como la insulina para atender la diabetes, de nuevas vacunas para la prevención y el tratamiento de enfermedades como el papiloma humano, la creación de la hormona del crecimiento, y de anticoagulantes de la sangre, entre otros, han hecho crecer y han propiciado el enriquecimiento de la industria farmacéutica.

En el área médica, la hipótesis generalizada adelanta que la medicina genómica permita ofrecer atención individualizada de carácter preventivo y predictivo, con base en los factores de protección o riesgo genético de los seres humanos (Jiménez-Sánchez, 2011).

Sin embargo, el trabajo con OGM que ha generado mayor polémica en la comunidad científica y en la sociedad en general es la intervención humana en la reproducción de seres vivos mediante nuevas técnicas de inseminación artificial, de fecundación in vitro, de clonación de células y de organismos completos.

La clonación, concepto utilizado por primera vez en un foro público por el biólogo británico John B. S. Haldane (1892-1964) al dictar la conferencia *Biological Possibilities for the Human Species of the Next Ten-Thousand Years* en el año 1963, es una biotecnología que “consiste en la producción intencionada de células, tejidos, embriones o individuos con la misma información o identidad genética.” (Jouve, 2008: 97).

Los antecedentes históricos de las prácticas de clonación en animales se encuentran a finales del siglo XIX con el trabajo pionero de citólogos alemanes en embriones de erizos, ranas y otros organismos para abordar temas de embriología y

biología reproductiva. En la década de los años 60 del siglo XX, el inglés John Gurdon estudiaba el desarrollo embrionario en sapos, mediante experimentos de clonación. Muchos de los embriones morían y otros tantos presentaban malformaciones. Sin embargo, su trabajo motivó a otros investigadores a considerar la utilidad que podría tener la clonación de animales de granja que destacaran por sus cualidades (Jouve, 2008).

Los primeros experimentos se llevaron a cabo en ovejas y otras especies de ganado, por ejemplo, vacas. En 1994, en Estados Unidos, se fundó la empresa ACT (Advanced Cell Technologies), con tres objetivos: la clonación de vacunos transgénicos para la producción de fármacos en la leche, la clonación de animales para su uso en trasplantes de células y tejidos, y la clonación de células humanas con fines terapéuticos. El interés de esa empresa por ocupar un nicho comercial nuevo, con proyecciones de crecimiento económico, eran evidentes. Actualmente se dedica al cultivo de células madre humanas para emplearlas en medicina regenerativa (Jouve, 2015).

Producto de ese tipo de experimentos nació la oveja Dolly<sup>2</sup> (Escocia, 1996-2003), el primer animal clonado a partir del núcleo de células diferenciadas. Esta clonación se produjo mediante la transferencia de ADN del núcleo de una célula de glándula mamaria de una oveja adulta a un óvulo no fecundado y sin núcleo de una oveja donadora. En seguida se implantó en una oveja receptora (AnimalResearch.Info, s/f).

Ese tipo de experimentación transgénica impulsó el trabajo con células troncales o células madre. Estas células abrieron un amplio horizonte de investigación y de aplicabilidad de sus resultados porque se caracterizan por su plasticidad, por su capacidad para autorreplicarse durante toda la vida de un individuo; en un microambiente adecuado, pueden generar diversos tipos de tejidos con funciones y características especializadas como miocitos (célula básica del tejido muscular liso y estriado), neuronas (célula del sistema muscular) o hepatocitos (célula del hígado) (Jouve, 2015).

Las células madre se cultivan in vitro. El microambiente para mantenerlas vivas y facilitar su desarrollo debe reunir condiciones de esterilidad y contener sustancias nutritivas, hormonas, factores de crecimiento, suero sanguíneo, y los metabolitos

---

<sup>2</sup> Dolly tiene el record de ser el primer animal de especie ganadera clonado. Sin embargo, con anterioridad, los investigadores estadounidenses Richard Palmiter del Instituto Howard Hughes de la Universidad de Washington en Seattle y Ralph Brinster de la Universidad de Pennsylvania publicaron en la revista *Nature* (1982) que habían creado el primer animal transgénico: un ratón que recibió la hormona de crecimiento de rata en su genoma, de manera que alcanzó un tamaño mayor al que corresponde a su especie; por esta característica se le denominó 'ratón gigante' (Curtis, 2008).

necesarios para estimular su diferenciación hacia los tipos de especialidades celulares que se desea obtener (Jouve, 2015).

En 1998, James Thomson y un equipo de colaboradores publicó en la revista *Science* un artículo en el que demostraban que las células madre embrionarias de la masa interna del blastocisto mantenían su totipotencialidad. El trabajo que realizaron con líneas celulares mostraba la utilidad del trabajo con células humanas<sup>3</sup>.

Hasta el año 2006, estas células sólo se clasificaron en células madre embrionarias y células madre adultas. Las primeras se obtienen del óvulo fecundado en las etapas iniciales de formación del embrión. Son células pluripotenciales, es decir, en ese momento de su desarrollo no están especializadas en realizar una función específica en el organismo vivo, y pueden adaptarse prácticamente a cualquier medio en el que se inserten.

En cambio, las células madre adultas se encuentran en diversos tejidos de individuos desarrollados y tienen la información genética necesaria para realizar la función que corresponde al tejido de donde fueron tomadas.

Las células madre permiten dos tipos de clonación: la clonación reproductiva que tiene el propósito de producir embriones idénticos entre sí, o de embriones con la misma identidad de un individuo ya existente; y la clonación terapéutica, que supone la utilización de las células madre de un embrión previamente obtenido por fecundación in vitro, con el fin de lograr líneas celulares para la investigación de futuras aplicaciones terapéuticas en el ser humano.

Actualmente, la lista de tejidos humanos que contienen células madre incluye la base de la piel, pulpa dentaria, pulmón, médula ósea, sistema neuronal, sangre periférica, cerebro, cordón espinal, vasos sanguíneos, músculo esquelético, epitelio intestinal, córnea, retina, hígado y páncreas, entre los más importantes (Rodríguez-Pardo, 2005).

Después de aproximadamente 10 años de experimentación, se difundió la posibilidad de crear otro tipo de células madre: las células madre pluripotenciales

---

<sup>3</sup> Las células humanas pluripotenciales derivadas de blastocistos, que tienen cariotipos normales, muestran altos niveles de actividad de telomerasa, y marcadores de superficie celular que caracterizan a las células madre embrionarias de los primates, pero no caracterizan otros linajes tempranos. Después de 4 o 5 meses de proliferación indiferenciada in vitro, estas células aún mantienen el potencial de desarrollarse para formar trofoblastos y derivados de las tres capas embrionarias, incluyendo epitelio del intestino (endodermo); cartílago, hueso, músculo blando y músculo estriado (mesodermo); y epitelio neuronal, ganglio embrionario, y epitelio escamoso (ectodermo) (Thomson y Itskvitz-Eldor, 1998).

inducidas o células madre iPS (induced Pluripotent Stem). Éstas se obtienen de células madre adultas sometidas a un procedimiento de regeneración.

El Dr. Shinya Yamanaka de Japón y el Dr. John B. Gurdon de Gran Bretaña recibieron el Premio Nobel de Medicina 2012 por el trabajo que realizaron sobre regeneración de células madre. Este último descubrió en 1962 que se podía revertir la especialización de las células. Mientras que Yamanaka, en 2006, dio a conocer el procedimiento para reprogramar células maduras y convertirlas en células madre pluripotentes inducidas (RTVE, 2012).

El Dr. Yamanaka y el Dr. Kazutoshi Takahashi de la Universidad de Kyoto, demostraron que las células diferenciadas pueden ser reprogramadas de nuevo a un estado embrionario por fusión de células somáticas adultas con células madre embrionarias. Se trata de introducir al ADN de la célula madre adulta cuatro genes (Oct3/4, Sox2, c-Myc y Klf4) para inducir la pérdida de su función específica y convertirla en una célula con la plasticidad de una célula embrionaria, es decir, con la capacidad de aprender la función específica del tejido en el que se inserte (Jouve, 2008).

Por su parte, en Estados Unidos, el Dr. James Thompson, Universidad de Wisconsin, mediante la introducción de cuatro genes parcialmente comunes a los de Yamanaka, llamados Oct4, Sox2, Nanog y Lin28, alcanzó un éxito similar, al reprogramar células de piel y tejidos conectivos, convirtiéndolas en células madre capaces de adaptarse en cualquier tejido del cuerpo humano (López, 2007).

Actualmente, las células madre son utilizadas en medicina regenerativa (tratamiento de enfermedades como diabetes y Parkinson), en estudios farmacológicos y en estudios de sistemas patológicos (Guadix, 2017; Quesada, 2017).

### **En el sector industrial y económico**

El poder económico y político de las empresas que trabajan en el área de la biotecnología ha crecido de manera acelerada en las últimas dos décadas. De acuerdo con información proporcionada por el Grupo ETC (Colectivo de acción sobre la Erosión, la Tecnología y la Concentración, ONG), los capitales privados que las sostienen forman monopolios transnacionales que controlan alrededor del 49 por ciento del mercado global de semillas; además de los transgénicos, comercializan granos mejorados y otros "materiales cultivables". Su importancia se halla en que "la propiedad de las semillas -el primer eslabón de la cadena alimentaria- tiene implicaciones de muy largo alcance para la seguridad alimentaria global." (Grupo ETC, 2015).

Entre los consorcios más conocidos están Monsanto, Bayer, Aventis, Syngenta, BASF, Dow Agrosiences y Dupont/Pionner. En el año 2016, la empresa alemana Bayer pretendió comprar la transnacional Monsanto. Si esas negociaciones hubieran tenido éxito Bayer y Monsanto “controlarían el 30% del negocio de semillas y químicos agrícolas. Le seguiría muy de cerca ChemChina y Syngenta, con el 28%. La futura [fusión] DowDuPont se llevará un 17%. Tres cuartas partes del negocio global, por tanto, estará concentrado en tres grandes conglomerados (...) BASF quedaría relegado al cuarto lugar, con el 13%.” (Pozzi, 2016).

El capital financiero de empresas biotecnológicas como las mencionadas en el párrafo anterior creció a ritmos insospechados debido al aumento del valor de sus acciones en la bolsa de valores, en buena medida, gracias a la generación de patentes por nuevos desarrollos biotecnológicos que introdujeron en el mercado,

La industria biotecnológica en 1999, sólo en Estados Unidos generaba 20,000 millones de dólares de ingresos (entre el 80 y el 90 por 100 de las compañías biotecnológicas se dedicaba a la producción de farmacéuticos y de pruebas médicas). En 2004, el valor total del mercado de cosechas biotecnológicas (transgénicos) se estimó en 4,700 millones de dólares. (Sánchez, 2014: 951).

La voracidad económica de los consorcios que producen transgénicos, especialmente de la industria farmacéutica, lleva a Richard J. Roberts, biólogo molecular, Premio Nobel de Fisiología y Medicina 1993, a declarar en una entrevista concedida al periódico *El País* (Suleng, 2017) que las farmacéuticas dicen que quieren encontrar la cura de ciertas dolencias cuando lo que hacen es lucrar con la enfermedad. Al respecto señaló,

Durante años se han intentado parar investigaciones que desmienten ciertas cosas. El mejor ejemplo es la *Helicobacter pylori*. Barry Marshall y Robin Warren descubrieron que esa bacteria causaba las úlceras, no sólo el ácido. La industria intentó eliminar la investigación. De haber medicamentos que acabasen con las células cancerígenas por inmunoterapia, serían muy difíciles de comercializar: si detuviera el cáncer del todo tomándolo dos o tres veces, ¿dónde estaría el dinero? A la industria le interesa más tratar de parar el avance del cáncer que eliminarlo.

En el plano de la influencia política es interesante destacar que en 1999, en México, Monsanto, Dupont/Pionner, Bayer, Syngenta y Dow Agrosiences formaron la Asociación Civil AgroBIO México con el fin de "representar a la industria relacionada con la biotecnología agrícola para colaborar en el desarrollo de políticas y regulaciones

nacionales que fomenten el cuidado del ambiente y la salud, además de la inversión y la transferencia de tecnología". (Enciso, 2007). La Asociación Civil, en su página web, informa que "su misión es crear un ambiente favorable para el desarrollo de esta tecnología en nuestro país" y que reúne a las más importantes empresas desarrolladoras de biotecnología.

## **2. Contenidos del debate en torno a los transgénicos**

La creación y uso de organismos transgénicos en áreas específicas y, posteriormente, la intención de masificar su producción, distribución y consumo genera una fuerte controversia en torno a los posibles efectos no deseados de los OGM en las personas y en el medio ambiente.

La discusión incluye temas vinculados con la salud, la preservación del patrimonio genético y cultural de las comunidades, el trabajo, la economía, el cuidado medio ambiental, y asuntos éticos relacionados con la preservación y la dignidad de la vida humana. También cuestiona el papel de la ciencia en la sociedad, la autonomía y el avance del quehacer científico, así como la incidencia de las aplicaciones tecnológicas en el cuidado y mejoramiento de las condiciones de vida de los seres humanos.

En la polémica están involucradas instituciones que participan en el campo de los transgénicos desde distintas lógicas de producción, que representan intereses opuestos, a menudo en conflicto. Además, difieren en aspectos sustantivos como formas de financiamiento y de organización interna, y en la imagen que proyectan a través de los medios de comunicación. Son organizaciones ambientalistas, centros de investigación de carácter público y miembros de la comunidad científica, así como laboratorios y empresas del sector privado que trabajan en la experimentación y producción de organismos transgénicos.

Para presentar el discurso sobre transgénicos que circula en el campo social, en un primer momento, se mencionarán los argumentos que estructuran este discurso en el sector agropecuario para luego hacer referencia a asuntos relacionados con lo económico, lo político, y por último a las críticas y preocupaciones que circulan en la sociedad acerca de estos desarrollos biotecnológicos en organismos humanos.

Los argumentos a favor y en contra del uso de transgénicos en el sector agropecuario se sintetizan en el cuadro que aparece a continuación.

A favor	En contra
No es una práctica nueva. Surge con la domesticación de las semillas y con el uso de técnicas tradicionales de mejoramiento genético, tales como la hibridación.	Es un procedimiento nuevo que transgrede los límites entre especies para crear seres vivos que no existían en la naturaleza.
Los cultivos transgénicos son más productivos y tienen mejor calidad que los cultivares tradicionales.	La adopción del maíz transgénico en Estados Unidos no ha propiciado un incremento significativo de los rendimientos en comparación con años anteriores a su introducción.
La tecnología transgénica contribuirá a acabar con el hambre en el mundo.	No ha contribuido a acabar con el hambre en el mundo, aun cuando datos recientes de la FAO señalan que la situación ha experimentado una leve mejoría.
Las plantas transgénicas que tienen bioinsecticidas en su estructura genética reducen el uso de insecticidas químicos sintéticos que dañan el ambiente, la salud humana y animal.	Los transgénicos son productos-plaguicidas. Por ejemplo, el maíz Bt tiene incorporado en su genoma la bacteria <i>Bacillus thuringiensis</i> que produce una proteína <i>Cry</i> que resulta nociva para los insectos que las consumen.
La ingeniería genética mejora rápidamente en exactitud y precisión.	Las aplicaciones biotecnológicas pueden tener consecuencias impredecibles: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ efectos potencialmente perjudiciales sobre insectos beneficiosos</li> <li>▪ inducción más rápida de insectos resistentes</li> <li>▪ generación potencial de nuevos patógenos.</li> </ul>
Los consumidores tienen información y la opción de elegir consumir o no un determinado producto.	Los consumidores no pueden ejercer el derecho a elegir porque los transgénicos entran de manera oculta en la cadena alimentaria.

Fuente: Con base en Massieu y Lechuga, 2002; Bolívar, 2011 y 2018; González y Ávila, 2014; FAO, 2015; Romeu, 2016; Corral, 2016; AgroBIO, 2018.

En asuntos económicos y políticos, el discurso se centra en temas como el uso de patentes, el monopolio de empresas nacionales y transnacionales y la soberanía alimentaria de los países.

Las empresas productoras de OGM, mediante el sistema de patentes, tienen la propiedad de las semillas transgénicas. Esto obliga a quienes cultivan productos agrícolas y a quienes lo consumen a pagar por las semillas cada vez que las utilicen. En esta lógica, las transnacionales estarían atentando contra la soberanía alimentaria de los países.

Si bien las empresas y consorcios transnacionales que trabajan con transgénicos manifiestan interés en generar el conocimiento científico y tecnológico que, desde su perspectiva, es indispensable para acabar con la crisis alimentaria en el mundo y desarrollar cultivos que soporten las situaciones de estrés que generan el cambio climático (sequías, inundaciones, heladas), este discurso ocupa un lugar secundario en relación con las ganancias estratosféricas que obtienen con la comercialización de



semillas transgénicas, y de sus intervenciones en los gobiernos para crear o modificar una política pública que favorezca sus intereses comerciales y sus propósitos monopólicos (Grupo ETC, 2015). En ese marco, el apoyo a investigaciones en el sector alimentario que no se vinculen con sus intereses económicos es prácticamente inexistente (Robin, 2008).

Los promotores de los OGM también plantean que los agricultores obtendrían grandes beneficios económicos de las cosechas transgénicas. Tomando en cuenta este supuesto, es interesante mencionar la investigación *Impactos Sociales, económicos y culturales de la posible introducción de maíz y otras especies genéticamente modificadas en México*<sup>4</sup> (Chauvet y Lazos, 2014). En este estudio, investigadores de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y de la UNAM buscaron establecer si las semillas transgénicas que empresas transnacionales ofrecen a México pueden contribuir a solucionar los problemas de producción del maíz. Encontraron que,

los principales problemas a los que se enfrentan los productores entrevistados en los cuatro estados son los fenómenos climatológicos atípicos, la comercialización desventajosa, la alta volatilidad de los precios y los costos crecientes (primero fertilizantes y después semillas). Por tanto, las variedades de maíces transgénicos que se pretenden liberar en el país, resistentes a insectos y herbicidas, no responderían a las necesidades de los productores. Las plagas de malezas e insectos, si bien están presentes, no ocasionan fuertes pérdidas y son controladas por métodos convencionales. El problema de la comercialización es añejo, pues los productores están en manos de *coyotes* e intermediarios, y los precios sufren fuertes oscilaciones. Los fenómenos meteorológicos atípicos son más recientes, probablemente efecto del cambio climático, y aquí se desperdicia el potencial de resistencia de los maíces nativos a estos eventos, pues no hay una labor conjunta suficiente de mejoramiento de estos materiales entre los investigadores y los productores. (Chauvet y Lazos, 2014).

Los investigadores destacan la urgencia de delinear ‘una estrategia de autosuficiencia alimentaria’ que necesariamente considere políticas públicas acordes con la situación de los pequeños productores temporaleros, apoyos para la comercialización, y una relación distinta entre investigadores y productores, entre otras.

---

<sup>4</sup> La investigación se desarrolló en el periodo 2012-2014 con financiamiento de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem) del gobierno de México. La metodología consideró la búsqueda de información estadística, documental y electrónica; entrevistas en México a productores maiceros y ganaderos grandes, medianos y pequeños; comercializadores de granos; industriales (de semillas, insumos, alimento humano y animal); académicos; funcionarios públicos y privados; asociaciones civiles, y organizaciones sociales; y trabajo de campo en dos ciclos agrícolas.

No es necesario ni recomendable “fomentar la dependencia de la compra de insumos a las empresas transnacionales, sino el mejoramiento de las propias semillas y técnicas agroecológicas que conserven suelo y agua a futuro.” (Chauvet, Lazos, 2014).

En síntesis, cuando se habla del uso de transgénicos en la producción de alimentos se abre un abanico de temas, desde el impacto que podrían tener en la salud de los consumidores, en la economía, en la ecología, hasta asuntos vinculados a la seguridad nacional.

Las preguntas que movilizan la discusión en torno a la manipulación o edición del genoma humano están relacionadas con los propósitos, las condiciones de implementación, y sus posibilidades de éxito.

Hasta el momento, la ingeniería genética utiliza tres procedimientos para intervenir el genoma humano: la fecundación in vitro, la clonación de organismos vivos, y el cultivo de células madre. Los tres ofrecen la oportunidad de manipular la vida humana. Esta posibilidad concentra los cuestionamientos éticos que parte de la sociedad formula a la producción de conocimiento genómico y a sus aplicaciones biotecnológicas.

Ante la conveniencia o inconveniencia de llevar a cabo procedimientos de clonación humana, sea terapéutica o reproductiva, existen dos tendencias; una que se podría considerar de carácter práctico y la otra de carácter ético. La primera “estaría representada por el deseo de diseñar y producir células o sistemas biológicos, de acuerdo con unos fines utilitarios, incluso humanitarios. De otro, el sentido moral, que distingue y dignifica la vida humana frente a la de los demás seres vivos que la rodean.” (Jouve, 2008).

En el caso del cultivo de células madre, la aplicación que levanta mayor polémica es el cultivo de células madre embrionarias humanas. Como ya se señaló, éstas se obtienen de ovocitos con pocos días de fecundación, es decir, que aún no se implantan en el útero y no alcanzan la etapa de embrión. Evitar que el cigoto alcance el estado embrionario es considerado, por algunos, una interrupción del proceso de la vida.

El uso de células madre adultas y de células madre iPS haría innecesaria la utilización de células embrionarias humanas. Sin embargo, se continúa con esa experimentación; es el caso de investigadores de la Universidad de Oregon que en 2013 comunicaban que habían logrado clonar células madre embrionarias humanas siguiendo el mismo procedimiento de clonación que llevó al nacimiento de la oveja Dolly (López, 2013).

La clonación de células madre permitiría la producción *in vitro* de tejidos y órganos completos para dar tratamiento médico a pacientes, para ayudar a personas que no pueden procrear, pero otorga también la posibilidad de clonar seres humanos completos y con ello dar vida de manera artificial. Esto abre la puerta a temores y fantasías relacionadas con el mal uso de esta tecnología que conduzca a abusos contra los derechos de las personas y la dignidad de la vida humana. Se teme, por ejemplo, la generación de seres humanos para cosechar tejidos y órganos, recuperar a personas fallecidas por razones afectivas o por características particulares (personajes célebres, artistas, pensadores); e incurrir en prácticas de eugenesia.

También es cierto que la biotecnología utilizada en la clonación de células madre no está suficientemente desarrollada y todavía genera problemas de rechazo en el organismo receptor o de formación de tumores conocidos como teratomas.

Por otra parte, la manipulación genética de seres vivos (clonación exitosa de organismos completos, reproducción de células madre, y fecundación *in vitro*) impuso la necesidad de establecer controles legales y consideraciones éticas a este tipo de trabajo científico y a sus aplicaciones tecnológicas. A estos cuerpos legales se hará referencia en los siguientes párrafos.

La Organización de Naciones Unidas (ONU) concertó e instrumentó diversos acuerdos, documentos y marcos jurídicos para el manejo responsable de los OGM que tuviera como principio orientador la conservación y cuidado de la biodiversidad y el medio ambiente.

Uno de esos documentos es el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, Río de Janeiro, 1992) que comenzó a operar en 1993. Los objetivos del Convenio son “la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos”.

En ese Convenio se reconoce el derecho soberano de los Estados para explotar sus recursos de acuerdo con políticas ambientales propias, y el deber de cuidar que las actividades que se realicen dentro de su jurisdicción no dañen a Estados vecinos. Se invita a los países firmantes a mantener un espíritu de cooperación; a elaborar estrategias de investigación y preservación de los recursos biológicos de cada región; a definir áreas naturales protegidas; a facilitar el uso y el estudio de los recursos genéticos disponibles en las distintas regiones, y el necesario acceso a la tecnología, a la biotecnología, y a la transferencia tecnológica entre las partes, entre otras disposiciones.

El CDB es la base que sustenta el Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología (PCSB), redactado en el año 2000, y vigente desde el año 2003. Ambos documentos fueron suscritos por México.

Con base en los compromisos internacionales contraídos en el año 2005, en México se aprobó la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM); el Reglamento para instrumentar dicha Ley fue aprobado en el 2008.

Otro protocolo que surge bajo el alero del CDB es el Protocolo de Nagoya (2010) sobre el uso de los recursos genéticos en forma justa y equitativa.

Un documento normativo, también de carácter internacional, es la *Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos*, promulgada por la UNESCO el 11 de noviembre de 1997. En esta Declaración se establece que “el genoma humano es el patrimonio de la humanidad”; y dos de sus siete títulos se refieren de manera específica al genoma y su relación con los derechos humanos y al ejercicio de la actividad científica.

En el título “Genoma y Derechos Humanos” se manifiesta que la clonación humana es una práctica contraria a la dignidad humana; y se prohíbe su realización. Asimismo, se plantea el derecho de todas las personas a acceder a los avances científicos relacionados con el genoma humano, y que las investigaciones “deben orientarse a aliviar el sufrimiento y mejorar la salud del individuo y de toda la humanidad”.

En el título “Condiciones del Ejercicio de la Actividad Científica”, la Declaración plantea que las dimensiones éticas y sociales de los proyectos científicos acerca del genoma humano obligan a los investigadores a actuar con especial responsabilidad, “rigor, prudencia, probidad intelectual e integridad” en el desarrollo, divulgación y uso de los resultados de su quehacer.

Asimismo, declara que corresponderá a los Estados: a) propiciar las condiciones intelectuales y materiales para que se efectúen investigaciones sobre el genoma humano con total libertad; b) tomar en cuenta las implicaciones éticas, legales, sociales y económicas de esa actividad científica; c) garantizar el respeto de los derechos humanos, las libertades fundamentales y la dignidad humana y proteger la salud pública; d) cuidar que el producto del mencionado quehacer no sea utilizado con fines bélicos; e) favorecer la organización de “comités de ética independientes, pluridisciplinarios y pluralistas, encargados de apreciar las cuestiones éticas, jurídicas y sociales planteadas por las investigaciones sobre el genoma humano y sus aplicaciones.” (Art. 16 de la *Declaración*).

La preocupación jurídica por cuidar los aspectos éticos del trabajo con el genoma humano que se recoge en los convenios, cartas, leyes y declaraciones mencionadas en los párrafos anteriores, también ha estado presente en el mundo científico. Así queda registrado en una carta que los científicos Paul Berg, David Baltimore, Herbert Boyer, Stanley N. Cohen, Ronald W. Davis, David S. Hogness, Daniel Nathans, Richard Roblin, James D. Watson, Shermann Weissman y Norton D. Zinder publican en julio de 1974 en las revistas *Science* y *Nature*. En este documento señalan,

Existe seria preocupación de que algunas de estas moléculas artificiales de ADN recombinante puedan ser biológicamente peligrosas. Un peligro potencial en experimentos que se están llevando a cabo en la actualidad surge de la necesidad de utilizar una bacteria como *E. coli* para clonar las moléculas de ADN recombinante y aumentar su número. Estirpes de *E. coli* residen habitualmente en el aparato intestinal humano y son capaces de intercambiar información genética con otros tipos de bacterias, algunas de las cuales son patógenas para el hombre. Por consiguiente, es posible que nuevos elementos de ADN introducidos en *E. coli* puedan llegar a diseminarse extensamente en poblaciones humanas, bacteriales, vegetales o animales, con efectos impredecibles.

Luego de manifestar su preocupación, proponen una serie de recomendaciones entre las que se encuentran la solicitud de que se detengan ciertos tipos de experimentos como “la construcción de nuevos plásmidos (pequeños anillos de ADN que se utilizan en el empalme de genes bacteriales), que se reproduzcan de manera autónoma y que puedan conducir a la introducción de determinantes genéticos para la resistencia a antibióticos o la formación de toxinas bacteriales en estirpes de bacterias que no poseen actualmente estos determinantes”.

Al finalizar la carta señalan que las recomendaciones que mencionan las efectúan “sabiendo que nuestra preocupación se basa en juicios de riesgos potenciales, no de riesgos demostrados (...) que la adhesión a nuestras recomendaciones principales implicará posponer o posiblemente abandonar ciertos tipos de experimentos científicamente interesantes”.

Preocupaciones similares se escuchan en el último tiempo en relación con los OGM. Estas provienen tanto de ciertos sectores de la comunidad científica como de organizaciones sociales, especialmente de las ocupadas en asuntos medio ambientales. A la inquietud acerca de los riesgos potenciales del uso de transgénicos se suman las reservas acerca de los intereses económicos y políticos involucrados en la promoción, desarrollo y masificación de los OGM.

La Licenciatura en Ciencias Genómicas se enfrenta al desafío de proporcionar a sus estudiantes una formación ética que favorezca la toma de decisiones, la promoción de proyectos y el ejercicio de liderazgos que consideren el necesario avance de la ciencia, teniendo como gran referente los derechos, la dignidad de la vida humana y la responsabilidad de proteger la vida en todas sus formas y manifestaciones.

La reflexión y el análisis crítico de los prejuicios, juicios, valores y componentes ideológicos de los sujetos implicados en una práctica científica, así como el efecto e impacto de las tecnologías genómicas en los seres vivos, en el medio ambiente y en la vida en general tendría que ser un contenido que, de manera transversal, recorriera el currículum de formación de los futuros investigadores.

En el currículum universitario aparece la materia de bioética como una opción formativa para atender la preocupación por el impacto negativo que la ciencia y la técnica en el siglo XX produjo en el ser humano y los entornos ambientales. La racionalidad científica, amparada en la supuesta objetividad y neutralidad de la ciencia, condujo, especialmente desde la primera mitad del siglo XX, al atropello y pérdida de vidas humanas, así como al deterioro y depredación del medio ambiente. Sobre el particular, resulta tristemente emblemática la experimentación en seres humanos realizada en la Alemania nazi, los efectos de medicamentos como la Talidomida, el uso de la energía nuclear con fines bélicos o, como señala Morin, la desertificación del mundo rural, “entregado a los pesticidas, privado de vida animal, así como por las dimensiones de la ganadería industrializada, productora de alimentos degradados por las hormonas y los antibióticos.” (2011: 24).

En un acercamiento a la definición de bioética, Rivero y Pérez Tamayo señalan que esta puede ser definida como “la ética basada en el conocimiento biológico y dirigido a la supervivencia” e identifican el fenómeno de la vida como su objeto de estudio. Sitúan el alcance formativo de la disciplina en la contribución que puede hacer a la construcción de individuos responsables y amantes de la vida. Al respecto señalan:

...la reflexión bioética abarca todo el ecosistema, incluye a todos los seres humanos sanos y a todos los demás componentes biológicos de la naturaleza, desde los virus hasta los grupos más complejos de seres vivos. (...) Así, la bioética pretende no sólo formar individuos sabios en las cuestiones que trata, sino individuos que amen la vida y deseen conservarla. (Rivero y Pérez Tamayo, 2007: 21).

### **Capítulo 3. Innovación curricular en la UNAM: nuevos dispositivos para la formación en licenciatura**

La Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG) fue incluida en la oferta académica de la UNAM en un periodo en que los agentes que integran el campo social universitario trabajaban por superar la crisis institucional que tuvo como máxima expresión la Huelga Estudiantil de 1999.

Casanova (2013) señala que, en la dinámica de las universidades, especialmente en aquellas con el perfil y la trayectoria de la UNAM, coexisten factores paradójicamente contradictorios como son la tradición y la innovación, la libertad y la coordinación. Es en el juego de equilibrios y tensiones entre estos factores que se construyen dinámicas institucionales específicas.

En el caso de la UNAM, durante las últimas décadas del siglo XX las tensiones entre esos factores se expresaron en uno de los conflictos más graves en la historia de esa Universidad, la Huelga Estudiantil de 1999 que mantuvo cerrada esa casa de estudios por más de nueve meses (20 de abril de 1999 al 6 de febrero del 2000).

El periodo posterior a la Huelga estuvo marcado por iniciativas orientadas a establecer acuerdos y generar innovaciones académicas que devolvieran a la UNAM la imagen de universidad nacional, gratuita, democrática, con compromiso social y excelencia académica. Entre esas iniciativas se encuentra la apertura de licenciaturas que pueden diseñarse y gestionarse en un formato distinto al tradicional.

El propósito de este capítulo es situar la creación y desarrollo de la Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG) en la dinámica institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a inicios del siglo XXI. Interesa destacar que, en la nueva normatividad, la UNAM recupera la experiencia exitosa de la institución en el ámbito de la formación temprana en investigación desarrollada por la Licenciatura en Investigación Biomédica Básica (LIBB). A su vez, abre la posibilidad de dar continuidad a la formación de investigadores, por ejemplo, con propuestas como el Modelo Integral de Formación de Doctores, también conocido como Modelo 3-2-3: en ocho años se cubren los requisitos de formación que van desde la licenciatura al doctorado al cursar en tres años el pregrado, en dos los estudios de maestría y en tres años adicionales, el doctorado.

Para dar cuenta de ese propósito el contenido del capítulo se organizó en los apartados que se indican:

- La experiencia señera de la LIBB en el ámbito de la formación temprana en investigación.

- Crisis, planes de modernización y reforma universitaria.
- Nuevas licenciaturas en la oferta académica de la UNAM. Periodo 2000-2016.
- Un dispositivo para la profesionalización de un campo de conocimiento: La Licenciatura en Ciencias Genómicas.

### **1. La experiencia señera de la LIBB en el ámbito de la formación temprana en investigación**

En el año 1973, la UNAM incluyó en su oferta académica del área de ciencias biológicas la Licenciatura en Investigación Biomédica Básica (LIBB). Esta experiencia curricular, antecedente inmediato de la LCG, introdujo importantes innovaciones en el proceso académico y administrativo en el nivel de licenciatura de esa época y en las carreras que se crearon años después.

Entre las innovaciones en el plano académico, se puede mencionar la realización de una rigurosa selección de aspirantes como garantía de calidad y eficiencia terminal en el proceso formativo. Además de poseer una sólida base de conocimientos en el área de ciencias y una clara orientación vocacional hacia el trabajo científico, se consideraba indispensable que los estudiantes manifestaran un fuerte compromiso y dedicación con su proceso formativo.

Se buscaba también que la labor docente se caracterizara por la atención personalizada a los estudiantes y el ejercicio de una práctica tutorial efectiva; que el proceso de enseñanza y aprendizaje se enmarcara en una lógica interdisciplinaria de construcción de conocimientos; y que el diseño del dispositivo curricular ofreciera la flexibilidad necesaria para cursar materias y realizar estancias en laboratorios de otras instituciones mexicanas o extranjeras, y que promoviera la continuidad de la formación en el posgrado, preferentemente fuera del país.

En el ámbito administrativo, la propuesta de la LIBB abrió la posibilidad de que:

- a) La gestión del dispositivo curricular fuera asumida como una responsabilidad compartida por diferentes unidades académicas. En la actualidad, el desarrollo académico de la LIBB es responsabilidad de tres entidades: el Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBO), el Instituto de Fisiología Celular y la Facultad de Medicina.
- b) La tarea de formación en el nivel licenciatura fuera asumida por Centros e Institutos de investigación. Antes había una división tajante de funciones entre Escuelas e Institutos; los primeros estaban dedicados a las tareas de docencia y los segundos, a las de investigación.



- c) La gestión de la carrera fuera coordinada por un consejo interno, integrado por personas que participan en la propuesta de formación: el coordinador, el director del instituto o centro de investigación responsable de la licenciatura, representantes de los docentes y representantes de los estudiantes.

En términos generales, la propuesta de la LIBB fue calificada por Fortes y Lomnitz (2005: 37) como un trabajo “intenso, selectivo... diseñado por los investigadores del Instituto, con la idea de que la docencia fuera realizada en sus propios laboratorios y por ellos mismos. El salón de clases no debía estar separado de la realidad de la investigación; cada alumno realizaría sus estudios con base en plantear, diseñar y resolver problemas científicos en un ambiente de investigación activo.”

La Licenciatura fue producto de la confluencia de dos procesos de evaluación académica que tuvieron lugar en la Universidad: la evaluación general que se promovió en la UNAM desde 1967; y la autoevaluación del IIBO en el periodo 1971-1974.

En el proceso general de evaluación que se impulsó en la UNAM desde 1967 se diagnosticaron tres grandes problemáticas. Una referida a la desvinculación y aislamiento en que se desarrollaba el trabajo académico de las distintas escuelas, facultades, centros e institutos universitarios. Otra, relacionada con el diseño de los planes de estudio que incluían contenidos disciplinares e informativos más que formativos y utilizaban una metodología de trabajo escolarizada. Por último, la actividad docente se realizaba en grupos con un elevado número de estudiantes lo que entorpecía la posibilidad de desarrollar prácticas de atención más personalizadas, por ejemplo, la tutoría (Márquez, s/f).

En 1971, como parte de este proceso, se fundó el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) para promover la innovación y modernización de la Universidad. Aun cuando es más conocido por su proyección en el nivel medio superior, el CCH es una instancia con facultades para implementar acciones innovadoras en el funcionamiento institucional sin generar con ello mayores cambios en la estructura organizativa de la Universidad.

El Consejo Directivo del CCH creó en 1976 la Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y de Posgrado del Colegio de Humanidades y Ciencias Sociales (UACPyP) para que apoyara administrativamente la realización de proyectos colegiados de docencia y de investigación a nivel de licenciatura y posgrado. Estos proyectos debían presentar, entre otras, las siguientes características: contar con la participación de dos o más facultades, escuelas, institutos o centros de la Universidad; tener un carácter

interdisciplinario; combinar en sus contenidos y metodología el estudio teórico con el trabajo práctico (*Reglamento UACPyP*, 1976).

En la autoevaluación del Instituto de Investigaciones Biomédicas que se llevó a cabo en el periodo 1971-1974 se consideraron asuntos como la trascendencia del quehacer científico en relación con las necesidades del país, el tipo de investigación y los problemas que se abordaban, las políticas de investigación científica, el sentido de hacer ciencia en un país en vías de desarrollo, y las características efectivas de un programa de formación de investigadores en México (Fortes y Lomnitz, 2005).

Acerca de la valoración del proceso de formación de investigadores realizada por miembros del Instituto, Fortes y Lomnitz (2005) destacan asuntos relacionados con el sistema tutorial y con el carácter aleatorio del proceso de toma de decisión para dedicarse exclusivamente a la investigación y para seleccionar el campo de investigación. Los futuros investigadores eran egresados de carreras como medicina, que al descubrir su interés por la investigación debían dedicar un largo periodo a completar su formación. De tal manera, el entrenamiento para convertirse en investigador era tardío y, no siempre, lo suficientemente completo. Asimismo, la elección del campo de investigación dependía de la información a la que tuvieran acceso los interesados y de las posibilidades para integrarse a un proyecto específico.

Por su parte, el sistema tutorial, en el que descansaba la formación de investigadores, aunque se consideraba eficiente, presentaba problemas derivados del carácter personal y exclusivo de la interacción tutor-alumno, situación que limitaba las opciones para el estudiante.

Con base en los resultados de la autoevaluación, los investigadores del IIBO diseñaron el plan de estudios de la LIBB. Este tenía la finalidad de mejorar las deficiencias identificadas en el proceso de formación de investigadores. El plan fue aprobado por el Consejo Universitario (CU) en 1973; se implementó como un proyecto bajo la coordinación académica del Instituto, y sujeto a la coordinación administrativa del CCH a través de la UACPyP.

La LIBB fue vista, en el área de ciencias, como “un rompimiento con la tradición académica existente y, por tanto, como algo revolucionario dentro del sistema educativo nacional, ya que sería la primera vez en la Universidad que la reproducción social de científicos estuviera a cargo de los mismos investigadores, desde el comienzo de su carrera universitaria.” (Fortes y Lomnitz, 2005: 155).

Una preocupación central de los investigadores del Instituto era trabajar con jóvenes que tuvieran un excelente desempeño escolar, mostraran interés por desarrollar una trayectoria académica y consideraran al trabajo científico como un proyecto de vida. Asimismo, estaban interesados en que durante el proceso formativo se fomentara en los estudiantes la creatividad, la libertad de pensamiento y el espíritu crítico, por ello diseñaron un currículum altamente exigente, pero al mismo tiempo abierto, flexible, que ofreciera a los alumnos la oportunidad de conocer y recibir la influencia de varios tutores-investigadores, y los motivara a participar en un proceso de especialización permanente.

Actualmente, el plan de estudios de la LIBB tiene una duración de ocho semestres; en este periodo se cursan 27 asignaturas que equivalen a 339 créditos. Los contenidos del plan se organizan en torno a tres componentes: Asignaturas Básicas, Trabajo de Investigación y Unidades Teóricas.

La estructura del plan considera dos etapas. En la primera, que abarca los tres primeros semestres, se cursan las Asignaturas Básicas obligatorias en las áreas de biofísica, fisicoquímica, biología molecular, biología celular y matemáticas. En el tercer semestre, el estudiante elige tutor y área de investigación. En la segunda etapa, del cuarto al octavo semestre, los estudiantes cursan Unidades Teóricas de libre elección que seleccionan tomando en cuenta sus intereses personales y la oferta en los campos de conocimiento de las instituciones académicas participantes. El componente Trabajo de Investigación está presente en todos los semestres de formación; en los dos primeros se cursan dos materias prácticas obligatorias y en los siguientes son de libre elección. (*Plan de estudios LIBB, 2002*).

Las áreas de investigación que ofrece la LIBB son biología celular, bioquímica, genética, genómica, inmunología, neurociencias, parasitología, virología, biotecnología, biología del desarrollo y regulación metabólica.

Para obtener el título de Licenciado en Investigación Biomédica Básica, los estudiantes pueden elegir entre cuatro opciones: la realización de una tesis de investigación individual o en grupo y examen profesional; la publicación de un artículo de investigación en una revista científica arbitrada de circulación internacional y réplica oral; cursar la totalidad de créditos con un alto rendimiento académico; y la acreditación de las actividades académicas correspondientes al primer semestre de un posgrado impartido en la UNAM (*Plan de estudios LIBB, 2002*).

No obstante, su carácter innovador y los resultados positivos obtenidos con la implementación del currículum de la LIBB, durante 29 años esta experiencia de formación no trascendió las fronteras del IIBO y de Ciudad Universitaria.

En las primeras décadas del siglo XXI, la dinámica institucional universitaria, permeada por las tendencias de la educación superior a nivel nacional e internacional, generó condiciones favorables para que aspectos significativos de la experiencia de la LIBB fueran incluidos en el diseño de nuevas propuestas de formación en licenciatura.

## **2. Crisis, planes de modernización y reforma universitaria**

El inicio del presente siglo encontró a la UNAM en una crisis institucional, marcada por dos hechos: la huelga estudiantil que a lo largo de casi 10 meses detuvo la vida universitaria y, en el marco de ese paro de actividades, la renuncia del Dr. Francisco Barnés de Castro (1997-1999) a su cargo de rector de la Universidad (Casanova, 2016).

El movimiento estudiantil fue detonado por la aprobación del *Reglamento General de Pagos* (RGP) por el pleno del CU en la sesión del 15 de marzo de 1999. En esa normativa se establecía que los estudiantes pagarían una cuota por “concepto de los servicios educativos y trámites escolares que presta la Universidad Nacional Autónoma de México” (*Reglamento*, 1999: 1).

Esa no fue la primera vez que en la UNAM se promovían cambios de este tipo. Ya en mayo de 1986, el entonces rector Dr. Jorge Carpizo presentó al CU una serie de modificaciones a los reglamentos de pagos, inscripciones y exámenes que incluían también el pago de cuotas por servicios educativos. Esas medidas fueron aprobadas por el CU, pero rechazadas por amplios sectores de la comunidad universitaria. En octubre de ese año se realizaron diversas actividades de protesta y se constituyó el Consejo Estudiantil Universitario (CEU), instancia que encabezó el movimiento y las negociaciones para derogar los acuerdos del CU y para promover una reforma universitaria.

Las dificultades encontradas en el proceso de negociación llevaron al CEU a realizar una huelga estudiantil durante 18 días (29 enero-16 de febrero de 1987). Esta fue levantada cuando el CU derogó los acuerdos aprobados en 1986 y estableció una serie de instancias, como el Comité de Organización del Congreso Universitario (COCU), para preparar el Congreso Universitario.

El rectorado del Dr. Carpizo concluyó a fines de 1988. Ocupó su lugar el Dr. José Sarukhán quien, en el periodo 1991-1992, retomó el asunto del pago de cuotas por

concepto de servicios universitarios. La propuesta logró cierta acogida en algunos sectores de académicos, pero fue rechazada por los estudiantes, situación que llevó al Rector a suspender el proyecto.

El Dr. Sarukhán fue sucedido en la rectoría por el Dr. Francisco Barnés. El nuevo Rector volvió a poner en la mesa del CU una serie de medidas que incluyen modificaciones al *Reglamento de Pagos*, además de otras reformas para regular la permanencia de estudiantes en la Universidad, y para reglamentar el pase del bachillerato a la licenciatura. Estas fueron aprobadas por el órgano de gobierno, pero, nuevamente, rechazadas por los estudiantes.

Estas medidas, que de manera persistente se quisieron implementar en la UNAM, tenían su referente en la política de modernización de la educación superior en México y en recomendaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), y también en los recortes del gasto público, derivado, en esa época, de la caída del precio del petróleo, que condujo a la disminución al presupuesto originalmente asignado a la UNAM. Es interesante destacar que cuando el Dr. Barnés propone la modificación del *Reglamento General de Pagos*, la UNAM es prácticamente la única universidad pública del país que mantiene la gratuidad de los servicios educativos en su normativa. Al respecto, Casanova y Rodríguez (2000: 19) señalan,

La iniciativa del rector Francisco Barnés, a finales de 1998, de ajustar las cuotas de matrícula estudiantil en la UNAM tuvo como telón de fondo el recorte al presupuesto aprobado por los diputados. Pero, además, resultaba congruente con la política de cuotas seguida por el resto de las universidades públicas del país en la década de los ochenta -en el momento en que la UNAM anunció la elevación de sus cuotas era la única universidad mexicana que permanecía prácticamente gratuita para los estudiantes. No debe olvidarse, por último, que entre las recomendaciones de reforma al sistema de educación superior que hizo la OCDE al gobierno mexicano en 1996 figuraba la de “encarar un aumento de la contribución de sus estudiantes al costo de sus estudios”, simultáneamente con el desarrollo de becas.

En los meses que duró la Huelga, al rechazo del pago de cuotas se sumaron otras reivindicaciones. Entre otros asuntos, se incluyó la defensa de la autonomía universitaria mediante la anulación de los convenios contraídos por la Universidad con el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (Ceneval) para elaborar los exámenes departamentales y los exámenes de ingreso a la Universidad, la creación de un espacio de participación y diálogo resolutivo que posteriormente se concretó en la

realización del Congreso Universitario, y la eliminación de los acuerdos tomados por el CU en la sesión de junio de 1997 que modificaban las condiciones para la aplicación del pase automático como procedimiento de ingreso a la Universidad al establecer nuevos límites de permanencia de los estudiantes en la Institución (Meneses, 2012).

En ese contexto de inestabilidad institucional y de cambios políticos asumió la rectoría de la institución el Dr. Juan Ramón de la Fuente (2000-2007) quien se mantuvo durante dos periodos consecutivos en el cargo. Su gestión al frente de la UNAM se orientó a recomponer el tejido social de la comunidad universitaria, buscando la normalización de la vida académica y el reposicionamiento de la Universidad como institución de educación superior líder en México y América Latina.

Al finalizar su segundo periodo, De la Fuente reconoció la situación en la que se encontraba la Universidad y los esfuerzos realizados por la comunidad universitaria para recuperarse y transformar aspectos significativos del quehacer universitario,

Después de padecer la peor crisis de su historia en 1999, la Universidad logró reconstituir su tejido social, anteponiendo el diálogo franco y abierto, la buena fe y el respeto con todos los sectores que conforman la comunidad universitaria y, una vez restablecida la normalidad, retomó rápidamente su característico ritmo, su vitalidad, y se dio a la tarea de reformarse a sí misma para situarse a la altura que las circunstancias mundiales y nacionales le exigían. El compromiso y esfuerzo desplegado por sus académicos, estudiantes y trabajadores, quienes constituyen una comunidad empeñada en obtener cada día nuevos y más relevantes logros institucionales, hicieron posible que la UNAM se sitúe hoy entre las mejores universidades del orbe. (De la Fuente, 2007: 1).

El rector De la Fuente promovió un plan de modernización que incluyó estrategias orientadas a favorecer la equidad, el mejoramiento de la calidad y la eficiencia de los servicios universitarios, la internacionalización de la producción de conocimiento, y la descentralización de los procesos académicos y administrativos (De la Fuente, 2007). Acciones ejecutadas en estos ámbitos favorecieron el diseño y puesta en práctica de nuevas propuestas curriculares similares a la LIBB.

Durante la rectoría del Dr. De la Fuente, el pleno del CU estableció el Acuerdo (abril, 2002) por el que facultaba a los Institutos y Centros de la UNAM, ubicados fuera de la Ciudad de México, para ofrecer estudios de licenciatura si atendían dos requisitos: que la propuesta de formación se inscribiera en una nueva área de conocimiento; y que en su realización participaran dos o más disciplinas (De la Fuente, 2002: 2).

Asimismo, se creó el *Marco Institucional de Docencia* (2003). En ese documento se establecieron los principios del ejercicio de la docencia en la Universidad y los lineamientos generales para la elaboración de nuevos planes y programas de estudio.

En este contexto se crea la LCG (2003) en el área de Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud (CBQyS), además de otras dos licenciaturas con características similares: Manejo Sustentable de Zonas Costeras (2006) también en el área de CBQyS, y Tecnología (2007) en el área de Ciencias Físicas, Matemática e Ingeniería (CF-MI).

El Dr. José Narro Robles (2007-2015) quien sucedió en la rectoría al Dr. De la Fuente, también durante dos periodos sucesivos, mantuvo una línea de continuidad en el quehacer universitario, particularmente en relación con el impulso a la investigación y a la generación de propuestas innovadoras en el área de ciencias (Casanova, 2016; De la Fuente, 2000; Narro, 2007).

En ambos rectorados se impulsaron cambios académicos y administrativos que favorecieron la flexibilidad curricular; la movilidad estudiantil y docente; la definición de conocimientos y habilidades fundamentales; la promoción de la multidisciplinaria, la interdisciplina y la transdisciplina; el fortalecimiento de la docencia; y la actividad tutorial, entre otros aspectos (Ruiz y Martínez, 2012).

Las innovaciones en el diseño y operación de las nuevas licenciaturas quedan registradas en los documentos de normatividad académica que se elaboraron durante la gestión de Narro en el marco de la reforma universitaria. Entre éstos se cuentan los *Lineamientos Generales para el Funcionamiento de los Estudios de Licenciatura* (2015); el *Reglamento General para la Presentación, Aprobación, Evaluación y Modificación de Planes de Estudio* (2015); y el *Reglamento General de Estudios Universitarios* (2014).

Al finalizar su gestión, el rector Narro en su informe de actividades destaca 5 aspectos que caracterizaban la situación de la Universidad en ese momento: “la dimensión y el crecimiento de su matrícula total; la calidad y pertinencia de su oferta educativa; la investigación de punta que realiza y el conocimiento de frontera que genera; la incorporación de las tecnologías de la información y de la comunicación en el desempeño de sus funciones sustantivas, y su ascendente presencia nacional e internacional.” (Narro, 2016: 15). La identificación de estos aspectos de la vida universitaria evidencia la superación de las dificultades que debió enfrentar la Universidad a inicios de siglo.

### **3. Nuevas licenciaturas en la oferta académica de la UNAM. Periodo 2000-2016**

Como se mencionó en páginas anteriores durante el periodo 2000-2007 se abrieron tres nuevas licenciaturas en la UNAM (Ciencias Genómicas, Manejo Sustentable de Zonas Costeras y Tecnología). En el periodo 2008-2016, se abrieron otras ocho licenciaturas que funcionaron con un esquema similar al de la LIBB y la LCG. De éstas, cinco quedaron adscritas al área de Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud (CBQyS), tres a Ciencias Físicas, Matemáticas e Ingenierías (CF-MI), y dos al área de Humanidades y Artes (HyA). De las cinco licenciaturas adscritas a CBQyS, tres se imparten en centros académicos de reciente apertura en entidades federativas del país (Guanajuato, Morelos, y Michoacán).

El incremento importante de nuevas licenciaturas se produjo entre 2008 y 2016, etapa en la que se incluyeron 38 carreras en la oferta académica institucional. Estas quedaron distribuidas por área de conocimiento de la siguiente manera: seis en Ciencias Sociales (CS); nueve en Humanidades y Artes (HyA); nueve en Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud (CBQyS); 14 en Ciencias Físicas, Matemáticas e Ingeniería (CFyMI).

La oferta académica que se abre en el periodo 2000-2016 presenta dos tipos de ingreso: el ingreso tradicional o ingreso directo que se implementa mediante el pase reglamentado o por examen de admisión, y el ingreso indirecto o doble ingreso. Para participar en este último es indispensable haber sido aceptado y estar matriculado en el primer semestre de la licenciatura, en el caso de los estudiantes de nuevo ingreso, o en los primeros semestres de una licenciatura de la UNAM, cuando se trata de estudiantes que quieren cambiar de carrera. Desde esta condición de alumno de la UNAM, el interesado en cursar una carrera de ingreso indirecto puede participar en el proceso de selección de una propuesta que considere esta modalidad de incorporación.

En términos generales, el procedimiento de ingreso indirecto consiste en inscribirse en línea como aspirante a cursar una licenciatura que considera este mecanismo, adjuntando los documentos probatorios que se solicitan en la convocatoria correspondiente. Si es seleccionado en la primera etapa de revisión de documentos, pasa a la etapa de presentación de exámenes de conocimientos básicos. Cuando los resultados de esos exámenes son positivos, se invita al estudiante a participar en una entrevista con un comité de selección, integrado por docentes de la licenciatura. Este comité valora si el aspirante reúne las condiciones necesarias para ingresar a la



licenciatura que solicita. Esta modalidad de selección fue utilizada por la LIBB desde su apertura en 1974.

Del conjunto de nuevas licenciaturas se destacan las seis del área de CBQyS (ver Tabla 8) que comparten, entre otras características, la intención de promover la formación temprana en investigación desde este nivel de profesionalización.

*Tabla 8. Licenciaturas de ingreso indirecto. Área CBQyS-UNAM. Año de aprobación por el CU, entidad y unidad en que se imparte.*

<i>Licenciatura</i>	<i>Año</i>	<i>Entidad académica responsable</i>	<i>Unidad</i>
Ciencias Genómicas	2003 2008*	Centro de Ciencias Genómicas Instituto de Biotecnología	Cuernavaca, Morelos.
Ciencia Forense	2013	Facultad de Medicina	Ciudad Universitaria. Ciudad de México
Ciencias Agrogenómicas	2013	ENES-León	León, Guanajuato.
Ecología	2015	ENES-Morelia	Morelia, Michoacán
Manejo Sustentable de Zonas Costeras	2006	Facultad de Ciencias Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación en Sisal (Yucatán)	Campus Sisal, Yucatán
Neurociencias	2016	Facultad de Medicina Instituto de Fisiología Instituto de Neurobiología	Ciudad Universitaria Ciudad de México

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la DGAE.

\*Aprobación de cambios en el Plan de estudios.

Estas licenciaturas son altamente selectivas, están diseñadas para recibir un número reducido de estudiantes que muestren evidencias de buen desempeño académico. Esta situación contrasta con propuestas curriculares tradicionales de la UNAM que ofrecen un mayor número de vacantes y contribuyen a que la Universidad sea considerada una universidad de masas. Por el contrario, el diseño curricular de estas licenciaturas considera la atención personalizada de estudiantes, tomando en cuenta una capacidad de recepción de 30 a 40 alumnos por generación, que en la práctica oscila entre 9 y 35 por generación. Asimismo, un 60 por ciento de estas licenciaturas se imparten en dependencias de la UNAM ubicadas geográficamente fuera de Ciudad Universitaria.

Los planes de estudios tienen una duración de ocho semestres. En la mayoría de los casos se estructuran por etapas (LIBB, Ciencia Forense, Ecología, Nanotecnología, Ciencias Ambientales, Ingeniería en Energías Renovables), otros se despliegan con base en troncos de formación (Ciencias de la Tierra, tronco común; Tecnología considera un tronco metodológico, un tronco común y un tronco terminal), y otros por niveles (Ciencias Genómicas y Ciencias Agrogenómicas).

En general, los planes de estudio están organizados de modo que en los primeros semestres se afiancen contenidos de las disciplinas básicas del campo de conocimiento en que se inscribe la licenciatura. En los semestres intermedios, se integran contenidos revisados en los primeros semestres en el abordaje de problemáticas específicas de cada licenciatura. También se busca que los estudiantes tengan experiencias prácticas en laboratorios. En el último año, se promueve que los alumnos cursen materias de acuerdo con sus intereses específicos, que realicen estancias en laboratorios de otras instituciones o que participen en proyectos de investigación.

Una de las modalidades de docencia que se adopta en estas licenciaturas es la tutoría como estrategia de atención personalizada a los estudiantes. Ésta se concreta, por ejemplo, en acompañarlo en la selección de cursos y seminarios, en la orientación de experiencias de laboratorio, en el desarrollo de proyectos de investigación, en la atención de problemáticas relacionadas con el rendimiento escolar, en el apoyo para la presentación de proyectos ante el Comité Académico de la licenciatura. Esta modalidad de trabajo docente es valorada como un elemento positivo para la permanencia en la institución y para la titulación de los estudiantes.

Por otra parte, la gestión académica de las licenciaturas es una actividad compartida por dos o tres instancias académicas de la UNAM que, además, puede contar con la asesoría y colaboración de otros institutos y centros académicos.

Las formas de gestión académica y administrativa de las licenciaturas son recogidas en la normatividad académica que aprobó el pleno del CU entre 2014 y 2015, es decir, en el *Reglamento General de Estudios Universitarios* (2014); los *Lineamientos Generales para el Funcionamiento de los Estudios de Licenciatura* (2015); el *Reglamento General para la Presentación, Aprobación, Evaluación y Modificación de Planes de Estudio* (2015). Esta reglamentación tiene la particularidad de transformar en norma general prácticas que venían implementándose en el nivel licenciatura y recoge tendencias y preocupaciones del campo de la educación superior. Entre éstas se destacan las siguientes:

- a) *La clasificación de las licenciaturas en cuatro modalidades.* Esta clasificación obedece básicamente a dos criterios, la organización del conocimiento y la participación de instancias académicas en su realización. Estos criterios dejan abierta la posibilidad de combinar modalidades de licenciatura, por ejemplo, sería posible diseñar una licenciatura disciplinaria y compartida.

Las modalidades establecidas en la reglamentación corresponden a licenciaturas:

- *Disciplinarias.* Son aquellas que disponen de un plan de estudios organizado en torno a una disciplina, aunque incluyen también cursos y actividades académicas de disciplinas afines. Los estudiantes abordan contenidos sobre los fundamentos teóricos, las metodologías, las herramientas conceptuales y técnicas, y conocen los campos de aplicación de una disciplina. Es impartida por una facultad o escuela de la Universidad.
  - *Interdisciplinarias.* El plan de estudio considera conocimientos de dos o más disciplinas. Participan en su realización dos o más instancias académicas de la Universidad; una de ellas debe ser facultad o escuela.
  - *Compartidas.* En su realización participan la Universidad, a través de cualquier entidad académica, facultad o escuela, y otras instituciones de educación superior nacionales o extranjeras, previa suscripción de un convenio específico.
  - *Combinadas.* Cuando lo señala el plan de estudio específico, los alumnos participan en estudios de posgrado, en áreas de conocimiento o campos disciplinarios vinculados con la licenciatura que estudian. En el diseño y operación del currículum participan una facultad o escuela y, al menos, un programa de posgrado. En esta modalidad se encuentran las licenciaturas que responden al denominado Modelo Integral de Formación de Doctores o Modelo 3-2-3.
- b) *La vinculación de la licenciatura con el posgrado.* Esta relación entre los niveles de formación responde al interés de reducir el tiempo que se invierte en la formación de investigadores e iniciar este proceso desde la licenciatura. Con este propósito se crea la modalidad de licenciaturas combinadas mencionadas en el párrafo anterior que se enmarcan en el *Modelo Integral de Formación de Doctores* (Ruiz y Martínez, 2012).
- c) *La definición de una estructura curricular.* La estructura general de organización de contenidos permitirá la articulación de disciplinas y garantizará una formación sólida y flexible.
- d) *La movilidad de los estudiantes.* Los estudiantes pueden estudiar asignaturas o realizar estancias, prácticas profesionales u otras actividades académicas, consideradas en el plan de estudios, en instituciones de educación superior nacionales o extranjeras.
- e) *La colaboración interinstitucional.* Un plan de estudio puede ser diseñado con la colaboración de dos o más instituciones. Estas pueden ser escuelas, facultades, centros o institutos universitarios. De acuerdo con el tipo de participación de cada

entidad en la realización del currículum pueden tener la condición de instancia responsable, colaboradora o participante, o asesora. También pueden participar organismos, empresas, laboratorios, consorcios que, sin ser instancias académicas, contribuyan a la formación profesional de los estudiantes, previo convenio interinstitucional.

- f) *El carácter de las asignaturas.* Las materias que conforman el plan de estudios pueden tener carácter obligatorio, optativo y obligatorias con márgenes de elección dentro de un repertorio limitado de posibilidades.

#### **4. Un dispositivo para la profesionalización temprana en investigación: La Licenciatura en Ciencias Genómicas**

En 2001, el rector De la Fuente convocó a los doctores Julio Collado Vides, Federico Sánchez, Georgina Hernández Delgado, Francisco Bolívar Zapata, Rafael Palacios de La Lama, Xavier Soberón Mainero y David Romero Camarena, investigadores del IBt y del Centro de Investigaciones sobre Fijación del Nitrógeno (CIFN), para diseñar una estrategia que atendiera el propósito de fortalecer el desarrollo de las ciencias genómicas en la Universidad.

Una de las propuestas del grupo fue la creación de la LCG con un diseño curricular similar al de la LIBB. En gran medida, esto fue posible debido a que esos investigadores compartían rasgos de sus trayectorias académicas: eran investigadores con trabajo reconocido por la comunidad universitaria, formaban parte de los equipos de investigación del Centro de Investigación sobre Fijación del Nitrógeno (Dr. David Romero Camarena) o del Instituto de Biotecnología de la UNAM (Dr. Federico Sánchez, Dra. Georgina Hernández Delgado, Dr. Francisco Bolívar Zapata), tenían producción propia en el campo de las ciencias genómicas, algunos desarrollaron funciones de docencia en la LIBB (Dr. Rafael Palacios de La Lama), o eran egresados de las primeras generaciones de esa Licenciatura (Dr. David Romero Camarena, Dr. Federico Sánchez).

El conocimiento y participación directa en la experiencia de formación de la LIBB propició el traslado de esta experiencia hacia la LCG. Al respecto una investigadora que desarrolla funciones de docencia en la Licenciatura señala, *“yo creo que es un modelo muy parecido al de Biomédicas, veo a todos los de biomédicas ahí... entonces el programa de estudios en realidad es un programa muy plástico, tanto el de Biomédicas como éste.”* (E-Doc/09-15).

Esta carrera fue la primera que ofreció la Universidad en una entidad federativa (Cuernavaca, Morelos). Se creó para recibir a 40 aspirantes que serían seleccionados

de acuerdo con el procedimiento denominado ingreso indirecto. Se determinó que funcionara bajo la responsabilidad académica del Instituto de Biotecnología (IBt) y del Centro de Ciencias Genómicas (CCG), en un edificio que forma parte de las instalaciones del Centro, construido especialmente para albergar actividades de docencia.

Cuando inició sus actividades en agosto del 2003, de acuerdo con datos proporcionados por la Oficina de Administración Escolar de la LCG, en la primera convocatoria se inscribieron 92 aspirantes de los que fueron admitidos 35. Finalmente, se matricularon sólo 28 alumnos, 16 mujeres y 12 hombres. El promedio de edad de los estudiantes fue de 18 años; provenían de los Estados de México, Morelos, Michoacán, Baja California Norte y Distrito Federal. Eran egresados de 22 bachilleratos diferentes, aunque la mayoría de estos pertenecía al sistema de escuelas privadas incorporadas a la UNAM. Entre los aspirantes, la calificación promedio de egreso del Bachillerato era superior a nueve. Estos jóvenes habían sido aceptados en las licenciaturas de Biología, Física, Ingeniería Agrícola, Ingeniería de Alimentos, Ingeniería Química, Medicina, Psicología, Química en Alimentos, Química y Química Farmacéutica.

El quehacer académico de la Licenciatura contaría con el asesoramiento de la Facultad de Medicina, el Instituto de Matemáticas, el Instituto de Investigaciones Biomédicas, el Instituto de Fisiología Celular, y el Instituto de Ciencias Físicas.

Durante los 15 años de actividades académicas (2003-2018), el quehacer de la LCG ha estado orientado por dos planes de estudios. El primero fue aprobado por el Consejo Universitario el 20 de junio de 2003 y la reestructuración de éste fue sancionada por la misma instancia universitaria en el año 2008. En el Acuerdo de aprobación de la LCG, justifican su apertura por *“su importancia y trascendencia en diferentes áreas como la medicina, la veterinaria, las ciencias agrícolas, la industrial y la ambiental, así como en los ámbitos legal, antropológico y social”* (Boletín, 2003), además, por la creciente demanda de profesionales especializados en el área debido al auge y las perspectivas de desarrollo de las ciencias genómicas en Latinoamérica y en el mundo.

**El Plan de Estudios 2003.** Este Plan organizó la formación de las 4 primeras generaciones de estudiantes de la Licenciatura. La propuesta tenía el propósito de formar profesionales en ciencias genómicas que contaran con conocimientos y habilidades para incidir en la solución de problemas en áreas de conocimiento relacionados con las ciencias biológicas. Para ello se ofrecía una formación científica con enfoque interdisciplinario centrada principalmente en tres grandes campos de

conocimiento: la biología moderna, las matemáticas y las ciencias computacionales. Asimismo, se buscaba que el estudiante conociera las posibilidades de utilización de las ciencias genómicas en las ciencias básicas, la biomedicina, la ecología y las industrias farmacéuticas y agropecuarias (*Plan de estudios LCG, 2003*).

El Plan duraba nueve semestres, y las asignaturas estaban estructuradas en dos etapas: la Etapa Básica y la Etapa Profesional. La primera transcurría del primero al séptimo semestres; incluía 34 materias, organizadas en los ejes: Biología Genómica y Evolución, Genómica Funcional, Computación, y Matemáticas y Estadística. La segunda etapa era un periodo de especialización; comprendía el octavo y noveno semestres; incluía al menos cuatro asignaturas. El estudiante, de acuerdo con sus intereses y expectativas, participaba en seminarios y proyectos de investigación en cualquiera de las siguientes áreas de concentración: Genómica Computacional, Genómica Funcional, Genómica Evolutiva, Medicina Genómica, Genómica Ambiental, Genómica Industrial, Genómica Agropecuaria, Genómica Antropológica o Genómica Legal.

Esos seminarios y trabajos de investigación se complementaban con el estudio de al menos dos materias optativas relacionadas con el área de concentración elegida, ya fuera en el IBt, en el CCG o en otras instituciones nacionales o extranjeras.

Para la titulación se pedía un informe sobre el trabajo o las actividades realizadas, presentado a modo de examen profesional ante un grupo de sinodales.

En relación con el perfil de ingreso, en la convocatoria se establecían los siguientes requisitos: estar matriculado en una licenciatura del Área de CBQyS; poseer conocimientos sólidos en Matemáticas y Biología; tener capacidad de lectura y comprensión de textos en inglés; estar interesados en estudiar matemáticas, biología e informática; y asistir a una entrevista con una comisión de investigadores de las instituciones convocantes, CCG e IBt.

En el perfil de egreso se definía que un licenciado en ciencias genómicas estaría preparado para desarrollar actividades profesionales en instituciones de investigación y de educación superior de los sectores público o privado en las áreas de la salud, en el sector agropecuario, ambiental y energético, así como en industrias farmacéuticas, agropecuarias y alimentarias que utilizaran biotecnología.

**Plan de Estudios 2008.** Los cambios realizados al Plan de estudios 2003 tuvieron el propósito de favorecer una mayor integración de contenidos disciplinares al pasar de una organización de asignaturas y ejes, a una estructura curricular por niveles; además, se redujo la duración de la carrera de nueve a ocho semestres y se diversificaron las

opciones de titulación, incluyendo la acreditación de un semestre de estudios de maestría; asimismo, con la reforma también se buscaba mejorar el Concurso de Selección de Aspirantes (E-Doc/10-14).

Para efectuar la reformulación del Plan 2003, el CCG y el IBt presentaron una propuesta de reforma ante el Pleno de la Comisión de Planes y Programas de Estudios del Comité Académico del Área de Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud (CAAByS) el 23 de junio de 2008.

El nuevo Plan comenzó a operar en agosto del 2009. Se aplicó a partir de la 6ª generación de la Licenciatura. Las generaciones anteriores (3ª, 4ª y 5ª), fueron atendidas con estrategias específicas para que el cambio curricular no afectara su proceso de formación (E-Doc/10-14).

El Plan 2008 se estructuró en torno a tres supuestos básicos. El primero reitera que la formación en ciencias genómicas debía organizarse como un proceso interdisciplinario en que se relacionaran las ciencias biológicas, las ciencias de la computación y la informática, y las matemáticas y la estadística. El segundo planteaba que los estudiantes deberían adquirir una sólida formación en Biología General como fundamento para la especialización en temas específicos de ciencias genómicas. Por último, se señalaba que la formación del estudiante y las actividades académicas de la LCG serían atendidas por investigadores en ciencias genómicas o por alumnos de posgrado de nivel avanzado. Asimismo, la formación en bioinformática se afianzó como sello distintivo de la Licenciatura. (*Plan de estudios, 2008*)

El plan de estudios de la LCG se organiza en cuatro niveles de formación: Básico (primero y segundo semestres), Avanzado (tercer y cuarto semestres), Integrativo (quinto y sexto semestres) y de Investigación (séptimo y octavo semestres) (Ver *Tabla VI. Mapa curricular de la Licenciatura en Ciencias Genómicas en Anexo*).

En el Nivel Básico, los estudiantes cursan Matemáticas 1 (Matemáticas Discretas) y 2 (Álgebra lineal); Principios de Programación, Computación, Principios de Estadística, Biología Celular, Bioquímica, Biología molecular, Genética, Principios de evolución, Seminario 1 (Introducción a la Bioinformática) y 2 (Principales enfoques de la genómica en el laboratorio).

En el Nivel Avanzado, están incluidas Matemáticas 3 (Cálculo) y 4 (Ecuaciones Diferenciales), Bioinformática y Estadística 1 y 2, Genómica funcional 1 y 2, Genómica evolutiva 1 y 2, Modelos genómicos (virus, bacterias, levaduras, plantas y animales), Genómica humana, y Seminario 3 y 4 (Bioética).

Considerando la controversia que desata la producción y aplicación de los desarrollos tecnológicos genómicos resulta relevante mencionar la presencia en el plan de estudios 2008 de la materia de Bioética. Esta tiene una duración de 60 horas, distribuidas en 15 sesiones de cuatro horas cada una. Se imparte en el quinto semestre del plan de estudios, prácticamente en la mitad de la carrera; está ubicada entre los fundamentos teóricos y la introducción al campo de la investigación genómica.

Desde ese espacio curricular intersticial se pretende promover en los alumnos la formación de una conciencia crítica, la capacidad de plantearse preguntas sobre las acciones, el tipo de conocimiento y las implicaciones de la investigación biológica, en especial la genómica, en los seres humanos y en el medio ambiente. En líneas generales, se espera que este dispositivo contribuya a que los egresados asuman una conducta éticamente responsable en su desempeño profesional (*Plan de estudios LCG, 2008*).

En el Nivel Integrativo, encontramos tres bloques de materias (Genómica integrativa, Fronteras de la Genómica y Aplicaciones de la Genómica) que incluyen cuatro cursos cada uno. Los cursos de Genómica Integrativa son optativos y tienen el propósito de poner en contacto al estudiante con los últimos avances de la genómica. Éstos deben ser aprobados por el Comité Académico de la Licenciatura. Los cursos de Fronteras de la Genómica y Aplicaciones de la Genómica se diseñan por módulos (seis módulos por cada uno de los cuatro cursos, arroja un total de 24 módulos por bloque). Éstos se trabajan con la metodología de seminario, coordinado por un investigador invitado. Al concluir el Nivel, los estudiantes han interactuado con 48 investigadores nacionales y extranjeros.

Por último, en el Nivel de Investigación las actividades curriculares están centradas en las materias optativas denominadas Trabajo de investigación 1, 2, 3, 4, 5 y 6, y Tópico selecto 1, 2, 3 y 4. Seminario de Investigación 1 y 2. El plan de materias responde a los intereses y necesidades de cada estudiante, es personalizado. Se pone en práctica previa aprobación del Comité Académico. Puede realizarse en México como en el extranjero en uno o varios laboratorios de corte académico o industrial del sector público o privado.

Las modificaciones que se realizaron a la convocatoria y al procedimiento de selección de aspirantes apuntaron a una mayor explicitación de lo que ya señalaba el plan de estudios anterior. De tal manera, el proceso de selección de aspirantes que se utiliza en la Licenciatura considera los siguientes aspectos:



- a) Los estudiantes de nuevo ingreso y los que ya han cursado algún semestre de licenciatura en la UNAM deben estar matriculados en una licenciatura de las áreas de CBQyS o de CF-MI: Medicina Veterinaria y Zootecnia, Química Industrial, Química Farmacéutica Biológica, Química de Alimentos, Química, Matemáticas, Matemáticas aplicadas y computación, Ingeniería Química, Ciencias de la Computación, Actuaría, Biología, Física, Medicina, Psicología, entre otras.
- b) Inscripción en línea en el registro de aspirantes de la LCG, anotando datos personales; y adjuntando historial académico y un ensayo-exposición de motivos.
- c) Participación en el Concurso de Selección de Aspirantes que consiste en la aplicación de un examen general de conocimientos en las áreas de matemáticas, biología y química. El resultado del examen debe mostrar que se poseen sólidos conocimientos en las áreas examinadas. Habitualmente el examen convoca a alrededor de 200 aspirantes. Se realiza en dos sesiones de dos horas cada una. En la primera, se examina matemáticas y luego de un receso de una hora, química y biología. Al presentarse al examen, el aspirante proporciona copia de su historial académico que incluye las calificaciones de todas las asignaturas cursadas hasta el último semestre de preparatoria o de término del nivel medio superior y, si es el caso, de los semestres de estudios universitarios realizados; copia de constancias de distinciones académicas; y copia de una constancia de conocimiento del idioma inglés (si no cuenta con ella, redacta y firma una carta, en inglés o español, en que indica su nivel de conocimiento del idioma) (Entrevista, estudiante, 14-10-14).

Para apoyar la preparación del Examen General los aspirantes tienen a su disposición el documento *Guía de estudios, Licenciatura en Ciencias Genómicas* en línea. Este material de apoyo presenta ejemplos, temas y tipos de preguntas de Matemáticas, Química y Biología. Durante el Examen se pueden utilizar una tabla periódica, una tabla del código genético y calculadora científica.

- d) Aplicación de una entrevista con el Subcomité de Admisión de la Licenciatura, integrado por tres investigadores de la LCG. Las preguntas abarcan aspectos vinculados con las expectativas, intereses, conocimientos académicos y la disposición a asumir las exigencias y cambios que implica estudiar esa Licenciatura.

El resultado del examen de conocimientos y los antecedentes académicos del aspirante operan como primer filtro de selección; con base en ellos se identifica a los estudiantes que realizarán la entrevista.

La selección de aspirantes la lleva a cabo el Subcomité de Admisión. La relación de aspirantes seleccionados es presentada y, en su caso, ratificada por el Comité Académico de la LCG. El resultado de este proceso es inapelable.

Para la titulación, se estipula que los estudiantes deben aprobar todas las asignaturas incluidas en el Plan de estudios y acreditar el Servicio Social Reglamentario de acuerdo con el *Reglamento General de Servicio Social de la UNAM*. Las opciones para titularse son por “Totalidad de créditos y alto nivel académico”, “Actividad de investigación o trabajo profesional”, “Actividad de apoyo a la docencia” o “Estudios de posgrado”.

Los estudiantes que seleccionen la opción “Totalidad de créditos y alto nivel académico” deben tener un promedio mínimo general de calificaciones de 9.5; haber cursado la totalidad de créditos en el plazo establecido en el Plan; y no haber reprobado materias.

Los que optan por la “Realización de una actividad de investigación o trabajo profesional propio” presentan un examen oral ante un jurado integrado por tres sinodales, designados por el Comité Académico. En el examen, el estudiante expone la investigación o trabajo profesional en que participó durante dos semestres bajo la dirección de uno o varios tutores. El jurado explora los conocimientos generales del estudiante en el área, así como su capacidad para aplicarlos. Antes del examen, el alumno entrega a los sinodales un reporte escrito que incluye una introducción al tema que presenta para la titulación, una exposición del quehacer realizado y una discusión de las conclusiones alcanzadas y/o de las limitaciones en el área de trabajo. Este documento debe contar con el aval del tutor.

La opción “Actividad de apoyo a la docencia” se concreta en la elaboración de material didáctico que apoye la divulgación científica o la impartición de asignaturas en el campo de las ciencias genómicas. El primer paso que dará el interesado en esta opción es presentar al Comité Académico el programa de trabajo para su aprobación. En caso de ser aprobado, el Comité asignará un tutor que dará seguimiento al trabajo y nombrará a los 3 sinodales que, en el examen correspondiente, evaluarán los conocimientos y el valor didáctico del material elaborado por el estudiante.

El estudiante que elija la opción de titulación “Estudios de posgrado” deberá ingresar a un programa de maestría o doctorado de la UNAM o de otra institución nacional o extranjera que cuente con el aval del Comité Académico y aprobar

satisfactoriamente las actividades del primer semestre o del primer año del plan de estudio del posgrado.

Por último, en el Plan de estudios se establece que el egresado poseerá un amplio cuerpo de conocimientos en el campo de la genómica (especialmente en genómica funcional, genómica evolutiva y bioinformática). Asimismo, se busca que el egresado desarrolle una actitud crítica y fundamentada en relación con las implicaciones éticas, sociales y legales de las ciencias genómicas. (*Plan de estudios, 2008*).

A modo de reflexión final, se puede señalar que algunos de los nuevos dispositivos curriculares de licenciatura, entre los que se incluye la LCG, forman parte de una política universitaria que introduce cambios en relación con la organización del conocimiento (licenciaturas disciplinares o interdisciplinares), la gestión académica (responsabilidad compartida entre dependencias de la UNAM, combinadas o compartidas) y las modalidades de ingreso (ingreso por pase reglamentado o por examen de ingreso o por doble ingreso).

Asimismo, ofrecen la opción de iniciar de manera temprana procesos de formación especializada en investigación científica. Como se ha señalado, hasta la apertura de la LIBB, y posteriormente de la LCG, la formación de investigadores era considerada competencia exclusiva del posgrado. Iniciar el proceso en la licenciatura supone, por una parte, invertir en jóvenes que poseen una clara inclinación hacia las actividades científicas, asegurando altos niveles de rendimiento académico y eficiencia terminal, y, por otra, formar agentes especializados para producir en áreas sensibles para el desarrollo del país.

Pero los cambios en el diseño y operación del nivel licenciatura hacen visible la existencia de dos modalidades de licenciatura. Una de carácter masivo, disciplinario y con una clara orientación hacia el ejercicio profesional, y otra de carácter altamente selectivo. El nivel de selectividad se concreta principalmente en el reducido número de vacantes que se ofrece por generación y en el riguroso sistema de selección de aspirantes que permite el ingreso sólo de los mejor preparados.

## Capítulo 4. Aspectos estructurantes del dispositivo de la LCG

La Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG) promueve la incorporación de sujetos a una parte de la realidad social que puede ser identificada como un microcosmos dentro del espectro de la cultura científica, la comunidad de investigación que produce conocimiento genómico. En ésta podemos encontrar, por ejemplo, estrategias para el desarrollo, consolidación y legitimación de la producción de conocimientos, así como procedimientos para incorporar nuevos miembros y asignar prestigio y reconocimiento a sus integrantes (Becher, 2001).

En tanto dispositivo de formación, en la LCG se interrelacionan políticas educativas, prácticas pedagógicas, experiencias de los sujetos, formas de gestión y tradiciones propias de la comunidad científica que lo avala. El dispositivo curricular asegura a esa comunidad la transmisión de aspectos significativos de su cultura y la posibilidad de perpetuarse en el tiempo; mientras que a los individuos interesados en formarse les brinda un lugar donde transformar la experiencia de sí para integrarse a una nueva comunidad. De acuerdo con Larrosa (1995: 13) “toda cultura debe transmitir un cierto repertorio de modos de experiencia de sí, y todo nuevo miembro de una cultura debe aprender a ser persona en alguna de las modalidades incluidas en ese repertorio”.

El propósito de este capítulo es analizar aspectos de carácter pedagógico que, al pasar al terreno de las prácticas, otorgan identidad al dispositivo curricular de la LCG. Estos no son ajenos a la política educativa promulgada para la educación superior durante el periodo en que se diseñó, aprobó e inició actividades la LCG.

Desde las últimas décadas del siglo pasado hasta nuestros días, organismos nacionales e internacionales, desde el campo de la educación o de la economía, han emitido recomendaciones y políticas con la intención de vincular la educación superior con proyectos de desarrollo y promover la participación de los países en la llamada sociedad del conocimiento. Parten de diagnósticos que reconocen, en las Instituciones de Educación Superior (IES), la presencia de prácticas contrarias a las que requiere un sistema educativo interesado en participar en la dinámica de crecimiento económico y de desarrollo social; por ejemplo, en el Programa de Desarrollo Educativo 1995-2000 se describen los planes y programas de estudio del siguiente modo,

...con excepción de algunas instituciones que han mostrado avances importantes en su flexibilización, buena parte de los estudios superiores se caracterizan por su rigidez académica. Predominan los planes de estudio exhaustivos, con una excesiva carga horaria,

elevados porcentajes de materias obligatorias y esquemas seriados que limitan la movilidad de los estudiantes.

Supuestos como flexibilidad, interdisciplina, innovación y desarrollo científico-tecnológico, movilidad e internacionalización del currículum, calidad, pertinencia y competitividad, entre otros, pasaron a ocupar un espacio propio en el discurso político en materia educativa. Así lo podemos constatar, por ejemplo, en los programas nacionales de desarrollo de la educación de los sexenios 1995-2000 y 2001-2006 o en documentos de la UNESCO como la *Declaración Mundial sobre Educación Superior en el siglo XXI: visión y acción* y el *Marco de acción prioritaria para el cambio y el desarrollo de la educación superior*, publicados en el año 1998.

Esos supuestos, que derivaron de campos vinculados con el desarrollo económico y productivo a la política educativa, incidieron en procesos sustantivos de las IES tales como la gestión académica y administrativa y el desarrollo de propuestas de formación profesional (Barrón, 2014). Como señala Barrón, en ese periodo se generó consenso acerca de que las IES “tendrían que organizar sus currícula a partir de una serie de supuestos específicos, (...) promocionar el aprendizaje interdisciplinario, así como desarrollar la sensibilidad humanística y las competencias internacionales, en el marco de una organización curricular flexible.” (Barrón, 2014: 104).

En las páginas siguientes, abordaremos supuestos como la selectividad, la interdisciplina, la innovación, la flexibilidad y la movilidad de los sujetos que, si bien no son exclusivos de la LCG, se pueden identificar como rasgos que adquieren una expresión propia en la configuración de ese dispositivo.

## **1. Selectividad**

El carácter selectivo de la LCG puede justificarse con base en la formación especializada que ofrece a sus estudiantes y en las condiciones materiales de su operación. Asimismo, encuentra una vía de expresión en prácticas meritocráticas como el proceso de selección de aspirantes.

Como instancia formadora, la Licenciatura promueve la formación temprana en el ámbito de la investigación en ciencias genómicas. Su misión consiste en formar expertos que contribuyan al desarrollo del campo científico en que participan, por tanto, sus egresados contarán con el conocimiento necesario para continuar su especialización en el posgrado y para involucrarse activamente en proyectos de investigación (Página web oficial, LCG-UNAM).

Como punto de partida de este proceso formativo se requiere que los estudiantes posean un conjunto de conocimientos y ciertas capacidades y habilidades construidas durante su permanencia en el sistema educativo. Como no todos los egresados del sistema logran construir esos aprendizajes, es necesaria la implementación de estrategias para elegir a los miembros de cada nueva generación de alumnos. La selección tiene el propósito de dar acceso sólo a quienes proporcionen evidencias claras y convincentes de su interés por el campo de conocimiento, y del deseo de formar parte de “ese lugar” en particular.

Como resultado, son aceptados aquellos que durante su trayectoria escolar previa acumularon conocimientos, obtuvieron calificaciones de excelencia y desarrollaron capacidades e intereses vinculados con la actividad académica. Estos aspectos se pueden identificar en los relatos que se registran a continuación; en ellos, un estudiante y uno de los egresados entrevistados, describen a sus compañeros de generación,

*Son gente muy inteligente, la verdad es que el hecho de que el sistema de selección sea tan selectivo hace que entren los alumnos que verdaderamente tienen interés. Alumnos que no solamente se quedan con lo que aprenden en las clases, sino que buscan también otras cosas. Todos somos muy autodidácticos, no solamente estamos enfocados en nuestro tema de interés, las ciencias genómicas, sino que también exploramos la literatura, cine, pintura; es gente, en general, muy culta, ávida por aprender, agradables, en general me caen bien, son muy buenos amigos. (Héctor, 20 años, 5º semestre, Ciudad de México).*

*Para mí fue importante entrar al salón de clases con gente súper escogida, eso sí me impactó mucho, ver, de entrada, las capacidades de los compañeros. Toda gente muy brillante, eso me impactó mucho. Ya con el tiempo, como son grupos pequeños, se establece una camaradería, hay apoyo si no se entienden cosas, un apoyo en el ámbito académico muy, muy padre. Yo me quedo con eso, con el grupo pequeño, pero con gente muy escogida, con capacidades excelentes... con eso me quedo... con la parte de los compañeros. (Renato, egresado, estudiante de doctorado en el IBt).*

Por generación, ingresan a la Licenciatura entre 20 y 35 estudiantes; en ningún ingreso se ha cubierto el total de 40 vacantes que ofrece la Licenciatura. Aunque el número de aspirantes cambia en cada periodo de ingreso, éste habitualmente no es inferior a 100 y, en ocasiones, ha llegado a 300 postulaciones. En el contexto de una universidad de masas, como es el caso de la UNAM, esta cifra es pequeña si la comparamos con el ingreso a otras carreras, por ejemplo, Medicina o Biología, pero

resulta significativa para valorar la demanda de una licenciatura centrada en un campo de investigación interdisciplinar en pleno auge.

Los aspirantes a la LCG son estudiantes de la UNAM, de nuevo ingreso o de los primeros semestres del nivel licenciatura, que se involucran en un segundo procedimiento de selección dentro de la Universidad, denominado ingreso indirecto. Su participación exitosa en el primer procedimiento de ingreso, que incluye el Examen de Admisión o el Pase Directo, les permitió matricularse en una licenciatura del Área I Ciencias Físico–Matemáticas y de las Ingenierías o del Área II Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud, de la Universidad. Recurren al Examen de Admisión quienes no cursaron el bachillerato en establecimientos de la UNAM o adscritos a esa casa de estudios. Mientras que el Pase Directo lo emplean los estudiantes de la Escuela Nacional Preparatoria y del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM.

El proceso de selección que se implementa en la LCG remite al planteamiento de Bourdieu acerca del papel de los exámenes de ingreso en las Grandes Écoles francesas. Al respecto señala “los exámenes de ingreso constituyen una manera de imponer una especie de *numerus clausus*, un acto de separación y de cierre que instauro entre el último en ser aceptado y el primero en ser rechazado un abismo social.” (Bourdieu, 1993: 112). En el caso de la LCG, el efecto negativo del rechazo, a nivel afectivo y social, puede ser atenuado por el hecho de que los no aceptados regresan a cursar la licenciatura en la que estaban matriculados; este procedimiento garantiza su permanencia en la Institución y mantiene las condiciones que aseguran la continuidad de su formación universitaria.

La estrategia de selección de aspirantes adquiere características de un ritual de institución que consagra, otorga, impone y genera el efecto de legitimidad entre quienes logran incorporarse a la Licenciatura. Se trata de una legitimidad que comienza a producirse tempranamente y proporciona un sentido de pertenencia como miembro en formación de una comunidad académica específica.

Para Bourdieu el proceso de ingreso a las escuelas de élites, por los efectos que genera, no es sólo un ritual de paso, es decir un proceso con eficacia simbólica que establece quiénes pertenecen o no a un grupo o comunidad, o quiénes poseen una determinada condición, sino además es un “rito de institución” cuyo principal efecto está en que “naturaliza la diferencia”, es decir, produce el efecto de “sancionar y santificar un estado de cosas, un orden establecido.” (1993: 113).

El autor llama la atención acerca del poder de los ritos de institución para producir efectos transformadores en la representación social que el sujeto tiene de sí mismo y que los otros tienen de él. El efecto del rito de institución actúa sobre el individuo y sobre la comunidad, sobre el ser y el hacer de los sujetos sociales. Bourdieu se refiere a la fuerza identitaria del rito de institución de la siguiente manera,

... la investidura ejerce una eficacia simbólica completamente real en tanto que transforma realmente a la persona consagrada: en primer lugar, porque transforma la imagen que de ella tienen los demás agentes y, sobre todo, quizá los comportamientos que adoptan con respecto a ella (...); y, luego, porque transforma al mismo tiempo la imagen que la persona investida tiene de sí misma y los comportamientos que se cree obligada a adoptar para ajustarse a esta imagen. (Bourdieu, 1993: 114).

Durante el ritual de ingreso, los aspirantes tienen que mostrar una trayectoria escolar coronada por una alta calificación final en el bachillerato, y si es el caso, por la recepción de premios, y la participación en concursos y actividades científicas. Las altas calificaciones se consideran evidencia de un buen nivel de aprendizaje, la existencia de hábitos de estudio y de la necesaria disciplina para desarrollar con éxito estudios universitarios. Por su parte, los premios y la participación en actividades científicas extracurriculares son indicadores de interés, iniciativa y compromiso personal con el quehacer científico.

Una trayectoria escolar exitosa, en el marco del ritual de ingreso, garantiza que el aspirante tenga claridad acerca de su preferencia por la actividad científica. Permite suponer que el interés y la motivación por desarrollar un proyecto de vida profesional en el mundo de la ciencia es algo construido, que esa labor fue realizada por la familia y la escuela en etapas previas de socialización del estudiante. Quienes ingresan a la LCG ya han transitado parte importante del camino de búsqueda e identificación de sus intereses y aptitudes. Los docentes de la Licenciatura ya no necesitan acompañarlos en esa búsqueda; como expresó uno de los entrevistados, su aporte y sus esfuerzos académicos se orientan a proporcionar bases sólidas de conocimiento en el campo genómico, a que identifiquen dentro de este campo *cuál es su pasión* y a acompañarlos en sus primeros pasos de integración a una comunidad científica.

Los aspirantes deben registrar sus motivaciones para cursar la LCG en el ensayo-exposición que adjuntan a la inscripción en línea. Esa exposición de motivos permite valorar las razones que lo llevan a solicitar el ingreso a la Licenciatura y también



proporciona información acerca de la capacidad del aspirante para comunicar ideas por escrito.

En los exámenes de ingreso de Matemáticas, Biología y Química deben mostrar que poseen los conocimientos básicos para iniciar la carrera. Los investigadores que ejercen funciones de docencia en la Licenciatura establecen los contenidos mínimos que, de acuerdo con lo expresado por estudiantes de la LCG, se corresponden con los contenidos del plan de estudios del bachillerato. Asimismo, elaboran las guías de estudio que apoyan al aspirante en la preparación de los exámenes. Tanto el ofrecimiento de materiales de apoyo para estudiar por cuenta propia como las sugerencias de profundizar contenidos específicos que se plantean durante la entrevista de selección, son evidencias de la importancia que tiene, en esta Licenciatura, el autodidactismo. El estudio por cuenta propia se encuentra entre las capacidades del aspirante valoradas en el proceso de selección.

En esta misma línea de selectividad se inscribe el requisito del dominio del inglés. El dominio de ese idioma es imprescindible; un porcentaje importante de lecturas, conferencias y algunas clases se desarrollan en esa lengua.

Por otra parte, en la entrevista de los aspirantes con el Subcomité de selección, a la que son convocados quienes obtienen buenos resultados en los exámenes de conocimientos, se ponderan ciertos rasgos de personalidad (intereses, aptitudes, actitudes, capacidades para enfrentar problemas y situaciones nuevas...) que den cuenta que el aspirante puede asumir una empresa exigente, en un medio académico, social y geográfico nuevo.

Los estudiantes entrevistados expresaron que fue precisamente este momento el que les generó más emociones y expectativas. Coinciden en señalar que fue una conversación sobre gustos, intereses, proyecto de formación profesional en la que los investigadores se mostraron interesados en conocer cómo autocalificaban su desempeño en los exámenes de conocimientos y en conocer rasgos del perfil personal de cada entrevistado. Al recordar ese momento, una de las entrevistadas señaló,

*Fue muy emocionante [refiriéndose al proceso de selección] La parte más sorprendente en todo caso fue la entrevista. La entrevista era lo que más nerviosa me tenía, lo que más expectativa generó para mí. En mi caso, fue muy singular, fue casi una charla sobre cualquier otra cosa en lugar de preguntas muy precisas. Con respecto al desarrollo académico, sólo hubo un par de preguntas que fueron abiertamente sobre mi examen y sobre cómo veía mi futuro una vez que terminara la licenciatura. Entonces pienso que importa mucho la actitud con la*

*que uno se presenta a la entrevista, o sea, el examen está para confirmar el conocimiento, y la entrevista para el perfil, para ver el perfil del estudiante. (Claudia, egresada, estudiante doctorado del CCG, 4ª generación).*

Finalmente, se puede señalar que el proceso de selección de la LCG otorga a quienes son elegidos un signo distintivo que, de acuerdo con Bourdieu, “tiende a producir una élite consagrada, es decir, no sólo distinta y separada, sino también reconocida y que se reconoce a sí misma como digna de ello, en una palabra ‘distinguida’”. Para quienes son aceptados en la LCG comenzaría a operar “la magia realizadora de todos los actos de institución” que se resume en la frase “Conviértete en lo que eres.” (Bourdieu, 1993: 115).

El carácter selectivo de la Licenciatura se sustenta en la lógica del mérito individual sobre la que se construye una sociedad meritocrática. El esfuerzo, el trabajo y las capacidades individuales, en suma, la capacidad de agencia de cada sujeto, son la base de sus logros, son las que abren la posibilidad de ascender socialmente y de tener éxito. Movilidad social, libertad individual, responsabilidad personal, libre competencia e igualdad de oportunidades son conceptos en los que descansa esta racionalidad social basada en el merecimiento.

La selectividad de la Licenciatura se justifica también en función de las condiciones excepcionales en que opera. Dispone de un edificio propio, rodeado por centros e institutos de investigación que producen investigación científica de excelencia y altamente competitiva a nivel nacional e internacional. Aun cuando posee un espacio propio, la relación de la licenciatura con las actividades de investigación es permanente. La referencia, por ejemplo, a programas de investigación, redes y consorcios, publicaciones, desarrollos tecnológicos, patentes, conferencias, vinculación e intercambio con organismos científicos nacionales y extranjeros, configuran el discurso cotidiano en que se desarrolla el dispositivo. Asimismo, los estudiantes pueden acceder a laboratorios que cuentan con un equipamiento de primera línea tanto en el Centro de Ciencias Genómicas (CCG) y en el Instituto de Biotecnología (IBt) como en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) o el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), ubicadas en las inmediaciones del campus Morelos.

La planta docente está integrada por investigadores miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) que estudian fenómenos inscritos en los campos de las ciencias genómicas y de la biotecnología. La trayectoria de los profesores motiva y

aumenta en los estudiantes el interés por pertenecer a esa comunidad. (Ver *Tabla IV. Profesores LCG. Año escolar 2014-2015 en Anexo*).

En esta necesaria disponibilidad de recursos humanos, materiales y económicos radica una de las principales dificultades para reproducir y masificar el dispositivo. La puesta en escena de un dispositivo semejante requiere de una fuerte inversión económica. Uno de los estudiantes entrevistados refiriéndose a esas dificultades comenta lo siguiente,

*Ahora, las limitaciones están en los recursos para esto. Esta es una licenciatura cara, creo que el presupuesto de Ciencias Genómicas dividido entre los alumnos sale como 50 mil pesos por semestre por alumno, que es bastante, porque se necesitan los equipos, se necesita el personal, se necesita tener doctores como el Dr. Federico Sánchez que pueda venir 4 horas a la semana a hablar sobre el tema que sea. Y ahí es donde habría más limitantes. Aquí solamente es un grupo por semestre, pero si hubiera tres o cuatro no sé si encontraríamos a tres o cuatro doctores Federico Sánchez que pudieran venir y dar clases, eso podría ser una de las limitantes importantes. (Adrián, 19 años, Guadalajara, 3er semestre).*

## **2. Secuencia e interdisciplinariedad**

En un dispositivo curricular, la interdisciplinariedad adquiere diversas manifestaciones, por ejemplo, una propuesta de currículum integrado, equipos de trabajo conformados por profesionales de diversas disciplinas, currículum por ejes, un enfoque de sistemas complejos. En general, busca que el establecimiento de conexiones e interrelaciones conceptuales entre disciplinas disminuya la parcelación y fragmentación del conocimiento (García, 2011).

Para atender el propósito de formar sujetos que inician su formación en investigación, el dispositivo de la LCG transita desde el trabajo en el aula a las prácticas en el laboratorio. Los estudiantes describen la propuesta como una estructura organizada por niveles que comienza con el estudio de contenidos teóricos de carácter disciplinar para terminar con la participación en proyectos de investigación. Un entrevistado describe esa estructura del siguiente modo,

*La carrera está estructurada. Son cuatro años: es un año básico donde ves las materias de introducción a las ciencias genómicas que es biología molecular, bioquímica, programación y todo eso. El segundo año es la etapa avanzada donde ya ves materias propias de las ciencias genómicas: genética de población, genética funcional, genómica humana, bioinformática y cosas así. En el tercer año ya no hay clases porque son ciclos de seminarios.*

*Tenemos un ciclo de seminarios en inglés que se llama Frontiers in genomics en donde casi cada semana viene un investigador de alguna universidad del extranjero, universidades de punta porque vienen personas de Harvard, del MIT, de Stanford, de Suiza. (...) él viene y da una clase sobre su investigación, entonces te permite acercarte y tener una proyección internacional de las ciencias genómicas. Tenemos una clase de bioética y también un ciclo de seminarios que se llama Fronteras de las Ciencias Genómicas que es lo mismo que Frontiers in Genomics pero con investigadores nacionales, también se convive con ellos. Un grupo de cuatro alumnos come con ellos. También te da una idea de cómo se está haciendo la ciencia en México y como científico mexicano qué es lo que se quiere de las nuevas generaciones. Al cuarto año ya no hay clases, sino que te integras a cualquier laboratorio que logres entrar, porque muchas veces hay problemas de financiamiento, pero generalmente la mitad de los chavos por generación se van a Estados Unidos o a Europa a hacer sus proyectos de investigación. (Héctor, 20 años, Ciudad de México, 5º semestre).*

En el relato anterior, se identifica la relación entre la secuencia en que se estudian los contenidos y el carácter interdisciplinar de la propuesta. Durante los dos primeros años se prioriza el trabajo en aula para revisar contenidos disciplinarios básicos en la configuración del campo genómico. En el tercero predominan los seminarios donde se analizan proyectos de investigación en plática directa con los investigadores responsables, o mediante el análisis crítico de artículos publicados en revistas científicas. Para concluir, en el último año de carrera, con la realización exclusiva de prácticas en laboratorio y cursos especializados de carácter optativo.

Esa secuencia de contenidos permite identificar que la formación interdisciplinaria, en este caso concreto, inicia con un fuerte énfasis en el tratamiento de contenidos disciplinares del campo de la biología, de las ciencias exactas y de las ciencias informáticas. Para luego, en los siguientes semestres, pasar al análisis crítico de objetos de estudio que precisan de un tratamiento interdisciplinario. Es aquí, en el tratamiento de problemáticas e investigaciones genómicas concretas, donde los contenidos de los primeros años de formación resultan imprescindibles para enunciar preguntas y comentarios analíticos pertinentes. En síntesis, el dispositivo curricular trata de proporcionar a los estudiantes una sólida formación disciplinar para pensar problemas biológicos que precisan de un abordaje interdisciplinar.

García (2011: 69), al referirse al papel de la interdisciplinariedad en el proceso de formación de investigadores, señala que ésta contribuye al proceso de formar pensamiento orientado a la innovación y la creación en un campo científico. En este marco, plantea que “no se trata de aprender ‘más cosas’, sino de ‘pensar de otra manera’

los problemas que se presentan en la investigación, es decir, de reformular la concepción de la práctica de la ciencia.”

Como se señaló en el capítulo anterior, el plan de estudios de la LCG está organizado por niveles: básico, avanzado, integración e investigación. Los cursos del Nivel Básico están orientados por programas que consideran contenidos de biología, matemáticas, química e informática. El objetivo del Nivel es proporcionar una base sólida de conocimientos para sustentar los contenidos que se trabajarán en los Niveles posteriores.

<i>Semestre</i>	<i>Nivel Básico</i>					
1	Matemáticas 1	Principios de programación	Biología celular	Bioquímica	Biología molecular	Seminario 1
2	Matemáticas 2	Computación	Principios de Estadística	Genética	Principios de evolución	Seminario 2

La organización y tratamiento disciplinar de los contenidos se fundamenta en el supuesto de que no es posible construir conocimiento interdisciplinar desconociendo los marcos conceptuales y metodológicos específicos que reconoce y utiliza una comunidad científica para abordar un objeto de estudio. De acuerdo con Torres y Ander-Egg “conviene no olvidar que para que haya interdisciplinariedad es necesario que haya disciplina” (Torres, 2000: 64) o que se debe tomar en cuenta que “la interdisciplinariedad sólo es posible a partir de saberes y competencias de cada una de las disciplinas” (Ander-Egg, 1999: 32).

La disciplina no es sólo un punto de partida indispensable para el trabajo interdisciplinar; su presencia es una constante en la tarea de producir conocimiento sobre un nuevo objeto. El diálogo conceptual y metodológico entre disciplinas, orientado a producir conocimiento, está íntimamente relacionado con la investigación científica y con la posibilidad de promover que las instituciones educativas transiten “de un lugar donde se transmite un conocimiento previamente elaborado, a un lugar donde el conocimiento nuevo es producido colectivamente.” (Berger, 1979: 22).

Existe una relación sinérgica o dialéctica entre disciplina e interdisciplina. De acuerdo con Torres, “la propia riqueza de la interdisciplinariedad está supeditada al grado de desarrollo alcanzado por las disciplinas y éstas, a su vez, se van a ver afectadas positivamente como fruto de sus contactos y colaboraciones interdisciplinarias” (Torres, 2000: 64).

La interacción entre disciplina e interdisciplina para producir y sistematizar conocimiento puede conducir a la formalización e institucionalización de un campo; así ocurrió, por ejemplo, con la geología o la genética. De ahí que se señale que la interdisciplinariedad conduce, tarde o temprano, a la disciplina o, como señalaba J. R. Gass, en el *Seminario sobre la Interdisciplinariedad en la Universidades*, “la ‘interdisciplina’ de hoy es la ‘disciplina’ de mañana.” (1979: XIII).

La disciplina corresponde a un saber sistematizado en torno a un objeto de estudio que puede ser abordado mediante el uso de metodologías específicas que atienden a las características de ese objeto y que ofrece a quienes producen conocimiento en su ámbito de acción la posibilidad de continuar desarrollando su propuesta teórica y metodológica. Sobre esta modalidad de saber, Foucault plantea que corresponde a,

un ámbito de objetos, un conjunto de métodos, un corpus de proposiciones consideradas verdaderas, un juego de reglas y de definiciones, de técnicas y de instrumentos: una especie de sistema anónimo a disposición de quien quiera o de quien pueda servirse de él, sin que su sentido o su validez estén ligados a aquel que ha dado en ser el inventor. (...) Para que haya disciplina es necesario que haya posibilidad de formular indefinidamente nuevas proposiciones. (Foucault, 2020: 33-34).

En el tercer y cuarto semestre, además de cálculo y ecuaciones diferenciales, se abordan las grandes ramas de la genómica: bioinformática y estadística, genómica funcional, genómica evolutiva, genómica humana.

Semestre	Nivel Avanzado					
3	Matemáticas 3	Bioinformática y Estadística 1	Genómica funcional 1	Genómica evolutiva 1	Modelos genómicos	Seminario 3
4	Matemáticas 4	Bioinformática y Estadística 2	Genómica funcional 2	Genómica evolutiva 2	Genómica humana	Seminario 4

Aunque los contenidos de los niveles Básico y Avanzado presentan una clasificación fuerte (Bernstein, 1977) porque están integrados por materias separadas entre sí con un claro énfasis en el conocimiento disciplinar, su vinculación está asociada al uso posterior; todos esos contenidos, de acuerdo con lo señalado con relativa frecuencia por los docentes en las clases observadas “*son necesarios para trabajar problemas genómicos*”. Con comentarios como el anterior, los investigadores-docentes van mostrando a los estudiantes que la interdisciplinariedad se expresa en el abordaje de problemas genómicos, en los conocimientos diversos que se ponen en acción para

llevar a cabo su estudio. La interdisciplinariedad no es otra materia u otra disciplina sino es una forma de trabajo que, creativamente, incorpora conceptos y metodologías para trabajar científicamente un fenómeno. Como señalábamos en el capítulo anterior, en el Nivel Integrativo (quinto y sexto semestres), especialmente, en Aplicaciones de la Genómica y en Fronteras de la Genómica, la metodología de trabajo pone a los estudiantes en contacto con investigadores e investigaciones para los que van a necesitar conocimientos disciplinares para entender el problema y la forma de abordarlo. Los estudiantes saben que éstos forman parte de un todo. El concepto “ciencias genómicas” opera como una idea relacional amplia, como una trama que sostiene e integra el estudio de las diferentes materias.

Los estudiantes entrevistados están de acuerdo con el señalamiento de los investigadores-docentes, pero sostienen que la Licenciatura puede hacer más por construir este andamiaje teórico. Estiman que si tienen más bases teóricas pueden llegar a tener mejores resultados formativos, y tanto el análisis de artículos científicos como el intercambio con investigadores podrían ser más productivos. En general, piden más clases, más acompañamiento de expertos que ayuden a dominar conocimientos disciplinares que harían más fácil el aprendizaje de nuevos contenidos; quieren manejar los conocimientos disciplinares para avanzar con seguridad en el proceso de formación. Sobre este asunto, estudiantes entrevistados plantean comentarios como los siguientes,

*Bueno, a mí, en general, me gustaría reforzar los fundamentos básicos de lo que es la química, biología u otro, estadística, conceptos básicos. Realmente yo siento que cada quien aquí es diferente, que aquellos que los dominan, los dominan no porque lo hayamos aprendido aquí, sino porque algunos tuvieron la oportunidad de aprenderlo por fuera, entonces, para mí sí es importante porque está bien que podamos tener conversaciones con científicos o que podamos dar ideas, pero también creo que es importante que nosotros mismos podamos desarrollar nuestras propias ideas con mucha base. Entre más fundamentos tengamos podemos ir más lejos, por lo tanto considero que es importante que se vea más de eso... (Entrevista grupal, Carolina, 3er semestre).*

*Sí, porque efectivamente aprendimos mucho en primer y segundo semestres, y llegamos a tercer semestre y empezamos a discutir artículos, entonces es así de ¡ah!, y ¿por qué agregan esto?, ¡ah!, y ¿por qué hacen esto?, y ¿por qué usa luz?, y ¿por qué usa ese agente químico? Entonces son realmente cosas de fundamentos básicos, el porqué y, como no los teníamos, era así de ¡ah!, a preguntar y vamos a regresarnos a investigar específicamente esta parte. Entonces como que para qué perder tiempo en checar esa parte, si puedes conocer un*

*poco esa parte desde el inicio, y en el futuro tener una idea mucho más amplia. (Entrevista grupal, Olivia, 3er semestre).*

*... sí, podríamos llevar más materias, si no las 12 o las 13 (que algunos llevaban en la preparatoria), al menos sí metería las básicas como mencionaba Fabián: química, física, más biología. Sí, las podríamos llevar los primeros semestres aparte de los cursos que llevamos. (Entrevista grupal, Samuel, 5º semestre).*

Como señalamos, el Nivel Básico del plan de estudios aborda contenidos fundamentales de biología (Biología Celular, Biología Molecular, Genética, Principios de la Evolución y Principales enfoques de la genómica en el laboratorio), de las ciencias informáticas (Principios de Programación y Computación), de matemáticas (Matemáticas Discretas, Algebra Lineal y Principios de Estadística) y de dos campos de conocimiento en los que se relacionan contenidos de por lo menos dos disciplinas, tal es el caso de Bioquímica y Bioinformática. La propuesta de materias del Nivel reúne de manera equilibrada contenidos temáticos de los tres campos de conocimientos fundamentales en las ciencias genómicas, biología, matemáticas e informática. Sin embargo, la cantidad de materias (cinco por semestre) y la cantidad de horas/clases semanales (20-25 horas, distribuidas de lunes a viernes en turno matutino) no se corresponde con el intenso ritmo de estudio y la demanda de realización de actividades a la que estaban acostumbrados los estudiantes en la educación media superior. Podemos considerar que detrás de esa solicitud está el interés por tener una formación más amplia en ciencias básicas, por eso piden incluir temas de física y química e incrementar los contenidos de estadística. Otros dos asuntos que pueden sustentar esta demanda se relacionan con una representación del sí mismo en la que ellos siempre pueden trabajar más, “dar más” de lo que les piden, y con la necesidad de asumir una forma de trabajo académico centrado menos en la exigencia externa y más en la autodisciplina.

El Nivel Integrativo, que abarca los semestres quinto y sexto, tiene como propósito que los estudiantes conozcan cómo dialogan, ya en el campo de las ciencias genómicas, los contenidos temáticos revisados en los cuatro primeros semestres. Las actividades que se realizan en este nivel permiten a los estudiantes aprender mediante la interdisciplinariedad en acción, y comprobar efectivamente que se trata de una práctica, es decir, de una forma de pensar que se traduce en modalidades legítimas de producción de conocimiento para una comunidad científica.



<i>Semestre</i>	<i>Nivel Integrativo</i>					
5	Genómica integrativa 1	Genómica integrativa 2	Fronteras de la Genómica 1	Fronteras de la Genómica 2	Aplicaciones de Genómica 1	Aplicaciones de la Genómica 2
6	Genómica integrativa 3	Genómica integrativa 4	Fronteras de la Genómica 3	Fronteras de la Genómica 4	Aplicaciones de Genómica 3	Aplicaciones de la Genómica 4

La interdisciplinariedad no es sólo un concepto o una formulación teórica en construcción, sino principalmente un ejercicio posible de realizar si se posee flexibilidad y apertura intelectual para cuestionar la rutina, la tradición y los saberes establecidos. Michaud (1979: 379) plantea que la interdisciplinariedad “es básicamente una actitud mental que combina la curiosidad con un criterio amplio y un espíritu de aventura y descubrimiento, e incluye también la intuición de que existen entre todas las cosas, relaciones que escapan a la observación corriente, y analogías de comportamiento o estructuras que son, como diría el matemático, isomórficas.”

A partir del Nivel Integrativo, se favorece especialmente el desarrollo de una forma de pensamiento que, en el terreno de las prácticas, busque nuevas formas de abordaje de problemas propios del campo genómico. Para ello los estudiantes establecen una conversación directa con investigadores nacionales y extranjeros, reconocidos en el campo de las ciencias genómicas o que desarrollan proyectos que precisan de conocimientos y metodologías relacionados con las ciencias genómicas. Como ya hemos señalado, esta conversación se desarrolla principalmente en dos materias, *Aplicaciones de la genómica* y *Fronteras de la Genómica*. En esta última, durante el trimestre febrero-abril de 2015, estuvieron presentes los investigadores que se mencionan en la Tabla que se registra a continuación.

Tabla 9. Investigadores visitantes de la LCG – Seminario Fronteras de la Genómica.  
Febrero-abril de 2015

Mes	Investigador y centro laboral	Investigación
Febrero	▪ Martin Polz MIT	Ecology and Evolution of Bacterial Populations in the wild
	▪ Giles Yeo Universidad de Cambridge	The role of FTO in regulating body size and composition
	▪ Karina Acevedo Universidad de Querétaro	Sea lions and cancer – a novel model to study a complex disease
Marzo	▪ Andrés Moreno Estrada Langebio	Human population genomics in México and Latin America
	▪ Pascale Cossart Instituto Pasteur	The bacterial pathogen <i>Listeria monocytogenes</i> : a model and a reference
	▪ Stephen Giovanonni Universidad de Oregon	Predicting Long-Term Impacts of Ocean Desertification on Microbial Plankton Communities
Abril	▪ Gary Koretzky Universidad Cornell	Insights into hematopoietic cell development and function through targeted mutation of and adapter protein
	▪ Ultan Mcdermontt Universidad de Cambridge AztraZeneca	Deciphering drug response in the era of cancer genomes

Fuente: Elaboración propia con base en información de la LCG.

También en quinto y sexto semestres se diseñan asignaturas que abordan temas de frontera en genómicas. Para su realización éstas deben ser aprobadas por el Comité Académico y corresponder a los intereses de los estudiantes.

En el Nivel de Investigación, que corresponde a los semestres séptimo y octavo, se ofrece al estudiante la posibilidad de realizar un trabajo teórico-práctico con un mayor nivel de especialización: participan en equipos que llevan a cabo proyectos de investigación en ciencias genómicas, y asisten a cursos especializados que forman parte del plan de estudios de diversos posgrados afines en la UNAM o en otras instancias académicas nacionales o extranjeras. Estos cursos están vinculados con las áreas de interés de formación del estudiante.

Semestre	Nivel Investigación					
	Trabajo de investigación 1	Trabajo de investigación 2	Trabajo de investigación 3	Tópico selecto 1	Tópico selecto 2	Seminario de investigación 1
7						
8	Trabajo de investigación 4	Trabajo de investigación 5	Trabajo de investigación 6	Tópico selecto 3	Tópico selecto 4	Seminario de investigación 2

### 3. Contribución a la innovación y al desarrollo científico tecnológico

Los sujetos que construyen cotidianamente el dispositivo curricular de la LCG, estudiantes y profesores, expresan su interés de que la licenciatura contribuya al desarrollo científico y tecnológico del país. Comparten el discurso político en torno al carácter estratégico de la actividad científica. Al respecto uno de los estudiantes entrevistados comenta,

*La licenciatura está hecha para formar científicos que puedan desarrollar ciencia y tecnología, porque México es un país que lo necesita. Esos son mis deseos a largo plazo.*

*Una fortaleza [de la LCG] es que tiene la posibilidad de generar más científicos, y eso es muy importante. México necesita una base de ciencia y tecnología más fuerte y si se pudiera masificar esto [la licenciatura] sería buenísimo.” (Ignacio, 21 años, Guerrero, 5º semestre).*

La concepción de que la ciencia y la tecnología son factores que fomentan el desarrollo económico y social de México se entreteje con la idea de que los proyectos científicos deben orientarse a realizar “investigación de frontera”, es decir, trabajos pioneros dentro de una determinada área del conocimiento genómico.

El término frontera es una metáfora que utiliza el discurso de la ciencia para referirse a los límites de lo cognoscible dentro de un paradigma científico (Broncano, 2011). La ciencia avanza cuando quienes la construyen transgreden el límite de la ciencia normal, es decir, cuando trascienden los límites conceptuales y metodológicos del paradigma dominante en una comunidad científica (Kuhn, 2004).

Una investigación puede calificarse como de frontera cuando, por ejemplo, trata temas polémicos que generan controversia dentro de la comunidad científica; son difíciles de abordar con las herramientas metodológicas existentes; utilizan herramientas conceptuales y metodológicas que están fuera del paradigma dominante; o presentan un alto grado de incertidumbre acerca del logro de sus propósitos, entre otros (Rey, 2011).

Las investigaciones de frontera, aún con el riesgo de fracasar, son imprescindibles para construir nuevas formas de pensar y hacer en el ámbito científico. Este tipo de investigación requiere de fuertes dosis de constancia y de inversión económica que no siempre se recupera; la mayoría de estas investigaciones no proporcionan los resultados esperados, sin embargo, el solo hecho de llevarlas a cabo supone un avance en la producción de conocimiento. Al respecto, Javier Rey, director

general de la Fundación General del Consejo Superior de Investigación Científica de España (CSIC), señala,

Las investigaciones de frontera tienen la capacidad de aportar resultados que suponen un avance muy significativo en el conocimiento, siendo generadoras de nuevos paradigmas que abren puertas a nuevos enfoques y formas de pensar, nuevas cuestiones y planteamientos, que no son posibles en el marco, digamos estándar, de la ciencia que no es de frontera, la ciencia de la corriente principal. Con un coste, el alto riesgo de fracaso de muchas investigaciones de frontera. (Rey, 2011: 98).

Como se ha señalado anteriormente, los estudiantes conocen este tipo de investigaciones, principalmente en dos espacios curriculares, los seminarios *Fronteras de la genómica* y *Frontiers of genomics*. El diálogo con investigadores y el conocimiento directo de sus proyectos son reconocidos por los estudiantes como experiencias privilegiadas y de gran impacto para la formación.

#### **4. Formación en bioinformática: sello distintivo de la Licenciatura**

La bioinformática ocupa un lugar central en el dispositivo curricular de la LCG. De acuerdo con información proporcionada por entrevistados, el sello distintivo de los egresados de esta Licenciatura estaría en su capacidad de relacionar el conocimiento de las ciencias informáticas y de las ciencias biológicas para abordar asuntos genómicos.

En términos generales, la bioinformática se concibe como el uso de computadoras y modelos matemáticos para entender los sistemas biológicos (Cañedo, 2004); planteado así, parece ser una actividad sencilla. Sin embargo, la bioinformática supone la convergencia o el diálogo interdisciplinario entre las matemáticas y la estadística, la biología molecular y la genética, las ciencias de la computación y la informática, y las ciencias físicas.

Franco y Cediell (2008) establecen el origen de este campo en el trabajo de Frederick Sanger y su equipo de la Universidad de Cambridge que realizó la secuenciación completa de la insulina en el periodo 1945-1955. A partir de entonces se desarrollaron diversos métodos de secuenciación cada vez más sencillos y eficientes. El auge de la bioinformática no hubiera sido posible sin el desarrollo de las computadoras digitales de alta velocidad, inventadas para diseñar armamento bélico durante la II Guerra Mundial. Esas herramientas recién comenzaron a estar disponibles en centros de investigación y universidades de Estados Unidos en la década de los setenta. En los

últimos años del siglo XX, la bioinformática logró un desarrollo importante al alero del Programa del Genoma Humano.

El conocimiento informático en la Licenciatura resulta básico para analizar la gran cantidad de datos producidos por la experimentación genómica. El sentido último del trabajo informático en este campo es transformar un dato en conocimiento genómico. Un investigador comenta al respecto,

*Lo más importante ahorita es que con la genómica hay una explosión de datos de secuencia, y es tan, tan grande, que nos hemos dado cuenta que sabemos muy poquito. Entonces, yo creo que el concepto de la Biología per se tiene que ser la base fundamental, sobre eso hay que dar muchas herramientas para poder manejar la infinidad de datos que hay, porque si no existe la formación sólida biológica, los datos pierden significado, o sea, pueden ser muy buenos en armar programas, en ensamblar, en ver que hay genes, qué aquí, qué allá... ¿pero, qué significa biológicamente eso si no tienen una perspectiva biológica muy fuerte?, toda la bioinformática que puedan saber se pierde, porque pueden hacer cosas muy desconectadas de la biología. (E-Doc1/10-14).*

Sobre el aprendizaje de contenidos de las ciencias biológicas que orienten los ejercicios de simulación y modelación que se pueden llevar a cabo mediante el uso de técnicas y herramientas informáticas, una profesora comenta,

*Entonces, deben tener una base sólida y esa tiene que ser una base biológica, genética, molecular, fisiológica, de biología celular, y además de eso tener todas las herramientas informáticas muy, muy fuertes, que puedan hacerles entender todos los datos genómicos en el concepto de la Biología. Yo te voy a decir algo, los informáticos de Matemáticas, a veces, se quedan tan alejados de sacarle todo el jugo a la información o hacen modelos muy extraños, tanto, que dice uno: ¿eso qué tiene que ver con la Biología?, o sea, sí se necesita el soporte muy fuerte de la Biología, porque da muchas ideas de qué preguntas hacer a los datos biológicos. (E-Doc2/10-14).*

El aprendizaje de contenidos biológicos e informáticos capacita a los estudiantes para producir datos experimentales y analizarlos mediante el uso de metodologías informáticas. Un estudiante señala,

*Lo más importante es esta formación en ciencias biológicas, los aspectos básicos de las ciencias biológicas combinados con los aspectos básicos de las tecnologías de la información. Esta combinación de entender la biología, pero siendo hábil con la computadora, es lo que le da al licenciado en ciencias genómicas un perfil único. Entonces, es una persona que comprende el funcionamiento celular, pero al mismo tiempo puede manejar los datos que puede obtener de ese funcionamiento celular y analizarlos en una*

*computadora y obtener información relevante sobre ellos. Ese es el eje fundamental de la Licenciatura en Ciencias Genómicas: la combinación del conocimiento básico en Biología con el uso eficaz de las tecnologías de la información. (Héctor, 20 años, Ciudad de México, 5º semestre).*

El egresado de la LCG puede, debido a su formación interdisciplinar, leer los datos biológicos en el contexto en que se producen. El diálogo entre estas disciplinas permite la formulación de preguntas y el arribo a resultados pertinentes. Al respecto, un investigador comenta,

*Yo recibo en mi laboratorio alumnos de diferentes procedencias: de la Facultad de Ciencias de la UNAM, de la UAEM, de Química, de Química Farmacéutica Biológica, y vienen con diferentes grados de formación y con diferentes enfoques en su formación. La ventaja que yo le veo a los que salen de Ciencias Genómicas es que pueden lidiar con la información genómica de una manera muy sólida, se mueven como peces en el agua arreglando, bajando la información, estructurándola, haciendo sus programitas para sacar información. Y eso es algo que no lo veo en ninguna de las otras carreras. A lo mejor los de Biología vienen mucho más formados en cosas de Ecología, en algunos aspectos de taxonomía, de funciones, pero esta capacidad de los alumnos de lidiar con este nuevo reto de la investigación en la ciencia que es la información genómica, la tienen estos alumnos que salen de aquí. (E-Docente/09-14).*

Los egresados trabajan indistintamente en la producción de modelos y análisis de datos que puede catalogarse como teoría analítica y en la realización directa de investigaciones en el laboratorio tradicional que pueden producir teoría experimental. En la Licenciatura, los estudiantes manifiestan sus intereses y definen si priorizan su trabajo en proyectos de investigación en el laboratorio seco o en el laboratorio húmedo, o combinan su participación en ambos espacios de producción.

Mientras en Biología los contenidos más importantes corresponden a los mecanismos de comunicación y funcionamiento de las células, estudio del ADN (Transcripción, comunicación de células entre sí...); en Informática, es fundamental la programación de una base de datos y el manejo de la información. Cuando estudiantes entrevistados describen estas dos materias plantean que en ellas se aprenden contenidos específicos como los siguientes,

*En Biología son todos los mecanismos de comunicación y de cómo funcionan las células, o sea más a lo pequeño, no tanto en general; por ejemplo, cuando se estudia el cuerpo humano, se estudian los órganos, los tejidos, el esqueleto, pero aquí es todavía más adentro, más pequeños, a nivel molecular, o sea, el ADN: qué moléculas se*

*encargan de transcribirlo, qué moléculas se comunican entre sí, cómo se maneja todo esto... es más, más adentro del sistema, cómo funciona lo más pequeño de las células más pequeñas.* (Lucas, 21 años, Puebla, 5º semestre).

*Y en Informática, programación. Saber hacer programas, y nos dan herramientas para trabajar con distintos tipos, sea un programa, sea una base de datos o un programa que calcule alguna cosa; sí, programar más que nada, en realidad, aprendemos a programar, y en este semestre nos están enseñando manejo de datos.* (Darío, 21 años, Morelos, 5º semestre).

## **5. Flexibilidad curricular y movilidad de estudiantes**

Como señalábamos en la introducción al capítulo, desde las últimas décadas del siglo XX las Instituciones de Educación Superior (IES) son incentivadas a renovarse, introduciendo cambios que mejoren aspectos sustantivos de su normatividad y de sus prácticas. En relación con la flexibilidad en educación superior, por ejemplo, en el Programa de Desarrollo Educativo 1995-2000 se leía,

Se promoverá la flexibilización de estructuras y programas académicos para facilitar la formación multidisciplinaria, la integración del aprendizaje con la investigación y la extensión y el tránsito fluido de estudiantes entre distintas instituciones. La flexibilización de las estructuras académicas permitirá que los estudiantes participen más activamente en el diseño de su currículo académico, sin descuidar su formación disciplinaria básica. Se revisará el concepto y las aplicaciones del crédito académico, recuperando el valor de la práctica y la investigación como fuentes de aprendizaje.

La flexibilidad aplicada al ámbito curricular supone la existencia de un dispositivo abierto y permeable a las demandas del entorno. La posibilidad de adaptarlo a las necesidades del proceso formativo hace del currículum un campo de relaciones abiertas al cambio y a la innovación.

El currículum flexible incluye diversas formas de organización: por etapas, niveles o bloques; por acumulación o transferencia de créditos; por movilidad estudiantil para cursar materias o realizar otro tipo de actividades académicas en institucionales nacionales y extranjeras; por construcción de trayectorias personalizadas; por revalidación de estudios; por el establecimiento de porcentajes variables de materias indispensables y optativas. Asimismo, la flexibilidad curricular también considera la eliminación del currículum prescrito. (Barrón, 2014).

Para que la flexibilidad tenga el efecto transformador esperado en la formación de los estudiantes es indispensable que su orientación alcance no sólo las prácticas

académicas sino también las administrativas, es decir, involucre a la totalidad de la institución educativa; solo así podemos hablar de una operación eficiente de la flexibilidad con capacidad para movilizar la transformación institucional.

J. R. Barrón (2017), en la investigación que realizó sobre la Licenciatura en Biología Experimental (LBE) de la Universidad Autónoma Metropolitana–Unidad Iztapalapa, analizó las dos propuestas de plan de estudio que han organizado el trabajo en esa Licenciatura. La primera estaba centrada en la seriación (1987-2012) y la segunda en la flexibilización (2013). Los resultados de su investigación muestran que las tensiones provocadas por la implementación de esta última en los procesos académicos y administrativos, en las condiciones de infraestructura, y en los sujetos, estudiantes y profesores, obstaculizan su operación y, por ende, el logro de sus objetivos.

De acuerdo con lo expresado por Barrón, la flexibilidad curricular de la LBE se concreta en cuatro ámbitos: “a) disminución de asignaturas seriadas, b) otorgamiento al alumno de la oportunidad de organizar su recorrido formativo, c) la creación de una amplia oferta de materias optativas, y d) la reorganización de contenidos.” (Barrón, 2017: 124). Asimismo, señala que la posibilidad de operar con éxito esos ámbitos de flexibilización se ve permanentemente entorpecida por situaciones como las siguientes: “Incompatibilidad con la estructura académico-administrativa e infraestructura de la UAM-I. Escasa autonomía de los alumnos para decidir sobre su recorrido formativo. Problemas en la reorganización de contenidos que dificultan su transmisión.” (Barrón, 2017: 124).

Además de las problemáticas anteriores, también tenemos que tomar en cuenta que un currículum flexible requiere de un proceso descentralizado de toma de decisiones como modalidad habitual de funcionamiento democrático de las instituciones. Barrón (2014) plantea que tanto la toma de decisiones centralizadas como la falta de prácticas democráticas orientadas al cambio institucional obstaculizan la puesta en práctica de la flexibilidad; al respecto señala,

...a todo lo anterior hay que agregar un hecho que dificulta la implantación de cualquier estrategia de flexibilidad: es el que se refiere a la existencia de procesos de toma de decisiones centralizados, que están acompañados de escasas tradiciones democráticas; a esto se añade que las estructuras académico-administrativas se rigen más por la tradición y por las costumbres que por las necesidades de cambio, en una lógica de racionalidad institucional. (Barrón, 2014: 110).



En el dispositivo curricular de la LCG, la flexibilidad curricular se expresa especialmente en la categoría 'materia optativa' que forma parte del plan de estudios y se implementa de manera paulatina desde el Nivel Avanzado hasta el Nivel de Investigación.

Las materias optativas se pueden cursar en otras instituciones, en un posgrado. Tienen el propósito de personalizar el plan de estudios y atender los intereses y el proyecto de formación de cada estudiante.

La toma de decisiones sobre ese particular está en manos del estudiante y su profesor tutor y es sancionada de manera local por el Comité Académico de la Licenciatura. Este Comité está integrado por representantes del Centro de Ciencias Genómicas (CCG) y del Instituto de Biotecnología (IBt), instituciones responsables de las actividades de la Licenciatura, que desempeñan en esas instancias los siguientes roles: coordinador de la carrera, director o directora del CCG y del IBt, representantes de los profesores del CCG (2), representantes de los profesores del IBt (2), representantes de los alumnos (uno por generación). El Comité conoce y toma decisiones acerca de actividades generales de la Licenciatura y sobre asuntos relacionados con trayectorias de la formación de los estudiantes (cursos optativos, equivalencias, estancias de investigación, modalidades de titulación por estudiante...)

La flexibilidad curricular de la Licenciatura es bien ponderada por los entrevistados. Uno de los egresados de la LCG se refiere a esta característica curricular de manera positiva. Al respecto señala que,

*Es parte de una gran ventaja, es decir, si uno quiere tomar un seminario de regulación transcripcional lo puede hacer y eso va contar como una materia; tal vez otra persona está más interesada en programación, o en informática, entonces las puede tomar de acuerdo con sus intereses y además cumplir esos créditos que pide la carrera. (Joaquín, egresado, estudiante de doctorado del CCG).*

Del total de 48 materias del Plan de estudios, 32 tienen carácter obligatorio, y 16 son optativas. Los contenidos denominados "obligatorios" corresponden a temas fundamentales de las disciplinas que participan en la construcción del campo de las ciencias genómicas, por ejemplo, *Biología Celular, Principios de Informática, Matemáticas*. Mientras que el concepto "materia optativa" (que también es obligatoria) se utiliza para señalar que el contenido de la asignatura se seleccionará con base en los intereses y necesidades de formación de cada estudiante; éstas corresponden

principalmente a los cursos *Tópicos Selectos y Trabajos de Investigación* que conforman el Nivel de Investigación.

La flexibilidad curricular es presentada por los estudiantes y egresados entrevistados como una ventaja que permite a la licenciatura renovarse, mantenerse actualizada y continuar trabajando con contenidos calificados como de frontera. Asimismo, es la vía para atender sus intereses y necesidades académicas que habitualmente se orientan hacia la especialización en un campo de la genómica como paleogenómica, oncogenómica, metagenómica o proteogenómica. Sobre este asunto, un egresado comenta,

*Otra de las ventajas es que los planes de estudios no son estáticos, se van adecuando a las tendencias que hay en el área y están actualizados. Entonces, eso es una ventaja, es algo importantísimo para poder evolucionar y poder mejorar.(...)*

*Ahora es mucho más flexible, fue modificado por lo que le comentaba: la licenciatura se va adaptando, no se queda estática, no puede quedarse estática, porque si lo hace está destinada a la extinción. Los últimos semestres son los que están más cargados en la parte de especialización, lo que uno quiere o lo que le llama más la atención. En ese sentido, yo me quedé con uno de mis maestros en la Licenciatura. Me quedé en su laboratorio y estuve ahí haciendo mi año de inmersión, tomando las materias y seminarios que me parecían más acordes a mis intereses en ese momento. En ese sentido se experimenta la flexibilidad: todos llevábamos materias, pero el contenido de las materias que llevábamos era diferente, y bueno, se aprovecha en ese sentido, es decir, se trata de especializarse sobre alguna línea. (Roberto, egresado, estudiante de doctorado del CCG).*

Los investigadores también realizan adecuaciones a los programas de estudio con el propósito de mantenerlos actualizados (organización de contenidos, incorporación de nueva bibliografía) y pueden modificar la oferta de materias por semestre. Por ejemplo, el Plan de estudios contempla la realización de cinco cursos por semestre, pero en la planeación, se puede reestructurar la oferta y ofrecer menos asignaturas, con más horas-clase que las estipuladas en el plan, que incluyen nuevos contenidos, además de los señalados en el Plan. Con fines de evaluación y acreditación, la calificación que los estudiantes obtienen en esa nueva materia se asigna a aquellas que integró y que aparecen oficialmente en el Plan.

Esa situación produce tensión en estudiantes entrevistados; manifiestan incomodidad por lo que califican como una desorganización que puede comprometer su proceso formativo y como una irregularidad que transgrede lo estipulado en el Plan de estudios. Existen procesos institucionales que son comprendidos de diferentes maneras

por los distintos actores. Mientras para unos se trata de atender necesidades, otros los experimentan como una irregularidad que transgrede lo establecido. Una de los participantes en una entrevista grupal narra esta situación de la siguiente manera,

*El método de distribución de los cursos no es realmente el que se ve reflejado, por ejemplo, en un plan de estudios inicial, o sea, estamos suponiendo que llevamos ahorita seis materias, ¿o cinco? Son seis materias las que se evalúan, pero en realidad sólo estamos tomando tres clases por semana. Hay materias que se les está dando un peso de tres materias, o sea, de tres calificaciones, y hay materias que solamente se les está dando el peso de una. Entonces, como que esa desigualdad, en lo personal, a mí no se me hace justa, o sea, pienso que sí podríamos llevar, a lo mejor, más materias. No tanto enfocarnos al peso que podría tener nada más nuestra calificación. Podríamos aguantar más, [pero] así está pues, así se nos ha hecho creer, y se le ha hecho creer a las demás personas. (Entrevista grupal, Juan, 3er semestre).*

Otra fuente de tensión que se identifica entre los estudiantes guarda relación con lo que enuncian como baja exigencia académica de la Licenciatura. De acuerdo con su percepción, la Licenciatura les exige poco, es decir, incluye pocos cursos y horas de trabajo presencial en el Horario Escolar de cada semestre. Para ellos, ese bajo nivel de exigencia se contradice con la imagen pública de alto nivel y rigor académico que tiene la Licenciatura. En el intercambio en los grupos focales apareció este tema. La percepción dominante era que ellos, los estudiantes, podían dar más; como decía una estudiante, podrían “aguantar más”. Mientras algunos ponían el acento en esta falta de exigencia de la Licenciatura, otros apelaban al compromiso individual y conminaban a asumir el estudio por cuenta propia como una estrategia de formación.

También forma parte de la flexibilidad curricular de la LCG la disposición de los investigadores para promover y apoyar que los estudiantes elaboren propuestas de actividades complementarias de formación. Al respecto, la Coordinadora de la LCG comenta:

*Y yo... los invité a que hicieran actividades complementarias de su iniciativa propia. Entonces, unos chicos decidieron hacer un seminario de astrobiología; en muy pocos días organizaron todo un programa semestral, un seminario con videoconferencias que van a dar profesores del extranjero. Entonces, se conectan y oyen su videoconferencia, el profesor interactúa con ellos, les pregunta, les dice cosas, les manda artículos, le pueden preguntar todo. Yo estoy sorprendida de su capacidad. (E-Coor/17-15)*

La autogestión y ejecución de actividades y proyectos por parte de los estudiantes es una capacidad buscada desde la selección de aspirantes, y potenciada por los investigadores durante la Licenciatura. De acuerdo con datos proporcionados por la Unidad de Administración Escolar de la LCG, en los últimos años, los estudiantes de la Licenciatura participaron en la organización y desarrollo de talleres y seminarios. Por ejemplo, el Seminario de Neurociencias y Seminario de Astrobiología, ambos en el año 2013; Taller de Microbiología en 2012; Taller de Modelado Matemático, DNA Antiguo, Matemáticas Avanzadas; Modelaje y Genómica Forense, en 2011; Medicina Genómica, Genómica Bacteriana y Tópico de Biología de Sistemas, en el año 2010. Así también, la autogestión, el trabajo autodidacta, es también reconocido y valorado en la dinámica de formación.

En cuanto a las prácticas en laboratorio, en el Nivel Básico, aun cuando no hay materias que las promuevan, los estudiantes reciben la consigna de realizar prácticas en laboratorios. Éstas son obligatorias a partir del 5to semestre del plan de estudio. Sin embargo, los investigadores que imparten clases estimulan a los estudiantes a involucrarse lo más tempranamente posible en esta actividad. Ellos saben que los líderes de proyectos se muestran proclives a aceptarlos en sus laboratorios.

En todos los casos, los jóvenes deben negociar directamente con los investigadores sus espacios de práctica. Pueden considerar los laboratorios del campus Morelos y los de otras instituciones, por ejemplo, los de la vecina Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

En el laboratorio aprenden técnicas básicas para la realización de experimentos (centrifugación, destilación, disoluciones... registro de datos) y lo que es más importante, conocen a distintos investigadores.

La flexibilidad del dispositivo curricular resulta indispensable para promover la movilidad académica de los estudiantes, es decir, para permitir el diseño de estrategias y establecer planes de intercambio con otras instituciones académicas e investigadores que enriquezcan y amplíen el horizonte de formación profesional de los estudiantes.

Habitualmente, la movilidad de estudiantes hacia instituciones científicas nacionales e internacionales es una estrategia de formación que se utiliza en el posgrado. En la LCG, se promueve que los estudiantes inicien esta vinculación en forma temprana y amplíen el horizonte de formación y producción de conocimiento genómico más allá del ámbito nacional. Para ello, se emplean dos estrategias: la relación con

investigadores nacionales y extranjeros en seminarios de la LCG, y las estancias de investigación en laboratorios científicos nacionales y extranjeros.

En el ámbito de la primera estrategia, como se mencionaba en páginas anteriores, la propuesta curricular establece que desde el tercer semestre los estudiantes conozcan directamente la producción de investigadores extranjeros en el campo de ciencias genómicas. De manera periódica, el CCG, el IBt, la LCG y la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM invitan a dos o tres investigadores extranjeros a presentar y a discutir sus proyectos de investigación con los estudiantes y en seminarios abiertos a la comunidad del campus Morelos y al público en general.

Asimismo, en el Nivel de Investigación, se promueve que los estudiantes realicen cursos, estancias en laboratorios, desarrollen proyectos de investigación conducentes a la titulación y/o cursen estudios de posgrado en instituciones y centros de investigación extranjeros. El financiamiento de estas actividades cuenta con el apoyo de la familia de cada estudiante, con becas que reciben de la UNAM o de otras instituciones (becas Telmex, por ejemplo) y de becas para estudiantes que tienen algunos de los laboratorios a los que pueden ingresar.

En la Tabla 10, se registran las instituciones nacionales y extranjeras que recibieron a estudiantes de la LCG en estancias de investigación. El 71 por ciento de los estudiantes realizaron estancias en laboratorios nacionales, de ese total un 12 por ciento realizó su estancia de investigación en laboratorios fuera de la UNAM. El 29 por ciento restante salió del país para realizar actividades de investigación en laboratorios extranjeros, principalmente de Estados Unidos y Europa.

Tabla 10. Estancias de estudiantes de la LCG en instituciones nacionales y extranjeras.  
Periodo 2004-2011

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total
<b>Nacionales</b>									
<b>UNAM</b>									
Centro de Ciencias Genómicas	10	10	19	8	9	3	4	1	64
Instituto de Biotecnología	7	11	6	13	7		1	2	47
Instituto de Fisiología Celular	1	0	1	2		2		1	7
Instituto de Ecología		1			1				2
Instituto de Neurobiología			1	1					2
Instituto de Investigaciones Biomédicas			1	1			1		3
Instituto de Ciencias Físicas								1	1
Instituto de Medicina Genómica								1	1
<b>Subtotal</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>127</b>
<b>Otras</b>									
Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán	2			1					3
Instituto Nacional de Salud Pública	3								3
Instituto Nacional de Medicina Genómica							1	1	2
Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad-Cinvestav		1	1	3				1	6
Cinvestav		1		1			1	1	4
<b>Subtotal</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>			<b>2</b>	<b>3</b>	<b>18</b>
<b>Extranjeras</b>									
Universidad Queensland/Australia	1				1				2
Universidad de California		1		1					2
Universidad Kentucky							2		2
Harvard Medical School					1	1			2
Wellcome Trust Sanger Institute			2			1			3
Baylor College of Medicine								4	4
Max Planck Institute/Alemania				1	1	1	1		4
Universidad de Copenhagen					2	2		1	5
Cold Spring Harbor Laboratory					1	1	5	5	12
Otras(*)		1	3	3	3	7	3	3	23
<b>Subtotal</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>59</b>
<b>Total general</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>204</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por la Unidad de Administración Escolar de la LCG.

(\*) El rubro "Otras" incluye las instituciones en las que sólo un estudiante de la LCG realizó una estancia académica en el periodo 2004-2011. Entre éstas se encuentran: Garvan Institute of Medical Research; Biozentrum, Basel, Suiza; Genentech; La Jolla Institute; Stowers Institute/Missouri; Janelia Farm Research Campus; Samuel Lunenfeld Research Institute; Instituto Cavanilles/España; Universidad de Sevilla; Universidad de Colorado; Universidad de Berkeley; Universidad de Edimburgo; Universidad de Florida; Universidad Johns Hopkins; Universidad Nacional Australiana; Universidad Laval; Universidad College London; Universidad de Arizona; Universidad de Cambridge; Universidad de Wisconsin; Universidad de Adelaide; Universidad de California, San Francisco.

La movilidad de estudiantes hacia instituciones extranjeras se ha consolidado con el paso de los años. Como se observa en la Tabla 10, esta práctica involucró a pocos alumnos en las primeras generaciones, es a partir del quinto ingreso de estudiantes (2008) que se produce un incremento de las estancias en instituciones académicas extranjeras. La duración de éstas fluctuaba entre un mes y un semestre escolar. Un egresado de la primera generación relata esta situación,

*... nunca me entusiasmó realmente [realizar una estancia en el extranjero]. Durante la licenciatura, por muchas cuestiones, yo personalmente no agarré camino para irme porque cuando terminaron las clases tenía trabajo acá. Y en mi generación todavía eso no era tan... no estaba tan arraigado, muy pocos se fueron, y los que se fueron, se fueron a Irapuato.*

*Ahí acababan de abrir un laboratorio, el LANGEBIO, que es el Laboratorio Nacional de Genómicas para la Biodiversidad. Y se fueron con un investigador que trabajaba en el IBt. Y estaban muy cerca de nosotros. Entonces, por ejemplo, la segunda generación al momento de graduarnos todos estábamos aquí. Todavía no había tanta insistencia para que la segunda generación nos fuéramos. Ya después la gente empezó a ver doctorados o posgrados de cualquier tipo, ya empezaba a ver un poco más amplio, ya era así como de 'ya terminé mi licenciatura, ahora el siguiente paso'. Ya era un poco más independiente, pero durante la licenciatura no recuerdo que nadie se haya ido. Algunas compañeras, de algún laboratorio, se iban a unas estancias de verano, pero eran unas élites y era un laboratorio muy específico, nada más ellas. Nada más un verano, un mes y regresaban, y eran entre semestres. Entonces no nos tocó tanta... a nosotros todavía no nos tocó el boom de 'váyanse lejos'. La tercera generación creo que fue la que empezó con poquitos y la cuarta ya fue masivo. La cuarta sí se fueron bastantes al extranjero. (Gerardo, egresado de la LCG, 1ª generación).*

Finalmente, destacamos que los aspectos abordados en este capítulo son expresiones de un dispositivo curricular que tiene por horizonte la excelencia académica y el fortalecimiento de una nueva área de conocimiento con capacidad de producir una gran cantidad de información relevante en el campo de la biología.

En las páginas anteriores, hicimos referencia a cinco aspectos que confieren identidad al dispositivo curricular de la LCG: la selectividad, la flexibilidad y la movilidad estudiantil, la formación en bioinformática, la intencionalidad de contribuir a la innovación y al desarrollo tecnológico, la secuencialidad de los contenidos disciplinares y la interdisciplinariedad.

En resumen, podemos señalar que la selectividad persigue asegurar el ingreso a la Licenciatura de jóvenes con altas calificaciones, que posean conocimientos e interés

por continuar formándose en el área de ciencias y que cuenten con el talante necesario para asumir positivamente los cambios vitales que implica iniciar una etapa de formación profesional. Este rasgo responde a una racionalidad basada en el mérito académico.

Por su parte, la flexibilidad curricular y la movilidad estudiantil se expresan de manera privilegiada en la operación del componente curricular 'curso optativo' y en el ejercicio de la docencia que denominaremos docencia compartida. Mientras el primero abre el dispositivo al diseño de rutas curriculares personalizadas que se implementan en distintas instituciones de educación superior, el ejercicio de la docencia permite la incorporación de otros miembros de la comunidad científica a la tarea de formación de los estudiantes.

Estos rasgos del dispositivo son viables debido al funcionamiento de políticas institucionales tales como la gestión local de asuntos académicos que se expresa en el Comité Académico de la LCG, instancia competente para autorizar las propuestas de movilidad que presenta cada estudiante con el aval de un investigador; la atención de un investigador-tutor que reciben los estudiantes para el diseño de las rutas curriculares personalizadas; y la existencia de redes académicas que con recursos útiles, ad hoc.

Como revisábamos en el Capítulo 1 de este documento, el conocimiento genómico es claramente producto de un trabajo interdisciplinar. El dispositivo curricular para formar profesionales en esa área de conocimiento no podía construirse sobre una lógica distinta a la que se utiliza para producir conocimiento sobre el objeto de estudio genómico.

Un ejemplo de producción de conocimiento interdisciplinar lo encontramos en la bioinformática, campo en el que se relacionan las ciencias de la vida y las ciencias informáticas. Como señalábamos, esta asignatura se considera el sello distintivo de la formación en ciencias genómicas que ofrece la UNAM.

En este contexto de trabajo, jóvenes estudiantes construyen un proyecto profesional sobre la idea de realizar investigación científica en el campo de las ciencias genómicas.



## Capítulo 5. Los estudiantes de la LCG, “todos queremos ser científicos”

Los estudiantes universitarios forman una población heterogénea. En México, esta diversificación obedece principalmente a la masificación del sistema de educación superior, iniciada en la década de los setenta, y a la diversificación de la oferta educativa. La confluencia de estos fenómenos contribuyó a ampliar el acceso y, la universidad que recibía mayoritariamente a aspirantes que provenían de grupos social y económicamente privilegiados, dio paso a la universidad de masas.

Aun cuando hablamos de la UNAM como una universidad de masas, esta institución al igual que otros establecimientos de educación superior del país, año tras año, no logra atender toda la demanda de matrícula para el nivel licenciatura, por ejemplo, en el ciclo escolar 2020-2021 recibió 300,321 solicitudes y sólo pudo aceptar a 58,573, es decir, sólo el 19.5 por ciento del total de aspirantes. La falta de recursos es una de las primeras razones para seleccionar el ingreso.

El ingreso a la universidad de sujetos con distintas condiciones socio-económicas hizo de la población estudiantil un universo complejo en el que tienen cabida múltiples formas de constituirse como estudiante universitario.

De acuerdo con Dubet (2005), aun cuando los jóvenes de clases sociales privilegiadas siguen sobrerrepresentados en la educación superior estos no constituyen el centro del mundo estudiantil, de manera que “ya no es posible reducir a los estudiantes a la juventud burguesa o pequeño-burguesa”. Para Dubet, el estudiante que presentan Bourdieu y Passeron en su investigación clásica *Los herederos* sigue estando ahí, pero dejó de ser el modelo, “el arquetipo del estudiante” (Dubet, 2005: 1). Si bien Dubet se refiere a estudiantes franceses, el señalamiento sobre la configuración socioeconómica de la población estudiantil de la universidad pública es pertinente para México.

No obstante, uno de los factores de diferenciación más importante entre los estudiantes continúa siendo el origen social. Sobre este asunto, Bourdieu y Passeron (2003) señalan que “de todos los factores de diferenciación, el origen social es sin duda el que ejerce mayor influencia sobre el medio estudiantil, mayor en todo caso que el sexo y la edad y sobre todo más que tal o cual factor claramente percibido, la filiación religiosa, por ejemplo.” (Bourdieu y Passeron, 2003: 25). Según los autores el origen social adquiere esa relevancia porque en el grupo social de procedencia no sólo se adquieren hábitos, actitudes y comportamientos necesarios para el desempeño exitoso en el ambiente académico, sino también se internalizan formas de ser y de hacer compatibles o no con los estilos y prácticas del medio universitario.

De acuerdo con estudios que analizan la relación de los estudiantes con la cultura académica (Bourdieu y Passeron 2009, 1996; Willis, 2008), las diferencias socio-económicas se tornan en desigualdades al ingresar a una institución educativa que reproduce y legitima la cultura dominante, es decir, aquella que producen y transmiten sectores que poseen el poder económico y social necesario para ejercer esa influencia decisiva.

Si bien la condición social y económica continúa determinando la relación que los estudiantes establecen con la cultura académica, la comprensión del mundo estudiantil requiere incluir en el análisis de ese vínculo otros factores que dan cuenta de la diversidad de experiencias que constituyen el mundo de los estudiantes.

Investigaciones en las que se exploran, por ejemplo, los sentidos que los estudiantes elaboran acerca de la permanencia en la universidad, y las condiciones de existencia que determinan su configuración como sujetos muestran parte de la diversidad estudiantil (Guzmán, 2017 y 2013; Ortega y López, 2015; Dubet, 2005; De Garay y Miller, 2016). En esa línea, Guzmán sistematiza la producción de investigaciones sobre estudiantes universitarios realizadas en México en los últimos quince años, y con base en categorías como vulnerabilidad y movilidad espacial, identifica los siguientes tipos representativos: estudiantes de primera generación, foráneos, migrantes, de intercambio, indígenas, adultos, padres de familia (Guzmán, 2017: 72).

Por su parte, Casillas y Chaín (2015) en un estudio sobre origen social y trayectorias estudiantiles en la Universidad Veracruzana identifica grupos de jóvenes estudiantes como herederos, héroes, pobres exitosos, riesgo, alto riesgo. Asimismo, Dubet (2005) relaciona categorías como autonomía y dependencia, chambas y empleos, migrantes y sedentarios, estudiantes verdaderos y marginales para presentar modos particulares de ser y hacer en el medio estudiantil.

Ante la pluralidad de situaciones implicadas en la constitución del sujeto estudiante, las preguntas que intentaremos responder en este capítulo corresponden a ¿quiénes son los estudiantes que participaron en este estudio? y ¿cuáles son las situaciones que configuran su particular forma de ser y estar en la Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG)?

El contenido del capítulo lo hemos organizado en tres apartados: en el primero, presentamos aspectos de la socialización en la familia y en la escuela que marcan el interés por el estudio; a continuación, hacemos referencia a la escuela y en particular a

los maestros en el proceso de definir intereses vocacionales; en este mismo sentido, mencionamos a los investigadores de la LCG como referentes identitarios en el campo científico; en el tercero, presentamos la condición de estrategias que asumen los estudiantes cuando buscan concretar su ingreso a la LCG.

Asimismo, nos detendremos en la experiencia que los estudiantes entrevistados construyeron en la familia, en el espacio escolar y en el mundo social antes de entrar a la LCG. ¿Por qué nos interesa conocer ese proceso? Porque consideramos que fue en el marco de esas relaciones y prácticas donde fueron construyendo la certidumbre acerca de que aquello que querían ser y hacer se encontraba en el ámbito de la ciencia y en la Licenciatura que eligieron estudiar.

Contar con esa certeza fue determinante para ingresar a una Licenciatura que convoca a jóvenes que puedan “sentir gusto y disfrutar al conocer las ciencias de la vida; tener facilidad para las matemáticas y la computación; tener buena capacidad para el trabajo diario, autodisciplina y gusto por la lectura académica, científica.” (*Plan de estudios, 2008*).

### **1. En la tradición de ‘los herederos’**

Los estudiantes entrevistados son hijos de profesionistas (médicos, enfermeras, profesores), comerciantes o trabajadores independientes que valoran la institución educativa; ven en ella la capacidad para mejorar y asegurar un buen futuro para sus hijos. La disposición favorable de los padres hacia la educación formal los ayudó a que experimentaran su paso por la escuela y su integración a la cultura escolar en una relación de continuidad con lo internalizado en el ambiente familiar. De acuerdo con Sandel, los profesionales traspasan “sus privilegios a sus hijos, no mediante grandes herencias de dinero y propiedades, sino equipándolos con las ventajas que determinan el éxito en una sociedad meritocrática” (Sandel, 2021: 229).

Los padres fueron para estos estudiantes figuras fundamentales en su proceso de integración social. En la narrativa de los entrevistados aparece su presencia y acompañamiento durante su infancia y trayectoria escolar. Ellos fueron los otros significantes que atendieron sus necesidades biológicas, afectivas y sociales, buscando que obtuvieran la mejor experiencia posible de su incorporación a otras instituciones sociales como la escuela.

Una trayectoria escolar sin interrupciones permitió que, al ingresar a la LCG, alrededor de un 95 por ciento de ellos se ubicara en un rango de edad que va de 17 a

19 años; quienes ingresaron con 20 años o más (5 por ciento) habían cursado al menos un semestre en otra licenciatura. Como se observa en la Tabla 11 que se registra a continuación, procedían de distintas entidades federativas, situación habitual entre los estudiantes de la Licenciatura; las tres entidades federativas que tienen mayor representación de estudiantes en la Licenciatura son Ciudad de México (44.6 por ciento), Estado de México (14.3 por ciento) y Morelos (10.5 por ciento).

*Tabla 11. Estudiantes por entidad federativa y generación. Periodo 2004-2014*

Generación	2004 2ª	2005 3ª	2006 4ª	2007 5ª	2008 6ª	2009 7ª	2010 8ª	2011 9ª	2012 10ª	2013 11ª	2014 12ª	Total
Entidad												
Baja California (N)	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3
Chiapas	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3
Coahuila	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	3
Colima	0	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	5
Ciudad de México	15	18	16	16	15	7	8	11	6	8	11	131
Estado de México	3	2	6	5	3	5	5	5	5	1	2	42
Guanajuato	0	1	1	3	1	1	3	0	1	1	0	12
Guerrero	0	1	0	1	0	0	0	2	2	0	0	6
Hidalgo	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Jalisco	0	0	2	2	1	0	0	0	0	2	0	7
Morelos	8	3	8	2	2	1	2	0	2	0	3	31
Michoacán	1	2	1	2	3	1	0	1	0	2	0	13
Oaxaca	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Puebla	0	2	1	0	1	1	1	0	3	1	0	10
Querétaro	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
Quintana Roo	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
San Luis Potosí	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4
Sinaloa	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
Sonora	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Veracruz	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	4
Yucatán	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Otras*	0	1	1	0	0	2	0	0	1	0	1	6
Total	28	37	40	35	29	21	21	24	21	20	18	294

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por la Unidad de Administración Escolar de la LCG.

\*Incluye a las entidades federativas que solo han tenido un estudiante en el periodo: Zacatecas, Tlaxcala, Tamaulipas, Durango, Chihuahua y Aguascalientes.

Los padres tuvieron el ingreso económico necesario para enviarlos a escuelas privadas de prestigio y con ello pudieron iniciar con paso seguro una trayectoria escolar favorable al desarrollo de estudios universitarios. La mayoría (85 por ciento) cursó la educación básica y el nivel medio superior en establecimientos privados laicos o confesionales, otros estudiaron en la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM.

Son estudiantes de tiempo completo que cuentan con el financiamiento económico de los padres y, en algunos casos, con el apoyo económico de una beca proporcionada por la misma UNAM o por otras instituciones que otorgan este beneficio.

Estudiar una licenciatura del área de ciencias siempre estuvo entre sus aspiraciones. Las carreras de Biología o de Medicina aparecían ante ellos como opciones posibles, adecuadas a sus intereses, estas podían ser una buena entrada al campo de la investigación. Encontrar una oferta educativa en la línea de la LCG no fue fácil. En sus búsquedas de opciones de estudio, identificaron propuestas de formación general que podían proporcionar una base sólida para futuros procesos de especialización en investigación científica, pero nada que les hablara directamente de investigación.

La mayoría de los jóvenes interesados en el campo de la investigación en ciencias recorre el camino de obtener en la licenciatura una formación general para luego buscar la especialización en investigación en el nivel de posgrado. Esta situación puede generar dos efectos no deseados: a) prolongar el periodo de formación de investigadores en una sociedad que necesita producir conocimiento e innovaciones tecnológicas; y b) no aprovechar suficientemente un periodo de formación estratégico para el desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para el quehacer científico. Estas situaciones poco favorables para la formación de investigadores fueron señaladas en su momento por los investigadores del Instituto de Investigaciones Biomédicas que organizaron el proyecto pionero de la Licenciatura en Investigación Biomédica Básica.

En el escenario de las licenciaturas universitarias, la LCG apareció para ellos como una propuesta alternativa que abría las puertas al inicio de una carrera académica en el ámbito de la investigación científica. En los relatos de los estudiantes entrevistados queda en evidencia la alta significación que otorgan a la finalidad central del dispositivo: la formación de investigadores. Establecen con claridad la diferencia entre la LCG que forma para hacer investigación y otras licenciaturas que forman para ganarse la vida.

*Y uno entra sin entender bien lo que es una carrera académica, conforme va pasando el tiempo uno entiende que es una carrera que pretende formar a jóvenes investigadores, a científicos, y esto se sale un poco del esquema de la licenciatura normal en la que uno se forma para realizar una actividad profesional y luego ganarse la vida con ello. (Darío, 21 años, Morelos, 5º semestre).*

Obtienen la información sobre la Licenciatura de medios impresos o a través de profesores que tienen hijos o algún conocido estudiando la carrera. Los entrevistados coinciden en señalar que hubo dos aspectos que les parecieron especialmente interesantes del dispositivo curricular, uno fue su carácter interdisciplinar y el otro fue la trayectoria científica del cuerpo de profesores.

*En el periódico me enteré de la carrera y la propuesta era muy interesante, estaban fusionando materias que se antojaban muy interesantes y además la fusión era lo que seducía, o sea, Matemáticas, Biología, Computación todo eso mezclado, no por separado, y bueno, además de que la plantilla de maestros que se proponía era también muy, muy seductora (Roberto, egresado, 1ª generación, estudiante de doctorado).*

*Empecé a ver más cosas, se me empezó a abrir el horizonte o lo que sea, llegó un punto en el que dije: quiero estudiar algo relacionado con genética. Empecé a buscar cosas de genética y no encontré nada en México. Había encontrado cosas en Estados Unidos, pero en ese momento estaba medio perdido de mis prioridades y decía: yo no me quiero ir al extranjero, yo no me quiero ir fuera de México, entonces dije: voy a estudiar biología en la UNAM y después me especializo en algo de genética. Dicho y hecho, ese fue mi plan durante un año. Hasta que de repente mi maestra de Biología en la prepa me llevó una copia fotostática de la Revista Cómo ves, en donde estaba el anuncio de la Licenciatura en Ciencias Genómicas. ¿Me meto?, ¿me registro?, pregunto ¿qué onda? y le investigo, ¿qué onda? y digo ¡sí!, quiero estudiar ciencias genómicas, eso es lo que quiero estudiar! (Julio, 20 años, Guadalajara, 3er semestre).*

*Pues, en secundaria tenía en mente esto de genómicas, o sea, nunca se me quitó de la mente genómicas. También dije, o sea... pasé por la etapa de 'no me puedo centrar en una sola cosa, también tengo que ver más opciones, para no irme de lleno a algo'. También sopesé otras opciones, por ejemplo, me latía medicina... (Adrián, 19 años, Guadalajara, 3er semestre).*

## **2.Los primeros pasos: el interés por el conocimiento y el reconocimiento**

El tránsito del bachillerato a la educación superior es experimentado por muchos jóvenes como una etapa de crisis en la que pueden reafirmar su elección de carrera o efectuar acciones orientadas a modificar esa elección, suspender temporalmente los estudios o renunciar al medio universitario (Ramírez, 2013; Guzmán 2013; Silva, 2011).

A diferencia de la situación anterior, los jóvenes entrevistados ingresaron a la Licenciatura motivados por el interés de realizar actividades científicas. Ellos, cuando participaron en el proceso de selección, ya tenían definido su interés por involucrarse profesionalmente en el campo de la ciencia y de las ciencias genómicas.

La construcción de esa certeza inició en procesos tempranos de socialización en los que desarrollaron habilidades y capacidades favorables a la participación exitosa en actividades y proyectos académicos. Remedi y Blanco (2016) se refieren a este conjunto de disposiciones y prácticas que se cultivan en épocas tempranas de socialización, destacando su potencial para sustentar la actividad científica. Al respecto señalan:

...en la infancia existe un repertorio de habilidades que operan en la configuración de una trayectoria científica exitosa (como la constancia, la disciplina, la motricidad fina, el trabajo solitario, la espera). Estas constituyen no habilidades cognitivas sino disposiciones incorporadas, duraderas, que luego son constitutivas de práctica científica. Proviene de un abanico heterogéneo de actividades (como el estudio del idioma, la práctica de la costura, el aprendizaje de un instrumento musical) previas a la formación disciplinar y las hemos caracterizado aquí como prácticas sin orientación científica pero que devienen constitutivas para esta tarea. (Remedi y Blanco, 2016: 410).

En la primera infancia, las figuras parentales y el espacio socializador que ofrece la institución familiar tienen un papel fundamental en la transmisión de las disposiciones que refieren Remedi y Blanco. Lo que se aprende en la primera infancia conforma una parte significativa del bagaje que seguimos usando en la construcción de nuestro mundo social.

Con sus padres y madres aprendieron la importancia de estudiar y de asistir a la escuela, ellos les enseñaron hábitos de estudio y movilizaron recursos para procurarles las mejores opciones educativas posibles y para que participaran de manera sistemática en actividades recreativo-culturales adicionales al currículum escolar. Estudiantes entrevistados refieren así esa experiencia.

*Algo que yo siento que fomentó mucho mis hábitos de estudio fue que, en primaria, mi mamá se sentaba conmigo a hacer la tarea y me revisaba, y estaba conmigo. Me ayudaba a hacer resúmenes, y se encargaba de que hiciera la tarea, a veces, lo encontraba muy frustrante porque no quería hacer las cosas, pero estaba mi mamá y las tenía que hacer. Gracias a eso siento que adquirí el hábito del estudio. (Lucas, 21 años, Puebla, 5º semestre).*

*Yo sabía que para llegar aquí tenía que pasar por un punto medio [entre la casa familiar y la Universidad], porque Zihuatanejo es una ciudad de provincia, y son ritmos muy diferentes, ¡totalmente! Eso mis papás lo veían y sobre todo mi mamá ¡ah, porque mis hermanos estudiaban en Morelia! Ellos fueron con un tío, hermano de mi mamá. Entonces, era como un punto medio donde llegar. Iba a estar con familia, pero sin papás, entonces, servía de entrenamiento para saberme mover. (Ignacio, 21 años, Guerrero, 5º semestre).*

Experimentaron su estancia en los centros escolares como una oportunidad para aprender y para construir proyectos; entre estos últimos, el proyecto, o ilusión, de formación universitaria ocupó un lugar privilegiado.

El hecho de estudiar en escuelas privadas y obtener un buen promedio final de calificaciones incidió favorablemente en su ingreso a la UNAM, así lo corrobora un

estudio sobre el examen de selección de aspirantes a esa Universidad realizado por Guzmán y Serrano (2011). Uno de los datos que arroja esa investigación revela que el porcentaje de aspirantes que cursaron la educación básica y el bachillerato en centros de educación privados rebasa en un 50 por ciento la frecuencia de los aceptados, comparados con los que provienen de escuelas públicas. Asimismo, aunque solo se cursara la enseñanza básica en una escuela privada, esto continuaba siendo un factor favorable para el ingreso, lo que corrobora la importancia de los aprendizajes que se construyen en el nivel para futuros desempeños (Guzmán y Serrano, 2011).

En sus escuelas fueron estudiantes destacados. El buen rendimiento académico trajo consigo distinciones y reconocimientos. Entraron en el juego de los puntajes, los premios y la competencia para ser señalados como el mejor o uno de los mejores entre sus compañeros de grupo. A algunos de los entrevistados, las altas calificaciones los hicieron acreedores de pases automáticos y becas de estudio, además de buena reputación entre profesores y otros estudiantes. Los profesores les dedicaron tiempo, platicaron con ellos, reconocieron sus avances y su capacidad intelectual, fomentaron el desarrollo de habilidades de pensamiento y estrategias de aprendizaje. Estudiantes entrevistados narran esa experiencia destacando aspectos como los siguientes.

*Lo padre no era tanto aprenderse las cosas, sino razonarlas... yo también me tenía que aprender corrientes filosóficas, figuras retóricas [como amigos que estudiaban en otras escuelas], pero eran como herramientas para aprender a analizar un texto, "qué quiere decir el autor con esto, qué me sirve a mí, qué interpretación le doy para mejorar mi vida" y cosas así. Entonces, era algo más racional (...). También los trabajos que nos pedían... teníamos que hacer investigaciones, por ejemplo, en Historia teníamos que encontrar fuentes y compararlas, hacer un análisis, algo más que, simplemente, aprenderte la información. En Matemáticas también nos pedían modelos matemáticos de situaciones reales, cómo crecía la población de China; tenía que hacer modelos que se ajustaran a ese comportamiento, se hacía más tangible a la realidad, me gustaba mucho eso. (Felipe, San Luis Potosí, 20 años, 5º semestre).*

*Me pusieron un maestro que sabía demasiado (Esteban, 19 años, Sinaloa, 3er semestre).*

*Ese maestro también se sorprendía de mí porque decía que yo crecía a pasos agigantados (Fernando, 20 años, Estado de México, 5º semestre).*

Entre sus compañeros de curso tienen amigos con los que realizan actividades sociales; hay tiempo para fiestas, para pasear, realizar deportes, ir al cine. Amigos y



compañeros de grupo también contribuyen a incrementar el interés por el estudio. Algunos porque participan en la formación de hábitos de estudio y comparten tiempos y actividades escolares; otros porque requieren del apoyo académico de un igual para comprender contenidos específicos, tarea que los estudiantes entrevistados dijeron realizar con agrado.

*Hasta el cuarto año de primaria me empecé a hacer más responsable, porque tenía un amigo; los dos, saliendo de la escuela, íbamos a la biblioteca a hacer tarea, porque decíamos que, si hacíamos la tarea lo más pronto posible, íbamos a tener toda la tarde para jugar. Yo creo que eso fomentó mucho el enfocarme a ser buen estudiante, a ser responsable. (...) En secundaria, seguía con la responsabilidad de llegar a mi casa, llegaba como a las tres más o menos, comía, y a las cuatro ya empezaba a hacer la tarea. Terminaba temprano y ya tenía toda la tarde libre. Así fue toda la secundaria. (Elías, 19 años, Morelia, 3er semestre).*

*A mí me gusta mucho dar clases, en la prepa siempre di clases de Matemáticas, Física y Química a mis compañeros que se retrasaban un poco (Héctor, 20 años Ciudad de México, 5º semestre).*

El éxito académico les provocaba sentimientos de satisfacción y de seguridad en sí mismos que retroalimentaban su motivación por realizar una actividad que disfrutaban, estudiar. En relación con este tema, estudiantes entrevistados relatan.

*Era un alumno regular los primeros años. En cuarto, en quinto año me fue muy bien en calificaciones. Me acuerdo que en sexto ya estaba dentro de los cinco mejores promedios del salón, y en cada salón había entre 40 y 50 alumnos. (...) Y yo entré a secundaria y seguí con buen promedio, sacaba buenas calificaciones, era responsable y a mí me gustaba mucho hacer las cosas. (Felipe, 20 años, San Luis Potosí, 5º semestre).*

*Me acuerdo de que al principio yo decía, '¡ay, wow!, saben mucho de mate'. Y luego, yo les acababa explicando o en los exámenes me iba muy bien y a ellos no. Entonces, me sentía muy seguro de mí mismo, con mi conocimiento. Con mis técnicas de estudio no tenía ningún problema. (Adrián, 19 años, Guadalajara, 3er semestre).*

En el contexto escolar desarrollaron el interés por el conocimiento y por el reconocimiento. La relación con el conocimiento estaba marcada por la facilidad para aprender y por el placer del estudio. El aprendizaje era una motivación para seguir estudiando. Si había materias que resultaban más difíciles, eso no era motivo de abandono sino de mayor dedicación y más tiempo de estudio.

*Yo decía que yo no era genio sino que simplemente hacía las cosas y me gustaba hacerlas. (...) me gustaba todo excepto inglés; inglés todavía me costaba mucho trabajo, pero me gustaba tanto aprender física, biología, todas las materias; llevaba Física, Biología, Matemáticas, Literatura, Historia e Inglés. Me gustaba todo, me gustaba aplicarme en todo.*

*(...)*

*Yo siento que practicando, practicando es como aprendes las cosas. Empecé titubeando, pero después pude alcanzar el ritmo de estudio, y ya para finales de cuarto semestre, pues, ya me había convertido también en muy bueno en matemáticas, me gustan mucho las matemáticas. Se habían convertido para mí en algo importante, antes ni las tomaba en cuenta, pero las matemáticas me gustaron mucho... (Iván, 20 años, Ciudad de México, 3er semestre).*

*Me saqué el segundo lugar, no me acuerdo el promedio, pero era superior a nueve, y ya pues me mencionaron [en la ceremonia de premiación de fin de curso], y muy padre, yo me sentía muy padre. El segundo semestre fue igual. Las materias me gustaban demasiado, Matemáticas; Historia me gustaba mucho; Español, las etimologías. Yo disfrutaba mucho. Es que es eso, yo disfrutaba, yo disfrutaba aprender cosas, saberlas, dominarlas. (Julio, 20 años, Guadalajara, 3er semestre).*

Para ellos, la educación formal no es obligatoriedad forzosa, en parte es competir, por así decirlo, de manera ventajosa. Disfrutaban del reconocimiento que traen consigo las buenas calificaciones que sabían resultado del esfuerzo, pero también del talento, de la capacidad individual. En este proceso ellos también aprenden a mostrarse a través de sus logros y disfrutaban de la experiencia.

Durante su paso por la escuela crecieron en autonomía, es decir, comenzaron a responsabilizarse de organizar horarios y tiempos de estudio, de identificar carencias y limitaciones, de usar los recursos que la escuela ponía a su disposición (biblioteca, asesoría de los profesores, clases particulares), de emprender proyectos para mejorar (viajes al extranjero, participación en eventos académicos extracurriculares, cambios de escuela, asistencia a eventos culturales). Esta fue una experiencia en la que se mezclaron sentimientos de satisfacción, alegría, cansancio, angustia y frustración. En los relatos, los estudiantes muestran esta vivencia. Este fraguado de ser estudiante ocurre entre los 14 y los 17 años; en sus relatos hay reminiscencias de juego y triunfo adolescente,

*Me pasó mucho con Probabilidad, sufrí mucho, pero esa misma desesperación hacía que buscara recursos para apoyarme. Entonces me acuerdo que fui a la biblioteca, renté un libro de Probabilidad, y ¡me*

*lo echo todo el fin de semana!* (Esteban, 19 años, Sinaloa, 3er semestre).

*¡Ah, pues!, también dije que tenía que buscar otra preparatoria porque ese nivel no era el que contribuiría a que llegara a genómicas porque sabía que el nivel era otro. Y entonces, cuando llegué a Morelia, pues sí, el nivel era otro, y como que hay más, más... más exigencias y más ofertas, porque aparte, como que en Guerrero no se antoja para tener actividades como ir al museo, o ir a conocer un jardín de botánica, o ir a conocer un museo de historia natural, y allá sí, sí tenías los lugares para hacer esos viajes.* (Ignacio, 21 años, Guerrero, 5º semestre).

En resumen, los estudiantes entrevistados fueron socializados en la familia y en la escuela para valorar positivamente la actividad escolar. En el ejercicio de estudiar adquirieron técnicas y herramientas para llevar a cabo la tarea; pusieron en juego disciplina y esfuerzo; y obtuvieron resultados positivos a nivel individual y comunitario que se concretaron, por ejemplo, en el mejoramiento de niveles de aprendizaje; la obtención de reconocimiento en su comunidad escolar y familiar; la generación de sentimientos de satisfacción personal. Todo esto incidió en el mantenimiento y renovación de su interés por realizar la tarea básica del estudiante, estudiar; teniendo en mente el proyecto de desarrollar una trayectoria académico exitosa.

En este contexto, utilizamos la noción de interés en el sentido que le confiere Bourdieu al hacerlo sinónimo de *illusio* para referirse al tipo de interés que trasciende la motivación como actividad psicológica para comprometer al individuo en la práctica de hacerse estudiante, de comprometerse e implicarse subjetiva y objetivamente en esa tarea. Al respecto, Bourdieu escribe,

*La illusio... se refiere al hecho de estar involucrado, de estar atrapado en el juego y por el juego. Estar interesado quiere decir aceptar que lo que acontece en un juego social determinado tiene un sentido, que sus apuestas son importantes y dignas de ser emprendidas.* (Bourdieu, 1995: 80).

El dispositivo de la LCG los invita a comprometerse con una 'nueva realidad' que implica el desempeño de un nuevo rol que se fundamenta en un conocimiento especializado. De acuerdo con Berger y Luckmann, estos procesos tienen un componente afectivo que genera en los individuos identificación y compromiso. Los autores señalan que el participante en experiencias de este tipo "se 'entrega' a la música, a la revolución, a la fe, no en forma parcial, sino con lo que subjetivamente constituye su vida entera. La prontitud para sacrificarse es, por supuesto, la consecuencia final de este tipo de socialización." (1993: 183). El carácter totalizante de esta experiencia formativa

nos permite relacionarla con procesos de aculturación, entendida como la adaptación a una nueva cultura, en este caso, la cultura científica.

### **3. Los otros en la construcción de una certeza vocacional**

Para algunos, fueron los padres quienes generaron el interés por la actividad científica; para otros fueron los profesores quienes les mostraron que ésta era su vocación, es decir, que podían dedicarse de tiempo completo a la investigación. Los padres hablaron con ellos de sus intereses vocacionales, acercaron libros e información, los docentes impulsaron la realización de proyectos y vieron con ellos temas de biología. El interés por el área pasó por ver, leer, experimentar en el laboratorio; hacer cosas dentro del campo.

*...mi papá es médico, entonces, siempre pedía sus libros de medicina, siempre fue algo que me atrajo mucho. Ya en la secundaria pensaba estudiar medicina o algo parecido y también cuando empezaba con mis cursos de biología en la secundaria y veía la parte de genética, me interesaba mucho. En algún momento, yo estaba determinado a estudiar medicina para hacer una especialidad en genética. Pero mi perfil fue siempre más hacia la investigación, hacia la ciencia pura (...) en la prepa hice un proyecto de investigación en que estudié contaminación en plantas y en hongos. (Héctor, 20 años, Ciudad de México, 5º semestre).*

*Y fue realmente porque en primero de secundaria se da Biología, y en Biología II, que es la del segundo semestre de secundaria, vemos temas de genética. Después que vi eso me quedé impresionado. Entonces eso, unido con la información que tenía de él [de un egresado de la prepa que estudiaba en la LCG] y, también junto con mis profesores, pues, ya se me quedó en la cabeza la carrera (...) en secundaria, tenía en mente esto de genómicas, o sea, nunca se me quitó de la mente genómicas. (Lucas, 21 años, Puebla, 5º semestre).*

*Y, bueno, desde que era pequeño, como mi mamá estudió primeros auxilios y auxiliar de enfermería y todas esas cosas; yo tomaba sus libros y veía así como que células, y esto es un tejido, y así... (Fernando, 20 años, Estado de México, 5º semestre).*

Rosas y Maldonado (2018) también identifican en el origen de la motivación por el trabajo científico la presencia de padres y/o maestros que contribuyen a crear el *habitus* necesario para que la vocación científica se manifieste. Al referirse a las condiciones que intervienen en la construcción del interés por la investigación científica, las autoras señalan:

*... los entrevistados indicaron que ya tenían nociones de lo que significaban los términos 'ciencia' o 'investigación', es decir, poseían*

cierto *background* o *habitus*, debido a la interacción con su familia (porque sus mamás los llevaban a museos, o bien en la familia había académicos), con sus profesores (por la forma en que desarrolló su labor docente, por las propias materias o por ser auxiliares de investigación), o por el interés personal (por curiosidad o por la lectura de publicaciones de divulgación científica) (Rosas y Maldonado, 2018: 49).

En todos los casos, el interés por el mundo científico fue alimentado en la escuela por profesores del área. Los profesores abren el horizonte; proporcionan formas de trabajo, implementan un proceso de modelaje (estudiar el tema en un libro básico; complementar con la lectura de artículos; discutir el contenido; identificar posibles aplicaciones) que va forjando una estructura de pensamiento reflexivo y analítico.

*Ya cuando pasé a la secundaria tuve una maestra de biología muy buena. Ella hizo que naciera el interés en mí de las ciencias biológicas, ya no nada más en humanos, como yo pensaba la medicina, ¡medicina todo! Si no que más con otros organismos, plantas, bacterias, animales y así fue como me guíé más por esta carrera. Porque yo dije: si no estudio medicina, la carrera que estudiaría sería biología.* (Elías, 19 años, Morelia, 3er semestre).

*(En la prepa) ...el ambiente era muy tranquilo, ordenado. Y en cuanto a los profesores, bueno, para mí los mejores profesores fueron los que daban clases en facultad. Porque ellos sí nos decían, 'es que cuando ustedes ingresen a la educación superior ya van a ver, de que lean este artículo y analícenlo, no sé, estructúrenlo, véanlo como está' y empezaron a darnos artículos en español, pero sí ayudaban más que los profesores que solamente eran así como de que 'lean el libro y vean que pueden resumir de ahí' y ya. Por ejemplo: mis profesores de biología, dos de ellos daban clases en la facultad de ciencias, y ellos sí, el libro era como nuestra obligación siempre leerlo, y ya los artículos que nos daban eran para complementar el tema.* (Darío, 21 años, Morelos, 5º semestre).

*...yo me acuerdo que tenía en mente el área de biología. Yo estaba seguro que iba para un área biológica, científica.* (Iván, 20 años, Ciudad de México, 3er semestre).

*Cuando entré a la secundaria, prácticamente no sabía nada de prepas. Sí, había muchas cerca de mi casa, pero eran como carreras técnicas, y siempre mi inclinación había sido a las ciencias biológicas, químicas y todo ese tipo de cosas. Y ya cuando pasamos a 3º, nos pusieron a investigar sobre prepas, o sea, para el examen de Comipems. Me puse a investigar y pues estaba entre el CCH-Oriente y Prepa 2. Pero sí, mis aspiraciones no fueron técnicas, no, nunca.* (Fernando, 20 años, Estado de México, 5º semestre).

El interés por los contenidos del campo y la forma de abordarlos queda definido en las interacciones con sus padres y profesores; estudiarlos es la prioridad. El interés vocacional, el deseo como motor de la acción, como voluntad que proyecta hacia el futuro queda instalado en los estudiantes desde edades tempranas. Saben que están dando los primeros pasos de una trayectoria que tomará años y que compromete su proyecto de vida. Ellos tienen información de que la LCG “constituye una 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”. (*Plan de estudios LCG, 2008*).

Cuando ingresan a la Licenciatura, se encuentran con otros agentes socializadores, los investigadores. De acuerdo con Berger y Luckmann estos “otros significantes constituyen, en la vida del individuo, los agentes principales para el mantenimiento de su realidad subjetiva (...) y para la confirmación continua de ese elemento crucial de la realidad que llamamos identidad” (1993: 189). Remedi y Blanco (2016) las denominan “terceras figuras” en el proceso de socialización o en la trayectoria de un científico.

La presencia de “terceras figuras” operaría como lugar de identificación con el quehacer científico y con el rol de investigador, es decir, éstas constituyen un otro a quien mirar para aprender e imaginarse a sí mismos realizando el oficio. Los autores señalan que, en el caso de los científicos que participaron en su estudio, las “terceras figuras” les permitieron:

... proyectarse, imaginarse, como científicos; en otras palabras, si el mandato familiar orienta de un modo general la elección de la formación universitaria, estas figuras direccionan la formación académica hacia la especificidad del trabajo científico. (Remedi y Blanco, 2016: 410)

Los profesores de la LCG son investigadores de trayectoria académica reconocida por el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) con los niveles II y III; y por la UNAM con la categoría de Investigador Titular C, Definitivo de Tiempo Completo en el CCG y en el IBt. Trabajan programas de investigación en Genómica Evolutiva, Genómica Funcional, Ecología Genómica e Ingeniería Genómica, entre otras. Han escrito una cantidad importante de artículos, capítulos de libros y libros en colaboración con miembros del programa y en coautoría con investigadores de otras instituciones. La mayoría egresó de la UNAM y han cursado posgrados y posdoctorados en instituciones extranjeras. Algunos han sido reconocidos con importantes premios que otorga la

comunidad científica entre los que destaca el Premio Nacional de Ciencias (Ver *Tabla IV. Profesores de la LCG – Semestre escolar 2014-2015 en Anexo*).

Para los estudiantes entrevistados, estos investigadores se convierten en sujetos con quienes identificarse, en ejemplos a seguir.

*Son gente brillante, son personas muy bien preparadas, todos tienen un perfil académico muy fuerte. La mayoría son investigadores nivel 3 en el SNI, titular C dentro del sistema de investigadores de la UNAM. Son gente muy experimentada. Generalmente son de 40 años en adelante. Tenemos como profesores a los mejores investigadores que puede dar la UNAM, gente muy bien preparada que hicieron el doctorado en el extranjero o estancias posdoctorales o que llevan un buen tiempo haciendo investigación en México, publicando artículos. Son los mejores científicos que tiene México o que tiene la UNAM. (Lucas, 21 años, Puebla, 5º semestre).*

*Me gustó muchísimo el trabajo que está haciendo el doctor Alfredo Estrella. Él está trabajando con hongos... y el trabajo que está haciendo sí es realmente bueno. Él está trabajando en el Cinvestav, en el laboratorio de Irapuato. (Ignacio, 21 años, Guerrero, 5º semestre).*

*Pues el del doctor Alfredo Estrella me gusta mucho, el de Pablo Sinuesa también me parece muy interesante, todos me parecen interesantes, ¿gustado? yo creo que los dos, ¿impactado?, ninguno. Los que impactan son los que vienen del extranjero, esos sí. Pues está Adrian Krainer (presentó en *Frontiers of Genomics* el proyecto 'Targeted Modulation of alternative Splicing as a Therapeutic Strategy') que trabajaba con un método alternativo, corregía un gen de distrofia muscular con una metodología de códigos modificados. Está Joshua Dubnau [presentó el proyecto 'Jumping in to neurodegeneration: transposons and TDP-43'] que trabaja con neurociencias en moscas; hace estudios sobre memoria, sobre qué receptores son importantes en la memoria a corto plazo. Esos son trabajos impactantes... (Felipe, 20 años, San Luis Potosí, 5º semestre).*

Cuando los estudiantes definen a sus profesores utilizan conceptos como 'brillante', 'preparado', 'no convencional', 'cercano', 'experto'. Quienes les imparten clases son investigadores que dedican parte de su tiempo a la docencia. Pero la actividad significativa, que más inspira a los jóvenes, es la investigación. Los egresados de la Licenciatura que accedieron a ser entrevistados destacaron el trabajo realizado por los investigadores responsables de las actividades de docencia de la LCG; al respecto señalaron,

*Bueno, el primer acercamiento es que la mayoría de los profesores son investigadores, entonces, desde ahí, ya se rompe pues con lo convencional. Estas personas no son profesores de tiempo completo, son más bien investigadores que se dan el tiempo para dar una clase.*

*Entonces, desde ahí, ya la dinámica es un poquito diferente que en otras clases, no sé si sea mejor o peor, pero sí es diferente. (Claudia, egresada, estudiante de doctorado del CCG, 4ª generación).*

*Él estuvo en la fundación, y es de los fundadores de esta licenciatura, y es de los profesores más comprometidos que hay con ella, es decir, siempre tuvo la mejor disposición para con todos los alumnos, y el mayor compromiso con todas las clases. Hay muchísimos, no sólo los fundadores están comprometidos, sino toda la gente que da clases aquí, se caracteriza por eso, por un compromiso real y sincero para que los alumnos mejoren. (José, egresado, 2ª generación).*

*Por parte de los maestros, yo puedo decir que aquí la gran ventaja es que el profesor no es autoritario. Por ejemplo, tengo material de comparación porque estuve en una ingeniería donde la actitud es completamente distinta. La mayoría de los profesores que están son expertos en su tema, pero tiene la humildad de un científico para decir 'yo no tengo la última palabra'. Entonces si descubren un artículo, bien, pero lo que diga un artículo diferente es bienvenido. La discusión siempre es bienvenida, y siempre hay retroalimentación por parte de los maestros. La formación de un científico se está dando y hay interés porque los científicos que se forman aquí sean de muy buena calidad, de la más alta calidad. (Renato, egresado, 1ª generación LCG, estudiante de doctorado en el CCG).*

*...claramente le recomendaría al doctor Dávila, al doctor Guillermo Dávila, al doctor Rafael Palacios, al doctor David Romero, al doctor Pablo Vinuesa, a Alejandro Alagón, al doctor Federico Sánchez, ellos son del IBt [los dos últimos], es que son muchísimos nombres, entonces cualquier profesor que nos dio clase es una muy buena referencia. Yo que estuve en otra licenciatura le puedo decir realmente la actitud y el compromiso, el grado de compromiso que tienen los profesores aquí, es totalmente distinto, entonces si se me escapó alguno de mis exprofesores, una disculpa, pero son tantos nombres que no me puedo acordar, todos son muy buenos, tienen una muy buena actitud, todos quieren que el alumno saque el mayor provecho de esta experiencia... (Joaquín, egresado, 1ª generación LCG, estudiante de doctorado).*

Compromiso, disponibilidad, humildad, excelente actitud ante los alumnos son algunas de las disposiciones que aparecen en la narración de los egresados de la Licenciatura cuando se refieren a los que fueron sus profesores.

#### **4. La búsqueda de la excelencia: una estrategia para ingresar a la LCG**

Con la certidumbre de tener una opción de carrera ya definida y en paralelo a los cursos regulares del nivel medio superior iniciaron la preparación del ingreso a la UNAM y a la LCG: los alumnos de escuelas privadas tomaron cursos para preparar el examen de admisión a la Universidad; asistieron a eventos académicos extracurriculares



relacionados con ciencia y tecnología; estudiaron por cuenta propia las materias que cubre el examen de ingreso a la LCG. Sobre ese periodo los estudiantes señalan,

*...sabía que tenía cosas que aún no estaban listas o que tenía dudas, entonces tomé un curso de preparación para el examen de la UNAM. Tomé el curso. Al final te aplican un examen piloto, así como el de la UNAM. Me fue bien. Ya cuando presenté el examen saqué 115 de 120 en la UNAM; pedí como segunda opción químico farmacobiólogo que te pedía 92. Después de eso descansé una semana y, ¡ahora sí!, me enfoqué un mes a estudiar, así ¡a fondo!, química, y otro más, así a fondo, biología. (Ignacio, 21 años, Guerrero, 5º semestre).*

*Llegaba a la casa, me preparaba rápido la comida, y me ponía a leer esto y, hasta el final dejaba las cosas, los deberes de la escuela, de la prepa, porque la prioridad era genómicas. (Darío, 21 años, Morelos, 5º semestre).*

*¡Química! [materia en la que tenía dificultades] pues, fui a asesorías con una maestra. Nos ayudó mucho. Hubo varios maestros, ahí mismo, del TEC, que nos estuvieron ayudando para prepararnos al examen de la UNAM. (Julio, 20 años, Guadalajara, 3er semestre).*

*Me preocupé porque leí que te pedían el historial académico, en los concursos que has estado y cosas así, y yo me di cuenta que era bueno en las clases, pero no iba más allá de meterme a un concurso de biología estatal o nacional. Entonces, dije, 'voy a meterme a un concurso para el currículum, para el día que llegue a inscribirme a la carrera'. (Felipe, 20 años, San Luis Potosí, 5º semestre).*

*Me fui dos meses a Inglaterra, a Londres, a trabajar para practicar mi inglés y siento que sí me sirvió [sentía que su dominio del idioma era muy bajo en relación con sus compañeros de grupo]. Yo siento que era más mental, más sentirme inferior con personas que sí hablan muy bien inglés, porque los de mi salón, la mayoría, hablaban muy, muy bien inglés y yo no. (Darío, 21 años Morelos, 5º semestre).*

*En el verano de quinto y sexto de prepa me fui a hacer prácticas y aprendí las técnicas básicas de biología molecular. (Héctor, 20 años, Ciudad de México, 5º semestre).*

Las actividades que emprenden tienen que ver con la estrategia de usar los recursos disponibles para atender los requerimientos del juego. La reflexión sobre sus debilidades y virtudes se confronta con sus aspiraciones académicas y van hilando un tejido que coincide con sus facultades de estudio. El interés de entrar a una carrera que cubre sus aspiraciones académicas los convierte en los mejores estrategas.

A modo de cierre del capítulo, interesa señalar que en la socialización que los estudiantes entrevistados inician en el seno familiar y prolongan en la escuela y en el

entorno social van definiendo sus motivaciones e intereses vocacionales. En ese mismo proceso adquieren el capital social y cultural necesario para pensar y concretar proyectos y aspiraciones. Las figuras de los padres, madres y docentes aparecen en sus relatos como puntos de apoyo para construir el conjunto de disposiciones indispensables para desempeñarse con éxito en el medio escolar: disciplina, hábitos de estudio, pasión por el conocimiento, capacidad para mostrarse.

Este proceso de socialización que experimentan los jóvenes entrevistados antes de ingresar a la LCG parece fundamental para tener la convicción de que quieren construir una trayectoria en el campo de la ciencia. Como señala uno de ellos,

*Yo creo que todos aquí queremos ser científicos. Siento que una parte importante de eso es que tú sepas que no sólo es proponer un proyecto, sino, realmente, estudiar todos los aspectos porque sabes que va a tener un impacto en la sociedad... (Adrián, 19 años, Guadalajara, 3er semestre).*

Esa certeza en torno a la elección resulta necesaria para un dispositivo curricular que se plantea como el inicio de un proceso de formación que se prolongará en otros espacios académicos.

En su trayectoria escolar adquieren la habilidad de mezclar el esfuerzo y el talento para alcanzar las metas que se proponen, son jóvenes exitosos.

Por último, destacamos que dentro de las diversas opciones de formación profesional que ofrece la educación superior, ellos tienen la ventaja de encontrar una respuesta institucional a sus motivaciones, intereses y proyectos: la UNAM incluye dentro de su oferta académica una propuesta curricular que atiende una de sus expectativas manifiestas, formarse en el campo de la investigación científica.

## **Capítulo 6. Dejándose atrapar por la investigación... De prácticas y disposiciones en la LCG**

En las prácticas curriculares de la Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG), estudiantes y profesores abordan contenidos básicos del campo genómico y experimentan formas de ser, de hacer y de decir, propias de una comunidad científica. Resignifican y asignan un sello particular a los propósitos, contenidos y metodología de la propuesta curricular prescrita.

La teoría curricular denomina a ese conjunto de prácticas ‘currículum en acción’, destacando que es en el plano de la acción, de las prácticas, donde se muestra la pertinencia y el alcance formativo de un dispositivo curricular. En este espacio se criban las propuestas curriculares, se hace visible la intencionalidad y la capacidad socializadora del currículum. Al respecto, Gimeno Sacristán plantea que,

El currículum en la acción es la última expresión de su valor, pues, en definitiva, es en la práctica donde todo proyecto, toda idea, toda intención, se hace realidad de una forma u otra; se manifiesta, adquiere significación y valor, independientemente de declaraciones y propósitos de partida (1996: 240).

La noción de currículum en acción permite relacionar currículum con la noción de dispositivo que utiliza Foucault para estudiar fenómenos y situaciones sociales. En líneas generales, el dispositivo foucaultiano se concreta en prácticas en las que se entretajan y hacen inteligibles relaciones de saber-poder que contribuyen a instalar el control y la sujeción de los cuerpos/sujetos de acuerdo con determinados modelos de normalización (Foucault, 2007).

Foucault plantea que cuando hablamos de la práctica estamos haciendo referencia a aquello que los sujetos hacen y a la manera en que lo hacen. La práctica, como ya señalamos, es siempre acción; también puede ser identificada como una configuración estratégica que acontece en la vida cotidiana; impone una ley de verdad con capacidad de transformar y de proporcionar un sentido de identidad en el cual los sujetos se reconocen y pueden ser reconocidos (Foucault, 1988).

En esas prácticas, los sujetos estudiantes construyen y/o afianzan disposiciones necesarias para integrarse a la vida académica de la comunidad de investigación a la que desean pertenecer. En el caso de los estudiantes que participaron en esta investigación, la tarea de iniciar su formación en el campo científico parece ser una tarea libremente buscada y asumida, están ahí porque quieren formarse y dejarse formar.

En este capítulo pretendemos responder a las preguntas de investigación, ¿cómo se desarrollan las acciones en que adquiere materialidad el dispositivo de la LCG? y ¿cuáles son las capacidades (actitudes/conductas) en que se concreta el proceso socializador de la Licenciatura? Atendiendo a estas preguntas, el contenido del capítulo está organizado en dos grandes temas: uno corresponde a la descripción de prácticas en que participan los estudiantes de la Licenciatura, y el otro a las disposiciones/conductas que promueven esas prácticas en el marco del proceso de formación temprana de investigadores que ese dispositivo impulsa.

## **1. Las prácticas, acción del sujeto sobre acciones de otros sujetos**

Las manifestaciones del ‘qué y el cómo se hace algo’ son tan variadas como las instituciones y contextos en que pueden realizarse. En este apartado nos referiremos a prácticas que acontecen en el dispositivo curricular de la LCG con la intencionalidad de formar sujetos que desarrollen actividades profesionales en el campo de las ciencias genómicas.

Las prácticas que revisaremos están organizadas en dos categorías: formales e informales. Las primeras promueven de manera sistemática y organizada el estudio de contenidos vinculados con las ciencias genómicas, y las segundas refieren a interacciones sociales que trascienden la Licenciatura para ubicarse en el ámbito de la cultura científica.

### **1.1 Prácticas formales, buscando saberes**

La clase en aula, los seminarios y el trabajo en laboratorio son las prácticas que revisaremos en este apartado; cada una ocupa aproximadamente un tercio del currículum de la LCG. Su identidad específica surge del sentido y de las características de las relaciones saber-poder que se producen durante su operación.

#### **La clase, una práctica revisitada en el dispositivo de la LCG**

La clase como práctica pedagógica se utiliza principalmente en los Niveles Básico y Avanzado del dispositivo. Privilegia la transmisión de saberes que han adquirido el estatus de conocimiento disciplinar. Como señalábamos en un capítulo anterior, los contenidos curriculares remiten al campo de la biología (Biología Celular, Biología Molecular, Genética, Genómica evolutiva, Genómica funcional, Principios de Evolución), de las matemáticas (Matemáticas, Principios de Estadística), y de las ciencias informáticas (Bioinformática y estadística, Principios de la Programación, Computación).

Las clases observadas se desarrollaron en grupos pequeños en los que participaron regularmente entre 18 y 22 estudiantes, todos integrantes de una misma generación. Cada sesión tuvo una duración de cuatro horas semanales, distribuidas en bloques de dos horas. Las actividades fueron coordinadas por un investigador del Centro de Ciencias Genómicas (CCG) o del Instituto de Biotecnología (IBt) o por un ayudante de docencia. Estos últimos eran estudiantes de la Licenciatura o de posgrado que colaboraban con el investigador titular de la materia.

De acuerdo con lo expresado por estudiantes entrevistados y a lo observado en clases, los docentes abordan los contenidos, aludiendo a sus contextos de uso. Esta conexión fue uno de los asuntos que estimuló la participación oral de los estudiantes. Por ejemplo, en una clase de dos horas, con asistencia de 22 alumnos, 14 estudiantes tomaron la palabra por lo menos una vez para formular preguntas o aportar información. De éstos, cuatro intervinieron en dos ocasiones, tres en cinco, y uno en seis oportunidades. Con base en esta participación, los estudiantes se hacen de reconocimiento y prestigio entre sus compañeros y profesores. La posibilidad de participar permite que se manifieste un ánimo competitivo entre los alumnos que buscan emitir el comentario más brillante, la pregunta más incisiva, y mantener un dialogo con el docente.

En las clases observadas, los docentes privilegiaron el *uso de preguntas* y el *análisis de artículos científicos* para generar una dinámica de comunicación en el aula. A estas estrategias metodológicas haremos referencia en los siguientes párrafos.

Desde una perspectiva epistemológica, *la pregunta* constituye el punto de partida de la acción de conocer. Surge de la curiosidad que despierta lo nuevo, lo desconocido; y siempre ofrece la posibilidad de experimentar algún nivel de transformación y cambio.

En el campo de la ciencia, la pregunta se ubica en el origen del conocimiento científico; es la que abre la posibilidad de generar avances en el conocimiento. De acuerdo con Bachelard (2000), manejar la pregunta da cuenta de la capacidad para construir problemas de investigación que pueden reportar nuevos saberes que, a su vez, conllevan la elaboración de mejores preguntas. Dice Bachelard, “para un espíritu científico todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo. Nada está dado. Todo se construye.” (Bachelard, 2000: 16).

En el campo educativo, los docentes utilizan la pregunta como un recurso de enseñanza que atiende un amplio espectro de propósitos; pueden ir desde estimular la

concentración en la dinámica de la clase hasta incentivar la participación en la producción de conocimientos. Litwin (2000), sin hacer una clasificación exhaustiva, distingue preguntas que los docentes formulan en aulas universitarias, discriminando las siguientes:

- a) Preguntas que se proponen evaluar los conocimientos aprendidos por los alumnos.
- b) Preguntas cuyas respuestas dan pie a continuar la explicación del docente y la lógica de su discurso.
- c) Preguntas que el docente formula y se contesta a sí mismo.
- d) Preguntas para indagar las creencias previas de los alumnos sobre el tema de la clase.
- e) Preguntas que utiliza el docente para ayudar a los procesos de comprensión del alumno. Se trata de pistas para conseguir profundizaciones que los alumnos por sí solos no serían capaces de hacer.
- f) Preguntas que contribuyen a la construcción de significados compartidos con los alumnos. (Litwin, 2000: 107)

En las clases observadas en la LCG, las preguntas cumplieron la función básica de generar interacciones entre el docente y los estudiantes, otorgando un carácter participativo a la sesión. El contenido de estas guardaba relación con los temas de las materias que se abordaban en las sesiones. Quien las formuló no siempre fue el docente; también fluyeron de los estudiantes hacia el profesor y, en ocasiones, de los alumnos hacia otros compañeros de grupo. En el siguiente cuadro se muestran los propósitos de las preguntas que se identificaron en las clases observadas.

<i>Propósito de las preguntas de los docentes</i>	<i>Propósito de las preguntas de los estudiantes</i>
Valorar la comprensión del contenido	Aclarar dudas sobre el contenido
Pedir opinión sobre un contenido	Someter a consideración una idea o propuesta
Establecer el nivel de conocimiento sobre un tema	
Explorar posibilidades de acción	
Generar interacción entre los estudiantes	

Entre las preguntas que se identificaron, nos interesa destacar aquellas orientadas a explorar posibilidades de acción; estas requerían de los estudiantes la elaboración de respuestas que incluyeran conocimientos adquiridos y, además, pusieran en juego su pensamiento creativo: ¿tú, cómo lo harías?, ¿por qué creen que pasó esto?, ¿de qué otra forma se podría hacer?, ¿qué estudia el investigador?, ¿cuáles son sus preguntas? Estas interrogantes favorecían que el alumno se pusiera en el lugar del

investigador, se imaginara en ese papel y, en ese ejercicio que apuntaba a revisar cuestiones metodológicas, actuara el papel de investigador.

En el horizonte de la formación temprana, la posibilidad de pensarse como investigador supone para los estudiantes ensayar acciones propias del campo y de la comunidad académica a la que desean integrarse, y, a su vez, poner en duda si un quehacer de ese tipo los motiva lo suficiente para comprometer en él parte importante de su vida.

Para los estudiantes, especialmente para los más introvertidos, la experiencia cotidiana de contestar y formular preguntas tiene el efecto de disminuir el carácter intimidante de estas y aprender que son una estrategia de comunicación necesaria para avanzar en el conocimiento. Un estudiante señala,

*Los que son más extrovertidos hablan sin mayor problema (...) las personas al principio se muestran tímidas al participar, o muy nerviosos, pero a lo largo del semestre van cambiando esa actitud y se atreven a intervenir y sus ideas son buenas, aunque sean pocas. (Fernando, 20 años, Estado de México, 5º semestre).*

Asimismo, esta estrategia los prepara para el diálogo, el intercambio y la confrontación de saberes propia de los equipos y de las redes de comunicación que se establecen en una comunidad científica. Becher (2001) plantea que “la comunicación es central en la actividad académica (...) dado que tanto la promoción del conocimiento (la principal cuestión cognitiva) como el establecimiento de la reputación (la consideración social clave) dependen necesariamente de ella.” (2001: 108).

Los estudiantes aprenden a considerar la pregunta como una forma de intercambio entre investigadores. La acción de preguntar también puede considerarse un arte cuando tiene el potencial de abrir zonas oscuras, poco definidas de una situación y dan lugar a que el sujeto interpelado pueda ver otras aristas, buscar por otros caminos y avanzar en su comprensión de la situación o del problema. Uno de los entrevistados plantea que la pregunta es una manifestación del sentido crítico que forma parte de la identidad de un investigador. Al respecto señala,

*La cultura científica siempre es muy crítica, entonces uno aprende, por ejemplo, que en un seminario puedes preguntar muchas cosas, pero el receptor de esas preguntas no lo va a tomar personal, porque muchas veces se crea una cultura conflictiva, porque hay una delgada línea roja entre lo personal y lo académico... por la misma posición del científico de estar cuestionándolo todo. Pero al mismo tiempo tú, cuando tienes que presentar tu trabajo, recibes cuestionamientos. (Roberto, egresado, estudiante de doctorado del CCG).*

En el marco de un dispositivo curricular, las preguntas pueden ayudar a la enseñanza de contenidos, pero su función más importante está en que pueden ser utilizadas como una herramienta formativa. De acuerdo con Hans-Georg Gadamer (1999) y Paulo Freire (2003), el sentido profundo de la pregunta está precisamente en su capacidad de abrir espacios al desarrollo del sujeto individual y colectivo. En el contexto hermenéutico (Gadamer, 1999), la acción de “preguntar quiere decir abrir”; la pregunta siempre implica apertura al cuestionamiento, a la reflexión, a la crítica. Estas dos acciones, preguntar y abrir, pueden pensarse como sinónimos cuando la respuesta a la pregunta no está predeterminada, aun cuando esté delimitada por el horizonte de sentido de esta. Gadamer plantea que una pregunta abierta se corresponde con una pregunta verdadera.

Para la hermenéutica, la pregunta está en la base de la experiencia; Gadamer afirma que “no se hacen experiencias sin la actividad del preguntar.” Asimismo, la acción de preguntar precisa de la existencia de un sujeto consciente que sabe que no sabe y que está interesado en modificar esa situación. Dice Gadamer, “El que está seguro de saberlo todo no puede preguntar nada (...) Todo saber pasa por la pregunta.” (1999: 440).

La pregunta también se convierte en un recurso estratégico en el marco de la pedagogía liberadora, promovida por Freire desde el contexto latinoamericano (Freire y Faundez, 2013). En esa propuesta, la pregunta es parte esencial de la existencia humana y también moviliza la acción transformadora. Al respecto, Freire señala,

De modo radical, la existencia humana implica asombro, pregunta y riesgo. Y por eso mismo supone acción, transformación. La burocratización implica adaptación con un mínimo de riesgo, con cero asombro y sin preguntas. Así, la pedagogía de la respuesta es una pedagogía de la adaptación y no de la creatividad. No estimula el riesgo de la invención y la reinención. Para mí, negar ese riesgo es la mejor manera de negar la existencia humana (Freire y Faundez, 2013: 76).

La pregunta en el marco de un dispositivo como el de la LCG, además de recurso didáctico para abordar contenidos de los programas de estudio y para crear un ambiente de socialización, aproxima a los estudiantes a identificar el papel del cuestionamiento en el proceso de investigación. En torno a este asunto, un egresado comenta,

*Yo creo que las preguntas son parte de la ciencia: desmenuzar las cosas y hacerlas sencillas y al final lograr una complejidad... aprendí a ver la ciencia como una cuestión de preguntas y argumentos. Preguntas, y respuestas, defendidas con argumentos y que tienen que ser entendidas por todo el mundo, porque finalmente la ciencia es la*



*descripción de la naturaleza y el porqué de las cosas de la naturaleza.*  
(Renato, egresado, estudiante de doctorado del CCG, 1ª generación).

La importancia de la pregunta como recurso estratégico para generar conocimiento nos lleva a plantear cómo se enseña a hacer preguntas. Desde la perspectiva de Gadamer (1999) no hay un método para hacerlo, el que pregunta sólo debe tener el conocimiento y la actitud básica de saber que no sabe, al respecto el autor plantea, “Todo preguntar y todo querer saber presupone un saber que no se sabe, pero de manera tal que es un determinado no saber el que conduce a una determinada pregunta.” (Gadamer, 1999: 443).

Esta modalidad de enseñanza incluye la práctica de trabajar codo a codo con el estudiante y acompañarlo en la construcción de preguntas pertinentes.

Otra estrategia recurrente en las sesiones en el aula es *la revisión de artículos científicos*. Este ejercicio vincula la clase con la comunidad académica al promover que los estudiantes conozcan producciones recientes en el campo, identifiquen aspectos relevantes y criterios de revisión de una publicación de este tipo y se familiaricen con un género literario indispensable para construir una carrera académica. Asimismo, pueden identificar a las ciencias genómicas como un campo dinámico, en permanente construcción.

Es habitual que antes de asistir a una sesión los estudiantes lean, por lo menos, dos artículos científicos acerca del asunto que se abordará en la clase y, durante esta, intervengan para aportar información. Uno es de lectura común y obligatoria y el otro lo elige cada estudiante según criterio propio. La selección de los artículos es responsabilidad compartida por el docente y los estudiantes. Como criterio de búsqueda se establece que los artículos provengan de fuentes de reconocido prestigio en el campo de la ciencia. Básicamente, el ejercicio de revisión de artículos consiste en identificar el objeto de estudio y los contenidos necesarios para entender la publicación, analizar las hipótesis de trabajo, la metodología utilizada y las conclusiones a las que arribaron los autores.

Un estudiante entrevistado relata que esta modalidad de trabajo reporta aprendizajes significativos, que no es una práctica habitual en otras licenciaturas y presenta, en líneas generales, los asuntos que contempla el ejercicio: la identificación de contenidos nuevos para el estudiante, la revisión de la metodología utilizada por los investigadores, y señala que también buscan detectar las ventajas y desventajas que puede tener la realización de ese tipo de estudios. Al respecto señala,

*... estuve revisando el plan de estudios de varias carreras incluso dentro de la UNAM y muy pocos... también experiencias que tengo con mis amigos y conocidos... muy pocos discuten artículos así, a conciencia. En cambio, nosotros, desde el primer semestre (...): éstas son las ventajas y las desventajas que tiene esto; qué nuevos conocimientos estoy adquiriendo; y qué deficiencias metodológicas tiene. Eso es importante porque, además, te mantienes actualizado porque los artículos que discutimos son de ese año o un año anterior. (Elías, 19 años, Michoacán, 3er semestre).*

Otro estudiante destaca el carácter positivo de esta práctica en relación con la actualización de conocimientos, la identificación de la estructura del escrito, el aprendizaje de formas de análisis de este tipo de documentos y, por ende, de exposición de ideas por escrito y de manera verbal; en su narración señala,

*Ahí es donde se da el acercamiento, el aprendizaje más importante, porque nos dejan leer artículos científicos y, después de esos artículos, nosotros hacemos un análisis y emitimos una respuesta, un análisis o un resumen, pero con el formato como si fuera una publicación científica, para irnos acostumbrando a cuál es el formato que lleva... cómo se organizan los temas, cómo hacer nuestras propias conclusiones. Y después los presentamos. Ahí es donde nos acercan más. (Lucas, 21 años, Puebla, 5º semestre).*

Esta estrategia la utilizan en una clase de Biología Molecular, centrada en el tema de autofagia, proceso en que la célula descompone proteínas viejas, dañadas o anormales y las recicla para utilizar ese material en la operación de otras funciones celulares (NHI, 2020). A continuación registramos el fragmento de una sesión en aula en que la revisión de artículos resulta útil para realizar un trabajo colectivo: unas alumnas exponen el contenido del artículo que revisaron y el profesor apoya la actividad buscando que los estudiantes relacionen la presentación con contenidos revisados en otras sesiones y reforzando la explicación de conceptos centrales. Las alumnas coordinan el trabajo con el contenido y el profesor actúa como mediador que acerca a los estudiantes parte del saber acumulado en un área de conocimiento específica.

*Alumna 1. Entre los mecanismos descritos para la fusión está el de las proteínas Rherb que, como aquí se observa [presenta una diapositiva], está la primera membrana y las proteínas que van a ayudar a que el complejo se fusione.*

*Profesor. Eso ya lo habíamos visto, ¿se acuerdan?, ¿verdad? Qué se requiere... también participa Rherb, también participa paper sp. [Dirigiéndose al estudiante] En la primera diapo, no mencionaste el complejo con ppk, si quieres regrésate a la primera... ¿todo el mundo ve? Fíjense en ese complejo que les mencionaba, ppk complex one es a lo que me refería, VPS30 en levadura, esos son los homólogos de*

*levadura, eso está tomado de levadura, ¿por qué?, porque VPS30 es beclina en animales o también VPS6, por eso es complicado de inicio como decir “VPS30, de dónde salió”, primero le pusieron a la levadura como les dio la gana...*

*Alumno 2. y es el mejor estudiado.*

*Profesor. Y es el mejor estudiado, VPS30, ¡ni modo!, uno tiene que entender y saber cuáles son los sinónimos, en este caso VPS30 es sinónimo de beclina, es sinónimo de VPS6... VPS14, VPS34. Esas levaduras se llaman VPS ¿por qué se llaman VPS?, alguno de ustedes ya lo dijo... por Vacuolar Proteins Sorting, su nombre en inglés. Las levaduras y las plantas no tienen lisosomas, tienen un lisosoma light que son las vacuolas y ahí es donde se va a fusionar para degradarse (...) por eso, a esas cosas, le pusieron originalmente VPS, Vacuolar Proteins Sorting, por eso esas mutantes se llaman VPS, porque no podían mandar cosas a la vacuola, de ahí viene el nombre (...).*

*Alumna 1. Bueno, esos son los tres tipos conocidos de cómo se va a mandar a vacuolas, se hace la nucleación, se hace la expansión de cepas o elongación, luego esto va a evolucionar, formación de autofagosoma maduro, donde primero se hace a través de SNERF y luego se va a degradar y, por último, se va a reciclar. Generalmente, la proteína que se recicla es un antígeno que va a ayudar a hacer de nuevo la nucleación (...).*

*Alumna 2. También hay que ver algunos ejemplos de autofagia en animales. Vamos a empezar con lo que es sistema inmune. Como ya había comentado Federico [el profesor], hay algunos patógenos tramposos que se aprovechan de lo que es la autofagia para invadir el organismo; es lo que pasa con el virus del herpes (...).*

*Profesor. Por eso todos tenemos herpes, pero eventualmente [risas de todos]. Bueno, casi todos, el herpes es tan difícil de eliminar porque se queda en un estado intracelular, es malvado, se guarda en la célula, ¿verdad, Erika? [la alumna está investigando sobre ese virus].*

*Alumna 1. Sí, es un malvado ... se encierra. Igual pasa con el microbacterium de la tuberculosis, entra fagocitado... (Clase de Biología Molecular 1/14-03-16).*

Los estudiantes aprenden el lenguaje especializado del campo y a participar en un intercambio de información documentado. El proceso de socialización en el que están involucrados requiere, como plantean Berger y Luckmann “la adquisición de vocabularios específicos de ‘roles’, lo que significa, por lo pronto, la internalización de campos semánticos que estructuran interpretaciones y comportamientos de rutina dentro de un área institucional.” (1993: 175).

La adquisición del discurso propio de un campo de conocimiento puede clasificarse como un aspecto fundamental del proceso de formación. Uno de los entrevistados hablando de ‘sus miedos’ como estudiante de la Licenciatura menciona precisamente el temor a no aprender el lenguaje específico del campo para comunicarse con sus profesores; al respecto relata,

*...Es en serio, tengo tanto temor, también tengo miedo de no poderme comunicar con un profesor porque siento que los nombres científicos de las cosas los voy a decir mal, voy a hablar tan mal que ni siquiera los términos correctos voy a utilizar, pero siento que es un complejo que tengo de que soy inferior, no soy un buen estudiante, no tengo buenos conocimientos, no soy competente con los de mi salón. (Elías, 19 años, Michoacán, 3er semestre).*

Considérese que por medio del lenguaje se construye el discurso de verdad y se manifiestan rasgos culturales propios de una disciplina. De acuerdo con Becher (2001), el lenguaje es uno de los mecanismos más importantes que utilizan las comunidades del mundo académico para “definir su propia identidad, defender su territorio intelectual y excluir a los inmigrantes ilegales”. Al respecto, el autor afirma,

(...) la lengua y la literatura profesional de una disciplina desempeñan un papel clave en el proceso de establecer su identidad cultural. Esto se observa claramente cuando utilizan una simbología específica propia (como en matemáticas o física teórica) o una importante cantidad de términos especializados (como en muchas de las ciencias biológicas y sociales) que impiden, en mayor o menor medida, la comprensión del lector no iniciado (Becher, 2001: 43).

Esta práctica no sólo favorece el aprendizaje de contenidos sino también el acercamiento a formas básicas de funcionamiento de la comunidad científica. La socióloga Karen Knorr Cetina, en su libro *La fabricación del conocimiento* (2005), dedica el capítulo “El científico como razonador literario o la transformación de la razón de laboratorio” a analizar el procedimiento que sigue un equipo de investigadores para elaborar un artículo científico. El cuidado con que muestra los distintos momentos por los que atraviesa la construcción literaria da cuenta del importante papel de la elaboración del artículo en el proceso que la autora denomina la fabricación del conocimiento científico.

En el mundo de la ciencia, el artículo es equivalente al informe de resultados de un proyecto de investigación en disciplinas sociales, “es la declaración del resultado relevante de un proceso, más allá de la cual generalmente no podemos penetrar” (Knorr Cetina, 2005: 225). La autora afirma que el artículo empieza antes de su escritura, en la producción de datos en el laboratorio que son posteriormente organizados con fines comunicativos; al respecto señala,

En resumen, hemos observado una conversión a otra moneda, una transmutación a la totalidad de otro juego de lenguaje. Esa conversión fue en sí misma un proceso. Empezó mucho antes de que se escribiera el artículo, a través de la producción de datos de mediciones y otras

trazas escritas del trabajo de laboratorio, y continuó con la empresa colectiva mediante la cual esas trazas fueron reunidas, identificadas y finalmente preservadas dentro de la red argumentativa de doble trama que distingue al artículo terminado. Sin la tela del razonamiento en la cual esas trazas están entrelazadas en el artículo, los números y los gráficos del laboratorio no tendrían ni significado ni importancia, quedarían inidentificados y probablemente inidentificables. Dada su fijación en un pasado y en un futuro, en un contexto de nombres y de relevancias, ahora están listos para nuevas conversiones (Knorr Cetina, 2005: 286-287).

Para Knorr Cetina “el artículo es una construcción de laboratorio, perfectamente similar a otras construcciones del laboratorio. Pero al mismo tiempo, los productos escritos de la ciencia contienen una argumentación propia que contrasta con la del laboratorio” (Knorr Cetina, 2005: 223-224). Señala que el artículo inicia con las notas del experimento de laboratorio, pasa por un proceso de ajuste a las normas y convenciones presentes en este tipo de literatura, así como por un proceso de crítica y negociación más o menos permanente entre los autores y entre estos y los lectores del material. Sobre la estructura convencional del artículo señala,

En contraste con el flujo de razonamiento que constantemente mana de las actividades del laboratorio, el artículo científico presenta un flujo de razón manso, estrictamente regulado dentro de una estructura suministrada por la página y el párrafo. Esa estructura es conocida. Una página de título ubica primero el artículo en la intersección de un particular autor con particulares conexiones (científicas), una particular revista y un tema. Una página siguiente repite el nombre de la organización e incluye el *Abstract*, seguido a su vez por la *Introducción*. Secciones de *Materiales y métodos* y de *Resultados y discusión* aparecen en su debido momento, seguidas por *Referencias*, *Reconocimientos* y un conjunto de *cuadros y figuras*. (Knorr Cetina, 2005: 233-234).

La revisión de literatura científica, específicamente de artículos científicos, favorece la apropiación de contenidos y desarrolla habilidades y actitudes vinculadas con el quehacer académico: fomenta la exposición y el intercambio de ideas; la búsqueda de fuentes de información actualizadas; la identificación de preguntas para comprender asuntos centrales del texto; y permite la intervención del docente para tratar contenidos específicos.

Algunos de los aspectos anteriores, se pueden encontrar en el segmento de una clase de Biología Celular que se registra a continuación. El contenido ‘Enfermedades autoinmunes’ concentra la atención del grupo. La sesión inicia con el comentario del profesor acerca de los contenidos mínimos que deben aprender en esta parte del curso:

“qué es una vía en apoptosis, qué es una vía intrínseca, qué es una vía extrínseca, qué es autofagia, cómo funciona, cómo se pueden modular, y cuáles son sus inductores”. A continuación, el docente pregunta cuáles son los artículos que están leyendo; una estudiante comenta que revisó una publicación sobre la relación de citrulina y artritis reumatoide. Luego, el docente ofrece el espacio para que otros jóvenes presenten un artículo sobre receptores de autofagia y miosina 6:

*Alumna 1. Como que no nada más es arrojar el DNA, así solito, sino que obviamente (...) tiene que ver con producciones de citrulina que es el marcador por excelencia para detectar artritis reumatoide y, pues...*

*Profesor. ¿Verdad que la artritis reumatoide sí está liberando DNA? [Con cierta expectación sobre el hecho].*

*Alumna 1. Bueno, no, no... No sólo es eso, sino que se tiene una idea de que esta metosis, que es como se le llama a ese tipo de muerte - que también tiene conexiones con autofagia y apoptosis ... todavía no leo bien específicamente esa parte-, pero se sabe que esa parte tiene una conexión con enfermedades autoinmunes como el lupus, el eritematoso sistémico y con artritis reumatoide, pero lo que se encontró fue nada más lo de la citrulina que se produce más y que en artritis está elevada.*

*Profesor. ¡Ah, qué padre!*

*Alumna 1. Sí. Si quieren ahora se lo expongo al grupo.*

*Profesor. Sí, por favor. Bueno, entonces, ¿quién iba a empezar a hablar sobre el artículo que tenemos pendiente?*

*Alumno 1. Nosotros vamos a exponer el artículo de los receptores de autofagia y miosina.*

*Profesor. ¿Por qué crees que sería interesante que revisáramos ese de la miosina 6?, ¿qué te pareció que lo hacía interesante?*

*Alumno 1. ... Aparte de ser la única miosina que camina al revés, o sea, que está ligada con los receptores otinorrubina y PC62 y P6BP que son los que reconocen las proteínas polisaturadas que se mandan a autofagia.*

*(...)*

*[Proyectan micrografías electrónicas en las que aparecen pequeños cuerpos iluminados y sombras abstractas, otras con la marcación de recorridos y nombres y otras con esquemas de vinculación. Este material lo utilizan durante toda la sesión.]*

*(...)*

*Profesor. Esta miosina es ¿de cuáles? Acuérdense que había dos tipos de miosinas. Las del tipo 2 que tienen esta cola bien grande... son las que participan en el músculo, en la contracción muscular, que tienen en este extremo, se tensan entre sí, se trenzan entre sí. Y éstas, que tienen una cuenta muy chiquita y que son las que siempre están asociadas a vesículas. Estas son las que reconocen al cargo...*

*Alumno 3. De acuerdo.*

*Alumno 6. De acuerdo. De hecho es tipo 1.*

*Profesor. De hecho es tipo 1 la que está aquí [señala una diapositiva]. Las de tipo 2 son las que te digo tienen una cola muy larga y las*

*cabezas; y son reguladas a través de fotofibrilación, son apoteasas, y acuérdense que vamos avanzando sobre la miosina 2.*

*Alumno 4. También, otra cosa que debemos tomar en cuenta son las interacciones que tienen con miosina 6, la pérdida de función de miosina 6, son como los principios básicos, hace que decrezca la entrega del cargo a los lisosomas, interacciona a través del motivo RRL de miosina para el reclutamiento de miosina 6. Es a partir de este motivo que el RLL se encarga de reclutar a miosina 6 y otra proteína de las que vamos a hablar más adelante. TOM1 es reconocida por el motivo WWY y es para la localización en los humanos...*

*Alumno 5. Bueno, ya entrando de lleno en el artículo lo primero que prueban es que la pérdida de miosina 6 hace que se incremente la cantidad de LC3 en las células en las cuales se indujo. Antes que nada, se probaron en líneas MOCK y en células HeLA, pero ya no entendí muy bien eso de la línea celular, no sé si nos podrías ayudar con eso. (Registro clase de Biología Celular, 28/05/15)*

Participar en este ejercicio también guía a los estudiantes a considerar que, en la acción de publicar, se juega la posibilidad de incrementar el conocimiento acerca del objeto de estudio y, de manera simultánea, construir una trayectoria en la comunidad académica.

Así lo expresan, por ejemplo, Latour y Woolgar (1995) y Becher (2001) cuando se refieren a la publicación de artículos como una estrategia que utilizan los investigadores para obtener credibilidad o reconocimiento dentro de la comunidad científica. De acuerdo con Latour y Woolgar, la credibilidad puede ser entendida como un ciclo que involucra las publicaciones, las afirmaciones por parte de colegas (número de citas que alcanzan las publicaciones, invitaciones a eventos académicos como congresos, conferencias, seminarios), la producción de datos, la obtención de recursos (dinero, equipos, subvenciones, becas). También afirman que “la credibilidad puede ser considerada como una forma de capital en la que puede reinvertirse con el propósito de generar más capital, es decir, más credibilidad” (1995: 221), pero la credibilidad apunta a un asunto todavía más relevante, incide directamente en “la capacidad de los científicos para hacer ciencia realmente” (1995: 222).

En este contexto, en donde la credibilidad define la trayectoria de un investigador, Latour y Woolgar señalan que, incluso un científico, antes de asociarse con otro, puede preguntarse “... ‘¿es suficientemente fiable como para que lo crean?, ¿puedo confiar en él/en su afirmación?, ¿me va a proporcionar hechos incontrovertibles?’ Así los científicos se interesan los unos en los otros no porque se vean obligados por un sistema especial de normas a reconocer los logros de los otros, sino porque cada uno necesita de los demás para aumentar su propia producción de información creíble” (1995: 227).

Becher sostiene que “lo más importante que busca el académico no es el poder, tras el cual va el político, ni la riqueza, tras la cual va el hombre de negocios, sino la buena reputación.” (Becher, 2001: 77). Esta última es consecuencia del reconocimiento que se obtiene de la comunidad académica por la calidad de la producción, pero ese prestigio trasciende la obra para centrarse en el sujeto que la produce.

En relación con el trabajo en el aula, los estudiantes destacan como parte significativa de las clases: el trabajo por proyecto, las exposiciones orales y el trabajo en equipo. A continuación, revisaremos brevemente cada una de ellas.

*El trabajo por proyecto* es una estrategia didáctica que puede tener continuidad en varios semestres y materias: en torno a una idea o problema básico se van construyendo contenidos desde distintas asignaturas para desarrollarla, darle sustento y profundidad. Los estudiantes narran así esta experiencia:

*Bueno, pues, son muchas cosas... han sido los proyectos que cada quien ha tenido la oportunidad de desarrollar como parte de las materias durante los semestres. El primer semestre es así como para tomar clases y el segundo semestre ya se nos da una primera oportunidad de crear un proyecto teórico, así, con lo que sabes hasta ahora, propónlo. La idea es plantear una idea, sustentarla, darle lógica, darle un fundamento, y el proyecto se mantiene en los siguientes semestres, porque el siguiente semestre puedes realizar un proyecto de estadística, un proyecto de evolución, de informática. Luego, en el semestre pasado, hicimos uno de interpolaciones, un proyecto de química humana, y ahorita estamos en el proyecto de bioética, entonces, yo creo que es un buen complemento a todo el aprendizaje teórico porque te permite expresar las ideas. (Entrevista grupal, Alejandro, 5ª generación).*

*(...) la planeación de proyectos que, aunque comienza así: “imagina que tuvieras todo el dinero del mundo, las tecnologías...”, o sea, todavía no vemos las limitaciones en cuanto a economía, pero sí las metodológicas. Te empiezan a decir cómo tienes que plantear un proyecto que sea posible de hacer, así, con las metodologías que existen y que aporte algo nuevo o sea algo que nadie haya hecho. Al principio, sí es muy difícil, pero te hacen que al menos te vayas interesando por un tema. Igual fomentan mucho que vayas leyendo, porque necesitas ver si ya lo hicieron, qué podrías hacer, qué podrías integrar y, al final, cómo presentarlo. (Darío, 21 años, Morelos, 5º semestre).*

Esa modalidad de trabajo favorece la puesta en práctica del pensamiento interdisciplinar que caracteriza el dispositivo de la Licenciatura. Los estudiantes desarrollan un proceso de indagación e integración de contenidos teóricos y metodológicos para abordar el objeto de estudio del proyecto.



El proyecto y otras acciones que se realizan en el aula se llevan a cabo en equipos de tres o cuatro estudiantes. Los docentes fomentan esta práctica con la intención de que los jóvenes desarrollen habilidades para escuchar, intercambiar ideas, colaborar, coordinar actividades para conseguir un propósito, tomar decisiones, concretar proyectos; consideran que ésta será la modalidad habitual en que se desarrollará la actividad profesional de un licenciado en ciencias genómicas. Por su parte, los estudiantes dicen que, para facilitar la realización de los trabajos que les encargan los profesores, eligen a los compañeros de siempre para integrar los pequeños grupos porque saben cómo trabajan y lo que pueden esperar de ellos. Un docente afirma que es importante prepararlos para trabajar con otros -como un saber específico. Es la modalidad de trabajo de los investigadores. Además, de acuerdo con uno de los docentes, deben estar preparados para ser líderes de equipo: *“Cuando salgan de aquí van a trabajar con otras personas, con equipos de investigación, en programas de investigación ... ellos deben ser, ¡van a ser líderes de proyecto, tienen que estar preparados para eso!”* (E-Doc4/05-15)

Como señalamos, otra práctica con la que acostumbran a concluir la realización de un trabajo es la exposición oral. Un egresado de la Licenciatura comenta que uno de los aprendizajes obtenidos por él en la Licenciatura se relaciona con aprender a exponer. De acuerdo con su relato, pudo ejercitar la argumentación, y la presentación de contenidos de manera sencilla y organizada, buscando establecer una buena comunicación con su interlocutor. Acerca de esta actividad plantea,

*Está la parte de cómo lograr argumentar bien, cómo lograr ser elocuente, cómo lograr ser coherente con tus datos para tratar de que haya las menos preguntas posibles. Dejar todo muy en claro, todo muy sencillo, por más complejo que sea un tema uno lo pueda organizar en partes sencillas. Si uno lo puede explicar a alguien que no esté relacionado con el tema, que algo le entienda, que algo se lleve.* (Gerardo, egresado, estudiante de doctorado del CCG).

A continuación describo brevemente, a modo de ejemplo, *una exposición oral*, actividad final de un proyecto colectivo desarrollado en la materia de Bioética. El proyecto tenía el propósito de que los estudiantes aplicaran los contenidos de la materia en el análisis de una situación controversial en el campo genómico. Uno de los equipos, integrado por tres estudiantes, dos mujeres y un hombre, analizó un experimento sobre mapeo embrionario (embryo mapping). Para dar cuenta de ese trabajo, realizaron una

exposición de 30 minutos con apoyo de diapositivas, organizada en dos grandes tópicos: el marco teórico y el análisis ético.

En el planteamiento teórico, expusieron en qué consiste el experimento, las modalidades y técnicas de realización, y los organismos vivos en los que se ha practicado. En el Análisis Ético, presentaron una lectura del experimento desde las teorías (utilitarismo, deontología, comunitarismo y liberalismo) y los principios morales de la bioética (respeto a la autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia). Destacaron los argumentos a favor y en contra del experimento. La exposición concluyó con la postura del equipo ante el experimento y la identificación de alternativas de atención a la problemática que abordaron.

En general, las exposiciones estaban bien preparadas. Los estudiantes que presentaron temas lo hicieron con claridad, se apoyaron en material visual, ocuparon el tiempo que les asignado y contestan preguntas que plantean los estudiantes y el profesor de manera precisa y breve.

Finalmente, en el contexto de la clase, haremos mención a la evaluación del aprendizaje porque esta emergía como preocupación o referente que cruzaba la dinámica de las sesiones observadas. Al iniciar o finalizar una clase, los estudiantes preguntaban ¿cómo se va a evaluar este trabajo?, ¿este trabajo, sirve para la evaluación?, o mencionaban que habían escrito un buen comentario en la plataforma de Facebook donde tenían un espacio de intercambio y discusión, o comentaban con inquietud sus recuentos de trabajos entregados y de calificaciones recibidas.

Uno de los alumnos entrevistados comentaba que la evaluación se torna en una verdadera preocupación para él y sus compañeros porque están acostumbrados a obtener buenas calificaciones; sobre el particular señala, *en nuestro caso sí nos preocupamos porque la mayoría, si no es que todos, venimos de la prepa acostumbrados a que somos de 9 o 10 y tener menos en la Licenciatura ¡uuf, no!* Este comentario recupera el peso de la evaluación en la imagen que los estudiantes han construido sobre ellos como sujetos que aprenden. El resultado de la evaluación ejerce sobre los jóvenes un influjo emocional y social no siempre abordado o suficientemente tratado en la literatura sobre evaluación del aprendizaje en educación superior. Para ellos, el resultado que muestra la evaluación habla de lo que ellos son, no necesariamente de lo que aprendieron o no en un proceso de enseñanza.

La preocupación de los estudiantes por la evaluación no era compartida por los profesores entrevistados y, al parecer, tampoco por el cuerpo docente de la Licenciatura

quienes buscaban modalidades de evaluación que disminuyeran la tensión y la ansiedad entre los alumnos y atendiera las diferencias individuales en relación con el aprendizaje. En líneas generales, de acuerdo con los relatos de los entrevistados, estudiantes y profesores que abordaron el tema, se han experimentado dos estrategias de evaluación en la Licenciatura: una que consistió en eliminar los exámenes y centrarse más en la participación en clase, y otra que considera una variedad de actividades de evaluación.

En relación con la primera, relatan que se eliminaron los exámenes porque no proporcionaban información real acerca del conocimiento de los examinados. Un estudiante señaló, *desde el tercer semestre sólo una materia tuvo examen porque el coordinador decía que a algunos los exámenes los ponen muy nerviosos y aunque sepan, al momento de contestar, no lo hacen bien por lo mismo.* (Fernando, 20 años, Estado de México, 5º semestre).

La eliminación de los exámenes abrió la puerta a la evaluación por participación en clase. Los estudiantes entrevistados señalan,

*Antes [en la preparatoria] no era tan marcado porque cada profesor establecía, al menos hasta antes de entrar aquí, sus variables, así como que “examen tanto, participación tanto y proyectos o trabajos”, y eso sí se ve en primer y segundo semestres, pero ya después la participación se va haciendo más importante hasta que llega el punto en que calificas por participación.* (Felipe, 20 años, San Luis Potosí, 5º semestre).

*El semestre pasado dos materias calificaron totalmente con participación, y en ese punto la mayoría sí estaba angustiado porque algunos, pues, algunos éramos muy tímidos al principio, a otros simplemente nos les interesaba el tema y no sacaban tantas conclusiones o tantos asuntos relevantes y no tenían nada que aportar. También la participación es más subjetiva porque dependía del doctor o de la persona que estuviera calificando el puntaje que iba a tener la participación y no había una rúbrica de si aportaste tanto, tienes tal puntaje, sino que ya dependía más de la persona que estuviera evaluando; ese era el problema, porque no sabías, porque igual para ti y para otras personas podría ser muy buena tu intervención, pero para el doctor no valía lo mismo.* (Fernando, 20 años, Estado de México, 5º semestre).

La segunda estrategia de evaluación considera una variedad de actividades: exámenes, exposiciones orales, reportes de proyectos, participación en clase y en foros virtuales. Se busca una modalidad que evalúe conocimientos, disposiciones y movilice la atención de los estudiantes de la evaluación a las actividades de aprendizaje.

*Pues, sí se dijo [que no estaban de acuerdo con que se evaluara sólo con el criterio 'participación en clase'] y ahorita lo cambiaron, ahora es con reportes y participación para que aquellos que no sean tan así como que no se atrevan a participar, al menos expresen las ideas por escrito. (Entrevista grupal, Andrea, 5º semestre).*

*Lo que sí se ha tratado de hacer es calificar individualmente, o sea, si la persona al principio se muestra así como que tímida al participar o muy nerviosa y así, pero a lo largo del semestre va cambiando esa actitud y se atreve a intervenir o sus ideas son buenas, aunque sean pocas, sí se toman en cuenta. (Entrevista grupal, Olivia, 3er semestre).*

Mediante estas actividades se busca desarrollar habilidades comunicativas y obtener evidencias de que los estudiantes pueden aplicar los contenidos revisados en las materias. Uno de los docentes entrevistados habla de la estrategia de evaluación que utiliza en la asignatura que imparte; esta incluye actividades orales y escritas con el propósito de atender las características de cada estudiante.

*Tenemos varias actividades con las que se evalúa. Se evalúa un proyecto final en el que van a trabajar todo el año o todo el semestre, donde, al final, quiero ver que apliquen todas las herramientas que les estoy enseñando, y va a tener un valor fuerte, unos 40 puntos. Es importante que participen y que pongan en práctica sus habilidades orales y de participación, otros 40 puntos. Quiero también que desarrollen la habilidad de responder un argumento de forma escrita, entonces van a ver una serie de ejercicios que en su totalidad van a valer otros 40 puntos. Van 120 puntos y solamente necesitan 100 para pasar ¡No es suficiente!, también vamos a tener actividades extras que van a tener un valor específico, dependiendo del tipo de actividad, y vamos a tener una participación en un foro, que antes era el foro que nos ofrecía la plataforma de la Licenciatura, y ahora lo estamos haciendo en Facebook, precisamente porque todo mundo está más tiempo en Facebook y se presta mucho más para interactuar de esa manera. (...) ¿Por qué lo hago de esta manera? porque entiendo que hay gente que es muy buena escribiendo, pero que no le sacas palabras ni a martillazos y hay gente que habla con una retórica preciosa, pero que a la hora de escribir, aburren. Entonces, si bien trato que desarrollen todo, no puedo enfocarme en un proyecto final o en que hablen mucho porque quizás no son de ese tipo, entonces, una vez que identifiqué, "este es de las personas que son buenos oradores o esa es una persona que es buena escribiendo", entonces, ya digo, "bueno, ya sé de dónde sacarle jugo a esta persona, (...)". Por eso hay varias cosas que se evalúan, aunque el criterio es el mismo: ¿qué tan elocuentes son al momento de defender lo que defienden? ¿Por qué 155 puntos? por dos razones principalmente: la primera es que entiendo que es la primera vez que se acercan a un tema, con un modo de pensar completamente distinto, o sea, no ocupas método científico, ocupas método... llámalo argumentación lógica, por un lado, y por otro, la evaluación es una retroalimentación para ellos. (E-Doc3/05-15).*

El profesor entrevistado también menciona que la evaluación puede tener un carácter formativo cuando se utilizan sus resultados para retroalimentar el aprendizaje de los alumnos. Sin embargo, en términos generales, la evaluación que se aplica parece ser más útil para que los alumnos sepan si aprobaron o reprobaron una materia y para atender asuntos administrativos relacionados con la rendición de cuentas.

Por último, podemos señalar que por parte de los docentes de la LCG hay un proceso de búsqueda de las mejores formas de evaluar el aprendizaje, pero la evaluación en sí misma parece no preocuparles, es una actividad que tienen que realizar, pero es más importante que los estudiantes aprendan. En cambio, para los estudiantes esta práctica sigue teniendo la carga emocional de un ejercicio de control que establece qué tan bueno soy en términos académicos y si estoy dentro o fuera de un proceso.

### **El seminario, intercambio entre investigadores y ‘colegas más jóvenes’**

El seminario aparece registrado formalmente en todos los Niveles del Plan de Estudios de la Licenciatura; aunque en los Niveles Básico y Avanzado, donde se privilegia la realización de cursos, el espacio asignado al seminario puede ser ocupado para atender otras necesidades e intereses de los estudiantes; es el caso, por ejemplo, de Bioética que se ofrece en tercer semestre. De acuerdo con la información proporcionada por uno de los docentes entrevistados, esta asignatura se incluyó en el Plan de estudios en respuesta a la solicitud de un equipo de estudiantes y a la recomendación de la Facultad de Medicina de la UNAM, instancia asesora de la Licenciatura.

En el Nivel Integrativo encontramos una situación diferente: en los dos semestres del Nivel se emplea la metodología de seminario en *Aplicaciones de la Genómica 1, 2, 3 y 4* y *Fronteras de la Genómica 1, 2, 3 y 4*. Las sesiones de *Aplicaciones de la Genómica* están a cargo de diferentes investigadores del CCG, del IBt, o de un investigador invitado de otras instituciones nacionales o extranjeras que desarrollan proyectos en el campo genómico -bioinformática, genómica funcional, genómica bacteriana, análisis computacional y experimental.

En el seminario *Fronteras de la Genómica* participan, en su mayoría, investigadores invitados que laboran en centros del extranjero. En la dinámica cotidiana de la LCG, este espacio recibe el nombre *Frontiers in genomics*.

En las sesiones participan alrededor de 20 alumnos, el investigador invitado y un investigador del CCG o del IBt, responsable de la actividad. En términos generales, una sesión de seminario atiende aspectos operativos como los siguientes. Previo a la sesión,

los estudiantes reciben artículos de la autoría del investigador invitado o de integrantes de su equipo para que los revisen, se hagan cargo de la exposición del contenido y participen con preguntas y comentarios.

En la sesión, el invitado presenta la investigación que lleva a cabo, la metodología y las adecuaciones metodológicas que realizó y algunos resultados preliminares o definitivos, dependiendo del avance del proyecto. La presentación es fluida, utilizan recursos audiovisuales; en ocasiones, se establece contacto en red con miembros de sus laboratorios. Los estudiantes, por su parte, exponen los artículos que han leído del investigador, utilizando recursos gráficos, plantean preguntas y comentarios.

El seminario es valorado por los alumnos porque favorece la interacción con miembros de la comunidad científica, líderes o integrantes de programas de ciencia, tecnología e innovación en genómicas. En actividades como esta los estudiantes comienzan a sentirse parte de la comunidad científica. Una egresada y una estudiante de la Licenciatura comentan,

*...el tercer año está prácticamente dedicado justo a eso, a discutir trabajos de personas que se dedican a la investigación de tiempo completo, tanto nacionales como internacionales. Entonces, dedicar un año de la licenciatura, o sea, un cuarto del tiempo total de la licenciatura, a seminarios, que sea casi exclusivamente a seminarios y a discusiones sobre el trabajo científico, es algo que no hace nadie más. Y a eso es a lo que me refiero con la convivencia: llega cada semana un par de personas de donde sea, y dan su ponencia a los chicos, y ellos discuten el trabajo con el investigador. La semana que viene va a ser con alguien completamente distinto que haga algo totalmente aparte. Y entonces, como que hay una intensificación terrible del elemento discusión. (Claudia, egresada, estudiante doctorado en el CCG, 4ª generación).*

*Bueno, para mí ha sido muy importante tener comunicación con investigadores de todo el mundo. Por más que uno lea muchos artículos, poder discutirlos con las personas que escribieron esos artículos hace que aprendamos muchísimo. (Entrevista grupal, Lorena, 5º semestre).*

La interacción con los investigadores asume el carácter de ‘discusión’ que los involucra en un proceso de socialización. Aprenden cómo se intercambian ideas en la comunidad a la que aspiran pertenecer. La dinámica del seminario lleva a los estudiantes a señalar sobre los investigadores: *“ellos no nos ven como alumnos sino como colegas más jóvenes menos experimentados”* (Héctor, 20 años, Ciudad de México, 5º semestre).

Desde su origen humboldtiano, el seminario lo constituía un grupo pequeño con cierto conocimiento e interés por seguir el tema central de estudio. Se le define como

una reunión entre iguales, sin orden jerárquico, con alternancia en las funciones (coordinador, relator, expositor...) que contribuyen al propósito del espacio de aprendizaje (Vaccarezza y Oliva, 2017; Figueroa, 2016; Piña y Seife, 2012).

El *performance* del seminario en la LCG no suele mantener la organización tradicional del seminario investigativo (productos, funciones y tareas asignadas), pero privilegia su intencionalidad básica: ser un espacio de aprendizaje centrado en la investigación de un objeto de estudio, donde predominan las relaciones horizontales entre profesor y estudiante, una actitud de diálogo, el interés por compartir saberes.

Existe claridad acerca del papel que desempeñan los participantes en la sesión: los estudiantes reconocen la experiencia y el nivel de especialización del invitado, se esmeran en la presentación de los artículos y en la formulación de preguntas y comentarios. El investigador, por su parte, trata de ser ameno, exponer con claridad, escuchar con atención y, en más de una ocasión, deja planteada la pregunta, “y esto... ¿cómo lo haríamos?”

Este estilo de trabajo, de acuerdo con el planteamiento de Clark (1997), caracteriza también la relación entre docentes y alumnos de la universidad humboldtiana que, en la búsqueda de conocimiento mediante la investigación, de “maestros y estudiantes pasaron a ser colegas investigadores”.

Esta modalidad de trabajo es valorada por un docente de la LCG como una práctica que permite reunir un número importante de investigadores y una amplia gama de objetos de estudio, metodologías e instituciones en el campo genómico. Al respecto comenta,

*En Biomédicas, nosotros estábamos expuestos a los investigadores que querían participar en el programa de Licenciatura en Biomédicas, pero aquí esto se volvió más ambicioso, en vez de limitarse a nosotros como investigadores, y decir “¡Ah!, nosotros somos los investigadores con los que ustedes van a interaccionar”, ¡no!, lo que se dijo fue “¡vamos a conseguir a todos los que hagan genómica en México, y a todos los que hagan genómica de muy alto vuelo y frontera en el extranjero!” Entonces, esa semillita de Biomédicas se ha extendido y florecido, y se hace una cosa muy ambiciosa. Yo creo que es muy valioso. (E-Doc1/06-14).*

En el seminario los estudiantes identifican cómo se ejercita la interdisciplina. En las investigaciones que se analizan, dialogan conceptos y metodologías de diferentes áreas; para comprender la propuesta teórico-metodológica y los resultados a que arriban deben conocerse los contenidos y lenguajes de las disciplinas implicadas. Refiriéndose

al intercambio con un investigador, un estudiante señaló “*no hubiéramos hecho esas preguntas si supiéramos estadística; no entendíamos porque lo que sabemos de eso es muy poco; tenemos que estudiar estadística*”.

Aunque al respecto, también es necesario tener presente el señalamiento de García (2011: 69) sobre la enseñanza y el aprendizaje de la interdisciplinariedad en la formación de científicos, “no se trata de aprender ‘más cosas’, sino de ‘pensar de otra manera’ los problemas que se presentan en la investigación, es decir, de reformular la concepción de la práctica de la ciencia.”

### **Las prácticas de laboratorio: ‘Lo demás ayuda, pero lo fundamental es el laboratorio’**

En una publicación sobre la producción de conocimientos en un laboratorio, Knorr Cetina plantea que este espacio de trabajo es “la herramienta más importante del mundo científico” (2005: 64). De acuerdo con la autora, las prácticas que allí se realizan no sólo tienen un carácter experimental sino también social, obedecen a una historia, a una tradición y a una serie de elecciones y selecciones que determinan los problemas a estudiar y los productos derivados de su estudio.

Mientras Knorr Cetina se refiere al laboratorio como una herramienta que hay que aprender a manejar, los entrevistados de la LCG enfatizan su carácter socializador y comunitario. En su discurso, aparece una visión un tanto idealizada del espacio; no hay mención al hecho de que, como otras organizaciones sociales, el laboratorio se configura en torno a relaciones poder-saber no exentas de dificultades, de contradicciones, de competencias, de carencias y disputas por recursos, etc.

Ingresar al laboratorio supone para ellos acceder a la “realidad”, al quehacer concreto, experiencial, del mundo científico. Aprender a usar instrumentos y a elaborar muestras constituye un acercamiento importante a la actividad científica y a la formación de actitudes favorables al quehacer científico: señalan, por ejemplo, que estar en un laboratorio pone en juego la paciencia para esperar que las cosas ocurran y vivir la incertidumbre del trabajo científico. Las emociones que experimentan en este espacio resultan definitivas para decidir la permanencia o el abandono del área científica. Un entrevistado narra así su experiencia,

*[lo más importante del trabajo en la LCG] serían los laboratorios, porque es cuando ya tienes el acercamiento real con cómo se hacen las cosas en esta línea de investigación. La gran mayoría de las cosas que se hacen no las ves hasta que estás en el laboratorio y empiezas con la pipeta a hacer tus muestras y a observar. A simple vista, no*



*estás viendo nada de lo que estás haciendo; realmente conoces la teoría y lo que está pasando detrás y esperas que suceda, pero no hay nada que te asegure, en ese momento, que está pasando lo que tú quieres que pase. Entonces, eso, en alguna forma, te ayuda a ejercitar la seguridad en ti, de que sepas lo que estás haciendo, y por qué, y qué esperas. Ya después ahí analizas con microscopio o con otras herramientas que te permiten ver lo que ya hiciste, pero en el momento en que lo haces no puedes ver lo que estás haciendo. (Darío, 21 años, Morelos, 5º semestre).*

De acuerdo con el plan de estudios, la materia Trabajo en Laboratorio se cursa en el último año de la Licenciatura, aunque es habitual que los estudiantes ingresen a un laboratorio desde el segundo semestre de la carrera. Los docentes los motivan a que lo hagan, pero dejan en sus manos la negociación del ingreso con el líder del laboratorio que corresponda; deben establecer el contacto de manera autónoma.

La coordinadora de la Licenciatura considera que el ingreso temprano al laboratorio también es útil para que los alumnos conozcan distintas áreas de investigación y perfilen cuáles son sus intereses específicos. Al respecto señala,

*Los alumnos lo hacen, sí, entran a los laboratorios en el segundo año porque muchos de ellos tienen esa curiosidad y ese interés de aprender más cosas. Está bien porque ellos lo hacen de manera libre y basados en sus intereses: si les interesa la neurobiología, buscan neurobiólogos; si les interesa la inmunología, van y buscan inmunólogos... que la carrera no es de inmunología, ni de neurociencias, pero ellos van aprendiendo que tienen que reconocer cuáles son sus áreas de interés y, de acuerdo con eso, enfocarse. Entonces, en cuanto a la libertad que se les da, yo creo que es muy buena. (E-Coor/17-15).*

Los estudiantes tienen opiniones y experiencias distintas acerca de cuál sería el momento más adecuado para ingresar a ese espacio. Para algunos se debe entrar cuando se cuenta con los conocimientos básicos para entender lo que allí ocurre, para otros es necesario ingresar cuanto antes para descubrir qué pasa ahí, cuáles son los objetos que concentran el interés del equipo de investigación, para conocer qué y cómo producen datos y conocimiento, para aprender preguntando y del intercambio con quienes trabajan en el lugar. En las entrevistas plantearon situaciones como las siguientes:

*Yo me esperé, porque en aquel momento, yo tenía la visión, bueno ¡la tengo!, pero ya no tan radical, de que, primero, no me iba a servir de nada aprender a pipetear o aprender cualquier técnica si no estaba consciente de las bases biológicas que dan vida y sentido a esa técnica. Entonces, sonará quizás un poco crudo, pero decía "bueno, a*

*un chimpancé se le puede entrenar para hacer una PCR y nunca va a entender qué es una PCR. Yo no quiero hacerlo en ese orden, yo, primero, quiero saber en qué se basa todo y luego aprender a hacerlo". Aprender un concepto siempre es más difícil que entrenarte con las manos. Entonces, yo entré al laboratorio como hasta, yo creo, que hasta el 6º semestre de licenciatura, o sea, sólo un semestre antes de que fuera obligatorio. (Claudia, egresada, estudiante de doctorado del CCG, 4ª generación).*

*Ahorita en el laboratorio, estoy caracterizando una proteína que causa fibras de amiloidosis y (...) más que nada hay un intercambio de ideas con las personas con las que estoy ahí. Por ejemplo, hay una chica que es química, los demás son biólogos y el doctor es físico, y hay más intercambio de "¿cómo puedes hacer esto?" Luego, cuando tenemos duda de algo, te dicen "pregúntale a tal persona porque ella ya ha tenido la experiencia, ha trabajado con esto" y así. (Fernando, 20 años, Estado de México, 5º semestre, realiza una práctica de laboratorio en la UAEM).*

En líneas generales, el hecho de entrar a un laboratorio es para la mayoría de los entrevistados una evidencia clara del interés por la Licenciatura y por el campo científico; sin embargo, hay quienes lo hacen sólo cuando está señalado en el plan de estudios. Al respecto un estudiante expresó,

*Sí, hay casos, pero no hacen nada y aparte, o sea, no es por discriminar o ser despectivo, pero los chicos que no han entrado a laboratorio, por lo regular en las clases muestran poco interés, poca intervención, sí, como que no están tan interesados. Yo digo que si no estás tan interesado en la carrera, tampoco tienes interés como para buscar un laboratorio o tener más cosas que hacer. (Ignacio, 21 años, Guerrero, 5º semestre).*

Una egresada de la Licenciatura considera que el momento más adecuado para entrar al laboratorio es cuando los alumnos cuentan con dos condiciones básicas: tiempo y los aprendizajes de los primeros cuatro semestres curriculares. Al respecto señala,

*Ahora yo pienso que el momento ideal hubiera sido en el quinto semestre, que es como a la mitad de la Licenciatura, cuando todos los cursos básicos e intermedios ya sucedieron y porque en el tercer año, relativamente, se dispone de más tiempo, porque como son seminarios y son semanales, pues hay días que, a reserva de que haya que hacer la tarea y leer dos artículos, son más libres. Entonces, hay más tiempo para aprender y se supone que ya existe conocimiento como para que eso se haga efectivo en el trabajo manual. Y pues un año completo siempre da más tiempo de familiarizarse que sólo un semestre, y también da tiempo de elegir mejor, y decir "sabes que ya participé un año en esto, tuve mis resultados o lo que sea, o no los tuve", o decir "me gusta, me quedo para el otro año" o "¡gracias, voy a buscar por otro lado!" Creo que justo el quinto semestre es el momento adecuado*

*para buscar un laboratorio.* (Claudia, egresada, estudiante de doctorado del CCG, 4ª generación).

La coordinadora de la Licenciatura a partir del reconocimiento del valor formativo del contacto temprano con el laboratorio, estima que éste podría iniciarse formalmente en el tercer semestre, es decir, antes del séptimo semestre que marca el plan de estudios. Al respecto señala, “*Yo estoy promoviendo que desde el tercer semestre ya tengan la posibilidad de entrar a laboratorio, y no solamente el quinto semestre, porque en Biomédicas eso existe desde el primer año, y es muy, muy enriquecedor ir a los laboratorios*” (Coordinadora y docente de la LCG).

De acuerdo con la coordinadora, el ingreso tardío al laboratorio obedece al carácter más teórico de la propuesta curricular de la LCG en comparación, por ejemplo, con el currículum de la Licenciatura en Investigación Biomédica Básica (LIBB), uno de sus antecedentes académicos inmediatos. Al respecto señala:

*Sí, el primer contacto con los laboratorios, yo siento que aquí no lo tenemos tan grande, tan fuerte. Los alumnos, inclusive, ahorita de segundo año, muchas veces no han ido ni una vez a un laboratorio. No han entrado a nuestros laboratorios porque su programa es más teórico; pone más énfasis en la parte de bioinformática, de cómputo, más que en hacer experimentos físicos, con estar físicamente en el laboratorio. Entonces, en este año, en este segundo año, se me ocurrió que deben ir más al laboratorio, porque a mí fue una cosa que me gustó mucho, que me impactó. Los estamos llevando y les ha gustado mucho, entonces es un giro que estamos dando a la Licenciatura, basado en biomédicas y basados en esa experiencia que yo tuve.* (E-Coor/09-15).

Parte importante de este carácter teórico del currículum está determinado por lo que constituye el sello distintivo de la Licenciatura: la formación en ciencias de la computación. Las materias vinculadas con esa área (matemáticas, estadística, principios de la programación, computación, bioinformática) ocupan parte importante de los niveles Básico y Avanzado del plan de estudios.

Como ya señalábamos, en el campo de la biología y, especialmente, en el ámbito genómico, la informática resulta indispensable para realizar una secuenciación y, en general, para analizar los datos biológicos que genera un laboratorio experimental. El éxito del Programa del Genoma Humano (PGH) tuvo su origen en el acelerado desarrollo de las ciencias computacionales.

La formación en el campo de la biología y de las ciencias informáticas que proporciona la Licenciatura permite el tránsito por dos espacios complementarios en el

quehacer genómico: el laboratorio húmedo o experimental y el laboratorio seco o computacional.

De acuerdo con Penders y Horstman, la existencia de estos dos tipos de laboratorio tiene su correlato en dos estilos de investigación, derivados de formas de organización diferente de la actividad científica: una basada en el objeto de estudio (la experimental) y otra basada en el método (la informática) (Penders y Horstman, 2008: 748). El objeto de estudio de las ciencias genómicas demanda relaciones sinérgicas entre ambos lugares y estilos de investigación. Puede darse un trabajo de colaboración interdisciplinaria entre investigadores que producen datos en un laboratorio húmedo y otros que trabajan en el laboratorio seco, analizando y presentando datos en forma de algoritmos, estadísticas y otros modelos matemáticos.

Sin embargo, esas relaciones necesarias para producir conocimiento en genómicas no siempre son fáciles y fluidas, en gran medida, por las dificultades de comunicación entre profesionales de formaciones disciplinarias distintas. Ferpozzi y Levin (2014), en un estudio de caso sobre las relaciones de la informática y la investigación biológica en Argentina, señalan que las tensiones en este vínculo de trabajo derivan, sobre todo, del desconocimiento del campo biológico y del carácter informal del aprendizaje de la informática. Sobre este último, los autores señalan que,

Muchas veces ocurre por fuera de los circuitos formales, fundamentalmente mediante el aprendizaje por cuenta propia. Las instituciones académicas y la acreditación formal también representan vías para la adquisición de los conocimientos, aunque no son más frecuentes que las restantes: intercambios entre pares, consulta en foros y búsquedas on-line, lecturas de manuales de usuario y realización de cursos. (2014: 251).

Asimismo, los expertos formados en instituciones y centros de educación superior en ciencias básicas y matemáticas luego extrapolan esos conocimientos para atender sus intereses en bioinformática, pero no tienen una formación específica.

Otra fuente de fricción se encuentra en el valor que asignan los investigadores experimentales a la práctica en el laboratorio húmedo. Asignan un alto valor al hecho de que un bioinformático cuente con las destrezas de un investigador experimental, situación más bien inhabitual. Al respecto, los autores señalan que “las cualidades más frecuentemente invocadas en la práctica científica por los investigadores sobre Chagas refieren a la necesidad de poseer experiencia práctica en el trabajo de mesada húmeda

-en palabras de los entrevistados, 'tener mano' o saber 'pipetear'." (Ferpozzi y Levin 2014: 252).

Por último, mencionan la tendencia de los investigadores experimentales a identificar un mayor nivel de conocimiento y capacidad para tomar decisiones en los científicos experimentales, en detrimento de los informáticos.

Los estudiantes entrevistados han incorporado parcialmente en su discurso la existencia de un laboratorio húmedo y un laboratorio seco. Cuando se refieren a un laboratorio aluden al laboratorio experimental y a la dinámica que ahí se genera. Incluso los temas que concentran su interés implican abordajes experimentales:

*Bueno, cuando descubrí todo esto de procesos moleculares me llamó la atención lo de las células madre. Cuando iba a entrar a la Licenciatura salió el boom de regeneración de tejidos, regeneración celular y, bueno, esas cuestiones. Y me gustó mucho, pero cuando entré aquí a la carrera, en biología celular vimos las pluripotentes inducidas, y más o menos voy como por ese camino. Más que genómicas, sería epigenómicas porque me llama más la atención eso de marcas que son modificables que no están dentro de la secuencia, pero que sí pertenecen y de cierta forma están regulando, están interactuando, y bueno que han mostrado patrones también, en enfermedades. (Darío, 21 años, Morelos, 5º semestre).*

El dispositivo curricular de la Licenciatura ofrece a los estudiantes contenidos y prácticas que los ayudarán a decidir su orientación dentro del trabajo genómico: trabajar en el laboratorio seco, en el laboratorio húmedo o moverse entre ambos. La formación teórica y metodológica que proporciona la LCG los habilita para hacerlo. Los egresados están en condiciones de atender ambas modalidades y estilos de investigación o especializarse en uno de ellos, sin desconocer las formas de comunicar y hacer propias del otro.

Finalmente, destacamos la secuencia y la complementariedad existente entre la clase en aula, el seminario y la actividad en el laboratorio. En la clase, profesores y estudiantes, abordan contenidos disciplinares de los tres campos de conocimiento que estructuran el currículum: ciencias biológicas, matemáticas y ciencias informáticas. En el seminario, analizan proyectos de investigación en el campo genómico donde pueden identificar el uso interdisciplinar de contenidos, estudiados en las clases, para construir un objeto de estudio y, por último, en el acercamiento al laboratorio pueden conocer las actividades y los actores de un espacio que les resulta especialmente atractivo. Incluso el interés por este último lleva a los estudiantes a romper esta secuencialidad de la propuesta para ingresar antes del séptimo semestre al laboratorio.

## 1.2 Prácticas informales, creando vínculos

Además del desarrollo de clases, seminarios y actividades de laboratorio, el dispositivo curricular de la LCG considera la realización de prácticas informales que configuran un ambiente de socialización en el cual el sujeto lleva a cabo su trabajo de formación. Estas son parte de la dimensión cotidiana, amplia e implícita de la formación temprana en investigación que favorece el acercamiento y la creación de vínculos con la comunidad académica.

En el caso de la LCG, son las comunidades académicas del CCG y del IBt las responsables de ese proceso que, de acuerdo con Dubet, “se realiza ante todo por una interiorización de lo social, por una interiorización de la cultura que instituye a los actores sociales como tales” (Dubet, 2013: 32). El autor plantea que en ese proceso los valores y principios relativos a una vocación-profesión son subjetivados y pasan a sustentar formas de hacer, de pensar y de decir el mundo compartidas por una comunidad profesional. Sobre este mismo proceso, Vinck señala que las normas, los valores, los principios relevantes para una comunidad profesional se aprenden en la relación, en el contacto cotidiano con miembros de esa comunidad. Refiriéndose a la transmisión de las normas sociales, el autor plantea que,

Estas se aprenden en contacto con otros científicos, de sus costumbres y hábitos, en el curso del proceso de socialización por el que el joven investigador se identifica con el grupo de científicos al que cuenta con pertenecer. Pasan por el ejemplo dado por los mayores, por los preceptos enunciados en situación. Interiorizadas, esas normas conforman la consciencia profesional y el comportamiento hasta el punto de llegar a ser rasgos notables de la personalidad de los científicos. (Vinck, 2014: 57).

Por tal razón, no es un asunto menor que las prácticas de la Licenciatura sean coordinadas por investigadores y se realicen en un campus universitario, conformado por centros e institutos de investigación. Los investigadores cuentan con una trayectoria científica en el campo genómico que incluye la realización de investigaciones, publicaciones, asistencia a congresos, etc., y en el Campus Morelos tienen su sede por lo menos seis organismos de investigación: el Instituto de Biotecnología (IBt), el Instituto de Ciencias Físicas (ICF), el Instituto de Energías Renovables (IER), la Unidad Cuernavaca del Instituto de Matemáticas (UCIM), el Centro de Ciencias Genómicas (CCG) y el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM).

Ese entorno asegura la relación cotidiana de los estudiantes con miembros y actividades de la comunidad académica y de investigación de la UNAM, situación que

favorece la apropiación de estilos y prácticas propias de la cultura académica; los expone a participar en un proceso de socialización en que van interiorizando prácticas sociales y culturales propias del mundo en que esperan desempeñarse profesionalmente.

Ferry (1991) señala que en el plano de la formación, los estilos, las formas de hacer, los ambientes sociales y culturales que rodean a los estudiantes tienen un efecto formativo isomórfico, es decir, los estudiantes van haciendo suyos los aspectos constitutivos del ambiente en que se implementa el proceso formativo. Cuando se refiere a esta situación, el autor plantea,

De este isomorfismo resulta que el modelo pedagógico adoptado por los formadores, cualquiera que sea, tiende a imponerse como modelo de referencia de los “formados”. Estos se ven conducidos a reproducir los procedimientos, las actitudes, el estilo de comportamiento desarrollado por los formadores y la institución de formación. Los efectos de estructuración y de impregnación producidos por el dispositivo de formación, pueden llegar a ser más fuertes que sus discursos. (Ferry, 1991: 61).

Entre las prácticas informales destacamos la relación que los estudiantes establecen con académicos del CCG y del IBt y con investigadores invitados, y la realización de actividades en representación de la LCG.

El CCG, el IBt, la Licenciatura y otros centros de investigación ocupan las instalaciones del Campus Morelos de manera que, en los espacios comunes, los estudiantes se encuentran con investigadores a los que admiran por su producción. Ven en ellos gente sencilla y accesible, con disposición a interactuar con ellos. En relación estos comentan,

*En el ambiente académico (...) es muy fácil que si uno tiene curiosidad sobre bioinformática se pueda acercar al Dr. Julio Collados que es premio Nacional de Ciencias y luego lo ves caminando por aquí, entonces es muy fácil tratar con las personas aquí en el Campus Morelos. (Héctor, 20 años, Ciudad de México, 5º semestre).*

*Además, son doctores de renombre... y checando su biografía, o sea, los trabajos que tienen publicados también... sí, se me hace interesante en el sentido que tengan tiempo y que sepan explicar tan bien lo que hacen, aparte de todo el trabajo que están haciendo. (Felipe, 20 años, 5º semestre, San Luis Potosí).*

*La relación que se tiene aquí es eso, que los dos [profesores y estudiantes] podemos hablar, ser iguales. Tú hablas con cualquier doctor y te responden, nunca se niegan, y la relación no es, al menos en conocimiento, que el profesor y el alumno están así [pone las manos separadas, una sobre la otra], o como en otras carreras donde los*

*doctores son todo y el alumno es prácticamente nada, no sabe nada. Aquí, respetan tus opiniones, te toman en cuenta. (Lucas, 21 años, Puebla, 5º semestre).*

Asimismo, la LCG está interesada en que los estudiantes interactúen con miembros de la comunidad nacional e internacional de investigación. De manera que durante la estancia de los investigadores invitados, los estudiantes cumplen el rol de anfitriones en actividades sociales y culturales. Jóvenes entrevistados refieren esa situación del siguiente modo,

*Vienen investigadores que están en la frontera del conocimiento. Es muy interesante porque se puede convivir con ellos, un grupo de cuatro alumnos come con el investigador. (Héctor, 21 años, Ciudad de México, 5º semestre).*

*Otro de los pilares de la carrera es esto que mencionas, esta interacción con gente, ahora sí que de talla internacional. Cuando yo estudié ahí, traían al Seminario Frontiers in genomics a un investigador internacional cada lunes, gente muy reconocida en su campo. Es la oportunidad realmente de conocer no sólo los artículos que sacan, sino a nivel personal a investigadores. Cuestiones de por qué le interesó el tema, por qué lo está desarrollando así... como a un nivel de, yo podría decir, como de colegas, o sea, no tomarse las cosas como ¡oh yo soy el investigador XL, muy famoso y tú un estudiante! . Sino que inclusive la convivencia con los investigadores, en mis tiempos, llegaba al grado que se asignaba un grupo de estudiantes que les iban a servir de guía durante los días que estaban acá. (Renato, egresado, estudiante de doctorado del CCG).*

En esta interacción los estudiantes también pueden establecer vínculos para realizar futuras estancias e intercambios de información.

Los estudiantes también asumen funciones de representación de la LCG en tareas de difusión. Los profesores los comisionan para que den pláticas a estudiantes de educación media superior sobre la Licenciatura o participan en videos informativos sobre la LCG.

En el Campus, también encontramos a profesores y estudiantes compartiendo una conferencia en uno de los auditorios o realizando actividades artísticas y deportivas (grupo de teatro, coro, voleibol).

En ese ambiente de socialización, se promueve el desarrollo de disposiciones que pueden considerarse indispensables para quienes buscan integrarse a una comunidad académica, por ejemplo, la participación, la colaboración y la reflexividad a las que haremos referencia en el siguiente apartado.



## **2. Formando disposiciones para la vida científica**

El dispositivo de la LCG inicia a los estudiantes en la experiencia de conocer y sentirse parte del mundo científico. La creación de vínculos con ese mundo pasa por avanzar en la consolidación del interés por el objeto de estudio y por el establecimiento de relaciones sociales cercanas con investigadores que, además de transmitirles el oficio, adquieren el valor de un modelo identitario. En términos generales, el dispositivo está para promover en los estudiantes la construcción de una experiencia que, como señala Foucault, implique la transformación del sujeto que la vive (Foucault, 2013).

Un dispositivo como el currículum de la LCG, tiene que asegurar, al menos, un ámbito de experiencias sustantivas para los sujetos: la participación en prácticas que los acerquen, tanto como sea posible, a la vida científica. En este sentido, las prácticas curriculares se transforman en espacios comunicantes que se contagian el mismo propósito: transmitir a los estudiantes los saberes necesarios para participar calificadamente en el campo. Estos saberes trascienden el nivel del conocimiento disciplinar para ubicarse también en el ámbito de los saberes prácticos que se internalizan como disposiciones, es decir, como comportamientos susceptibles de ser empleados en distintos momentos y circunstancias.

Desde una perspectiva foucaultiana, podemos decir que las disposiciones corresponden a las marcas que deja en el cuerpo la internalización de las prácticas. La disposición es sinónimo de la normalización de la práctica que se traduce en comportamiento, en formas cotidianas de pensar, de hacer, de decir.

La literatura sobre científicos menciona una serie de disposiciones que forman parte de la identidad del hombre y la mujer de ciencias; el rigor, la disciplina, el sentido comunitario, la originalidad y la colaboración, por ejemplo, son reconocidas como valores, actitudes, comportamientos que forman parte del ethos científico (Knorr Cetina, 2005; Becher, 2001; Latour y Woolgar, 1995; Fortes y Lomnitz, 1991; Merton, 1977).

La noción de ‘disposición’ llega a las ciencias sociales a través de la producción sociológica de Pierre Bourdieu quien la emplea en la construcción de un concepto teórico más amplio con el que explica las relaciones individuo – sociedad, el concepto de ‘habitus’. El autor define ‘habitus’ como “sistemas de disposiciones duraderas y transferibles predispuestas a funcionar como estructuras estructurantes”, también se refiere a este como “principios generadores y organizadores de prácticas” con capacidad para adaptarse a una meta sin que su ejercicio sea necesariamente consciente para el individuo que las traduce en prácticas (Bourdieu, 2009: 86). El mismo Bourdieu afirma

que “el habitus científico es una regla encarnada” que implica la apropiación del sentido del juego científico que permite actuar en el momento preciso sin detenerse a identificar la regla que fundamenta la conducta apropiada (Bourdieu, 1995: 165).

Como señalamos en un capítulo anterior, el dispositivo de la Licenciatura encuentra en la trayectoria escolar previa de sus estudiantes una significativa base de apoyo para continuar desarrollando disposiciones indispensables para la vida científica. En los siguientes párrafos, hacemos referencia a aquellas que se destacan en las prácticas de la Licenciatura.

El juego de relaciones que configuran las prácticas de la LCG ofrece a los estudiantes el escenario adecuado para continuar poniendo en acción la confianza en sí mismos.

En las prácticas de la LCG, los estudiantes aprenden a mostrarse, a sentirse competentes, a poner en juego sus recursos y capacidades; a considerar la equivocación, el error como parte del proceso de conocer y de construir; aprenden el juego de cuestionar y de ser cuestionados. En sus narraciones, los estudiantes muestran trazos de este aprendizaje.

*Entonces, yo en esa entrevista estaba muy seguro, porque como estudiante yo estaba muy seguro de mí mismo, porque yo sabía que podía hacer las cosas solo, por el simple hecho de que me apasionaba el conocimiento, de que me gustaba saber y entender las cosas. Entonces yo decía, 'no tengo ningún problema con eso, me siento un buen estudiante. Ustedes déjenme entrar en el salón y les demuestro que hasta puedo ser el mejor, sin duda, puedo ser el mejor'. (Julio, 20 años, Guadalajara, 3er semestre).*

Van adquiriendo la certeza de que ‘siempre hay una posibilidad de hacer’ y de que está en sus manos explorar esos espacios de oportunidad. El papel que juegan los docentes es fundamental, son ellos los que motivan, los que dejan hacer, los que no ponen en duda la capacidad de sus estudiantes. Sobre este aspecto, estudiantes entrevistados dicen lo siguiente:

*Nos motivan mucho a que no tengamos miedo, de que si tú quieres aprender a hacer algo, lo hagas, si eres capaz de hacerlo; convives con gente de alto nivel y te das cuenta de que son humanos y hacen cosas... que igual tú las puedes hacer y eso es muy motivante, siempre hay posibilidad de hacer... (Entrevista grupal, Sandra, 3er semestre).*

*Aunque no teníamos todavía todos los conocimientos como para discutirlos, nos ponían a leer el artículo y a exponerlo (Ignacio, 21 años, Guerrero, 5º semestre).*

*No tenemos todos los conocimientos, pero exponemos, somos aventados.* (Esteban, 19 años, Sinaloa, 3er semestre).

Otra habilidad que los estudiantes practican en el quehacer cotidiano de la Licenciatura es la *capacidad de agencia*. El dispositivo curricular les ofrece espacios para que se involucren activamente en la gestión académica; esto no es un asunto opcional o producto de una situación coyuntural, forma parte del sentido de la propuesta. La LCG necesita de sujetos activos que participen comprometidamente en la construcción de la Licenciatura. Desarrolla un discurso que convoca a formar un equipo que trabaja para alcanzar un objetivo común, la mejor formación de los licenciados en ciencias genómicas. Una docente de la Licenciatura expresa:

*Yo les dije “es que ustedes tienen que ser dueños de su propia formación, y ayudar. Estamos en el mismo equipo profesores y alumnos y todo el objetivo es que tengan la mejor formación que se pueda. La más avanzada en las áreas de su interés, entonces, pueden organizar seminarios, pueden entrar a laboratorios, podemos hacer grupos de trabajo”.* (E-Coor/09-15)

Los espacios de participación de los estudiantes atienden distintos asuntos. Pueden contemplar desde la solicitud de cursos y talleres hasta la elaboración de la propuesta semestral de una ruta curricular personalizada, pasando por la colaboración en la instancia coordinadora de la Licenciatura.

Durante el trabajo de campo de esta investigación, los estudiantes solicitaron la impartición de un curso de estadística y propusieron y organizaron, con apoyo institucional, un seminario de astrobiología y otro de neurociencias. De acuerdo con lo planteado por estudiantes y docentes entrevistados, estos seminarios surgen del interés de estudiantes. Buscan el apoyo de un investigador del CCG, del IBt o de investigadores que visitaron la Licenciatura, que trabajan o están interesados en el tema para elaborar un plan de trabajo. Este incluye los aspectos básicos de una planeación, es decir, qué se va a hacer, cuáles son sus propósitos, cuál es la metodología, quién o quiénes van a coordinar el espacio de formación, quiénes son los participantes, forma de evaluación, lugar y horario de realización y bibliografía básica. Estos seminarios pueden efectuarse de manera presencial o virtual. Las propuestas son presentadas al coordinador o coordinadora de la Licenciatura y al Comité de Coordinación con fines de revisión y autorización. Uno de los entrevistados relató el proceso que condujo a la elaboración del Seminario de Bioética, destacando su carácter inicial como materia optativa, actualmente es una materia indispensable en el plan de estudios.

*El curso de Bioética surge cuando nosotros, en la segunda generación, llegamos al octavo semestre, y nos dicen que tenemos la oportunidad de elegir materias optativas. Como materia optativa podíamos elegir: (...) asistir a los seminarios de nuestros laboratorios, y que el, ahora sí, jefe del laboratorio nos avalara esa asistencia como una materia; proponer algo totalmente nuevo como un taller; asistir a un curso intensivo de varios días; entrar a una materia que se imparta en otro lugar, una de las facultades de ciencias de aquí de la Universidad Autónoma de Morelos, o de salud pública, o del propio posgrado, o inventar una.*

*A mí siempre me interesaron los temas de bioética, y tuvimos la oportunidad de conocer a un investigador que vino como parte de Frontiers a platicarnos de bioética. Entonces, como parte de Frontiers, hablamos de un tema de bioética bastante sencillo, bastante introductorio con un investigador de la Universidad de Ginebra; a mí y a otras dos compañeras nos llamó mucho la atención. Continuamos en contacto con el investigador, obviamente cuando nos dieron la oportunidad de elegir hacer algo, pues yo sí les dije, “¡oigan, si hacemos un curso de bioética!”. Entonces, originalmente íbamos a ser nosotros tres con Alex, un investigador de la Universidad de Ginebra, a distancia, asesorándonos. Nosotros íbamos a tener la discusión solitos y después íbamos a platicar del reporte que habíamos discutido, y qué posturas habíamos tomado. Con Alex íbamos a discutir a través de correo o de una videoconferencia. Cuando David [un investigador del CCG] se entera nos dice, “yo le quiero entrar” (E-Docente, egresado de la LCG, 2ª generación).*

En los primeros semestres, los estudiantes asumen la gestión del acceso a laboratorios para realizar prácticas; se abren espacios en el CCG, en el IBt o en lugares ajenos a la UNAM; buscan, tocan puertas hasta conseguir su objetivo. En relación con esta experiencia, un estudiante comenta,

*Estuve buscando aquí en Biotecnología. Bueno, aquí en el Centro no me llamaba mucho la atención, y en Biotecnología, de los laboratorios, sólo me interesaban dos y estaban ocupados los espacios. Me dijeron que no me podían recibir, me dijeron que si me esperaba un semestre; estuve yendo y así, pero hubo poca atención y a mí sí me interesaba. Ya después, estuve buscando en internet más opciones: en salud pública, en la UAEM y aquí. Y sí, me llamó la atención uno en la UAEM y ya fui, hablé con el Doctor y me dijo que sí, fue así como entré y ahí estoy trabajando todas las tardes. (Fernando, 20 años, Estado de México, 5º semestre).*

Otro entrevistado también comenta sobre el procedimiento para entrar a un laboratorio y el momento curricular en que los estudiantes buscan realizar esta actividad.

*Sí, cada quien busca lo que le interesa. Se pone en contacto con el doctor y si el doctor dice que sí, pues adelante, si no, no. La mayoría entra en 2do, 3er semestre, bueno, algunos, y la mayoría en 5to y 6to*

*semestres que es cuando más tiempo hay. (...) Pero aquí la mayoría sí está en laboratorio, pero es porque cada uno busca de acuerdo con sus intereses, de acuerdo con lo que quiere. (Elías, 19 años, Michoacán, 3er semestre).*

Otra posibilidad que tienen los estudiantes es trabajar como ayudante de docencia. A esta experiencia acceden sólo unos pocos. Los que realizan esa tarea, la califican como una oportunidad valiosa para desarrollar habilidades en un ámbito de interés y, además, recibir una compensación económica. El ayudante de docencia de la materia de Biología Celular comenta:

*Pensé en dar clases, a mí me gusta mucho dar clases, en la prepa siempre di clases de matemáticas, física y química a mis compañeros que se retrasaban un poco. Y aparte, si eres asistente también te pagan, así que era como un plus. Así que le dije a Federico si podía ser su asistente en esta clase y me dijo que sí, entonces aquí estoy (risas) ...la experiencia me ha gustado mucho, mucho. (Héctor, 20 años, Ciudad de México, 5º semestre).*

Desde que ingresan a la Licenciatura los instan a identificar sus dificultades académicas y a estudiar por su cuenta. Un estudiante relata un intercambio en esta línea con el equipo de investigadores que lo entrevistó en el proceso de ingreso a la Licenciatura:

*Y me decían “¿y en biología?, porque el TEC es muy bueno en matemáticas, pero ¿en biología?”. Y yo, “no, no, en biología ¡no se diga!, porque tenemos dos años de biología y donde no me siento preparado es en química, es de lo que no sé muy bien”. Y me dijeron, “¿estás dispuesto a estudiar, en verano, química?”. Y yo, “por supuesto que sí”... con tal de entrar a la carrera (risas), y ellos dijeron “tienes que hacerlo”... (Julio, 20 años, Guadalajara, 3er semestre).*

Otras dos prácticas en que los estudiantes pueden involucrarse son la elaboración de rutas académicas personalizadas y la participación como representante de la generación en el comité coordinador de la LCG. En la primera, los estudiantes, asesorados por un investigador, diseñan la ruta curricular de los dos últimos semestres del plan de estudios que corresponden al Nivel de Investigación. La ruta curricular incluye estancias en laboratorios y participación en cursos o seminarios, normalmente en posgrados del área de Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud de la UNAM o en otras instituciones de investigación nacionales o extranjeras. Como no existen convenios académicos previamente establecidos con este propósito, los contactos del investigador y el patrocinio del CCG y del IBt juegan el papel clave. La propuesta académica se

presenta al comité coordinador de la Licenciatura para su consideración y aprobación. Este es el momento para procurar la vinculación con estudios de posgrado.

El Comité Coordinador de la Licenciatura está integrado por investigadores y estudiantes. Los investigadores que participan en el Comité lo hacen en su condición de coordinadores del CCG y del IBt y de la Licenciatura; un cuarto investigador cumple funciones de representación de los investigadores docentes de la LCG. Los estudiantes que integran el Comité son elegidos por sus grupos de generación para que lleven las propuestas del grupo ante ese órgano de coordinación y para que colaboren en la gestión de la carrera.

La capacidad de agencia implica la habilidad del sujeto para saber cuáles son los recursos de que dispone y cuáles precisa generar. Este saber también supone racionalizar y asumir las consecuencias cotidianas de aquello que se hace.

Esta habilidad abona el terreno para que los estudiantes estudien por cuenta propia contenidos temáticos vinculados con su formación profesional y estén abiertos a revisar otros ámbitos de la cultura. Son autodidactas porque han construido un alto grado de motivación hacia el trabajo intelectual. No regatean tiempo, esfuerzo, ni intensidad al trabajo escolar. Es común escuchar entre los estudiantes, “tienes que esforzarte”, “tienes que machetearle”, “tienes que investigar por tu cuenta”. Incorporan la tensión del estudio a algo parecido a un juego de vida.

En las entrevistas, los estudiantes describen a sus compañeros de generación, destacando este aspecto.

*Los alumnos tienen interés, tienen muchísimo interés por aprender, les gusta aprender y están comprometidos con aprender, no es de que alguien diga “a mí no me interesa tal seminario”, o “a mí ni me interesa hacer la tarea de tal materia o lo que dice el profesor que está ahí enfrente”, sino más bien, hay esa predisposición. Hay gente a la que le interesa el tema y que va a poner el mayor esfuerzo para lograr entender lo que se está explicando. (...) Entonces, puedo decir esas dos cosas: a los amigos [a sus compañeros de grupo] les interesa aprender, les gusta en sí el proceso de aprender, de discusión, de entender las cosas; y los maestros están dispuestos a promoverlos. (Renato, egresado, estudiante de doctorado del CCG).*

El hecho de que sean autodidactas no significó que no necesitaran adaptarse al estilo de practicar el autodidactismo en la LCG. Este dispositivo deja a los estudiantes trabajar por su cuenta sin la supervisión de tutores o el seguimiento continuo vía actividades de evaluación, situación que ellos perciben como falta de exigencia. En los

primeros semestres, los estudiantes resienten el carácter más bien solitario del ejercicio de aprender. En relación con este tema, un estudiante comenta:

*Me costaba mucho trabajo porque el trabajo de la carrera es muy independiente. No creo que esté mal, está bien porque fomenta que tú mismo hagas las cosas. No es que antes me tuvieran que decir "haz las cosas, Julio, haz tu tarea". No, yo mismo lo hacía porque a mí me gusta el conocimiento.*

*Lo que me costaba mucho trabajo es que, en el TEC, en secundaria y en primaria, te dejan tareas, te encargan trabajos, tienes exámenes semanales, entonces, todo el tiempo te están exigiendo. Y yo sentía que aquí no me exigían nada. (...)*

*Tenía ganas de que me exigieran, que estuviera así como de ¡está difícil!, y hacer las cosas porque, como te digo, yo siento que el conocimiento se hace; y acá es "lean esto". Pues sí, leía, hacía resúmenes, pero no sé, no era lo mismo porque leía y ya. (Julio, 20 años, Guadalajara, 3er semestre).*

A los logros y reconocimientos obtenidos en la trayectoria escolar previa, se suma el hecho de haber participado con éxito en un proceso de ingreso a la licenciatura altamente selectivo. Ser aceptados en la LCG mediante esa práctica generó en ellos la certeza de que ganaron el lugar que ocupan; están ahí porque demostraron trayectoria, conocimientos y habilidades para ingresar. Ese sentimiento de legitimidad se actualiza en el desempeño cotidiano, mediante el ejercicio de la competencia, buscan ratificar que son los mejores. Esta se concreta, por ejemplo, en las mejores calificaciones, llevar a cabo los mejores proyectos, tener buenas relaciones con los profesores, tomar la palabra y realizar buenas intervenciones en los espacios de formación, etc. Sobre este asunto, algunos entrevistados expresan:

*En clases, las personas comentaban ¡cada cosa!, que yo decía para mí, "¿qué, de dónde, cómo saben eso, por qué hablan como profesores, o sea, ¡cálmense!, yo apenas voy aprendiendo y ustedes ya hablan como profesores". Entonces, eso me hacía sentir desesperado, "¡no, no estoy en el nivel que requieren!" (Esteban, 19 años, Sinaloa, 3er semestre).*

*De entrada, intenté visualizarme aquí en la licenciatura cuando pasé el examen, o sea, intenté ver qué tipo de personas iba a tener como compañeros. Entonces, sí me los imaginaba como los mejores de donde venían y aquí reunidos, todos intentando competir o sobresalir. O sea, me lo imaginé, pero una cosa es imaginártelo y otra cosa es vivirlo (...)*

*La percepción que tengo de aquí es que todo el mundo está en competencia por producir algo; muchos alumnos compiten por obtener algo o ver algo, o avanzar, pero muchas veces no te das cuenta de las cosas colaterales que estás ocasionando. La gente aquí es súper*

*competitiva y eso me estresa demasiado.* (Elías, 19 años, Michoacán, 3er semestre).

De acuerdo con Becher (2001), la competencia es una característica de la vida académica. Forma parte de las reglas explícitas e implícitas a las que están sometidos los miembros de una comunidad científica. Un ejemplo que menciona el autor corresponde a la práctica de evaluación del grupo de pares. Esta permite a los miembros de una comunidad ejercer el derecho a criticar el trabajo de otros, con el doble propósito de preservar la calidad de la producción general, y de destacar el trabajo de cada miembro.

Como parte de la misma dinámica socializadora, la participación y la colaboración se concretan en la preparación de clases, en preguntar, opinar y aportar información, en integrar equipos de trabajo. De acuerdo con Becher (2001), esta disposición abierta al intercambio y a la cooperación permanente es indispensable para ser miembro efectivo y contribuir al desarrollo de la comunidad académica.

La participación en clases tiene tal importancia dentro del dispositivo que, como se mencionaba antes, es un componente clave de la evaluación. Sobre esta situación, un estudiante comenta,

*Antes no era tan marcado [refiriéndose a la participación como aspecto a evaluar] porque cada profesor establecía sus variables, "examen, tanto; participación, tanto; y proyectos o trabajos, tanto". Eso sí se ve en primer y segundo semestre, pero ya después la participación se va haciendo más importante hasta que llega el punto en que calificas por participación. El semestre pasado, dos materias calificaron totalmente con participación. En ese punto, la mayoría sí estaba angustiada, porque algunos sí eramos muy tímidos al principio, a otros simplemente nos les interesaba el tema y no sacaban tantas conclusiones o tantos asuntos relevantes del tema, no tenían nada que aportar.* (Felipe, 20 años, San Luis Potosí, 5º semestre).

Toda esa tarea apunta a desarrollar pensamiento crítico, reflexivo y creativo en los estudiantes. Afianzar su capacidad de cuestionar, de reflexionar acerca de la producción científica (qué se produce, cómo y para qué se produce) se concreta en la motivación sistemática para que los estudiantes tomen la iniciativa no sólo en el plano del decir (cuestionar, preguntar, opinar...) sino también en el de hacer, que implica tomar decisiones vinculadas con su proyecto de formación (ingreso a laboratorios, identificación de áreas de interés, propuestas de talleres y cursos, por ejemplo).

La posibilidad de desarrollar este pensamiento crítico está íntimamente relacionada con la construcción de una actitud reflexiva que ponga en cuestión los



saberes, los afectos, las motivaciones e, incluso, el propio campo en el que se actúa. Autores como Bronckbank y McGill (2002) establecen la reflexión como condición para dar paso a un pensamiento y actitud críticos, así como también la concurrencia de un intercambio social para su desarrollo. Al respecto, señalan:

La capacidad de convertirse en aprendiz crítico, de ser capaz de cambiar de paradigma de saber y del yo, así como de percibir y actuar de manera que sea posible trascender las ideas del pasado requiere de la capacidad de reflexionar sobre lo que se sabe, se siente y aquello sobre lo que se actúa. Ser capaz de emprender la reflexión en solitario es necesario, pero no suficiente. La tendencia a engañarse, a ser demasiado complaciente consigo mismo y de pasar por alto cosas, siempre está presente. Es más, dada la naturaleza socialmente construida del saber y que el significado se crea en relación con los demás, la reflexión y la creación del significado es, inevitablemente, un proceso social (Bronckbank, 2002: 19)

Egresados de la Licenciatura, ante la pregunta ¿qué aprendiste en la LCG?, destacan el aprendizaje de la crítica y su carácter de saber indispensable para desempeñarse en el ámbito científico. Un egresado expresa:

*A ser crítico, creo que eso fue lo más importante, eso es algo vital en este negocio, creo que saber ver con ojo crítico las evidencias que tienen otros grupos, un artículo; ser crítico al encontrar o formular preguntas e imaginar la forma de responderlas. Eso da independencia dentro de la ciencia, de la investigación, creo que sin duda es algo de lo más importante, el ser crítico con lo que uno hace y con lo que hacen los demás. (Roberto, egresado, estudiante de doctorado del CGC).*

Asimismo, una disposición que los alumnos de la LCG mostraron de manera consistente durante las entrevistas y en el desarrollo de las prácticas observadas fue su capacidad reflexiva. En la narrativa de su experiencia en la licenciatura aparece el diálogo consigo mismo, la pregunta, el análisis de situaciones. Es una actividad recurrente que lleva a asumir, repensar o cambiar decisiones, estrategias. Qué hice, por qué, para qué, cómo lo hice, qué voy a hacer, se vuelven, bajo distintos enunciados, un contenido que les permite darse cuenta, tomar conciencia 'de lo que quieren y de lo que tienen'.

El pensamiento creativo está entre las capacidades intelectuales que se fomentan en los estudiantes. El uso de la imaginación para pensar abordajes originales a problemas que les interesan es promovido por los docentes, incluso dejando de lado el límite de los recursos disponibles. Se trata de imaginar, de jugar con lo que saben, y

atreverse a proponer otras posibles combinaciones. Los estudiantes son motivados a preguntarse ¿cómo lo haría diferente?

Finalmente, podemos señalar que la clase en aula, los seminarios y las actividades en laboratorio son tres prácticas pedagógicas que estructuran el dispositivo curricular de la Licenciatura. Con su puesta en escena se busca favorecer la participación de los estudiantes e ir acercándolos a formas de saber, de ser y de hacer válidas para la comunidad científica, configurada en primera instancia por los investigadores del CCG y del IBt.

Consecuentes con esa intencionalidad, en la clase se privilegia el tratamiento de contenidos disciplinares mediante la utilización de preguntas, la revisión de artículos científicos y el trabajo por proyecto que habitualmente incluye exposiciones orales y precisa del trabajo en equipo.

Por otra parte, en el seminario se exponen proyectos de investigación, liderados por investigadores de instituciones científicas nacionales o extranjeras. Los objetos de estudio de estos proyectos se construyen de manera interdisciplinaria y tienen el propósito de producir conocimiento de frontera en los campos de las ciencias genómicas y de la biotecnología.

Por último, hicimos referencia al laboratorio, espacio imprescindible para el trabajo de investigación en el campo de las ciencias que, en el caso de los futuros profesionales de las ciencias genómicas, se diversifica en laboratorio húmedo, con énfasis en el trabajo experimental, y laboratorio seco en el que se privilegia el análisis de datos experimentales mediante el uso de métodos y recursos informáticos.

Estos espacios y prácticas adquieren sentido dentro del dispositivo curricular cuando contribuyen a la formación de disposiciones favorables a la realización de un determinado tipo de actividad y a la configuración de una identidad específica. Confianza en sí mismos, capacidad de agencia, autodidactismo, espíritu de competencia, desarrollo del pensamiento reflexivo, crítico, creativo son, entre otras, las actitudes/conductas que se fomentan mediante las prácticas del dispositivo curricular.

Estas disposiciones que para Bourdieu son “reglas encarnadas”, es decir, conductas/actitudes internalizadas, presentes en la vida cotidiana, son aprendidas por los individuos mediante el ejercicio de prácticas en las que se manifiesta lo que Foucault (2020) denomina sistema o poder disciplinario que, de acuerdo con palabras del mismo autor, “tiende a ser una ocupación del tiempo, de la vida y el cuerpo del individuo.” (Foucault, 2020: 67).

Las prácticas pedagógicas observadas en la LCG mantienen una modalidad de funcionamiento que transmite aspectos significativos del ethos científico. Para atender este propósito formativo, las prácticas tienen un carácter sistemático, continuo, graduado, progresivo, orientado a alcanzar un estado óptimo o final. Foucault plantea que el poder disciplinario presente en las prácticas “mira hacia el porvenir, hacia el momento en que todo funcione por sí solo y la vigilancia no tenga más que un carácter virtual, cuando la disciplina, por consiguiente, se haya convertido en un hábito.” (Foucault, 2020: 67).

## **Conclusiones**

I. Las ciencias genómicas surgen como un campo de conocimiento interdisciplinar en el ámbito de las ciencias biológicas en las últimas décadas del siglo XX. Su objeto de estudio es el genoma de los seres vivos. La realización del Proyecto Genoma Humano (PGH), iniciativa internacional que congregó voluntades, recursos e intereses de Estados Unidos, Alemania, Francia, Gran Bretaña, Japón y China, constituyó un acontecimiento fundamental para el desarrollo del conocimiento genómico; este último alcanzó su máxima expresión con el desciframiento del mapa completo del genoma de los seres humanos. Ese Proyecto significó la puesta en práctica de una nueva manera de hacer ciencia y la creación de enormes expectativas acerca de sus resultados, mismos que de acuerdo con Lee (2008: 11), “podrían conducirnos al control definitivo de las enfermedades humanas, el envejecimiento y la muerte”.

Mientras en el plano internacional se multiplicaban las instituciones y proyectos de investigación genómica, en ese mismo periodo, investigadores de la UNAM desarrollaban actividades de investigación que condujeron a la creación del Centro de Investigaciones sobre Fijación de Nitrógeno (CIFN) en 1980, y del Centro de Investigación sobre Ingeniería Genética y Biotecnología (CIIGB) en 1982. En el año 2004, el CIFN cambia su nombre por el de Centro de Ciencias Genómicas (CCG), mientras que el CIIGB, desde el año 2001, se denomina Instituto de Biotecnología (IBt). En la actualidad, la producción en el campo de la genómica y de la biotecnología de ambas instituciones cuenta con reconocimiento nacional e internacional.

A nivel de política interna, en la Universidad comenzaba a gestarse una crisis institucional cuyo síntoma más visible fue la Huelga Estudiantil 1999-2000. La superación de esa coyuntura implicó la puesta en marcha de un proceso de reforma de la vida

universitaria y de una estrategia para reposicionarse como la máxima casa de estudios superiores del país y de América Latina.

En el contexto de ese proceso, el rector Dr. Juan Ramón de la Fuente (1999-2007) propuso afianzar el desarrollo de las ciencias genómicas en la Universidad y en el país; para ello se apoyó en quienes tenían trayectoria en el campo. Convocó a investigadores del CCG y del IBt para que diseñaran una estrategia que persiguiera ese objetivo.

El equipo de académicos a cargo del proyecto propuso la creación de la Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG). El referente a tener en cuenta fue la Licenciatura en Investigación Biomédica Básica, una licenciatura consolidada, impartida por investigadores del Instituto de Investigaciones Biomédicas y la Facultad de Medicina, ambos de la UNAM, de la que miembros de ese equipo habían sido estudiantes o docentes. Estudios realizados sobre esa Licenciatura la han calificado como una experiencia exitosa en el ámbito de la formación de científicos (Fortes y Lomnitz, 2005; Bargas, s/f.). La atención a los estudiantes se basa en un sistema de enseñanza presencial con énfasis en el trabajo tutorial.

En síntesis, la LCG no surge en el vacío académico y organizacional, se sustenta en la experiencia de formación temprana de investigadores de la LIBB, en la experiencia acumulada por grupos de investigadores de la UNAM en el campo de la genómica; tiene el soporte institucional que le proporcionan entidades de investigación en el campo, y el estímulo permanente de la tendencia internacional que orienta a producir conocimiento científico de frontera en ese campo.

II. El objeto de estudio de las ciencias genómicas es el genoma de los seres vivos. El conocimiento acumulado sobre su evolución, función y estructura abrió la posibilidad de intervenir en los organismos vivos para modificarlos. Ese nivel de investigación e intervención ha producido lo que conocemos como Organismos Genéticamente Modificados (OGM). Esto ha abierto un gran debate sobre los alcances de estos desarrollos. Para algunos, los OGM pueden tener resultados valiosos para mejorar la calidad de vida del individuo y la sociedad; para otros, pueden tener consecuencias no esperadas y no necesariamente benéficas para el ser humano y sus comunidades.

La denuncia sobre el daño que los OGM pueden producir en el medio ambiente y en la salud de los seres humanos, así como los intereses económicos y políticos comprometidos en su producción y comercialización, son contenidos presentes en la opinión pública. La demanda por detener o someter el trabajo genómico a niveles de

experimentación, de control y de debate que garanticen su tránsito seguro del laboratorio a la vida cotidiana, se escucha en diversos ambientes sociales que van desde el mundo científico a la sociedad civil. En los últimos dos años, en el contexto de la pandemia de Covid-19, también hemos sido testigos de la urgencia de disponer del conocimiento genómico indispensable para generar organismos capaces de combatir ese y otros virus que amenazan la vida de los individuos y de la humanidad. El conocimiento genético y sus aplicaciones están en constante transformación y constituyen un campo necesario, polémico, conflictivo, que pone nuevamente en evidencia que la neutralidad de la ciencia no existe.

La responsabilidad ética que debe animar la actuación de los hombres y mujeres de ciencia hace que las asociaciones científicas y, especialmente, los dispositivos de formación incluyan en sus actividades el tratamiento de contenidos bioéticos que favorezcan un desempeño profesional apegado a valores y a principios de cuidado del medio ambiente y de defensa de la vida, en todas sus manifestaciones. Estos contenidos, en el caso de la LCG, adquieren la modalidad de seminarios de bioética.

La necesidad de defender la vida y los espacios en que esta se desarrolla tendría que conducirnos, en términos curriculares, a considerar la bioética no sólo como un necesario contenido temático dentro del plan de estudios, sino como un contenido transversal de la currícula presente en los distintos espacios en que tiene lugar la formación, en el salón de clase y en el laboratorio, en la sala de conferencias y en los lugares de recreo.

III. La UNAM incluyó en su oferta de licenciatura 49 nuevas licenciaturas en el periodo 2000-2016. En este grupo de nuevas carreras nos interesó destacar los rasgos de las licenciaturas del Área de Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud que se abrieron en dicho periodo: Ciencias Genómicas (2003), Manejo Sustentable de Zonas Costeras (2006), Ciencia Forense (2013), Ciencias Agrogenómicas (2013), Ecología (2015), y Neurociencias (2016).

Esas licenciaturas comparten características significativas: tienen el propósito de iniciar de manera temprana la formación en investigación entre los estudiantes; son impartidas por investigadores de centros o institutos de investigación; la selección de aspirantes se lleva a cabo mediante un doble procedimiento que considera, en primer lugar, que el aspirante sea aceptado en la UNAM mediante el proceso de selección regular que utiliza la Universidad (Pase Reglamentado o Examen de Selección); una vez matriculado como estudiante UNAM participa en un segundo procedimiento denominado

de ingreso indirecto. Si los resultados de este segundo procedimiento son favorables, puede matricularse en la licenciatura y, si no es aceptado, puede volver a la licenciatura a la que había ingresado mediante el proceso de selección regular en la Universidad.

La rigurosidad de la selección para ingresar a la LCG arroja como resultado el ingreso de un número reducido de estudiantes, habitualmente no más de 30 jóvenes, que en su trayectoria escolar desarrollaron habilidades y competencias favorables para el aprendizaje de contenidos de ciencias básica.

El doble proceso de selección (proceso regular e ingreso indirecto), así como el bajo número de estudiantes elegidos en la LCG, enfatiza el carácter selectivo de la propuesta sino de la institución educativa que la sustenta. Este se justifica por el interés en dar continuidad a la formación en el área de ciencias que los estudiantes iniciaron en la escuela básica y prolongaron en el bachillerato; en trabajar con quienes posean los conocimientos básicos para continuar aprendiendo en un área específica y especializada; en iniciar un proceso de formación de investigadores con quienes estén verdaderamente interesados en un campo que se ubica en la frontera del conocimiento y en concluir la Licenciatura en el tiempo establecido para quienes estén interesados en prolongar la formación en el posgrado.

La justificación del nivel de selectividad de la LCG no descarta el hecho de que es una propuesta elitista: está dirigida a estudiantes que encontraron en la familia y en las escuelas por las que pasaron, el apoyo y los recursos necesarios para formarse y aprender en un área de su interés; son estudiantes que poseen el capital escolar, cultural y social necesario para transitar con éxito por un dispositivo curricular académicamente exigente.

IV. Los rasgos que estructuran el dispositivo de la LCG corresponden a la secuencialidad e interdisciplinariedad en el tratamiento de los contenidos educativos, a la flexibilidad curricular y a la movilidad estudiantil como rasgos que permiten atender las necesidades e intereses de formación de los estudiantes, a la selectividad, a la intencionalidad de contribuir a la producción de conocimiento de frontera, y al aprendizaje de contenidos bioinformáticos como sello particular de la propuesta de formación.

Estos rasgos del dispositivo pueden ser efectivamente traducidos en prácticas debido a la existencia de una gestión académica descentralizada, a la implementación de una estrategia de atención personalizada de estudiantes y al funcionamiento de una red de colaboración académica interinstitucional.

La gestión local de los asuntos académicos y administrativos de la Licenciatura asegura la participación responsable y el desarrollo de iniciativas de sus principales actores, estudiantes e investigadores implicados en la docencia y en la coordinación de actividades. Como decíamos en el capítulo correspondiente, el Comité Académico de la Licenciatura es la instancia de coordinación que favorece la identificación de necesidades locales, la búsqueda de estrategias de atención y asegura la rapidez en la toma de decisiones.

La atención personalizada permite conocer y buscar formas de atender los intereses y necesidades de formación de los estudiantes. Con ese propósito, los investigadores ejercen la función de tutoría. Un producto importante de la relación tutorial es el diseño y presentación, ante el Comité Académico de la Licenciatura, del plan de actividades o rutas curriculares que los estudiantes realizarán en otras dependencias de la UNAM o en instituciones nacionales o extranjeras, especialmente en el Nivel de Investigación del Plan de estudios.

La operación de la Licenciatura requiere de la colaboración de la comunidad académica que la sostiene no sólo para realizar las necesarias tareas de docencia, sino también para poner al servicio de la formación los recursos sociales y materiales acumulados en sus trayectorias académicas. Este espíritu de colaboración resulta indispensable para abrir el dispositivo curricular a la participación de investigadores adscritos a otras instituciones científicas y a opciones de formación existentes en espacios académicos de la propia Universidad y de otras instituciones nacionales y extranjeras. La formación de nuevos miembros se entiende y asume como una tarea colectiva.

V. Los estudiantes de la LCG son jóvenes cuyas edades fluctúan entre los 17 y los 23 años, originarios de distintas entidades federativas de la república mexicana. La mayoría migra para estudiar en el Campus Morelos, ubicado en la ciudad de Cuernavaca. Esa es la primera acción que ellos deben realizar para estudiar la Licenciatura, salir de su lugar de origen para iniciar una nueva etapa de vida en un espacio geográfico, social y académico desconocido.

Los relatos sobre la experiencia escolar dan cuenta de una trayectoria marcada por el interés en la realización de actividades académicas, especialmente por aquellas vinculadas con el área científica. La mayor parte de los entrevistados se formó en escuelas privadas; quienes estudiaron en escuelas públicas lo hicieron en la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM. Todos los entrevistados se consideraban buenos

estudiantes y estaban satisfechos de sus logros académicos y del reconocimiento social obtenidos por ellos.

En la familia y en la escuela adquirieron el gusto por los temas científicos y fueron formando disposiciones favorables al estudio. Perseverancia, organización, espíritu de competencia, ansiedad y gusto por aprender están presentes en su narrativa sobre la etapa de formación preparatoria. Dan cuenta de un recorrido en el que interiorizaron habilidades y disposiciones favorables al estudio aprendidas en la interacción con sus padres, maestros y amistades; junto con el afecto, fueron desarrollando disciplina, competencia y gusto por la práctica de estudiar.

Su interés por el conocimiento y el mundo de las ciencias inició con su experiencia de alfabetización científica en los primeros años de escuela y continuó con su participación curricular y extracurricular en actividades de ese ámbito, de manera que todos los entrevistados, además de estudiar materias curriculares inscritas en el área biológica, habían participado en otras actividades como veranos y olimpiadas científicas. Ingresaron a la Licenciatura no como producto de la casualidad sino porque buscaron una propuesta de formación que los condujera a la investigación en el campo de la biología.

La necesidad de poner en acción y hacerse plenamente responsables del conjunto de disposiciones y conocimientos que traen consigo y que resultan favorables al desarrollo de las actividades académicas que propone la Licenciatura es la segunda gran acción que pide la Licenciatura a sus estudiantes. Autodidactismo, organización, uso del tiempo y participación forman parte de su desempeño estudiantil cotidiano.

En la Licenciatura, las actividades de formación están pautadas en dos grandes niveles complementarios: uno corresponde al estudio de contenidos de las áreas disciplinarias fundamentales para la propuesta de la LCG (ciencias básicas, matemáticas y ciencias de la informática); el otro, a la participación en actividades formales e informales, programadas y cotidianas que conllevan un acercamiento a la cultura académica y de investigación (seminarios, prácticas de laboratorio, realización de actividades académicas en otras instituciones). La tercera acción se corresponde con la tarea de salir del entorno institucional para participar en prácticas pedagógicas dentro y fuera de la UNAM que le permiten seguir afianzando la seguridad en sí mismo, la capacidad de agencia, el autodidactismo, la participación y colaboración, así como el pensamiento crítico, reflexivo y creativo.



Contrariamente a otros grupos de estudiantes, a estos jóvenes no hay que convencerlos que desarrollen un proyecto de vida donde la formación académica ocupe un lugar. Ellos están comprometidos objetiva y subjetivamente en y con la actividad de formarse en una licenciatura con una clara orientación hacia el desarrollo de la investigación en el campo genómico. En ese sentido, es posible señalar con Bourdieu que ellos “están atrapados en el juego y por el juego”.

VI. El proceso de formación temprana en investigación que se lleva a cabo en la LCG se concreta en dos grandes ámbitos de acción: las prácticas que promueven la enseñanza y el aprendizaje de contenidos fundamentales, y las prácticas sociales de la comunidad de investigadores del CCG y del IBt en que se involucran y son involucrados los estudiantes de la Licenciatura.

En suma, la formación temprana en investigación en la LCG se objetiva en el aprendizaje de contenidos educativos, en el conocimiento de experiencias de investigación, en la realización de actividades en laboratorios, en las interacciones con profesores de la Licenciatura y con investigadores invitados; en la experiencia de formarse en un centro de investigación y en el vínculo cotidiano que se puede establecer con la investigación y con los investigadores. El lugar de la experiencia, los profesores que la animan, los contenidos que se estudian, los compañeros de grupo, en fin, en la LCG todo parece contribuir a dar forma a un sujeto que quiere formarse.

VII. El sello distintivo de la Licenciatura es la formación en bioinformática. De acuerdo con el plan de estudios de la LCG, el egresado contará con los conocimientos de biología y de informática necesarios para manejar datos biológicos en los computadores. Estos conocimientos abren a los estudiantes la posibilidad de trabajar en un laboratorio experimental, conocido como laboratorio húmedo, o en un laboratorio de informática, también conocido como laboratorio seco, o bien, moverse de manera indistinta entre uno y otro. Sin embargo, en las pláticas con los entrevistados, los jóvenes estudiantes mostraban mayor interés y emoción al hablar de la investigación que se desarrolla en el laboratorio experimental. Una señal de ese interés la encontramos en la búsqueda de laboratorios que les ofrezcan espacios para realizar prácticas o actividades experimentales. Sería muy interesante estudiar las trayectorias de los egresados de la Licenciatura para establecer cuáles son los campos de conocimiento que abona el trabajo formativo de la Licenciatura.

VIII. En la UNAM, siguiendo lo planteado por Brunner (2012) coexisten diversas realidades tanto en el plano de la producción de conocimientos, de las propuestas de formación, de las características de la población estudiantil, de las formas de ejercicio de la docencia, de las estrategias que utiliza para evaluar y acreditar conocimientos, de los títulos y grados que otorga, de las formas de administración. Por ello me parece adecuado pensar la universidad actual como una universidad heterogénea con capacidad para albergar la diferencia; en esta línea se inscribe la universidad posmoderna que menciona Brunner (2012) y que reconoce como una organización multifacética que responde a variados intereses y que busca adecuarse a nuevas demandas, a nuevas formas de producción de conocimientos y a nuevas estrategias orientadas a la formación de personas.

## **Bibliografía General**

- Agazzi, E. (1996). *El bien, el mal y la ciencia. Las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica*. Madrid: Editorial Tecnos.
- (2019). *La objetividad científica y sus contextos*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Ander-Egg, E. (1999). *Interdisciplinariedad en educación*. Argentina: Magisterio del Río de La Plata.
- Apostel, L. Berger, G. Briggs, A., Michaud, G. (1979). *Interdisciplinariedad. Problemas de la Enseñanza y de la Investigación en las Universidades*. México: Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior.
- Arfuch, L. (2005). 3. La vida como narración. 6. El espacio biográfico en las ciencias sociales. 7. Travesías de la identidad. Una lectura de relatos de vida, en *El espacio biográfico. Dilemas de la subjetividad contemporánea*. Argentina: Fondo de Cultura Económica, pp. 87-115; pp. 177-246.
- ArgenBio-Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología (2007). *Programa Educativo, Por qué Biotecnología*. Cuadernos, 5, 9, Introducción al mejoramiento tradicional y la Biotecnología moderna. Biología moderna en animales. Obtenido el 27 de junio de 2017 de Inicio (porquebiotecnologia.com.ar)
- Bachelard, G. (2000). *La formación del espíritu científico. Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo*. México: Siglo Veintiuno Editores.
- Barbour, R. (2014). *Los grupos de discusión en investigación cualitativa*. México: Morata.
- Barrón, C. (2014). *Formación profesional en la Educación Superior. Proyectos y prácticas curriculares*. México: Ediciones Díaz de Santos.
- Becher, T. (2001). *Tribus y territorios académicos. La indagación intelectual y las culturas de las disciplinas*. España: Gedisa.
- Berger, L. (1979) Hacia la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en la enseñanza y la innovación , en Apostel, L. Berger, G. Briggs, A., Michaud, G. (1979). *Interdisciplinariedad. Problemas de la Enseñanza y de la Investigación en las Universidades*. México: Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior.
- Berger, P. y Luckmann, T. (1993). *La construcción social de la realidad*. Buenos Aires: Amorrortu editores.
- Bernal, J. D. (2001). *La Ciencia en la Historia*. México: Nueva Imagen, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Berstein, B. (1977). *Clases, códigos y control, II. Hacia una teoría de las transmisiones educativas*. Madrid: Akal.
- Bertaux, D. (2005). *Los relatos de vida. Perspectiva etnosociológica*. España: Bellaterra.
- Bonilla, M. (coord.) (2015). *Diagnóstico del posgrado en México: Nacional*. México: COMEPO, IPICYT, CONACYT.
- Bolívar, F. (2017). *Transgénicos. Grandes beneficios, ausencia de daños y mitos*. México: Comité de Biotecnología, Academia Mexicana de Ciencias, UNAM, Instituto de Biotecnología, El Colegio de México.

- (2011). *Por un uso responsable de los organismos genéticamente modificados*. México: Comité de Biotecnología, Academia Mexicana de Ciencias.
- (2002). *Biotecnología Moderna para el Desarrollo de México en el siglo XXI. Retos y oportunidades*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo de Cultura Económica.
- Bourdieu, P. (2009). *El sentido práctico*. México: Siglo Veintiuno Editores.
- (2003). *El oficio de científico. Ciencia de la reflexividad*. Barcelona: Anagrama.
- (1997). *Las razones prácticas*. Barcelona: Anagrama.
- (1995). *Respuestas. Por una antropología reflexiva*. México: Grijalbo.
- (1993). Los ritos como actos de institución. En J. Pitt-Rivers, J.G. Peristiany (ed.) *Honor y gracia*. Madrid, España: Alianza Universidad, pp. 111-123.
- Bourdieu, P. y Passeron, J. C. (2009). *Los herederos. Los estudiantes y la cultura*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina.
- (1996). *La reproducción. Elementos para una teoría del sistema de enseñanza*. México: Fontanara.
- Bowler, P. J., Rhys Morus, I. (2007). Ciencia, sociedad e historia. La revolución científica. La nueva biología. Genética. La organización de la ciencia. En *Panorama general de la ciencia moderna*. España: Crítica.
- Brockbank, A y McGill I. (2002). *Aprendizaje reflexivo en la educación superior*. España: Morata.
- Cabrero, E. y V. Carreón (2020). *México frente a la sociedad del conocimiento*. México: CIDE, Siglo XXI Editores.
- Canan, S. (2017). *Influencia de las organizaciones internacionales en las políticas institucionales. ¿Sólo hay intervención cuando hay consentimiento?* Buenos Aires: CLACSO, Mercado de Letras.
- Candela, A. (2012) Las ciencias naturales en las reformas curriculares. En Flores-Camacho, F. (Coord.). *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México*. México: Instituto Nacional de Evaluación Educativa, pp. 11-32.
- Casillas, M. y Chaín, R. (2015). Origen social de los estudiantes y trayectorias estudiantiles en la Universidad Veracruzana, en Ortega, J.C., López González, R. y Alarcón Montiel, A. (coords.). *Trayectorias escolares en Educación Superior. Propuesta metodológica y experiencias en México*. Jalapa: Universidad Veracruzana, Instituto de Investigaciones en Educación, pp. 43-76.
- Chase, S. (2015). Investigación narrativa. Multiplicidad de enfoques, perspectivas y voces, en Denzin, Norman e Ivonna S. Lincoln (coords.) (2015) *Métodos de recolección y análisis de datos. Manual de investigación cualitativa. Volumen IV*. Barcelona: Gedisa, pp. 58-97.
- Chauvet, M., Pazos, E. et al. (2014). *Impactos sociales, económicos y culturales de la posible introducción del maíz genéticamente modificado en México. Reporte de investigación*. Departamento de Sociología, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. UAM/UNAM/FIBIO/CIBIOGEM.

- Clark, B. (1997). *Las universidades modernas: espacios de investigación y docencia*. México: Coordinación de Humanidades, UNAM.
- (1991). *El Sistema de Educación Superior. Una visión comparativa de la organización académica*. México: Editorial Nueva Imagen, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.
- Conelly, F. Michael y Clandinin, Jean (1995). Relatos de Experiencia e Investigación Narrativa. En Larrosa, Jorge, Arnaus, Remedi. E. y otros. *Déjame que te cuente. Ensayos sobre narrativa y educación*. Barcelona: Editorial Laertes, pp. 11-59.
- De la Peña, C. y Loyola, V. (2017). *De la genética a la epigenética*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Della Porta, D., Keating, M. (2013). ¿Cuántos enfoques hay en Ciencias Sociales? En Della Porta, D. y M. Keating (eds.). *Enfoques y metodologías de las Ciencias Sociales. Una perspectiva pluralista*. Barcelona: Akal, pp. 31-51.
- Delval, J. (2013). *El aprendizaje y la enseñanza de las ciencias experimentales y sociales*. México: Siglo XXI editores.
- Didou, S. y Remedi, E. (2008). *De la pasión a la profesión. Investigación científica y desarrollo en México*. México: Casa Juan Pablos, UNESCO.
- Dubet, F. (2013). El programa institucional. En *El declive de la institución. Profesiones, sujetos e individuos en la modernidad*. Barcelona: Gedisa, pp. 29-62.
- (2005). *Los estudiantes*. Jalapa: Instituto de Investigaciones en Educación, Universidad Veracruzana.
- Durand, V. (2013). Universidad y proyecto nacional. En Rodríguez Gómez, R. (ed.). *El siglo de la UNAM. Vertientes ideológicas y políticas del cambio institucional (39-53)*. México: Seminario de Educación Superior, Editorial Porrúa.
- Fernández, L. (1998). Algunas condiciones estructurantes del funcionamiento institucional. En *Instituciones educativas. Dinámicas institucionales en situaciones críticas*. Argentina: Paidós, pp. 82-188.
- Ferpozzi, H., Levin, L. (2014) Bio-Bits: la influencia de las tecnologías informáticas en los procesos de producción de conocimiento en biología molecular. Los casos de Chagas e identificación de personas. En Arellano, Kreimer, Vehlo, Vessuri (coord.) *Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la ciencia, la tecnología y la sociedad*. México: Siglo Veintiuno Editores.
- Ferry, G. (1990). Capítulo 2. La tarea de formarse; Capítulo 3. Adquirir, probarse, comprender. En *El trayecto de la formación. Los enseñantes entre la teoría y la práctica*. México: Paidós Educador, pp. 43-85.
- Fontana, A. y James H. Frey (2015). La entrevista. En Denzin, Norman e Ivonna S. Lincoln *Métodos de recolección y análisis de datos. Manual de investigación cualitativa. Volumen IV*. Barcelona: Gedisa, pp. 140-196.
- Fortes, J. y Lomnitz, L. (2005). *La formación del científico en México: adquiriendo una nueva identidad*. México: Siglo Veintiuno Editores, Centro de Estudios sobre la Universidad, UNAM.
- Foucault, M. (2020). *El orden del discurso*. México: Austral.
- (2013). *La inquietud por la verdad*. Argentina: Siglo Veintiuno Editores.
- (2010). *La arqueología del saber*. México: Siglo Veintiuno Editores.
- (2008). *Tecnologías del yo*. Argentina: Paidós Ibérica.

- (2007). *El poder psiquiátrico. Curso en Collège de France (1973-1974)*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- (2003). *Vigilar y castigar. Nacimiento de la prisión*. México: Siglo Veintiuno Editores.
- (1991). *Microfísica del poder*. Madrid: Ediciones de La Piqueta.
- (1985). *Saber y verdad*. Madrid: Ediciones La Piqueta.
- Freire, P. y Faundez, A. (2013). *Por una pedagogía de la pregunta: crítica a una educación basada en respuestas a preguntas inexistentes*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores.
- Frigerio, G., Poggi M. y Tiramonti, G. (1992). *Las instituciones educativas Cara y Ceca. Elementos para su comprensión*. Buenos Aires: Troquel.
- Furlán, A. (1998). Curriculum pensado y vivido. Curriculum y condiciones institucionales. En *Curriculum e institución*. Morelia: Instituto Michoacano de Ciencias de la Educación, pp. 21-29, pp. 89-102.
- Gadamer, H. (2007). Significación de la tradición humanística para las ciencias del espíritu. En *Verdad y método*. Salamanca: Ediciones Sígueme, pp. 31-74.
- (2006). Sobre el círculo de la comprensión. En *Verdad y método II*. Salamanca: Ediciones Sígueme, pp. 63-70.
- (1999). La primacía hermenéutica de la pregunta. En *Verdad y método*. Salamanca: Ediciones Sígueme, pp. 439-458.
- García Garduño, J. y Hernández L. (2013). Políticas curriculares en México. La educación básica, media y superior, en Ángel Díaz-Barriga (Coord. Gral) *La investigación curricular en México, 2002-2011*. México: ANUIES, COMIE. pp. 55-107.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, N. et al (1997). *La nueva producción de conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor S.A.
- Gimeno, J. (1996). *El currículum: una reflexión sobre la práctica*. Madrid: Morata.
- Guerra, M. (2012). El currículo oficial de ciencias para la educación básica y sus reformas recientes: retóricas y vicisitudes, en Flores-Camacho, F. (Coord.). *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México*. México: Instituto Nacional de Evaluación Educativa, pp. 79-92.
- Guzmán, C. (coord.) (2013) *Los estudiantes y la universidad: integración, experiencias e identidades*. México: ANUIES, Dirección de Medios Editoriales.
- Instituto Nacional del Cáncer. NHI. Institutos de Salud de Estados Unidos. *Diccionario sobre el Cáncer*. Obtenido el 20 de junio del 2020 de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/autofagia>
- Jacob, F. (2014). *La lógica de lo viviente. Una historia de la herencia*. Madrid: Tusquets.
- Jiménez-Sánchez, G., Pozas M. et al (2012). *Genómica y Bioeconomía: ventana de oportunidad para el crecimiento económico de México*. México: El Colegio Nacional.
- Jouve, N. (2015). *Las células madre. Alquimia celular para una nueva medicina*. Madrid: Editorial Palabra.

- (2008). *Explorando los genes. Del big-bang a la nueva biología*. Madrid: Ediciones Encuentro.
- Karp, G. (2011). *Biología Celular y Molecular*. México: McGraw Hill.
- Knorr Cetina, K. (2005). *La fabricación del conocimiento. Un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia*. Buenos Aires: Universidad de Quilmes Editorial.
- Kuhn, T. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Larrosa, J. (1995). Tecnologías del yo y educación. Notas sobre la Construcción y la mediación pedagógica de la experiencia de sí. En J. Larrosa (ed.). *Escuela, poder y subjetivación*. Madrid: Ediciones La Piqueta, pp. 259-331.
- Latour, B. y Woolgar, S. (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.
- Lawn, M y Barton, E. (1989) Estudios del currículum: ¿reconceptualización o reconstrucción?, en Gimeno, J. y Pérez Gómez, A. *La enseñanza: su teoría y su práctica*. Madrid: Akal Universitaria. pp. 241-250.
- Lee, T. (2008). *El proyecto Genoma Humano. Rompiendo el código genético de la vida*. España: Gedisa.
- Litwin, E. (2000). *Las configuraciones didácticas. Una nueva agenda para la enseñanza superior*. Buenos Aires: Paidós Educador.
- López, M. (2004). ADN: 1953-2003. La estructura del material genético, en *La revolución genómica: orígenes y perspectivas*. México D. F. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco
- Mayr, E. (2005). *Así es la biología*. México: Debate.
- Merton, R. K. (1977). *La sociología de la ciencia 2*. España: Alianza Editorial.
- Meyer, P. (2015). *Genómica. El acertijo de lo humano*. México: Tusquets.
- Michaud, G. (1979) en Apostel, L. Berger, G. Briggs, A., Michaud, G. (1979). *Interdisciplinariedad. Problemas de la Enseñanza y de la Investigación en las Universidades*. México: Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior.
- Montiel, M. (2014). *Vínculos, transferencias y deseos de saber. Reconstrucción de trayectorias académicas de prestigio: tres casos de la UNAM*. México: Biblioteca de la Educación Superior, ANUIES.
- Morin, E. (2006). *El método 5. La humanidad de la humanidad. La identidad humana*. Madrid: Cátedra.
- Mount, D. W. (2004). Historical Introduction and overview. En *Bioinformatics. Sequence and Genome Analysis*. California: Cold Spring Harbor Laboratory Press, pp. 1-18.
- Namihira, R. (ed.) (2017). *Un recorrido por el Subsistema de la Investigación Científica en el interior del país*. México: Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM.

- Pérez Tamayo, R. (2017). *Diez razones para ser científico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Pinar, W. (2014). *La teoría del currículum*. Madrid: Narcea.  
(1989). La reconceptualización en los estudios del currículum, en Gimeno, J., y Pérez Gómez, A. (1989). *La enseñanza: su teoría y su práctica*. Madrid: Akal Universitaria. pp. 231-240.
- Ramírez, R. (2013). *Cambiar, interrumpir o abandonar. La construcción de experiencias de los jóvenes en su tránsito por una institución de educación superior tecnológica*. México: Biblioteca de la Educación Superior, ANUIES.
- Remedi, E. (2004). "La institución, un entrecruzamiento de textos" en Eduardo Remedi (coord) *Instituciones educativas. Sujetos, historia e identidades*. México: Plaza y Valdés Editores.
- Remedi y Blanco (2016). Devenir científico. Prácticas marginales, instituciones transicionales y figuras de identificación en la conformación de trayectorias consolidadas, en Remedi, E. y Ramírez, R. (coord.). *Los científicos y su quehacer. Perspectivas en los estudios sobre trayectorias, producciones y prácticas científicas*. México: Biblioteca de la Educación Superior, ANUIES.
- Robin, M-M. (2008). *El mundo según Monsanto. De la Dioxina a los OGM: una multinacional que les desea lo mejor*. Buenos Aires: Península.
- Ruiz, R. y Martínez, R. (2012). *Innovación en la educación superior. Hacia las sociedades del conocimiento*. México: Fondo de Cultura Económica. Edición electrónica.
- Sánchez, R. (2014). *Enseñar a investigar. Una didáctica nueva de la investigación en ciencias sociales y humanas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación.
- Sánchez Ron, J. (2011). *El poder de la ciencia. Historia social, política y económica de la ciencia (siglos XIX y XX)*. Barcelona: Crítica.
- Sandel, M. (2020). *La tiranía del mérito ¿Qué ha sido del bien común?* México: Debate.
- Serres, M. (1998). *Historia de las Ciencias*. Madrid: Cátedra.
- Stake, R. (1998). Las preguntas de investigación. En *Investigación con estudios de caso*. Madrid: Ediciones Morata, pp. 24-40.
- Stenhouse, L. (1987). *Investigación y desarrollo del currículum*. Madrid: Morata.
- Taylor, S. y R. Bogdan (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Madrid: Paidós Básica.
- Torres, J. (2000). *Globalización e interdisciplinariedad: el currículum integrado*. Madrid: Morata.
- Vaccarezza, G. y Oliva, K. (2017). Seminario Alemán: una experiencia de aprendizaje y enseñanza de la argumentación. En Jerez, O. y Silva C. (Eds.). *Innovando en educación superior: experiencias clave en Latinoamérica y el Caribe 2016-2017. (Volumen 2: Metodologías activas de enseñanza y aprendizaje)*. 1ª ed. Santiago de Chile: Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile, pp. 217-228.
- Valcourt, J. (2018). *Sistémica. Cómo la biología de sistemas ha revolucionado la medicina moderna*. Madrid: LIBSA.



- Vázquez, R. (2004). *Del aborto a la clonación. Principios de una bioética liberal*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Vela, F. (2001). Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. En M. Tarrés (coord.). *Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. México: FLACSO-Sede Académica de México, Colegio de México, Editorial Miguel Ángel Porrúa, pp. 63-95.
- Vinck, D. (2014). Ciencia y sociedad: una relación compleja. Las ciencias como organización. En *Ciencias y sociedad. Sociología del trabajo científico* Barcelona: Gedisa, pp. 15-50, pp. 81-130.
- Weitzman, J. y M. Weitzman (2018). *50 descubrimientos de la genética para entender nuestros orígenes*. Barcelona: Blume.
- Willis, P. (2008). *Aprendiendo a trabajar. Cómo los chicos de la clase obrera consiguen trabajos de clase obrera*. Madrid: Akal

### **Artículos**

- Aguilar, O. (2017). El *habitus* y la producción de disposiciones. *Miríada*. Año 9, (13): 271-289.
- Alvarado. C. (2014). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales en la educación media superior de México. *RevIU-<https://ojs.unila.edu.vr/ojs/index.php/IMEA/UNILA>* vol. 2, (2), 60-75.
- Animal Research Info (s/f). La clonación de la oveja Dolly. Obtenido el 19 de abril de 2017 de [www.animalresearch.info/es/avances-medicos/linea-de-tiempo/la-clonacion-de-la-oveja-dolly/](http://www.animalresearch.info/es/avances-medicos/linea-de-tiempo/la-clonacion-de-la-oveja-dolly/)
- Avery, O., MacLeod, C. y McCarty M. (1944). Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types. *The Journal of Experimental Medicine* Vol. 79: 137-158. Obtenido el 20 de mayo de 2019 de [ehp.ehponline.org/docs/1999/19990001](http://ehp.ehponline.org/docs/1999/19990001)
- Ávila, F. (2015). Maíz transgénico: ¿solución productiva o ilusión? *La Jornada del campo*. 21 de noviembre. Obtenido el 19 de abril de 2017 de <http://www.jornada.unam.mx/2015/11/21/cam-transgenico.html>.
- Barrios, H. y Losada M. Bioética, saber narrativo y sentido de vida. *Revista Investigaciones Andina* N°34 Vol. 19, noviembre 2018 ISSN 0124-8146.
- Bellver, V. (2016 mayo-agosto). La revolución de la edición genética mediante CRISPR-Cas9 y los desafíos éticos y regulatorios que comporta. *Cuadernos de Bioética*, vol. XXVII, (2): 223-239.
- Bertaux, D. (1999). El enfoque biográfico: su validez metodológica, sus potencialidades. *Proposiciones* 29, e.o. *Cahiers Internationaux de Sociologie*, Vol. LXIX, París, 1980: 197-225.
- Blattner, F. R., Plunkett, G., Bloch, C. A., Perna, N. T., Burland, V., Riley M, Collado-Vides et al (1997). The complete genome sequence of *Escherichia coli* K-12. *Science*, 277 (5331): 1435-1462.
- Broncano, F. (2011, junio). Fronteras que están dentro. *Lychnos*, 5. *Cuadernos de la Fundación General del Consejo Superior de Investigación*. Obtenido el 22 de

agosto de 2018 de [http://www.fgcsic.es/lychnos/es\\_es/tribuna/investigacion\\_de\\_frontera\\_traer\\_un\\_futuro\\_al\\_presente](http://www.fgcsic.es/lychnos/es_es/tribuna/investigacion_de_frontera_traer_un_futuro_al_presente)

- Brunner, J-J. (2012). La idea de universidad en tiempos de masificación. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, Vol. III, (7): 130-143. Obtenido el 30 de agosto de 2019 de <http://ries.universia.net/index.php/ries/article/view/228>
- Cañedo, R., Arancibia R. (2004, noviembre-diciembre). Bioinformática: en busca de los secretos moleculares de la vida. *ACIMED* v. 12, n. 6. Obtenido el 5 de marzo de 2019 de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352004000600002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000600002).
- Carrasco, A., Rolling K. (2011, octubre-diciembre). Leer y escribir en el doctorado o el reto de formarse como autor de ciencias. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, Vol. 16, (51): 1227-1251.
- Casanova, H. (2016). “La UNAM entre el 2000 y el 2015: de la crisis a la estabilidad institucional” en Hugo Casanova Cardiel (coord.) *La UNAM y su historia: una mirada actual*. México: IISUE-UNAM: 247-275.
- (2013). “La UNAM y su gobierno en cuatro décadas (1970-2010)” en *El siglo de la UNAM. Vertientes ideológicas y políticas del cambio institucional*. México: UNAM. Seminario de Educación Superior.
- (2009). *La Reforma Universitaria y el Gobierno de la UNAM. Entre la emancipación y la innovación*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Seminario de Educación Superior, Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación, Miguel Ángel Porrúa.
- Casanova, H. y Rodríguez-Gómez, R (2000). “El conflicto de la UNAM 1999-2000 ¿los límites de la reforma? *Revista CIPEDES*, Campinas, UNICAMP, Vol. 5, Nº 3: 16-23.
- Charpentier, E., Doudna, J. et al (2012, agosto). A programmable dual RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science*, 337 (6096): 816-821. Obtenido el 30 de agosto de 2017 de [A programmable dual RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity \(nih.gov\)](http://www.nih.gov)
- Chauvet, M. y Massieu Y. (2015) Maíz transgénico en México: los productores lo necesitan. *La Jornada del Campo*, 21 de noviembre de 2015. Obtenido el 18 de octubre de 2016 de <https://www.jornada.com.mx/2015/11/21/cam-maiz.html>.
- Chavarría, R. (2003, 23 de junio). Ciencias Genómicas, nueva licenciatura en la UNAM. En *Gaceta UNAM*, Número 3,643: 21-23. Obtenido el 15 de octubre de 2016 de [CIENCIAS GENÓMICAS, NUEVA LICENCIATURA EN LA UNAM. PRIMERA EN AL | UNIVERSITARIO | Gaceta UNAM \(2000-2009\)](http://www.gaceta.unam.mx)
- Collins, F., Green, E., Guttmacher, A., Guyer, M. (2003, abril). Una visión para el futuro de la investigación genómica. *Nature* 422: 835-847. Obtenido el 18 de agosto de 2018 de [https://www.nature.com/articles/nature01626](http://www.nature.com/articles/nature01626).
- Cong, L., Ran, F., Cox, D., Lin, S. et al (2013, febrero). Ingeniería del genoma multiplex con sistema CRISPR/CAS. *Science*, Vol. 339, 6121: 819-823. Obtenido el 30 de agosto de 2018 de [Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems - PubMed \(nih.gov\)](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)

- Corral, M. (2016). Biotecnología. Polémica entre expertos. La guerra de los transgénicos. Ciencia. *Diario El Mundo*. Obtenido el 17 de junio de 2017 de [www.elmundo.es/ciencia/2016/06/01/574df0b546163f9d2c8b4621.html](http://www.elmundo.es/ciencia/2016/06/01/574df0b546163f9d2c8b4621.html)
- Cruz A. (2001). Crean Sociedad en Ciencias Genómicas. *Reforma*, 28 de febrero de 2001.
- Curtis, Barnes, Schnek, Massarini (2008). *Curtis Biología*. Editorial Médica Panamericana. Obtenido de <http://www.curtisbiologia.com/b1981-1982>
- De Garay, A., Miller, D. (2016, mayo-agosto). Una misma institución, estudiantes diferentes. Los universitarios de nuevo ingreso de las unidades Azcapotzalco y Cuajimalpa de la UAM. *Sociológica*, año 31, num. 88: 95-140.
- Domínguez, N. (2018). Emmanuelle Charpentier: 'No debemos usar la edición genética para crear humanos mejorados'. *El País*, 1 de octubre de 2018. Obtenido el 20 de mayo de 2019 de [https://elpais.com/elpais/2018/10/01/ciencia/1538376843\\_872476.html](https://elpais.com/elpais/2018/10/01/ciencia/1538376843_872476.html).
- Enciso, A. Poy, L. y Pérez, M. (2007). Controlan 10 empresas 95 por ciento del mercado mundial de semillas. *La Jornada*. Obtenido el 7 de junio de 2017 de <http://www.jornada.unam.mx/2007/02/06/index.php?section=sociedad&article=042n1soc>.
- Exteberria, A. y Umerez, J. (2006). Organismo y organización en la biología teórica: ¿vuelta al organicismo? *Ludus Vitalis*, vol. XIV, 26: 3–38. Obtenido el 20 de junio de 2019 de <http://ludus-vitalis.org/ojs/index.php/ludus/article/viewFile/426/428>.
- Fernández, E. (2014). ¿Qué son los animales transgénicos? Obtenido el 3 de julio de 2017 de [https://www.teinteresa.es/ciencia/animales-transgenicos\\_0\\_1128489010.html](https://www.teinteresa.es/ciencia/animales-transgenicos_0_1128489010.html)
- Figuroa, C. (2016). El Seminario alemán, aporte pedagógico e investigativo en la formación del docente colombiano. *Educação & Formação, Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Estadual do Ceará*, Volumen 1, Nº 1: 3-37.
- Follari, R. (2013, septiembre-diciembre). Acerca de la interdisciplina: posibilidades y límites. *Interdisciplina* Volumen I, núm. 1: 111-130. Obtenido el 3 de julio de 2017 de [Acerca de la interdisciplina: posibilidades y límites | Follari | INTERdisciplina \(unam.mx\)](http://www.unam.mx/interdisciplina/posibilidades-y-limites-follari)
- (2012). La interdisciplina en la docencia. *Polis*. Obtenido el 30 de septiembre de 2016 de <http://polis.revues.org/4586>
- Foucault, M. (1988, jul.-sep.). El sujeto y el poder. *Revista Mexicana de Sociología*, Vol. 50, (3): 3-20.
- Franco, M., Cediell y J., Payán, C. (2008, enero-marzo). Breve historia de la bioinformática. *Revista Colombia Médica*, Vol. 39, (1):117-120. Obtenido el 15 de marzo de 2019 de <http://www.bioline.org.br/pdf?rc08015>
- García, R. (2011). Interdisciplinariedad y sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 1, 1. Obtenido el 30 de agosto de 2017 de [http://www.memori.fahce.unlp.edu.ar/art\\_revistas/pr.4828/pr.4828.pdf](http://www.memori.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4828/pr.4828.pdf)

- Giono, L. (2017). CRISPR / Cas9 y la terapia génica. *Medicina*, Vol. 77, Nº 5: 405-409. Obtenido el 18 de mayo de 2018 de <https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/65701/giono.pdf?sequence=5>.
- González, V., Bustos, P. et al (2003). La estructura de mosaico del plásmido simbiótico de *Rhizobium etli* CFN42 y su relación con otros compartimentos del genoma simbiótico. *Genome Biology* 4: R36. Obtenido el 12 de noviembre de 2018 de <https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/gb-2003-4-6-r36>.
- González, A., Ávila, J. (2014, mayo-agosto). El maíz en Estados Unidos y en México. Hegemonía en la producción de un cultivo. *Argumentos*, 27. Obtenido el 6 de julio de 2017 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=59533233010>>ISSN
- Greenpeace (s/f). ¿Qué sabes de los transgénicos? Obtenido el 7 de junio de 2017 de <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/transgenicos/que-sabes-de-los-transgenicos-2.pdf>.
- Grupo ETC (2015). Amenazas a la seguridad y la resiliencia alimentarias. Obtenido el 7 de junio de 2017 de [http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/etcgroup\\_agmegamerger\\_spa24sept2015.pdf](http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/etcgroup_agmegamerger_spa24sept2015.pdf).
- Guadix, J., Zugaza, J. et al (2017, 10 de mayo). Características, aplicaciones y perspectivas de las células madre mesenquimales en terapia celular. *Medicina Clínica*, Vol. 148: 408-414. Obtenido el 28 de julio de 2017 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025775316306820>.
- Guzmán, C. (2017, abril-junio). Las nuevas figuras estudiantiles y los múltiples sentidos de los estudios universitarios, *Revista de la Educación Superior*, Vol. XLVI (2), núm. 182: 71-87.
- Guzmán, C. y Serrano, O. (2011, enero-marzo). Las puertas del ingreso a la educación superior: el caso del concurso de selección a la licenciatura de la UNAM, *Revista de Educación Superior*. Vol. XL (I), Nº 157: 31-53.
- Hernández, G. (2003, noviembre). El Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno. *Universidad de México*: 65-68. Obtenido el 14 de febrero de 2013 de [www.revistadelauniversidad.unam.mx/ojs\\_rum/files/journals/1/articles/15930/public/15930-21328-1-PB.pdf](http://www.revistadelauniversidad.unam.mx/ojs_rum/files/journals/1/articles/15930/public/15930-21328-1-PB.pdf)
- Hershey, A.D. y Chase, M. (1952). Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage. *Journal of General Physiology*. 36: 39-56.
- Jiménez Sánchez, G. (2004, marzo-abril). El genoma humano. Implicaciones de la medicina genómica en México. *Gaceta Médica de México* vol. 140, 2. Obtenido el 3 de agosto de 2017 de [VII. El genoma humano. Implicaciones de la medicina genómica en México \(scielo.org.mx\)](http://www.vii.org.mx/VII.El%20genoma%20humano.Implicaciones%20de%20la%20medicina%20gen%C3%B3mica%20en%20M%C3%A9xico%20(scielo.org.mx))
- Jiménez Sánchez, G., Valdéz, J. y Soberón G. (2002). Desarrollo de la Medicina Genómica en México. *Este país*. 139: 17-23. Obtenido el 20 de noviembre de 2018 de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=3049600&pid=S0016-3813200400020003300015&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=3049600&pid=S0016-3813200400020003300015&lng=es)
- Jiménez-Sánchez, G., Silva-Zolezzi, I., Hidalgo, A. y March, S. (s/f) La medicina genómica en México: Los primeros pasos y el camino por recorrer. *Genome Research*, 1191. Obtenido el 3 de junio de 2017 de [www.genome.org](http://www.genome.org)

- Lammoglia-Cobos, M., Lozano-Reyes, R., García, C. et al (2016, mayo-agosto). La revolución en ingeniería genética: sistema CRISPR/Cas. *Medigraphic*, Vol. 5, 2: 116-128. Obtenido el 20 de mayo 2017 de <https://www.medigraphic.com/pdfs/invdiss/ir-2016/ir162e.pdf>.
- Liendo, O. (2016). A 20 años de la oveja Dolly: por qué la clonación no ha sido lo que esperábamos. *Univisión Noticias*. Obtenido el 19 de abril de 2017 de <https://www.univision.com/noticias/genetica/a-20-anos-de-la-oveja-dolly-por-que-la-clonacion-no-ha-sido-lo-que-esperabamos>
- López, Á. (2007) "Transforman células de la piel humana en células madre como las embrionarias" *Salud*. España. *elmundo.es* 21-11-2007. Disponible en: <http://www.elmundo.es/elmundosalud/2007/11/20/biociencia/1195572777.html>  
(2013, 15 de mayo). La clonación terapéutica por fin se consigue en humanos. *El Mundo*. Obtenido el 21 de abril de 2017 de <https://www.elmundo.es/elmundosalud/2013/05/15/biociencia/1368633318.html>  
(2007, 21 de noviembre). Transforman células de la piel humana en células madre como las embrionarias. *El mundo*. Obtenido el 2 de agosto de 2019 de <http://www.elmundo.es/elmundosalud/2007/11/20/biociencia/1195572777.html>
- López, F. (2015, julio-agosto). CRISPR, el sueño divino hecho realidad. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, Vol. 58, (4): 55-58. Obtenido el 30 de noviembre de 2018 de <http://www.scielo.org.mx/pdf/facmed/v58n4/2448-4865-facmed-58-04-00055.pdf>.
- López, P. (2018, 28 de mayo). Investigación de frontera hecha por jóvenes científicos. *Gaceta UNAM*. Obtenido el 30 de noviembre de 2018 de <http://www.gaceta.unam.mx/investigacion-de-frontera-hecha-por-jovenes-cientificos/>
- Marín, C. (2017, 17 de febrero). La técnica del CRISPR tiene dueño... por ahora. *El Mundo*. Obtenido el 17 de junio de 2018 de <https://www.elmundo.es/salud/2017/02/17/58a6e6bd22601d1d328b45ff.html>.
- Massieu, Y. y Lechuga J. (2002). El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Análisis económico*, XVII, segundo semestre. Consultado el 6 de junio de 2017 de <http://www.redalyc.org/articuloa?id=41303610>ISSND185-3937>
- Mendoza, L. (2010). Proyecto Genoma Humano y medicina genómica en México: su efecto en instituciones y organismos, en lo político y en la sociedad. *Casa del Tiempo*, 35, septiembre 2010. Obtenido el 3 de marzo de 2017 de [http://www.uam.mx/difusion/casadel tiempo/35\\_iv\\_sep\\_2010/casa\\_del\\_tiempo\\_eIV\\_num35\\_29\\_33.pdf](http://www.uam.mx/difusion/casadel tiempo/35_iv_sep_2010/casa_del_tiempo_eIV_num35_29_33.pdf)
- Morán, A. (2015, 14 de agosto). Más investigaciones con CRISPR. *Dciencia. Ciencia para todos*. Obtenido el 15 de agosto de 2019 de <http://www.dciencia.es/mas-investigaciones-con-crispr/> .  
(2017) ¿Qué es la tecnología CRISPR-Cas9 y cómo nos cambiará la vida? Novedades sobre CRISPR. *Dciencia. Ciencia para todos*. [Obtenido el 20 de febrero de 2018 de http://www.dciencia.es/novedades-sobre-crispr/](http://www.dciencia.es/novedades-sobre-crispr/).
- Mora, O. (2005). Las políticas educativas en América Latina: un análisis de la educación superior desde la visión de la banca multilateral. *Revista Apuntes del CENES*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Obtenido el 3 de agosto

- de 2017 de [Las políticas educativas en América Latina: un análisis de la educación superior desde la visión de la banca multilateral \(dotec-colombia.org\)](http://dotec-colombia.org)
- Moro, O. (2003). ¿Qué es un dispositivo? *Empiría Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, num. 6: 29-46.
- Núñez, J. (2015). La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar. *Organización de Estados Iberoamericanos- Programación – CTS+I – Sala de lectura* (30/3/2015). Obtenido el 3 de junio de 2017 de <http://www.campus-oei.org/salactsi/nunez01.htm>
- Palacios, R. y Collado-Vides, J. (2007, septiembre). El desarrollo de las ciencias genómicas en México: un buen comienzo y un largo camino por recorrer. *Divulgación de las ciencias genómicas*, Vol. 3. Obtenido el 23 de junio de 2017 de <http://www.divulgación.ccg.unam.mx>
- Palazio, E. (2014, abril-julio). Michel Foucault y el saber poder. *Revista Humanismo y Cambio Social*, num. 3, año 2. Obtenido el 23 de junio de 2017 de <https://www.lamjol.info/index.php/HCS/article/view/4906>
- Penders, B., Horstman, K. y Vos, R. (2008). Caminando en el límite entre el laboratorio y la computación: la zona “húmeda”. *BioScience*, Volumen 58, Número 8: 747-755. Obtenido el 3 de junio de 2017 de <https://doi.org/10.1641/B580811>
- Pérez, J. (2010). El seminario alemán una estrategia pedagógica para el estudiante. *Revista Cultura, Educación y Sociedad*, Volumen 1, N° 1: 107-112.
- Piña, C. y A. Seife (2012). El seminario como forma de organización de la enseñanza. *Revista Medisur*, Vol. 10, N° 2: 109-116.
- Pozzi, S. (2016, 12 de septiembre). Monsanto recibe una nueva oferta mejorada de Bayer. *El País*. Obtenido el 6 de junio de 2017 de [https://economia.elpais.com/economia/2016/09/06/actualidad/1473125585\\_208926.html](https://economia.elpais.com/economia/2016/09/06/actualidad/1473125585_208926.html).
- Quesada, L., León, C. et al (2017, mayo). Células madre: una revolución en la medicina regenerativa. *Medisan*, Vol. 21, 5. Obtenido el 20 de junio de 2018 de <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v21n5/san09215.pdf>.
- Razo, A. (2018). La reforma integral de la educación media superior en el aula: política, evidencia y propuestas. *Perfiles Educativos*, vol. XL, num. 159.
- Rey, J. (2011, junio). Investigación de frontera: traer futuro al presente. *Lychnos*. N° 5, *Cuadernos de la Fundación General Consejo Superior de Investigación Científica*. Obtenido el 22 de agosto de 2018 de [http://www.fgcsic.es/lychnos/es\\_es/tribuna/investigacion\\_de\\_frontera\\_traer\\_un\\_futuro\\_al\\_presente](http://www.fgcsic.es/lychnos/es_es/tribuna/investigacion_de_frontera_traer_un_futuro_al_presente)
- Rodríguez, R. (2015). La elección de rector de la UNAM en 1999. *Campus Milenio*, Número 625, 5. Obtenido el 24 de octubre de 2017 de <https://www.ses.unam.mx/publicaciones/articulos.php?proceso=visualiza&idart=2159>
- Rosas, R, Maldonado, A. (2018). Los aprendices de brujos o los primeros acercamientos hacia la investigación. Un estudio sobre el programa del Verano de la Investigación Científica. *Revista de la Educación Superior*, 47 (187), 35-56. Obtenido el 3 de junio de 2019 de [Revista185\\_S2A2EN.pdf \(anuies.mx\)](http://Revista185_S2A2EN.pdf)

- Rodríguez-Pardo, V. (2005). Células madre: conceptos generales y perspectivas de investigación. *Universitas Scientiarum*, Vol. 10: 5-14. Obtenido el 3 de julio de 2017 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49910101>
- Romeu, C. (2016). Redescubriendo los transgénicos: plagas y malas hierbas. *Principia*. Obtenido el 4 de julio de 2017 de [principia.io/2016/01/14/redescubriendo-los-transgenico-plagas-y-malas-hierbas.ljlyMCI](http://principia.io/2016/01/14/redescubriendo-los-transgenico-plagas-y-malas-hierbas.ljlyMCI).
- RTVE, Agencias (2012, 8 de octubre). John B. Gurdon y Shinya Kamanaka, premio Nobel de Medicina por estudios con células madre. *RTVE, Noticias. Ciencia y Tecnología*. Obtenido el 6 de junio de 2017 de <http://www.rtve.es/noticias/20121008/john-gurdon-shinya-yamanaka-premio-nobel-medicina-2012/568521.shtml>.
- Silva, M. (2011). El primer año universitario. Un tramo crítico para el éxito académico. *Perfiles Educativos*, vol. XXXIII: 102-114.
- SINC (2017, 16 de febrero). La batalla por la patente de CRISPR ya tiene un primer ganador. *Scientific American. Español*. Obtenido el 17 de junio de 2019 de <https://www.scientificamerican.com/espanol/noticias/la-batalla-por-la-patente-de-crispr-ya-tiene-un-primer-ganador/>.
- Suleng, K. (2017, 5 de julio). Me parece criminal que se siga diciendo que los transgénicos son peligrosos. Entrevista a Richard J. Roberts, biólogo molecular. *El País*. Obtenido el 20 de julio de 2019 de [https://elpais.com/elpais/2017/07/04/ciencia/1499183349\\_915192.html](https://elpais.com/elpais/2017/07/04/ciencia/1499183349_915192.html)
- Thomson, J., Itskovitz-Eldor J., Shapiro S., Waknitz, M., Swiergiel J. et al (1998, 6 de noviembre). Embryonic Stem Cell Lines Derived from Human Blastocysts. *Science*, Vol. 282. Issue 5391: 1145-1147. Obtenido el 3 de junio de 2017 de [www.science.sciencemag.org/content/282/5395/1823.6](http://www.science.sciencemag.org/content/282/5395/1823.6)
- Toledo, V. M. (2009). ¿Otro mundo es realmente posible? Reflexiones frente a la crisis. *Papeles*, 105. Obtenido el 3 de junio de 2017 de <https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/>
- Watson, J. y Crick F. (1953). Molecular structure of nucleic acids. *Nature*, 171: 737-738.

### **Tesis de grado**

- Barrón, J. R. (2017) *Tensiones en el proceso de formación en la Licenciatura de Biología Experimental de la Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Especialidad en Investigación Educativa, DIE-Cinvestav. Ciudad de México.
- Coltell, Ò. (2004). *Integración de la Bioinformática en la investigación genómica cardiovascular: aplicaciones en el Framingham Heart Study*. Tesis doctoral. Universitat Jaume I. Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales. Castellón. Obtenido el 3 de junio de 2017 de [Microsoft Word - Tesis BIOINFORMATICA Borrador Ver 0,79.doc \(tdx.cat\)](http://www.uji.es/tesis/coltell/coltell_04_01_2004/Microsoft%20Word%20-%20Tesis%20BIOINFORMATICA%20Borrador%20Ver%200,79.doc%20(tdx.cat))
- Lara, F. (2015). *La cantera de la ciencia. El caso de la Licenciatura en Biología Experimental de la Universidad Autónoma Metropolitana–Unidad Iztapalapa*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Especialidad en Investigación Educativa, DIE-Cinvestav. Ciudad de México.

- Meneses, M. (2012). *Memorias de la Huelga Estudiantil en la UNAM 1999 - 2000*. Tesis para obtener el grado de doctora en Ciencias Políticas y Sociales (Orientación Sociología). México. Obtenido el 20 de noviembre de 2018 de [https://ses.unam.mx/curso2018/materiales/Meneses2012\\_MemoriasDeLaHuelgaEstudiantil.pdf](https://ses.unam.mx/curso2018/materiales/Meneses2012_MemoriasDeLaHuelgaEstudiantil.pdf)
- Rivera, S. (2016). *Una tribu académica en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Especialidad en Investigación Educativa. DIE-Cinvestav-IPN. Ciudad de México.
- Vergara, A. (2015). *Factores que intervienen en la conformación y consolidación de grupos científicos en México: el caso del Instituto de Biotecnología (IBt) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Especialidad en Investigación Educativa, DIE-Cinvestav. Ciudad de México.

### Conferencias

- Bernal, M. L. (2015). *La era de las ciencias ómicas*. Colegio oficial de Farmacéuticos de Zaragoza. Zaragoza, España. Obtenido el 3 de julio de 2017 de [Documento73.pdf \(academiadefarmacidearagon.es\)](#)
- Márquez, M. (s/f). La Unidad Académica de Ciclos Profesionales y del Posgrado del CCH: una experiencia de vinculación institucional, de docencia y de investigación. Ponencia presentada en el *Primer Encuentro Nacional sobre Innovaciones en Educación Superior de México*; Tema 4, Organización Académica y/o experiencias integrales de innovación.
- Morin, E. (2001). Sobre la interdisciplina. Discurso inaugural del Primer Congreso Internacional de Transdisciplinariedad. Obtenido el 3 de julio de 2017 de [SOBRE LA INTERDISCIPLINARIEDAD \(unam.mx\)](#)
- Veiga, A. (2013). Conferencia 'Human Pluripotent Stem Cells'. Centro de medicina Regenerativa de Barcelona. Institut Universitari Dexeus. Barcelona. Obtenido el 28 de junio de 2017 de [https://youtube.com.watch?v=8OLOoaaP9s](https://youtube.com/watch?v=8OLOoaaP9s)

### Documentos normativos

- Acta constitutiva de la Sociedad Mexicana de Ciencias Genómicas. Escritura N° 25, 205, volumen 535. Obtenido el 3 de junio de 2019 de [Sociedad Mexicana de Ciencias Genómicas \(unam.mx\)](#)
- Boletín UNAM-DGCS-481 (2003, 20 de junio). Banco de Boletines. Antigua Escuela de Medicina.
- Declaración de Bolonia. Espacio Europeo de Enseñanza Superior. Declaración conjunta de los ministros europeos de enseñanza*. (1999, 19 de junio). Bolonia. Obtenido el 23 de noviembre de 2017 de <http://eees.umh.es/contenidos/Documentos/DeclaraciónBolonia.pdf>
- Ley de Ciencia y Tecnología*. (2002, 5 de junio). Diario Oficial de la Federación. México.
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Obtenido el 22 de junio de 2017 de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>



- Organización de las Naciones Unidas. (2000). *Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre Diversidad Biológica*. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Montreal. Obtenido el 26 de junio de 2017 de <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/cartagena-protocolo-es.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2011). *Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación justa y Equitativa en los Beneficios que se Deriven de su Utilización del Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica. Montreal. Obtenido el 1ero de julio de 2017 de <https://www.cdb.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-es.pdf>
- UNAM. Plan y programas de estudio de la Licenciatura en Ciencias Genómicas, 2008. Disponible en: [https://escolar1.unam.mx/planes/inst\\_biotecnología/cien\\_gen](https://escolar1.unam.mx/planes/inst_biotecnología/cien_gen) Consultado en abril de 2015.
- UNAM. (2005, 18 de septiembre). *Reglamento General para la Presentación, Aprobación, Evaluación y Modificación de planes de estudio, UNAM. Gaceta UNAM*. Obtenido el 23 de noviembre de 2018 de [http://www.abogadogeneral.unam.mx/legislacion/abogen/documento.html?doc\\_id=85](http://www.abogadogeneral.unam.mx/legislacion/abogen/documento.html?doc_id=85).
- UNAM. (1999). *Reglamento General de Pagos* Compendio de Legislación Universitaria. Obtenido el 21 de noviembre de 2018 de [abogadogeneral.unam.mx/PDFS/COMPENDIO/285.PDF](http://www.abogadogeneral.unam.mx/PDFS/COMPENDIO/285.PDF)
- UNAM. (2014, 2 de junio). *Normatividad Académica de la UNAM. Reglamento General de Estudios Universitarios. Gaceta UNAM*. Obtenido el 23 de noviembre de 2018 de [http://www.abogadogeneral.unam.mx/legislacion/abogen/documento.html?doc\\_id=68](http://www.abogadogeneral.unam.mx/legislacion/abogen/documento.html?doc_id=68).
- UNAM. (2003, 6 de octubre). *Docencia y Planes de estudio. Marco Institucional de docencia*. Aprobado por la Comisión de Trabajo Académico del CU. *Gaceta UNAM*. Obtenido el 23 de noviembre de 2018 de [http://www.abogadogeneral.unam.mx/legislacion/abogen/documento.html?doc\\_id=44](http://www.abogadogeneral.unam.mx/legislacion/abogen/documento.html?doc_id=44).
- UNAM. (2015, 5 de febrero). *Lineamientos Generales para el Funcionamiento de los Estudios de Licenciatura, UNAM. Gaceta UNAM*. Obtenido el 23 de noviembre de 2018 de [http://www.abogadogeneral.unam.mx/legislacion/abogen/documento.html?doc\\_id=79](http://www.abogadogeneral.unam.mx/legislacion/abogen/documento.html?doc_id=79).
- UNAM. Biomédicas. (2002). Plan de estudios. Licenciatura en Investigación Biomédica Básica. Obtenido el 20 de octubre de 2015 de <https://www.biomedicas.unam.mx/oferta-educativa/licenciatura/plan-de-estudios/>
- UNAM. Biomédicas. (2003). Plan de estudios de la Licenciatura en Ciencias Genómicas, 2003.
- UNAM. Biomédicas. (2009). Plan de estudios de la Licenciatura en Ciencias Genómicas, 2009.

- UNAM. (1976). Reglamento de la Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y de Posgrado del Colegio de Humanidades y Ciencias Sociales (UACPyP, 1976).
- UNESCO. (2009). Conferencia Mundial de Educación Superior. *Las Nuevas Dinámicas de la Educación Superior y de la Investigación para el cambio Social y el Desarrollo*. Obtenido el 30 de septiembre de 2017 de [https://pep.unc.edu.ar/wp-content/uploads/sites/46/2017/04/Declaracion\\_conferencia\\_Mundial\\_de\\_Educacion\\_Superior\\_2009.pdf](https://pep.unc.edu.ar/wp-content/uploads/sites/46/2017/04/Declaracion_conferencia_Mundial_de_Educacion_Superior_2009.pdf)
- UNESCO. (1998). Conferencia Mundial sobre la Educación Superior. *Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción. Marco de acción prioritaria para el cambio y el desarrollo de la educación superior*. Obtenido el 5 de octubre de 2018 de [http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration\\_spa.htm](http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm).
- UNESCO. (1997). *Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos*. Instrumentos Normativos. Obtenido el 28 de julio de 2017 de [http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL\\_ID=13177&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=13177&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)

### **Plan de Desarrollo Institucional e Informes de gestión**

- Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno (2001). Memoria 2001. Obtenido el 30 de junio de 2015 de [www.planeacion.unam.mx/unam40/2001/pdf/cifn.pdf](http://www.planeacion.unam.mx/unam40/2001/pdf/cifn.pdf).
- Sohlenkamp, C. (2021) *Informe de labores 2017 a 2021*. Centro de Ciencias Genómicas. Campus Morelos, UNAM.
- CONACyT. (2019, julio). *Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*.
- CONACyT. (2016). Inversión en actividades científicas y tecnológicas. En *Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*, pp. 17-38. México: CONACyT.
- De la Fuente, R. Informe Anual de Actividades. *Memoria de la UNAM 2000-2017*, Dirección General de Planeación, UNAM. Obtenido el 25 de noviembre de 2018 de <http://www.planeacion.unam.mx/Memoria/>
- De la Fuente, R. (2007) Visión Institucional del Avance Académico. Informe Anual de Actividades. *Memoria de la UNAM 2000-2017*, Dirección General de Planeación, UNAM. Obtenido el 7 de noviembre de 2015 de <http://www.planeacion.unam.mx/Memoria/>
- FAO (2014). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La innovación en la agricultura familiar*. 2014. Roma. Obtenido el 1 de julio de 2017 de [www.fao.org/publications/sofa/2014/es/](http://www.fao.org/publications/sofa/2014/es/).
- FAO, FIDA, PMA. (2015). *El estado de inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos*. Roma. Obtenido el 3 de julio de 2017 de [www.fao.org/poblications](http://www.fao.org/poblications)
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (2016). *Global Status of Comercializad Biotech/GM Crops: 2016*. Brief 52. New York: Ithaca. Obtenido el 3 de julio de 2017 de [www.isaaa.org/inbrief/default.asp](http://www.isaaa.org/inbrief/default.asp).

- Narro, J. (2008). *Plan de Desarrollo 2008–2011, Universidad Nacional Autónoma de México*. Dirección General de Planeación. *Memoria de la UNAM 2000-2017*. Obtenido el 25 de noviembre de 2018 de <http://www.planeacion.unam.mx/Memoria/>
- UNAM. *Memorias UNAM 1996, 1997, 2000, 2014 al 2017*. Obtenido el 25 de noviembre de 2018 de <http://www.planeacion.unam.mx/Memoria/>
- UNAM. Memoria UNAM 2001 Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno [www.planeacion.unam.mx/unam40/2001/pdf/cifn.pdf](http://www.planeacion.unam.mx/unam40/2001/pdf/cifn.pdf)
- UNAM. *Memoria UNAM/IBt, 2020*. Obtenido el 21 de noviembre de 2018 de <http://www.planeacion.unam.mx/Memoria/>
- UNAM. Coordinación de Investigación Científica (2015). *La ciencia en la UNAM 2015 a través del Subsistema de la Investigación Científica*. México: UNAM.

### **Otros documentos**

- Acta constitutiva de la Sociedad mexicana de ciencia genómica*. Escritura N° 25,205, volumen 535, p. 181.
- Bargas, J., Camacho, R., Durán, A. (s/f). *Diagnóstico del Plan de estudios 2002-2010. Licenciatura en Investigación Biomédica Básica. IIB, IFC, FM*. Obtenido el 12 de abril de 2015 de <http://www.facmed.unam.mx/fm/diagnostico/libb.pdf>.
- Carrillo, I. (2014). Entrevista a Elena Álvarez-Buylla. *Los observadores Transgénicos. Azteca Opinión*. Obtenido el 19 de junio de 2017 de <https://www.youtube.com/watch?v=ABqGC4r8UnE>.
- Guía de estudios para el concurso de selección para ingresar a la Licenciatura en Ciencias Genómicas. Obtenido el 30 de marzo de 2016 de <https://intranet.lcg.unam.mx/es/guia>.
- Hacia una Agenda Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación* (2010). Obtenido el 3 de junio de 2017 de [www.foroconsultivo.org.mx/documentos/agenda\\_nal\\_cti\\_extenso\\_260912.pdf](http://www.foroconsultivo.org.mx/documentos/agenda_nal_cti_extenso_260912.pdf)
- Laureados Carta de Apoyo a la Agricultura de precisión (OGM) (2016, 29 de junio). Obtenido el 20 de julio de 2017 de [www.supportprecisionagriculture.org/nobel-laurate-gmo-letter\\_rjr.html](http://www.supportprecisionagriculture.org/nobel-laurate-gmo-letter_rjr.html)
- Video promocional. *La Licenciatura en ciencias genómicas: más allá de la biotecnología y de la genética*. Obtenido el 3 de junio de 2019 de <https://www.youtube.com/watch?v=CFUMfr117z8>

### **Páginas Web**

- AgroBIO México. Revisada el 3 de junio de 2017. Disponible en <http://www.agrobiomexico.org.mx/>
- Centro de Ciencias Genómicas–UNAM Unidad Morelos. Revisada el 3 de junio de 2017. Disponible en <https://www.ccg.unam.mx/>
- Video promocional *La Licenciatura en Ciencias Genómicas: más allá de la biotecnología y de la genética*. <https://www.youtube.com/watch?v=CFUMfr117z8>

## ANEXO

Tabla I. Total de ingreso por generación y género a la LCG. Periodo 2003-2014

Género Generación	Hombres		Mujeres		Total
		%		%	
2003/1 <sup>a</sup>	16	45.7	19	54.3	35
2004/ 2 <sup>a</sup>	11	39.3	17	60.7	28
2005/ 3 <sup>a</sup>	21	56.7	16	43.3	37
2006/ 4 <sup>a</sup>	18	45	22	55	40
2007/ 5 <sup>a</sup>	23	65.7	12	34.3	35
2008/ 6 <sup>a</sup>	18	62	11	38	29
2009/ 7 <sup>a</sup>	14	66.6	7	33.4	21
2010/ 8 <sup>a</sup>	11	52.4	10	47.6	21
2011/ 9 <sup>a</sup>	11	45.8	13	54.2	24
2012/ 10 <sup>a</sup>	13	62	8	38	21
2013/ 11 <sup>a</sup>	14	70	6	30	20
2014/ 12 <sup>a</sup>	10	56	8	44	18
<b>Total</b>	<b>180</b>	<b>54.7</b>	<b>149</b>	<b>45.3</b>	<b>329</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Unidad de Administración Escolar de la LCG.

Tabla II. Edad de ingreso de los alumnos a la LCG por generación. Periodo 2004-2014

Generación Edad	2004 2 <sup>a</sup>	2005 3 <sup>a</sup>	2006 4 <sup>a</sup>	2007 5 <sup>a</sup>	2008 6 <sup>a</sup>	2009 7 <sup>a</sup>	2010 8 <sup>a</sup>	2011 9 <sup>a</sup>	2012 10 <sup>a</sup>	2013 11 <sup>a</sup>	2014 12 <sup>a</sup>	Total
17-19	26	34	35	33	27	21	21	24	21	20	18	280
20-22	1	3	5	2	2	0	0	0	0	0	0	13
23 y más	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>29</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>294</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por la Unidad de Administración Escolar de la LCG.

Tabla III. Estudiantes por entidad federativa y generación. Periodo 2004-2014

Generación	2004 2ª	2005 3ª	2006 4ª	2007 5ª	2008 6ª	2009 7ª	2010 8ª	2011 9ª	2012 10ª	2013 11ª	2014 12ª	Total
<i>Entidad de origen</i>												
Baja California (N)	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3
Chiapas	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3
Coahuila	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	3
Colima	0	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	5
CDMX	15	18	16	16	15	7	8	11	6	8	11	131
Edo. de México	3	2	6	5	3	5	5	5	5	1	2	42
Guanajuato	0	1	1	3	1	1	3	0	1	1	0	12
Guerrero	0	1	0	1	0	0	0	2	2	0	0	6
Hidalgo	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Jalisco	0	0	2	2	1	0	0	0	0	2	0	7
Morelos	8	3	8	2	2	1	2	0	2	0	3	31
Michoacán	1	2	1	2	3	1	0	1	0	2	0	13
Oaxaca	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Puebla	0	2	1	0	1	1	1	0	3	1	0	10
Querétaro	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
Quintana Roo	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
San Luis Potosí	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4
Sinaloa	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
Sonora	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Veracruz	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	4
Yucatán	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Otras*	0	1	1	0	0	2	0	0	1	0	1	6
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>29</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>294</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por la Unidad de Administración Escolar de la LCG.

\*Incluye a las entidades federativas que solo han tenido un estudiante en el periodo: Zacatecas, Tlaxcala, Tamaulipas, Durango, Chihuahua y Aguascalientes

Tabla IV. Profesores LCG. Año escolar 2014-2015

Nombre	Formación	Instituciones formadoras	Programa de investigación	Contratación	Publicaciones*
Miguel Ángel Cevallos Gaos	Biólogo Experimental	UAM-I y Doctorado en Investigaciones Biomédicas-UNAM	Genómica Evolutiva	Investigador Titular C TC. Definitivo	40
Pedro Julio Collado Vides <sup>5</sup>	LIBB	UNAM MIT	Genómica computacional	Investigador Titular C TC. Definitivo	115
Otto Geiger	Biología	Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania	Ecología Genómica	Investigador Titular C TC. Definitivo	70
María Esperanza Martínez Romero <sup>6</sup>	LIBB	UNAM	Ecología Genómica	Investigador Titular C TC. Definitivo	234
Félix Recillas Targa <sup>7</sup>	Biología	UNAM Instituto Jacques Monod, París.	Genética molecular	Investigador Titular C TC. Definitivo	
David René Romero Camarena <sup>8</sup>	LIBB	UNAM	Ingeniería Genómica	Investigador Titular C TC. Definitivo	95
Yvonne Rosenstein <sup>9</sup>	Biología	UNAM Facultad de Ciencias de París VI	Medicina Molecular y Bioprocesos	Investigador Titular C TC. Definitivo	75
Xavier Soberón Mainero <sup>10</sup>	Química	Iberoamericana. IIBB- UNAM	Ingeniería Celular y Biocatálisis.	Investigador	130
Pablo Vinuesa Fleischmann	Microbiología	Philipps-Universität	Ingeniería Genómica	Investigador Titular B TC. Definitivo	64

<sup>5</sup> Premio Nacional de Ciencias.

<sup>6</sup> Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos (1996), Premio de Investigación en Ciencias Naturales de la Academia Mexicana de Ciencias (1997) Reconocimiento UNAM Juana Ramírez de Asbaje (2003), Premio Universidad Nacional por Investigación en Ciencias Naturales (2005), Premio AgroBio (2011) y REMEI (2014) por su trayectoria destacada en investigación, Premio Nacional de Ciencias (2019).

<sup>7</sup> Premio Universidad Nacional 2014 en el Área de Investigación en Ciencias Naturales.

<sup>8</sup> Miembro fundador del CIFN y del CCG. Coordinador de la LCG (2003-2007). Director del CCG (2009-2017).

<sup>9</sup> Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. SNI III

<sup>10</sup> Premio Nacional de Química "Andrés Manuel del Río". Sociedad Química de México. SNI Nivel III.

		Marburg: Marburg, DE			
José Antonio Alonso Pavón	Ciencias genómicas	UNAM Universidad de Pensilvania (EU)	Genómica y Bioética		
Julio Martínez Romero			Ecología Genómica	Investigador Titular C TC. Definitivo	30
Christian Sohlenkamp	Ingeniería en Biotecnología	Universidad Tecnológica de Berlín. Instituto Max-Planck de Fisiología Molecular de Plantas, Golm, Alemania.	Ecología Genómica	Investigador Titular B TC. Definitivo	61
Juan Enrique Morett Sánchez	LIBB	UNAM Universidad de Sussex	Investigación Celular y Biocatálisis	Investigador Titular C TC. Definitivo	40
Federico Arias <sup>11</sup>	Químico Farmacéutico Biólogo	UNAM. IIBB	Genética del Desarrollo y Fisiología Molecular	Investigador Titular C TC Definitivo	250
Leonor Pérez Martínez	Biología	UNAM Instituto Weizmann de Ciencias, Israel. Instituto Friedrich Miescher, Basilea, Suiza	Medicina Molecular y Bioprocesos		56

Nota: En color, la adscripción institucional: en blanco, LCG; en naranja, IBt; en gris, INMEGEN; en azul, Instituto de Fisiología Celular.

\*Incluye artículos, capítulos de libro, libros.

<sup>11</sup> Premio Nacional de Ciencias y Artes en el Área de investigación en Ciencias Naturales – UNAM (2013), Premio Nacional de Ciencias y Artes en el Área de Ciencias Físico- Matemáticas y Naturales (2014), Premio Bienal Funsalud en Enfermedades gastrointestinales (NADRO) Fundación Mexicana para la Salud (2000), Howard Hughes Medical Institute International Research Scholar 2002-2006 (2002), premio Carlos J. Finlay de Microbiología UNESCO (2001), entre otros.

Tabla V. Investigadores invitados al Seminario Fronteras de la Genómica – Semestre 2014-I

<i>Tema</i>	<i>Expositor</i>	
Computational approaches to study epigenetic regulation: Drosophila dosage compensation as a model system	Juan Manuel Vaquerizas	Max Planck Institut
Recognition of “self”: receptor-ligand interactions and signaling networks that trigger programmed cell death in self-incompat	Verónica E. Franklin-Tong	Plant Cell Biolo University of Birm
Two stories: regulation of DNA polymerase by small molecules, and the role of rRNA operons in chromosome folding	Richard L. Gourse	Department of Wisconsin-Madiso
The signaling pathways in the UPR response in plants	Stephen Howell	Plant Sciences In USA
Phosphite vs phosphate uptake in major crops	Luis Herrera Estrella	LANGEBIO-CINE
Genome wide quantification of alternative transcripts. A wealth of new questions	Roderic Guigó Serra	Centre of Genom University. Barcel
Resistant to a major disease via multi-gene copy number variation, and damage to host DNA by pathogenic infections (Two stories)	Andrew Bent	University of Wisc
Quantitative proteomics for understanding the histone code	Benjamin A. García	Department of b Smilow Center Perelman Schoo Pennsylvania. US
Statistical exploration of RNA-sequencing data at scale	Jeffrey T. Leek	Johns Hopkins I Health Baltimore,
The understanding of the action and regulation of the replication machinery	Rodrigo Reyes	Department of B Complex. McGill Canada



Tabla VI. Mapa curricular de la Licenciatura en Ciencias Genómicas

Semestre		Asignaturas			
<b>Nivel básico</b>					
1	Matemáticas 1	Principios de programación	Biología celular	Bioquímica	Biología mole
2	Matemáticas 2	Computación	Principios de Estadística	Genética	Principios de ev
<b>Nivel avanzado</b>					
3	Matemáticas 3	Bioinformática y estadística 1	Genómica funcional 1	Genómica evolutiva 1	Modelos Genó
4	Matemáticas 4	Bioinformática y estadística 2	Genómica funcional 2	Genómica evolutiva 2	Genómica hu
<b>Nivel integrativo</b>					
5	Genómica integrativa 1	Genómica integrativa 2	Fronteras de la Genómica 1	Fronteras de la Genómica 2	Aplicaciones Genómica 1
6	Genómica integrativa 3	Genómica integrativa 4	Fronteras de la Genómica 3	Fronteras de la Genómica 4	Aplicaciones Genómica 3
<b>Nivel de investigación</b>					
7	Trabajo de investigación 1	Trabajo de investigación 2	Trabajo de investigación 3	Tópico selecto 1	Tópico sele 2
8	Trabajo de investigación 4	Trabajo de investigación 5	Trabajo de investigación 6	Tópico selecto 3	Tópico sele 4