

## Ingrés d'Acadèmics corresponents

# DESARROLLO Y PONTENCIALIDAD DE LA SALUD PÚBLICA GENÓMICA: HACIA UNA MEDICINA PERSONALIZADA Y PREVENTIVA

**Manuel Ruiz de Chavez**

*Académico numerario. Academia Nacional de Medicina, México*

*Acad. Manuel Ruiz de Chávez, MD, MsC<sup>1,2</sup>*

*Alejandro del Valle Muñoz<sup>3</sup>*

*Itziar Familiar López, MD, MPH<sup>4</sup>*

### INTRODUCCIÓN

La genética evolucionó a partir del redescubrimiento de las Leyes de Mendel, pasando por la identificación de la estructura del ADN<sup>1</sup>, hasta arribar a la secuenciación del genoma humano, como resultado exitoso del proyecto realizado sobre el Genoma Humano en el año 2003<sup>2,3</sup>. A partir de entonces, la genómica se ha introducido en la esfera médica –tanto en ámbito de la investigación básica como en el de la clínica y aún en el terreno epidemiológico–, con mayor peso y con perspectivas de alcance a mayor escala<sup>4</sup>.

En razón del progreso que ha tenido esta relativamente joven disciplina y en particular la medicina genómica, se colige que pronto los frutos que habrán de cosecharse como resultado de su desarrollo abarcarán a mayores grupos poblacionales, no sólo para responder a enfermedades complejas y poco comunes, sino para anticiparse y prevenir padecimientos frecuentes que condicionan una elevada carga de enfermedad, de ahí la trascendencia de su aplicación a gran escala.

El crecimiento del conocimiento genómico ha continuado con un ritmo expansivo y ha llegado al desarrollo de áreas insospechadas. La introducción de herramientas genómicas para la estratificación de poblaciones en riesgo es una práctica cada vez más utilizada como parte de los programas de prevención de enfermedades<sup>5</sup>. De esta manera, se perfilan nuevas oportunidades de intervención para grupos vulnerables y en riesgo. Los sistemas de información electrónica, las bases de datos y el expediente electrónico, por ejemplo, vendrán a revolucionar a los sistemas de salud. La mayoría de estas plataformas tecnológicas estará ligada a herramientas de base genómica de gran utilidad para la eficiencia y eficacia de la atención médica<sup>6</sup>.

Desde esta perspectiva, será necesario incluir a la medicina

genómica dentro del ámbito de la salud pública e integrar los aspectos ligados a la investigación y el desarrollo con aquellos que puedan tener aplicaciones en las acciones organizadas para promover y mantener la salud de las poblaciones, alcanzando así el cometido de una medicina más personalizada<sup>7</sup>.

### LA MEDICINA GENÓMICA: UNA NUEVA HERRAMIENTA PARA LA SALUD

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su informe del 2002, reconoce la importancia de las aplicaciones basadas en los genes como una de las herramientas que tendrán mayor impacto en el futuro en la innovación de las ciencias médicas y, en general, para la salud pública de todos los países del mundo<sup>8</sup>.

Frente al incremento de las inequidades en salud a escala mundial, no se puede pasar por alto la importante contribución de la ciencia y la tecnología para el mejoramiento de la salud. Además de la aplicación de medidas de salud pública efectivas, la lucha para encarar los retos de salud global necesitará del desarrollo de herramientas diagnósticas más rápidas y más eficientes, de nuevos fármacos y vacunas con prácticos sistemas de administración, así como de novedosos tratamientos. Hay que reconocer que la correcta instrumentación de la ciencia y la tecnología, en conjunto con las medidas de salud pública tradicionales que han arrojado evidencia de su efectividad y alcance, puede tener un efecto adicional de enorme valor, incluso en los países en desarrollo.

Cada uno de los cambios que han revolucionado la medicina, como la creación de antibióticos, analgésicos y, por supuesto, las vacunas, trasladados a la práctica clínica, han incidido palpablemente en el mejoramiento del tratamiento ofrecido al paciente. En este sentido, la farmacogenómica se perfila como un siguiente desarrollo fundamental, ya que promete el tratamiento individualizado de los pacientes en niveles de excelencia<sup>8,9</sup>. A través de la identificación e inicio temprano del tratamiento médico adecuado, este procedimiento personalizado tiene un verdadero potencial para disminuir los gastos en salud en forma dramática y hacer más efectivos los servicios de salud<sup>10</sup>.

## ASPECTOS ÉTICOS, LEGALES Y SOCIALES

Probablemente el tema de la genómica que ha causado mayor revuelo, sobre todo por parte de la sociedad, son los aspectos éticos, legales y sociales que inevitablemente acompañan a todo avance tecnológico, y más aún cuando éste tiene aplicación directa sobre un valor humano tanpreciado como es la salud<sup>11</sup>. La conjunción de estas disciplinas humanísticas dentro del ámbito científico no hace más que poner de relieve el carácter multidisciplinario que requiere el desarrollo de esta ciencia.

La ética de la salud pública no sólo se preocupa por evitar causar daños al individuo sino también por partir de criterios de equidad al tratar a los grupos poblacionales y así evitar que se repitan prácticas discriminatorias como las utilizadas en el ahora clásico estudio de sífilis de Tuskegee, realizado en la década de los setenta, en Estados Unidos. El principio de justicia social visto a través de la lente de la salud pública requiere que las diferencias hacia los grupos étnicos, o aquellas derivadas del nivel socioeconómico y la historia familiar, no influyan la forma en la cual los beneficios de la investigación genómica pueden ser distribuidos. Es en este marco donde las políticas de salud pública deben ofrecer una variedad de seguridades para combatir las inequidades potenciales, e incorporar medidas que incluyan desde la información y la educación a la sociedad, hasta la corresponsabilidad y la acción colectiva.

## HACIA UNA SALUD PÚBLICA GENÓMICA

La salud pública tradicional requerirá de acciones multidisciplinarias para integrar el conocimiento de las variaciones genómicas que se descubren cada vez más aceleradamente, gracias al vertiginoso avance tecnológico. Esta actividad ha generado un enorme acervo de información genómica que permite conocer y caracterizar en el plano individual el alcance particular de las enfermedades y el estado general de salud<sup>12,13</sup>.

## ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA SALUD PÚBLICA GENÓMICA

Algunos éxitos que se han logrado traducir a la práctica ilustran el potencial de la genómica en la salud pública en tres áreas principales: 1) En la estratificación del riesgo para elegir y dirigir intervenciones preventivas en varios niveles; 2) En el entendimiento de las causas ambientales que inciden en la enfermedad y; 3) En la identificación de nuevas oportunidades de intervención.

Es indudable que en el futuro mediano y a largo plazo, la medicina genómica continuará beneficiando a la sociedad, en particular a través del cuidado de la salud; sin embargo, es necesario identificar y contender con los aspectos éticos, legales y sociales que rodean la accesibilidad y aplicación de los nuevos métodos genómicos para evitar prácticas indeseables como la discriminación.

Desde otra perspectiva, los ejemplos de biotecnologías aplicables a la medicina ponen de manifiesto cómo la genómica puede promover el desarrollo y reducir la pobreza de los países en desarrollo, al contribuir en el mejoramiento de su salud así como sentar las bases para nuevas industrias que generen bienes y servicios para mejorar la calidad de vida. El primer paso consiste en identificar las necesidades de salud y los potenciales campos de aplicación que pueden tener cada uno de los avances tecnológicos, dependiendo de los determinantes de salud de cada país.

## LA EXPERIENCIA DE LA MEDICINA GENÓMICA EN MÉXICO

En México, esta iniciativa fue adoptada por varias instituciones del sector público (Secretaría Salud, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología); del sector académico (Universidad Nacional Autónoma de México) y del privado (Fundación Mexicana para la Salud) al crear, en julio de 2004, el Instituto Nacional de Medicina Genómica sobre la base de un consorcio que elaboró un estudio de factibilidad que permitió darle sustento<sup>14,15</sup>. La creación de este espacio de investigación en el ámbito nacional permitirá que se cree una política propia de investigación, a través de la cual se produzcan frutos específicos para la población mexicana<sup>16</sup>. Con la creación del Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN), México y sus profesionales dedicados al área de la salud pública, formulan una agenda prioritaria, académica, de investigación y de políticas públicas que considera estas pautas con miras al bien nacional en materia de salud<sup>17</sup>.

La creación del INMEGEN fue avalada por el Congreso mexicano, después de un cuidadoso estudio de factibilidad que demostró la importancia de que el país participara a tiempo en el desarrollo de la medicina genómica. La estrategia está enfocada al desarrollo de investigación científica dirigida a responder frente a problemas nacionales de salud. Así también, en el INMEGEN se dictan los primeros cursos de pre- y post-grado en medicina genómica, se estudian sus aplicaciones a la pediatría y a la medicina interna. Los proyectos de investigación científica, tanto dentro del Instituto, como en forma de colaboraciones nacionales e internacionales, están dirigidos al estudio genómico de la población mestiza e indígena mexicana, así como al estudio de las bases genómicas de padecimientos con alta prevalencia en México como diabetes, obesidad, enfermedades cardiovasculares, diferentes tipos de cáncer, lupus eritematoso, asma, artritis y otros problemas nacionales de salud.

Para el efecto, el INMEGEN ha establecido laboratorios y unidades de alta tecnología genómica que lo posicionan a la vanguardia en América Latina y entre los mejores del mundo.

Uno de los avances iniciales del INMEGEN que ha reportado esta inversión es el desarrollo del Proyecto de Diversidad Genómica de la Población Mestiza Mexicana<sup>18</sup> que ha logrado integrar más de un millón de variaciones genómicas de poblaciones en diversas entidades del país, integrándolo a datos similares obtenidos en

poblaciones asiáticas, africanas y anglosajonas<sup>5</sup>. Así también, el INMEGEN desarrolla proyectos sobre farmacogenómica relacionados con medicamentos de uso frecuente México como antihipertensivos, antidepresivos y antifúngicos, entre otros<sup>19</sup>.

El desarrollo de los primeros 25 proyectos de investigación ha permitido establecer una masa crítica de investigadores y técnicos especializados que contribuyen ya al desarrollo de la medicina genómica, en vinculación con grupos de trabajo de 10 estados de la República Mexicana, así como a la formación de investigadores jóvenes que participan en los diferentes proyectos. Con ello se avanza para establecer y consolidar una plataforma para el desarrollo de la medicina genómica en México.

Actualmente el INMEGEN ha comenzado a desarrollar una *Unidad de Propiedad Intelectual* y una *Incubadora de Empresas* que permita traducir los conocimientos generados por la investigación científica en bienes, productos y servicios para el cuidado de la salud entre la población mexicana. Además, se ha iniciado formalmente el desarrollo del área de Salud Pública y Epidemiología genómicas, dirigidas a integrar la información genómica al desarrollo de la salud pública en México<sup>20</sup>.

La participación activa de un público informado es esencial para asegurar que estas nuevas y poderosas herramientas científicas sean utilizadas en el interés de la sociedad para alcanzar mejoras constatables en la salud de toda la población. El liderazgo en salud pública también debe promover la educación ciudadana, la promoción de la salud y su cuidado de varias formas y a través de diversos canales.

## SERVICIOS DE SALUD Y MEDICINA PERSONALIZADA

### *La medicina personalizada y el nuevo paradigma médico.*

El conocimiento generado a partir de la descripción del genoma humano ha permitido desarrollar y utilizar plataformas tecnológicas en el diagnóstico médico con precisión; asimismo, hace posible ya la administración de tratamientos adecuados para muchas de las enfermedades que aquejan en mayor medida a las poblaciones. El impacto de estas tecnologías sobre las ciencias de la salud, y en particular, en el campo de la medicina, ha sido de tal magnitud que el viejo paradigma de “ensayo y error”, que reinaba en la terapéutica médica, ha empezado a cambiar para dar paso a un esquema más personalizado y preventivo. Esa medicina de “ensayo y error” ha sido exitosa al fomentar la innovación y el mejoramiento en la calidad de la atención. Sin embargo, no ha podido ser el estándar de calidad al cual debemos aspirar. De ahí, entonces, que la medicina personalizada introduce el nuevo paradigma, rompiendo así el ciclo de ensayo y error. Fundamentalmente, la medicina personalizada tiene como base la asociación de pruebas diagnósticas con las acciones terapéuticas. Partiendo de la observación clínica del individuo, los biomarcadores y otras pruebas diagnósticas que derivan de la genómica permitirán un tratamiento a la medida y necesidades de cada paciente, evitando retrasos y errores.

Utilizada cada día más, la medicina personalizada se ha convertido en una herramienta cuyo detonador ha sido la revolución genómica y el uso de las tecnologías de información. El concepto de medicina personalizada connota una anticipada reforma médica que, según proyecciones, llegará a la clínica en las próximas décadas haciendo uso de las tecnologías genómicas y proteómicas para el diseño personalizado del tratamiento de una persona, tomando como base su perfil genético individual. También se espera que la medicina personalizada permita tratamientos más eficaces para múltiples enfermedades. En suma, se entiende por Medicina personalizada...

Después de los recientes éxitos en el diseño de nuevos fármacos oncológicos, con la ayuda de herramientas genómicas y proteómicas, las expectativas públicas hacia más y mejores opciones terapéuticas y de diagnóstico en otras áreas médicas han crecido. Sin embargo, esta no será la única opción de importancia para la sociedad. Con la disponibilidad de más y mejores herramientas orientadas a la identificación de individuos en riesgo de padecer determinadas enfermedades o desarrollar efectos adversos a medicamentos, la medicina personalizada logrará virar hacia un modelo de atención más preventivo y de preservación de la salud.

## LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN: PILARES DE LA MEDICINA PERSONALIZADA

Un paso crucial en el camino hacia una verdadera medicina personalizada será la utilización de redes de información que ya han generado cambios trascendentes en muchos otros sectores. El pilar de la medicina personalizada es la atención a la salud basada en la información por una parte, científica y, por otra, tecnológica, lo que hace factible transformar y manejar más y de mejor forma la información compleja. Nuestros actuales sistemas de información para la atención de la salud siguen dependiendo en buena medida del papel y, por lo tanto, obstaculizan la eficiencia de todo el sistema. El expediente clínico, archivado en distintos formatos obstaculiza su acceso y universalización a través de las diversas instituciones de salud. A pesar de la creciente complejidad de los sistemas de salud, la disponibilidad de redes de información en línea, en el sitio de atención de los pacientes, sigue siendo limitada, lo cual impide a los profesionales de la salud proporcionar el mejor estándar de atención a cada paciente y de manera oportuna. Con el recurso de un expediente electrónico, la información de cada paciente se encontrará disponible en todo momento, eliminando la necesidad de repetir las historias clínicas y las revisiones rutinarias, así como ahorrando a la vez tiempo y dinero.

Es claro que desde el punto de vista presupuestal –aspecto que obviamente y en gran medida constriñe los sistemas de salud modernos– se precisará de una fuerte inversión en tecnología, infraestructura y capital humano para lograr la aplicación de una medicina personalizada. A largo plazo, sin embargo, se advierten posibles

ahorros en todo el sector salud que se acompañarán de un aumento en la calidad de los servicios. Estos beneficios financieros se están empezando a hacer patentes en el uso de algunos nuevos medicamentos (Gleevec, Herceptin, Tamoxifen, Erbitux, Camptosar) para los cuales se han desarrollado en forma paralela las pruebas diagnósticas necesarias para su aplicación<sup>21</sup>.

Los avances médicos y científicos, sostenidos a lo largo de siglos, han logrado la mayor esperanza de vida en la historia de las poblaciones. Sin embargo, es una realidad que los sistemas de salud actuales se enfrentan a un cambio forzado para acomodar las necesidades de una población cada vez más envejecida, propensa a padecer enfermedades complejas y costosas causadas por múltiples factores. Los avances de la investigación básica en el contexto de los imperativos clínicos cambiantes han iluminado un punto de transición. Se anticipa la etapa de la medicina personalizada. Esta es la forma que tendrá la atención de la salud en el futuro; un sistema centrado en el paciente que lo habilita para realizar decisiones relacionadas con la gestión de su salud, con un aumento en la calidad y en la seguridad de los procedimientos. Desde esta temprana etapa, se puede vislumbrar una oportunidad, identificando algunos elementos esenciales y los caminos que deberán recorrerse. En todo ello, se delinea el imperativo de la colaboración a través de los sectores público y privado, así como a través de múltiples disciplinas.

## CONCLUSIONES

Tradicionalmente, el potencial de la ciencia para aliviar la enfermedad y el sufrimiento humano ha tocado la sensibilidad y la imaginación de las personas. Los últimos cien años han traído consigo un avance muy significativo en este terreno y hoy se cuenta con un conocimiento científico más profundo, ya que el cambio en el enfoque permite ir del nivel macroscópico al microscópico (y viceversa), llegar al fundamento de la vida, conocer con mayor detalle las células y sus procesos y, en consecuencia, diseñar herramientas y tratamientos más específicos y efectivos.

En esta última década se han roto múltiples estándares y paradigmas. La biología de sistemas, la bioingeniería, la genómica, la proteómica, la nanotecnología, la ingeniería tisular y celular, la bioimagenología, los métodos computacionales y los avances en las tecnologías de la información, entre otros, han proyectado a la medicina hacia un futuro molecular, a una velocidad que excede la capacidad de comprensión e integración en el corto plazo y que no deja de tener aplicación en el plano colectivo.

En la investigación científica que se desarrolle en las próximas décadas, probablemente la genómica tenga la posibilidad de cambiar la práctica de la medicina que se viene realizando de manera ortodoxa, más que a ninguna otra ciencia relacionada con la salud, mediante la creación de nuevas aproximaciones en el conocien-

to, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades, perfilando las características de las poblaciones de tal manera que las acciones a ellas dirigidas cuenten con una etiqueta personal que maximice la eficiencia de los servicios de atención médica. En este sentido, muchos son los retos por enfrentar en los próximos años para lograr la aplicación efectiva y universal de la medicina personalizada.

## LOS DESAFÍOS DE LA MEDICINA PERSONALIZADA

De manera esquemática, se resumen cuatro desafíos totales que enfrenta la medicina personalizada, algunos aparentemente sencillos y otros de extrema y evidente complejidad.

Las grandes compañías farmacéuticas deberán llevar a cabo, por lo menos, las siguientes acciones gerenciales para la introducción de la medicina personalizada. La primera, abandonar el esquema de *blockbuster*, que se enfoca en el desarrollo y comercialización de medicinas para amplios sectores poblacionales, para incluir el diseño de terapias personalizadas. Segundo, forjar alianzas con compañías diagnósticas que permitan adicionar este recurso al tratamiento farmacéutico específico. Tercero, hacer más accesibles los fármacos a las poblaciones. Por último, promover esfuerzos en la comunicación social sobre la seguridad, la eficacia y ventajas que proporcionan las terapias individualizadas.

Las instituciones gubernamentales encargadas de la regulación de la producción y comercialización de fármacos deberán incorporar biomarcadores y otras pruebas diagnósticas a la regulación de medicinas de patente. El impulso del desarrollo sistemático de pruebas diagnósticas y fármacos más dirigidos a ciertas poblaciones constituiría un incentivo importante para las compañías farmacéuticas.

Una de las barreras más complejas para la medicina personalizada es la concerniente a los recursos humanos dedicados a la salud. Para ello, se proponen dos importantes intervenciones ya que el cambio en la práctica médica tiene que venir a través de la formación del profesional y de la educación continua en el ejercicio. Por tanto, la primera intervención estriba en que las escuelas de medicina requieren reorientar sus programas académicos, resaltando la importancia del diagnóstico preciso, científicamente formulado. De manera complementaria, incorporar la materia de medicina genómica para que los alumnos cuenten con el substrato científico de las aplicaciones diagnósticas y terapéuticas. La segunda consiste en que las academias, asociaciones y sociedades médicas deben convertirse en un pilar de apoyo imprescindible para la introducción de la medicina personalizada.

El impulso de nuevos estándares de atención que integren los nuevos tratamientos y herramientas diagnósticas constituye un paso esencial en la adopción de la medicina personal por parte de los clínicos.

## EL PAPEL DE LA MEDICINA GENÓMICA EN LA SALUD GLOBAL

Cobra particular interés la manera en la cual estos avances tecnológicos afectarán la salud de las personas de los países en desarrollo, ya que en su mayoría fueron desarrollados y ahora son propiedad del mundo industrializado. Cabe resaltar que, con la adecuada instrumentación y regulación, las nuevas tecnologías que derivarán del avance científico de la genómica también pueden incidir para cerrar las brechas de salud y pobreza y, en consecuencia, mejorar el bienestar de la población. Esto es posible ya que sin duda, se aumentará la eficiencia y efectividad del combate contra la doble carga de enfermedad que de forma compleja se manifiesta en las poblaciones actuales de países con ingresos medios. La medicina personalizada debe considerarse como una oportunidad sin precedentes para el desarrollo de nuevos productos y servicios como catalizadores de la capacidad tecnológica y de la economía local.

La integración de la genómica dentro del campo de la salud pública se convierte así en una inversión estratégica con miras a revolucionar la atención y los servicios de salud disponibles en beneficio de los pacientes<sup>13</sup>. El papel de la salud pública se proyecta complejo y no falto de controversias; por lo tanto, se torna imperativo propiciar la colaboración de la sociedad, de los sectores público y privado, así como abonar la intersección de las variadas disciplinas científicas concurrentes y de los actores involucrados. La responsabilidad mayor, sin embargo, consistirá en asegurar que estos avances tecnológicos beneficien la salud tanto de individuos como de las comunidades, sobre todo de las más desprotegidas.

El reto para la medicina global actual consistirá, entonces, en comprender las barreras para la instrumentación de los avances en ciencia y tecnología en los países en desarrollo y la consecuente creación de mecanismos que rompan estas barreras<sup>19</sup>. La genómica y el uso del conocimiento no son prerrogativas de los países industrializados; la brecha debe cerrarse fortaleciendo la investigación nacional en salud.

## COLOFÓN

La visión aquí expuesta sobre una nueva forma de atención a la salud toma como base los logros del pasado, los recientes avances en biomedicina y en las tecnologías de la información y, de manera especial, los retos que implica su desenvolvimiento para las próximas décadas. Pero si el pasado sirve de prólogo al futuro, podemos esperar que esta inversión en tiempo, talento y recursos crecerá de manera constante logrando un cambio certero en la dirección adecuada. La convergencia de tecnología biomédica, práctica médica,

demografía, incentivos políticos e inversión social en salud, ofrecerán un nuevo vehículo para conducir a la medicina hacia el futuro.

## REFERENCIAS

1. Watson, J.D. & Crick, F.H. Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature* **171**, 737-8 (1953).
2. Lander, E.S. et al. Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature* **409**, 860-921. (2001).
3. Collins, F.S., Green, E.D., Guttmacher, A.E. & Guyer, M.S. A vision for the future of genomics research. *Nature* **422**, 835-47 (2003).
4. Guttmacher, A.E. & Collins, F.S. Welcome to the genomic era. *N Engl J Med* **349**, 996-8 (2003).
5. Altshuler, D. et al. A haplotype map of the human genome. *Nature* **437**, 1299-320 (2005).
6. WHO. *Genomics and world health. Report of the Advisory Committee on Health Research.*, (Geneva, 2002).
7. Collins, F.S. & McKusick, V.A. Implications of the Human Genome Project for medical science. *Jama* **285**, 540-4 (2001).
8. Roden, D.M. et al. Pharmacogenomics: challenges and opportunities. *Ann Intern Med* **145**, 749-57 (2006).
9. Evans, W.E. & McLeod, H.L. Pharmacogenomics—drug disposition, drug targets, and side effects. *N Engl J Med* **348**, 538-49 (2003).
10. Merikangas, K.R. & Risch, N. Genomic priorities and public health. *Science* **302**, 599-601 (2003).
11. Clayton, E.W. Ethical, legal, and social implications of genomic medicine. *N Engl J Med* **349**, 562-9 (2003).
12. Omenn, G.S. The genomic era: a crucial role for the public health sciences. *Environ Health Perspect* **108**, A204-5 (2000).
13. Omenn, G.S. Public health genetics: an emerging interdisciplinary field for the post-genomic era. *Annu Rev Public Health* **21**, 1-13 (2000).
14. Jiménez-Sánchez, G., Valdés Olmedo, J. & Soberón, G. Desarrollo de la medicina genómica en México. *Este país*. **139**, 17-23. (2002).
15. Jiménez-Sánchez, G., Valdés Olmedo, J. & Soberón, G. En el umbral de la medicina genómica. *Este país*. **138**, 21-30. (2002).
16. Jiménez-Sánchez, G. Developing a platform for genomic medicine in Mexico. *Science* **300**, 295-6 (2003).
17. Jiménez-Sánchez, G., Valdés Olmedo, J. & Soberón, G. El Instituto Nacional de Medicina Genómica [The National Institute of Genomic Medicine]. *Este país*. **141**, 50-56. (2002).
18. Hidalgo Miranda, A. et al. Proyecto Mapa Genómico de los Mexicanos. *Cuenca y DeBartolo. Enero*, 32-53. (2006).
19. Seguí, B., Essajee, S., Jiménez-Sánchez, G., Singer, P. & Daar, A. Human Genomic Variation Studies and Pharmacogenomics are Critical for Global Health. *Pharmacogenomics in Admixed Populations*. (ed. Suarez-Kurtz, G.) (Bandes Bioscience., 2007.).
20. Jiménez-Sánchez, G., Silva-Zolezzi, I., Hidalgo, A. & March, S. Genomic medicine in Mexico: Initial steps and the road ahead. *Submitted for publication*. (2007).
21. Aspinall MG, Hamermesh RG. Realizing the promise of Personalized Medicine. *Harvard Business Review*. October, 109-117. (2007)

## NOTAS

- <sup>1</sup>Trabajo de ingreso a la Real Academia de Medicina de Catalunya
- <sup>2</sup>Vicepresidente de la Academia Nacional de Medicina de México
- <sup>3</sup>Consultor para Educación y promoción de la Salud, Fundación Mexicana para la Salud.
- <sup>4</sup>Investigadora invitada, Fundación Mexicana para la Salud.