

Enseñanza de la informática biomédica en las escuelas de medicina de México: situación y propuestas de mejora

Israel Huerta Ibarra
CINVESTAV

Resumen

En México, la importancia de la informática biomédica (IB) en el sistema nacional de salud va aumentando, aunque se percibe que falta una masa crítica de profesionistas de la salud capaz de explotar los sistemas derivados de esta disciplina. Se realizó una investigación documental para determinar qué escuelas de medicina en el país incluyen formación en IB y sus características. De 167 escuelas, el 24.7% incluye ese tipo de formación, que repercute en el 26.5% del total de egresados de medicina en el ciclo escolar 2016-2017. Dichas escuelas cubren el 54.8% de entidades federativas del país. Lo anterior, acorde con estudios y capacidades de informática que operan en México, muestran que el número de escuelas y egresados con conocimientos de informática biomédica es bajo. Se mencionan propuestas encaminadas a fortalecer la inclusión de la enseñanza de esta asignatura entre los estudiantes de medicina, así como aspectos a considerar en un posgrado en la materia.

Palabras clave

Informática educativa, informática biomédica, educación médica, estudios de posgrado, educación y tecnología.

Biomedical informatics courses at Mexican Medical Schools

Abstract

In Mexico, the importance of biomedical informatics (IB) in the national health system, even though increasing, it still lacks of a critical mass of health professionals capable of exploiting systems derived from this discipline. A documentary research was carried out in order to determinate the number of medical schools providing IB training: 24.7% out of 167 schools included IB training, which is reflected in the 26.5% of the total number of medical graduates during the 2016-2017 school year. These schools cover 54.8% of federal entities in the country. Proposals to strengthen the inclusion of IB courses among medical students, as well as aspects to consider in a postgraduate course in the field are mentioned.

Keywords

Educational informatics, biomedical informatics, medical education, postgraduate studies, education and technology.

Recibido: 30/03/2018
Aceptado: 22/05/2018

Introducción

La informática biomédica (IB) tiene un papel cada día más relevante en la práctica de la medicina. Su inclusión en los planes de estudio de las facultades de medicina se considera un factor necesario para el conocimiento, adopción y uso adecuado de la tecnología en la práctica médica (Sánchez, 2015).

Asociaciones de informática médica, investigadores y profesionales de la salud sostienen que para mejorar la calidad y seguridad en los servicios de salud es necesaria la existencia de un número suficiente de profesionistas de la salud capaces de utilizar las tecnologías de información y comunicaciones (Hersh, Margolis, Quirós y Otero, 2010; Hovenga y Grain, 2016). Por tanto, el personal médico debe integrar los conocimientos de la informática biomédica a su quehacer cotidiano, ya sea como usuarios de la tecnología, generadores o administradores de la misma, según el rol que desempeñen en su organización. Así, la IB debe ser parte integral de su proceso de formación, a fin de que conozcan los procesos y tecnologías asociadas, sus características, adecuada utilización, evaluación, y puedan proponer mejoras o nuevas herramientas que enriquezcan su desempeño u operación dentro del sistema de salud.

¿Cuál es el estado de la enseñanza de la informática biomédica en la educación de los médicos en México actualmente en el nivel superior (licenciatura) o posgrado? El presente trabajo presenta un panorama que busca responder a esa pregunta como una primera aproximación a la presencia de la IB en las escuelas y facultades de medicina en México. Además, se incluyen y adaptan algunas estrategias para fortalecer la inclusión de estos conocimientos en el currículo de estudio.

Antecedentes

La informática médica, informática en salud, informática biomédica, informática clínica e incluso otros términos se han utilizado como conceptos sinónimos, con el fin de expresar la idea general de la inclusión de la informática, sus métodos herramientas y objetivos, en los diversos campos relacionados con la salud. En este trabajo se utilizará el término informática biomédica por considerarse que refleja mejor el concepto que subyace (Shortliffe y Blois, 2006).

La informática biomédica ha sido definida por la American Medical Informatics Association (AMIA) como el “campo interdisciplinario que estudia y tiene como objetivo el uso efectivo de datos, información y conocimiento biomédicos para la investigación científica, la solución de problemas y la toma de decisiones, motivados por esfuerzos que mejoren la salud humana” (2017). A partir de lo anterior, podemos agregar que los sistemas de infor-

mática biomédica (SIB) son aquellos de cómputo, que capturan, almacenan y procesan información biomédica.

Dado que son los profesionistas de la salud el sector más amplio que utiliza los SIB, deberían recibir conocimientos formales, durante su periodo formativo, de tópicos de informática biomédica, para explotar las capacidades que esta disciplina brinda y que requerirán en su ejercicio cotidiano. Los alcances, contenido y metodologías de esta instrucción son aún materia de investigación (Hovenga y Grain, 2016), sin embargo, se han establecido tres grupos, con características e intereses propios, en los que es necesaria la enseñanza de la IB. Estos son:

- ▶ Personal técnico que desarrolla, selecciona o provee mantenimiento a los sistemas de informática biomédica y que, por lo mismo, necesita conocer tópicos de ingeniería y cómputo, así como los intereses y necesidades de los usuarios finales de dichos sistemas.
- ▶ Personal administrativo y responsables de la toma de decisiones, quienes determinan las políticas de adquisición, uso de tecnología de la salud y las inversiones a realizar en estas, al igual que el uso de la información que estos sistemas generan de acuerdo a normatividad o interés de la institución.
- ▶ Usuarios finales, quienes normalmente son profesionales de la salud que utilizan los SIB para el desempeño de sus labores cotidianas en las diversas áreas e instituciones de atención a la salud.

Oluoch (2016) identifica la “capacidad humana limitada”, con relación a los especialistas en informática biomédica, como un factor clave por el cual los sistemas de informática biomédica no han tenido un avance mayor en los países de bajo y mediano ingreso, por lo que es necesario incrementar la educación en tópicos de IB en los actores participantes en el sistema de salud de estos países, con el fin de lograr dicho avance.

La presente investigación se centra en la educación formal en informática biomédica brindada al segundo grupo: profesionistas de la salud, médicos específicamente durante la carrera profesional. Para conocer el panorama completo de la educación en la informática biomédica en México, son necesarios trabajos sobre el estado de la educación en los otros dos grupos, ya que no se tiene conocimiento de su existencia.

La enseñanza de la informática médica en el país al personal de salud, se remonta al menos a 1985, en el que se propone y abre el primer posgrado en esta materia en México en la Fundación Arturo Rosenblueth (Gertrudiz, 2010; Negrete Martínez, 2018), del que surgieron egresados que actualmente ocupan cargos en instituciones dentro del sistema nacional de salud. Este programa

no tuvo continuidad, de tal forma que actualmente no se tiene conocimiento de algún posgrado especializado en esta materia, a pesar de la necesidad en el sector salud del desarrollo y adopción de sistemas de informática médica, así como de su innegable beneficio (Haux, 2006; Lucas, 2006, 2008).

Pese a la desaparición de estos primeros programas de posgrado, la educación en informática biomédica no desapareció y actualmente, además de las universidades donde se enseña, se producen investigaciones y trabajo científico en el área de la educación (Sánchez-Mendiola et al., 2013, 2015; Sánchez Mendiola y Martínez Franco, 2014), donde destaca la documentación de la experiencia de la informática biomédica en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ya que ha sido documentado (Sánchez-Mendiola et al., 2015; Sánchez, 2015). Además, se han publicado desde la academia ejemplos de sistemas de IB realizados en el país y con participación del personal de salud (Gutiérrez Martínez, Núñez Gaona y Aguirre Meneses, 2015; Hernández Ávila et al., 2012; Lavariega, Garza, Gómez, Lara Díaz y Silva Cavazos, 2016; Merino Casas et al., 2016).

Para hablar acerca de la importancia de la inclusión de la informática biomédica en el currículo de los médicos, se han realizado cálculos del tamaño de la fuerza laboral que se requeriría en Estados Unidos, para lograr una adopción de uno de los sistemas paradigmáticos de la IB, el Expediente Clínico Electrónico (ECE), en los hospitales y a través de sus distintas etapas del modelo de adopción del Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS); lo anterior para personal directamente relacionado con el desarrollo, mantenimiento y operación del ECE. En la estimación más reciente (Hersh, Boone y Totten, 2018) se encontró sería necesario incrementar la fuerza de trabajo en 314 274 puestos de trabajos de tiempo completo, para alcanzar el máximo grado de implementación del ECE (nivel 7). En el mismo trabajo, se estima que hay 12 millones de personas trabajando en el sector salud de Estados Unidos, por lo que este porcentaje de personal en las TIC sería pequeño en caso de lograrse, 2.6% aproximadamente. El resto del personal es en su mayoría personal de atención a la salud que requeriría conocimientos sobre diversos aspectos de este sistema y los generados a partir del mismo, para el ejercicio de su labor cotidiana.

De acuerdo con la International Medical Informatics Association (Mantas et al., 2010), que ha establecido un marco de trabajo en el que sugiere un conjunto de conocimientos y habilidades para estudiantes de disciplinas de la salud afines a la informática biomédica. Dichos conocimientos se agrupan como:

- ▶ Núcleo de informática de la salud y biomédica.
- ▶ Relativos a la organización de sistemas de salud, medicina, biociencias y salud.

- ▶ Específicos de informática, ciencias de la computación, matemáticas, biometría.

El total de temas y profundidad con la que son abordados que debería adquirir un estudiante está en función de tres parámetros:

- ▶ Carrera que se cursa (medicina, ingeniería, administración, etcétera).
- ▶ Nivel de estudios, (licenciatura, posgrado).
- ▶ Profundidad de especialización en la informática biomédica (usuario, especialista).

A partir del marco anterior, es posible para las instituciones de educación y salud establecer un conjunto de temas que se podrían abordar en una asignatura de IB en las carreras de medicina, según la combinación de los conocimientos, habilidades y capacidades que cada institución quiera dar a sus estudiantes.

Metodología

Se realizó una investigación documental utilizando recursos en línea. La investigación se dividió en cuatro etapas:

1. **Búsqueda documental inicial.** Se realizó una búsqueda en las bases de datos Scopus, Web of Science y PubMed con los términos “Biomedical informatics”, “health informatics”, “medical informatics”, en combinación con “education” y “México”, con el fin de tener un panorama sobre los artículos publicados sobre la educación en informática biomédica en México.
2. **Determinación de instituciones.** Se consultó el Anuario Estadístico de Educación Superior, de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES, 2018), para el ciclo escolar 2016-2017, a fin de determinar las instituciones que imparten la carrera de medicina en el país. Se utilizaron los filtros de búsqueda de la tabla 1.

Para las especialidades médicas, se consultó el listado de especialidades médicas vigentes en 2018 del Sistema Nacional de Residencias Médicas (DGCEM, 2018). En los programas de posgrado, se revisó el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de julio de 2018 (Conacyt, 2018). En el archivo obtenido, se utilizaron las palabras de búsqueda “bioinformática”, “informática”, “informática médica”, “salud”, “salud pública”, para filtrar los programas de posgrado con estas denominaciones.

3. **Obtención de datos de las escuelas.** Se realizó una búsqueda en internet con el nombre de cada institución y escuela de medicina, para consultar en su sitio web el programa de

Tabla 1. Criterios de búsqueda

Campo		Valor seleccionado
Nivel de estudios		Licenciatura universitaria y tecnológica
Modalidad de estudios		Escolarizada y no escolarizada
Variables		Matrícula, egresados
Desagregación		Institución, escuela
Afilación		Afiliados a ANUIES No afiliados ANUIES
Sostenimiento		Público, privado
Búsqueda avanzada	Campo amplio Campo específico Campo detallado Campo unitario	Salud Salud Medicina Medicina general

estudios. En las escuelas en las que no estaba disponible el programa de estudios en línea, se contactó telefónicamente al responsable de informes indicado en el mismo sitio electrónico. Para cada programa de estudios se buscó:

- ▶ Entidad federativa de ubicación.
- ▶ Nombre de institución de educación superior y escuela o facultad.
- ▶ Egresados totales en el ciclo escolar 2016-2017.
- ▶ Nombre de asignatura relacionada con la informática biomédica.
- ▶ Semestre en que se imparte la asignatura.
- ▶ Carácter obligatorio u optativo de la asignatura.

A partir de los nombres de las asignaturas, se establecieron tres categorías:

- ▶ Específicas de informática biomédica.
- ▶ Relacionadas con la computación e informática básica.
- ▶ Otras relacionadas con las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) y medicina.

La clasificación se realizó por el nombre de la asignatura y, cuando este no mostraba claramente pertenecer a alguna clasificación, se consultó el contenido temático de la misma, de estar disponible (tabla 2).

4. **Análisis de datos.** A partir de los datos obtenidos de cada escuela, se clasificaron y contabilizaron las ocurrencias del tipo de asignatura por institución y estado. Se realizaron las sumas y se obtuvieron los porcentajes para el reporte de resultados con ayuda de una hoja de cálculo electrónica.

Tabla 2. Asignaturas clasificadas por categoría de análisis

Grupo	Asignaturas incluidas
Informática biomédica	<ul style="list-style-type: none"> • Computación aplicada a la medicina e informática médica • Informática aplicada a la medicina • Informática biomédica I y II • Informática médica I y II • Investigación e informática médica I y II • TIC aplicadas a las ciencias de la salud • TIC en ciencias de la salud • TIC en medicina
Informática básica	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación y tecnologías de la información • Computación básica • Herramientas de computación • Informática • Informática aplicada • Introducción a la computación • Introducción a las tecnologías de la información • Nuevas tecnologías de la información y la comunicación • Tecnología de información y comunicación • Tecnología de la comunicación y gestión de la información • Tecnologías de la información en la construcción del conocimiento • Tecnología y manejo de la información
Otras de cómputo	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de información en salud basados en evidencias

Se recopilaron e incluyeron en esta etapa los datos del avance en la implementación del Expediente Clínico Electrónico (ECE) en México del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP, 2015), y de las unidades médicas en los estados de la República con programas de telesalud del Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (Cenetec, 2018).

Resultados

Licenciatura

Se encontró que hay 167 escuelas en el país donde se imparte la carrera de médico cirujano o alguna de sus variantes registrada por la ANUIES.

Se recabó información sobre el contenido curricular de los planes de estudio de 162 escuelas. Hubo cinco escuelas de las que no se pudo obtener información, pero fueron consideradas solamente en el conteo total de egresados de la carrera de medicina, descrito posteriormente.

Del total de escuelas consideradas, en 71 se imparte alguna materia relacionada con la informática, básica o biomédica; específicamente, en 40 planes de estudio, se incluye al menos una asignatura de informática biomédica, y en 31 se imparte al menos una asignatura de informática básica (Tabla 3).

Tabla 3. Educación en informática biomédica en escuelas y facultades

	Total	Porcentaje
Escuelas y facultades donde se imparte la carrera de médico cirujano o similar.	162	100%
Escuelas que incluyen asignaturas relacionadas con informática biomédica o básica	71	43.8%
Escuelas donde al menos una asignatura corresponde a la informática biomédica	40	24.7%
Escuelas donde se imparte al menos una asignatura relacionada con la informática básica	31	19.1%
Escuelas donde se imparte más de un curso de IB en el programa de estudios ^b .	6	3.7%
Estados de la República donde se encuentran escuelas de medicina que imparten al menos una asignatura relacionada con la informática básica o biomédica ^c .	24	77.4%
Estados de la República donde se encuentran escuelas que imparten asignaturas de IB ^c .	17	54.8%

Nota: a) No se incluyen las cinco escuelas de las que no se obtuvo información; b) Del total de escuelas donde se brinda educación relacionada a las TIC; c) Porcentaje del total de estados con instituciones que brinda educación en medicina.

De las escuelas donde se incluye la informática biomédica en el mapa curricular, en 34 se imparte solo un curso y en 6 se imparten 2 cursos. En 5 escuelas es una materia elegida por el alumno, mientras que en 35 corresponde al núcleo de asignaturas básicas. Existen en total 46 cursos de informática biomédica y 32 de informática básica, en los programas de medicina.

Desde la perspectiva geográfica, de las 32 entidades federativas de país, en 31 se encuentran escuelas que imparten la carrera de medicina. En 24 de ellas, se halla alguna institución que incluye asignaturas de informática básica o biomédica; específicamente, en 17 existen escuelas que imparten asignaturas de informática biomédica, y 15 tienen escuelas que imparten informática básica.

A fin de tener un panorama más completo del impacto en el sistema nacional de salud de los programas de estudio que incluyen formación en informática biomédica, se consideró el número de médicos graduados en cada programa. La tabla 4 presenta los datos por entidad federativa, mostrando el número de escuelas de medicina en cada estado, el tipo de educación que otorgan, los egresados totales de la carrera de medicina para el ciclo escolar 2016-2017 y los porcentajes de los datos anteriores.

Adicionalmente, en la tabla 4, se incluyeron dos indicadores sobre el avance de la informática biomédica en cada entidad: 1) el porcentaje de avance en el proceso de implementación del Expediente Clínico Electrónico (ECE) recopilado por el Instituto Nacio-

Tabla 4. Egresados y escuelas con currículo de informática biomédica en el país en el ciclo escolar 2016-2017

Entidad federativa	Escuelas de medicina	Egresados totales de la entidad	Escuelas que incluyen IB en su currículo	Egresados de escuelas que imparten IB	Porcentaje de egresados que conocen IB respecto al total estatal	Porcentaje de egresados estatales con conocimiento de IB respecto al total nacional	Avance de implementación de ECE en la entidad ^a	Número de unidades médicas con sistemas de tele salud ^b
AGU	2	197	0	0	0%	0%	100%	11
BCN	7	546	4	436	79.8%	2.8%	80%	6
CAM	2	116	0	0	0%	0%	20%	7
CHP	11	471	5	164	34.8%	1.0%	80%	18
CHH	6	420	2	2	0.5%	0.01%	90%	42
CMX	17	4025	7	2466	61.2%	15.8%	---	33
COA	4	166	3	143	86.1%	0.9%	20%	10
COL	2	110	0	0	0%	0%	100%	4
DUR	5	291	1	8	2.7%	0.05%	100%	30
GUA	4	143	1	26	18.1%	0.1%	20%	4
GRO	2	160	2	160	100%	1.0%	---	29
HID	4	283	0	0	0%	0%	90%	15
JAL	19	1586	0	0	0%	0%	30%	7
MEX	12	1256	5	169	13.4%	1.0%	---	26
MIC	3	539	0	0	0%	0%	40%	8
MOR	3	184	1	139	75.5%	0.9%	---	16
NAY	3	176	1	0	0%	0%	20%	12
NLE	4	912	0	0	0%	0%	60%	35
OAX	3	362	1	124	34.2%	0.8%	50%	26
PUE	8	455	0	0	0%	0%	70%	22
QUE	4	180	0	0	0%	0%	95%	15
ROO	2	63	0	0	0%	0%	10%	10
SLP	4	153	0	0	0%	0%	---	32
SIN	5	507	2	0	0%	0%	90%	21
SON	4	185	1	0	0%	0%	---	14
TAB	7	301	1	0	0%	0%	85%	11
TAM	10	767	2	194	25.2%	1.2%	---	25
TLA	1	213	0	0	0%	0%	30%	8
VER	4	479	0	0	0%	0%	---	14
YUC	3	255	0	0	0%	0%	100%	12
ZAC	2	114	1	114	100%	0.7%	---	22
TOTAL	167	15615	40	4145	26.5%			

Nota: a) Datos tomados del INSP (2015). b) Datos tomados del Cenetec (2018).

nal de Salud Pública (INSP), y 2) el número de unidades médicas estatales con algún programa de telesalud indicado por el Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (Cenetec). Esto con el fin de conocer dos aspectos de la informática biomédica ya funcionando, con los que tendrán que interactuar los nuevos médicos y, por lo tanto, poder observar la pertinencia de incrementar las asignaturas de IB en los planes de estudio.

En la Figura 1 es posible apreciar la distribución geográfica de la ubicación de las escuelas que imparten educación en informática biomédica en el país.

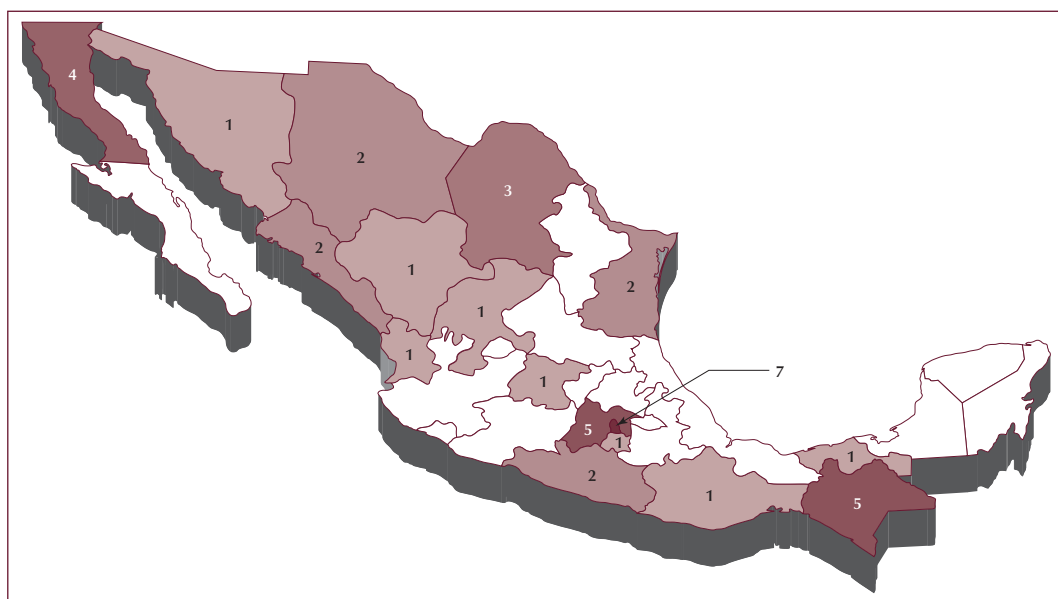
Posgrado

No se encontraron registros, en el Sistema Nacional de Residencias Médicas, sobre la existencia de alguna especialidad actual en informática biomédica para los médicos.

Respecto a los posgrados, no se halló ningún programa que ostentara el nombre de informática médica, biomédica o similar o que diera la idea, de forma nominal, de estar relacionada con estos tópicos.

En salud pública, se encontraron 11 programas de maestría y 2 de doctorado en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC). Una maestría cuenta con la línea de investigación “informática aplicada a la salud”; otra tiene la opción de “comunicación e in-

Figura 1. Número de instituciones por entidad federativa que imparten educación en informática biomédica en México



formática”; y, en la tercera, se tiene el área de concentración de “bioestadística y sistemas de información”. Los programas de doctorado no indican que entre sus líneas de investigación esté la informática biomédica. Del total de 13 programas de posgrado en salud pública, en el 23% se cultiva algún aspecto relacionado con la informática biomédica.

Discusión

Como ya se mostró, en las escuelas y facultades donde se imparte alguna asignatura relacionada con la informática en general, se encontró que, en el 43.8% de dichos centros, se imparte al menos una asignatura relacionada con la informática, biomédica o básica, y es solamente en el 24.7% en el que se imparte educación específicamente relacionada con la informática biomédica. En los posgrados, solo se tiene como línea de investigación en programas de salud pública, pero no hay ningún programa especializado en la materia, lo que limita el número de investigaciones y cuadros especializados que puedan brindar educación a las nuevas generaciones. Comparativamente, en una investigación de 2011, en Estados Unidos (Kampov-Polevoi y Hemminger, 2011), se reportaron 73 instituciones que impartían 636 cursos relacionados con la informática biomédica, mientras que, en México, en 2018, se contabilizan 40 instituciones, que imparten 46 cursos de IB, por lo que, dada la distancia en tiempo, puede apreciarse el relativo retraso del país en la materia. No es posible precisar con mayor exactitud esta carencia, ya que no se han encontrado trabajos científicos publicados al respecto.

A partir de lo anterior, se puede asumir que existe aún una importante carencia en la enseñanza de las tecnologías de la información y comunicaciones, en general, y de informática biomédica, en específico, a los futuros médicos. Esto redundará negativamente en el desarrollo de un ecosistema de los sistemas de informática biomédica (SIB) en el país, ya que, al haber pocos especialistas, hay poca investigación, formación de estudiantes, reglamentación insuficiente, industria y aún usuarios.

Fortalecer la enseñanza de la informática biomédica en licenciatura

Una primera propuesta para contrarrestar lo anterior es, por supuesto, incrementar el número de cursos de IB en las escuelas de medicina. Para ello, se deben conocer las razones por las que existen instituciones que no incluyen esta formación en su plan curricular y buscar atender estas primeras causas. Si bien, es en el interior de las instituciones donde se decide el tipo de infor-

mación que se imparte en las mismas, resultaría un ejercicio notable si estas pudieran tomar como modelos experiencias en las escuelas que ya imparten educación en informática biomédica, o al menos consultar a los expertos en la disciplina o instituciones, como la Asociación Mexicana de Informática Médica (AMIM), la Asociación Mexicana de Facultades y Escuelas de Medicina (AMFEM) o la misma ANUIES, de tal forma que puedan comenzar a partir de trabajo ya realizado.

Como se mencionó, el trabajo realizado por la International Medical Information Association (IMIA), respecto a las competencias y conocimientos que debería poseer las personas interesadas en algún aspecto de la informática biomédica, es también un buen referente para establecer objetivos en la integración de la educación de esta asignatura a los médicos. Nuevamente, queda en manos de las escuelas de medicina definir el tipo de conocimiento que consideran que sus egresados deben contar; esto es en función de la infraestructura, el contexto y la realidad del sistema de salud mexicano, entre otros aspectos, ya que este será su campo natural de trabajo, al igual que los recursos humanos, materiales y financieros de las instituciones de educación.

Se propone seguir las consideraciones que una comisión de The Lancet, codirigida por Frenk y Chen (Frenk et al., 2010), concluyó sobre la educación en salud pública y que se asume pueden ser también válidas para la educación en informática biomédica:

1. Adopción de educación basada en competencias que se adapten al sistema nacional de salud del país; que tome en cuenta experiencias internacionales e incluso modelos de implementación y enseñanza exitosos de otros países, especialmente de países cercanos culturalmente: Colombia, Cuba, Argentina, o también de España, Dinamarca, Inglaterra, Francia, Nueva Zelanda o Australia, que, si bien no son similares, son referentes por sus logros en salud en general y en el uso de las TIC en salud en particular.
2. Promover la educación transdisciplinaria, en el sentido de que el conocimiento no se limite solo a la salud, sino que tome en cuenta las demás disciplinas académicas, como la informática, gestión de sistemas y proyectos, manejo de personal, ética y aspectos legales del uso de las TIC, entre otras que han sido recomendadas por los marcos de trabajo internacionales. Se deben promover también las relaciones de colaboración entre estudiantes, el mismo profesor y demás actores involucrados en el proceso de enseñanza.
3. Utilizar las TIC de forma masiva. Debido a que, en parte, de esto trata la informática biomédica, no se concibe la educación en esta asignatura, si no es con el uso intensivo y extensivo de los diversos sistemas de la infor-

mática, desde plataformas para la enseñanza en línea, redes sociales para interacción entre estudiantes, foros de discusión y bibliotecas especializadas, hasta herramientas funcionando en el sistema nacional de salud, como expedientes clínicos electrónicos, sistemas de manejo hospitalario, subsistemas del sistema nacional de información en salud, sistemas de telesalud, etcétera.

4. Adecuar los casos de estudio y herramientas presentadas por el profesorado a la realidad nacional. Fortalecer programas de intercambio de estudiantes entre instituciones o en otros países donde la informática biomédica tenga mayor presencia.
5. Capacitar a profesores de las escuelas de medicina, donde ya se imparte la asignatura en los aspectos de la informática biomédica más recientes, antes o a la par de que aquellos brinden educación a los alumnos. Adecuar el contenido curricular a las nuevas formas del ejercicio de la medicina, a partir del arribo de la informática biomédica y crear el material didáctico en conformidad con estos nuevos contenidos.
6. Comentar en el país la urgencia del avance de los sistemas de informática biomédica, sus beneficios y análisis crítico del funcionamiento de los mismos, analizando casos de estudio de los subsistemas de salud federales y estatales. Es decir, involucrar a todos los actores sociales en el contexto de la salud y la educación.
7. Establecer mecanismos de planeación que involucren a los secretarios de educación y salud, con todas sus dependencias involucradas, asociaciones profesionales, como la AMIM, la ANUIES, la comunidad académica, la industria y los medios de comunicación, para superar la fragmentación de estos grupos y establecer metas, prioridades, comenzar a programar políticas, rutas de acción y cubrir la demanda de profesionistas de la salud de acuerdo con las necesidades sanitarias de la población. En este proceso, se debe establecer una agenda de igualdad de género, así como la igualdad de oportunidades en las distintas áreas geográficas, dando especial atención a estudiantes de áreas marginadas o aquellas que se sabe tienen poco avance en los aspectos de las TIC en la salud.
8. Expandir el alcance de los centros académicos, modificando la participación de los alumnos en hospitales hacia la atención a la comunidad, en pos de un sistema de educación más responsable y dinámico. Es decir, que las prácticas y clases en hospital de los programas de estudio incluyan también visitas a comunidades, centrando los objetivos en las acciones de prevención y en el primer nivel de atención.

9. Fomentar la investigación crítica para movilizar el conocimiento científico, deliberación ética, razonamiento público y debate para generar una transformación de la sociedad, por medio de la participación de entidades como Conacyt, consejos estatales de ciencia y las mismas instituciones educativas, a través de procesos de evaluación periódicas de programas y objetivos.

Para formalizar y lograr los puntos mencionados, se requiere realizar investigaciones en cada uno de ellos para proponer mecanismos de desarrollo e implementación más precisos.

Creación de posgrado en informática biomédica

Además del incremento en el número de cursos de IB, la creación de un posgrado en el tema ayudará a fortalecer y acelerar su inclusión en el sector salud, ya que se formarían cuadros encaminados a la investigación, docencia y por supuesto desarrollo de este tipo de sistemas acordes a las problemáticas, recursos y necesidades en las instituciones del sistema de salud del país.

Nuevamente los lineamientos de la International Medical Information Association (IMIA) serían muy útiles en la etapa de planeación del posgrado, a fin de determinar el enfoque que debería tener. Además, se propone que el posgrado considere los siguientes aspectos en su definición:

1. Carácter transdisciplinario. La informática médica es una disciplina que, al involucrar la aplicación de las TIC en la salud, también incluye a los profesionistas de disciplinas que concurren en el ejercicio de la IB, además del personal de salud, tales como ingenieros, abogados, licenciados, administradores, etc. Por lo anterior, para lograr procesos de desarrollo y adopción de sistemas efectivos, es necesario hacer partícipes a dichos profesionistas, quienes, por otro lado, deben compartir un conjunto de conocimientos comunes, para poder establecer un diálogo efectivo en los proyectos que implican a las TIC en salud. El posgrado, entonces, debe ser abierto a este conjunto de perfiles profesionales, que tomen en cuenta su experiencia y capacidades de acuerdo con su formación profesional y que permitan desarrollar las capacidades necesarias para colaborar en proyectos de informática biomédica.

En años recientes el término “multidisciplina” se ha visto superado por el concepto de “transdisciplina”, que designa una manera de abordar el estudio de los problemas como una nueva manera de buscar alternativas a problemas sociales que son complejos y cuya solución

no es alcanzable en forma definitiva y sin generar nuevas problemáticas. Este concepto, se considera, fundamental para una concepción adecuada de la informática biomédica, por lo que más que hablar de la multidisciplina y sus características sería apropiado hablar de la IB como un campo transdisciplinario y, de esta manera, encontrar nuevos modos de aplicar su conocimiento en la realidad, así como analizar la problemática aún no resuelta bajo nuevos enfoques y con metodologías diversas.

2. Uso masivo de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Un posgrado que fomente el uso de las TIC en la salud debe ser desarrollado con las mismas herramientas que pretende utilizar o al menos con una filosofía de uso pleno de estas tecnologías. Aunque es posible que no se puedan utilizar las herramientas en su totalidad, sí una parte significativa, ya que, de esta manera, se contribuye a diseminar las ventajas del uso de este tipo de tecnologías en la vida diaria y proveer una experiencia real a las personas que las pretenden emplear. Además de esto, el uso de las TIC, en un posgrado de informática biomédica, puede permitir la inclusión de alumnos y docentes que no tengan necesariamente que compartir el mismo espacio físico en todas las actividades del programa de estudios, y así ayudar a su mayor difusión e interés por parte de profesionistas ubicados en latitudes diferentes a la de la institución sede. Algunos tópicos pueden ser enseñados bajo este esquema, mientras que otros, más de forma tradicional con estancias presenciales de los interesados, según los objetivos y metodología necesarios. El uso de las TIC no debe limitarse solamente al proceso de actividades de enseñanza, tales como lectura, atención de clases, resolución de dudas, foros, exámenes, como ya se hace, si no también se podría buscar la utilización de las herramientas en aplicaciones apegadas a la realidad, y no solo como ejemplos ilustrativos para el alumno. Lo anterior implica la participación de las instituciones de salud, en distintos niveles jerárquicos, y aun de las organizaciones gubernamentales encargadas de cumplir algún papel en el ecosistema de salud. En este punto, es necesario definir mecanismos de transparencia y eficiencia en el proceso de selección, adquisición, operación de las herramientas tecnológicas, para que sean realmente utilizadas y no queden solo como cuantiosas inversiones, sin un adecuado proceso de explotación.
3. Fuerte vinculación con el sector profesional. Sin importar si un posgrado en informática biomédica está enfocado a la investigación o a la profesionalización o incluso en un punto intermedio entre ambos aspectos, se considera

de especial interés que se genere un vínculo con el sector profesional del sistema nacional de salud en el país, tal y como sucede con las residencias médicas actuales. Este esquema permite al estudiante estudiar, entender y brindar soluciones a problemáticas vigentes en el sistema nacional de salud. Por supuesto, queda pendiente definir el mecanismo exacto a través del cual se podría generar este vínculo, sin dejar de tomar en cuenta el aspecto mencionado anteriormente con respecto a la utilización de las TIC en un posgrado de este tipo. Se visualizan algunas opciones de vinculación: a) que la totalidad de programa de posgrado sea realizado en una institución de salud; b) la realización parcial del programa de posgrado en alguna institución de salud, ya sea a través de asignaturas, trabajo final, tesis, proyecto, etc.). Participación para el desarrollo de la tesis o trabajo final en un proyecto generado en una institución de salud, a la cual el estudiante se adhiera y pueda cumplir con los requisitos de esta etapa del posgrado. Además, es deseable que la mayoría de los profesores del programa también estén en contacto con el medio hospitalario en forma directa.

4. Utilizar distintas modalidades de evaluación de capacidades. Los programas de posgrado varían en los requisitos para obtener el grado, pero la mayoría de las veces se establece la publicación de un artículo científico. Aunque el artículo científico es una medida estándar hoy en día de la productividad científica, vale la pena reflexionar la pertinencia de la publicación por este medio del resultado del trabajo realizado en un posgrado de informática biomédica que –como ya se mencionó– podría estar en un punto intermedio entre la búsqueda de la profesionalización y del fomento de la investigación. Los productos del trabajo de un posgrado podrían ser a) sistemas de cómputo implementados o solo concebidos; b) aplicaciones informáticas en web, para dispositivos móviles, en servidores, sistemas de escritorio; c) arquitecturas de sistemas de información; d) modelos de mejora o automatización de los procesos en las instituciones de salud u otro tipo de resultados, que no necesariamente tendrían cabida en una revista científica, pero que no por ello demeritan el trabajo o lo hacen irrelevante, aun en el ámbito científico-tecnológico de posgrados. Si bien el artículo científico ha sido tradicionalmente la herramienta a través de la cual se dan a conocer los resultados de los trabajos de investigación, vale la pena probar nuevos mecanismos que reflejen los resultados obtenidos en un foro adecuado. Lo anterior va en contra de las políticas de los organismos encargados de evaluar y comprobar el desempeño de los

estudiantes y los programas de posgrado, por lo que un cambio en este aspecto no es fácil. Sin embargo, es un ejercicio útil definir estos otros medios de evaluación y estudiar la pertinencia que pueden tener en beneficio del sistema nacional de salud y del estudiante.

Conclusiones

Un número aún reducido de instituciones de educación en medicina en México integra en su planes de estudio asignaturas de informática biomédica o solo de informática, lo que pone de manifiesto la carencia de médicos con formación en el uso de los sistemas de informática biomédica y que se encuentren listos para utilizarlos en su labor cotidiana o, más aún, para evaluar o proponer nuevos sistemas. Por el contrario, cuando el personal de salud desconoce estos sistemas de informática, se impide el desarrollo de más SIB y sus mejoras, lo que genera un círculo vicioso.

La situación anterior se complica cuando se considera que existen estados de la República, donde ningún estudiante de medicina ha recibido este tipo de capacitación en la educación formal.

Este hecho es, sin duda, un factor que puede ayudar a explicar por qué aún los diversos sistemas de informática médica no han tenido un desarrollo y adopción mayor en el sistema nacional de salud. Hacen falta médicos en el campo laboral capaces de explotar esta herramienta, en forma útil para todos los actores involucrados y que, por lo tanto, apoyen e incluso exijan la puesta en marcha de estas tecnologías.

Además del incremento de escuelas de medicina que impartan educación en informática biomédica, es necesario realizar modificaciones a la manera en que se ha planteado la educación, a fin de lograr un cambio de paradigma y profundizar en la difusión de los sistemas de informática biomédica.

Se han presentado algunos puntos que podrían alentar lo anterior. Sin embargo, es en las instituciones educativas, y, más aún, en los responsables de la toma de decisiones de salud nacionalmente, con que se pueden generar programas de impulso a la adopción de la informática biomédica en el sistema nacional de salud, ya que la educación es un primer paso, pero es necesaria una política y medidas de desarrollo y adopción de sistemas de información aplicados a la salud, además de profundizar en las investigaciones realizadas sobre el tema en el país.

Agradecimientos

A la Dra. Lina Sofía Palacio Mejía, al Dr. Ernesto Suaste Gómez, a la Dra. Argelia Tiburcio Sánchez y al M. en C. Daniel Jiménez

Álvarez, por las aportaciones y sugerencias realizadas al trabajo. Al Conacyt por la beca otorgada para realizar este estudio.

Se declara que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

Referencias

- AMIA. (2017). Definition of biomedical informatics. Recuperado de <https://www.amia.org/biomedical-informatics-core-competencies>
- ANUIES. (2018). Anuarios Estadísticos de Educación Superior 2016-2017, nivel licenciatura. Recuperado de http://www.anui.es.mx/gestor/data/personal/anui.es05/anuario/ANUARIO_EDUCACION_SUPERIOR-LICENCIATURA_2016-2017.zip
- Cenetec. (2018). Observatorio telesalud. Información por estados (Fichas de identificación) en 2018. Recuperado de <https://cenetec-difusion.com/observatorio-telesalud/informacion-por-estados-fichas-de-identificacion/>
- Conacyt. (2018). Datos estadísticos-bases de datos abiertas. Recuperado de http://svrtmp.main.conacyt.mx/ConsultasPNPC/DATOS_ESTADISTICOS_DESPLEGABLE.php
- DGCES. (2018). SEDES Y SUBSEDES. Recuperado de <http://dgc.es.salud.gob.mx/becarios/sedesSubsedes.php>
- Frenk, J., Chen, L., Cohen, J., Crisp, N., Evans, T., Fineberg, H., ... Zurayk, H. (2010). The Lancet Commissions Health professionals for a new century: transforming education to strengthen health systems in an interdependent world. *The Lancet*, 376, 1923-1958. doi: 10.1016/S0140-6736(10)61854-5
- Gertrudiz, N. (2010). e-Salud: El caso de México. *Latin American Journal of Telehealth*, 2(2), 127-167.
- Gutiérrez-Martínez, J., Núñez-Gaona, M. A., y Aguirre-Meneses, H. (2015). Business model for the security of a large-scale PACS, Compliance with ISO/27002:2013 Standard. *Journal of Digital Imaging*, 28, 481-491. doi: 10.1007/s10278-014-9746-4
- Haux, R. (2006). Health information systems –past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*, 75(3-4 special issue), 268–281. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2005.08.002
- Hernández-Ávila, J., Palacio-Mejía, L., Lara-Esqueda, A., Silvestre, E., Agudelo-Botero, M., Diana, M., ... Parbul, A. (2012). Assessing the process of designing and implementing electronic health records in a statewide public health system: the case of Colima, Mexico. *Journal of American Medical Informatics Association*, 20(2), 1-7. doi: 10.1136/amiajnl-2012-000907
- Hersh, W., Boone, K., y Totten, A. (2018). Characteristics of the healthcare information technology workforce in the hitech era: underestimated in size, still growing, and adapting to advanced uses. *JAMIA Open*, 1-7. <http://doi.org/10.1093/jamiaopen/ooy029>
- Hersh, W., Margolis, A., Quirós, F., y Otero, P. (2010). Building a health informatics workforce in developing countries. *Health Affairs*, 29(2), 275-278. doi:10.1377/hlthaff.2009.0883
- Hovenga, E., & Grain, H. (2016). Learning, training and teaching of health Informatics and its evidence for informaticians and clinical practice. *Evidence-Based Health Informatics*, 222, 336-354. doi: 10.3233/978-1-61499-635-4-336

- Kampov-Polevoi, J., y Hemminger, B. (2011). A curricula-based comparison of biomedical and health informatics programs in the USA. *Journal of American Medical Informatics Association*, 18, 195-202. doi: 10.1136/jamia.2010.004259
- Lavariega, J. C., Garza, R., Gómez, L. G., Lara-Díaz, V. J., y Silva-Cavazos, M. J. (2016). EEMI-An electronic health record for Pediatricians: Adoption barriers, services and use in Mexico. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics (IJHISI)*, 3, 57-69. doi:10.4018/IJHISI.2016070104
- Lucas, H. (2008). Information and communications technology for future health systems in developing countries. *Social Science and Medicine*, 66(10), 2122-2132. doi: /10.1016/j.socscimed.2008.01.033
- Mantas, J., Ammenwerth, E., Demiris, G., Hasman, A., Haux, R., Hersh, W., ... Wright, G. (2010). Recommendations of the International Medical Informatics Association (IMIA) on education in biomedical and health informatics. *Methods of Information in Medicine*, 49(2), 105-120. doi.org/10.3414/ME5119
- Merino Casas, M. J., Ruiz Zavala, J. H., Demanos Romero, A., Martínez Franco, A. I., Martínez González, A. A., Vives Varela, T., ... Jurado Núñez, A. G. (2016). Percepción de la utilidad del Expediente Clínico Electrónico en un Instituto Nacional de Salud. *Revista CONAMED*, 21(4), 186-191. Recuperado de <http://www.dgdi-conamed.salud.gob.mx/ojs-conamed/index.php/revconamed/article/view/517/804>
- Negrete Martínez, J. (2018). Historia de la Informática Médica. Recuperado de <http://www.facmed.unam.mx/emc/computo/infomedic/historiapag.htm>
- Oluoch, T., y Keizer, N. (2016). Evaluation of health IT in low-income countries. En E. Ammenwerth y M. Rigby (Eds.), *Evidence-based health informatics* (pp. 324-335). IOS Press. doi: 10.3233/978-1-61499-635-4-324
- Sánchez, M. (2015). La informática biomédica y la educación de los médicos: un dilema no resuelto. *Educación Médica*, 16(1), 93-99. doi: 10.1016/j.edumed.2015.04.012
- Sánchez-Mendiola, M., Martínez-Franco, A. I., Lobato-Valverde, M., Fernández-Saldivar, F., Vives-Varela, T., y Martínez-González, A. (2015). Evaluation of a biomedical informatics course for medical students: a pre-posttest study at UNAM, Faculty of Medicine in Mexico. *BMC Medical Education*, 15(64), 1-12. doi: 10.1186/s12909-015-0349-7
- Sánchez-Mendiola, M., Martínez-Franco, A. I., Rosales-Vega, A., Villamar-Chulin, J., Gatica-Lara, F., García-Durán, R., y Martínez-González, A. (2013). Development and implementation of a biomedical informatics course for medical students: challenges of a large-scale blended-learning program. *Journal of American Medical Informatics Association*, 20, 381-387. doi: 10.1136/amiajnl-2011-000796
- Sánchez Mendiola, M., y Martínez Franco, A. I. (2014). *Informática biomédica* (2ª ed.). México: UNAM/Elsevier.
- Shortliffe, E., y Blois, M. (2006). The computer meets Medicine and Biology: Emergence of a discipline. En E. Shortliffe y J. Cimino (Eds.), *Biomedical Informatics. Health Informatics* (pp. 3-45). Nueva York, EE UU: Springer. doi: 10.1007/0-387-36278-9_1