

Desarrollo de la medicina genómica en México

**/Gerardo Jiménez-Sánchez • José Cuauhtémoc Valdés Olmedo
y Guillermo Soberón**

El esclarecimiento del genoma humano plantea importantes aplicaciones para atender la salud de las poblaciones. México no puede quedar fuera de este importante flujo de conocimientos y tecnología. Este artículo continúa la discusión de uno anterior publicado en esta misma revista ("En el umbral de la medicina genómica").¹ Al igual que el anterior, en este se recogen elementos aportados en las primeras deliberaciones en torno a este tema, en las que participaron destacados investigadores mexicanos, entre ellos Hugo Aréchiga, Alessandro Carnevale, Gerardo Jiménez-Sánchez, Juan Pedro Lactette, Sergio López Ayllón, Antonio López de Silanes, Jaime Martuscelli, Marcia Muñoz de Alba, Miguel Ángel Rodríguez Weber, Guillermo Soberón, Diego Valadés, José Cuauhtémoc Valdés Olmedo, Antonio Velázquez y Enrique Wolpert.

Introducción

Es un lugar común señalar los grandes retos que enfrenta nuestro país: superar lacerantes rezagos que molestan nuestra dignidad, y realizar grandes esfuerzos para aprovechar, en favor de nuestro desarrollo, las enormes posibilidades que surgen.

Son múltiples y variados los problemas que un país tiene que enfrentar en pos de su desarrollo económico y social. Hay dificultades apremiantes que deben superarse al tiempo que es preciso abrir nuevas avenidas que conduzcan al progreso. Hemos aprendido que no son cuestiones sucesivas, es decir, sólo podremos transitar por los nuevos derroteros para alcanzar más altos niveles de bienestar, hasta que se haya dado solución a los pro-

blemas que nos aquejan; superar obstáculos y porfiar en caminos promisorios son cuestiones que se deben abordar en forma simultánea y concomitante. Por eso, ya se reconoce, universalmente, que el desarrollo económico y el desarrollo social tienen que perseguirse al unísono.

En el caso de la salud, es un falso dilema oponer los problemas ancestrales del rezago sanitario (desnutrición, infecciones, patología en la esfera reproductiva) a las grandes oportunidades que surgen por los arrolladores avances de la biotecnología, la informática y las telecomunicaciones, las cuales se traducen en mayores posibilidades para el diagnóstico, el tratamiento, el control y la prevención de las enfermedades que nos afectan. Esto significa que el Sistema Nacional de Salud debe redoblar esfuerzos para el cuidado de la salud de los muchos mediante la incorporación de nuevas intervenciones efectivas en la, cada vez más amplia, cobertura de los servicios que ya, prácticamente, es universal; el perfeccionamiento de la atención primaria a la salud; el impulso a la medicina comunitaria; el establecimiento de una cultura de promoción de la salud; en fin, utilizan-

El doctor Gerardo Jiménez-Sánchez es miembro del Consorcio Promotor del Instituto de Medicina Genómica, de la Fundación Mexicana para la Salud y del Instituto de Medicina Genómica.

Los doctores Cuauhtémoc Valdés Olmedo y Guillermo Soberón son miembros del Consorcio Promotor del Instituto de Medicina Genómica y de la Fundación Mexicana para la Salud.

do el gran recurso que significa la educación para la salud. Pero, también, el Sistema Nacional de Salud debe contar con los medios para identificar, valorar y, en su caso, implantar las innovaciones tecnológicas que surgen vertiginosamente y enriquecen los más variados aspectos del cuidado de la salud. Aquí cabe señalar, como nota precautoria, que la aplicación indiscriminada de nuevas tecnologías puede traer efectos adversos como incremento de costos y iatrogenia; además, podría favorecer la llamada *medicina defensiva*.

México no se puede dar el lujo de ser indiferente y pasivo en el umbral del advenimiento de la medicina genómica. Las posibilidades que ofrece en cuanto al cuidado de la salud son muy grandes y es absolutamente indispensable aprovecharlas.

Razones para que México incursione en la medicina genómica

Razones de orden médico, de salud pública, académico, económico, jurídico, social y político

El desarrollo de las ciencias genómicas tiene variadas implicaciones pues es motor de desarrollo de una nueva dimensión en la aplicación de la ciencia, basada en las secuencias de ADN de las diferentes especies.

La incursión de México en la medicina genómica estimulará el desarrollo de infraestructura de punta que permita al país incorporarse al nuevo orden mundial en el campo de la salud. La medicina genómica revolucionará la práctica de la medicina al ofrecer nuevas formas de diagnóstico y de tratamiento de las enfermedades humanas. Más aún, permitirá identificar a los miembros de la población cuya secuencia de ADN los hace de alto riesgo para presentar enfermedades comunes como la hipertensión arterial, la diabetes mellitus tipo II, el asma, el infarto agudo del miocardio y algunas enfermedades infecciosas, entre muchas otras, que están adquiriendo gran relevancia en nuestro país debido a la transición epidemiológica. Esto hará a la medicina, cada vez más predictiva, preventiva e individualizada.²³ Las consecuencias no sólo se reflejarán en un mejor estado de salud de la población mexicana, sino que además tendrán un impacto financiero enorme; entre los costos de prevención de las enfermedades más frecuentes, y los costos de tratamiento crónico y de rehabilitación y las bajas en la fuerza productiva del país, resulta un balance muy favorable.

En el ámbito académico, el establecimiento de la infraestructura necesaria para el desarrollo de la medi-

cina genómica en México será de gran importancia para estimular la enseñanza de la genética y, en especial, de las ciencias genómicas a todos los niveles educativos y en diferentes campos del conocimiento. Por otra parte, promoverá áreas de investigación científica relacionadas con el genoma humano abriendo nuevas oportunidades de producción de información científica, que pueda derivar en bienes para nuestra población, tales como fármacos más eficaces y menos tóxicos, nuevas vacunas, formas de diagnóstico y tratamiento de enfermedades, entre otras.⁴

Resulta fundamental que México desarrolle un sistema de salud que le permita incorporarse activamente a un nuevo orden mundial que exigirá que los diferentes países cumplan con requerimientos de salud basados en la medicina genómica, para los cuales es fundamental el desarrollo de una infraestructura básica que permita enfrentar esos nuevos retos.

Aun cuando los costos iniciales de montar la infraestructura requerida para el desarrollo de la medicina genómica son altos, éstos resultan relativamente moderados si se comparan con los costos financieros que representaría para el país la dependencia y la transferencia de productos derivados del desarrollo de la medicina genómica en países con avances significativos en este tema estratégico.

El desarrollo de la medicina genómica en México requerirá de la elaboración de la legislación apropiada para que los mexicanos podamos enfrentar los nuevos retos del conocimiento del genoma humano dentro de un marco jurídico que proteja los derechos del individuo sobre su propia información genética y, al mismo tiempo, promueva el desarrollo de estas nuevas áreas de la ciencia con apego al respeto de los derechos humanos y a los valores de nuestra sociedad. Por esto resulta urgente expedir la legislación que asegure que el gran acervo genético de las poblaciones mexicanas sea estudiado a través de tecnologías de punta en nuestro país, y así evitar los costos sociales y financieros relacionados con la transferencia de tecnología procedente de países desarrollados, los que, por cierto, ya han establecido infraestructura, cuerpos de investigadores, legislación, y productos sujetos a patentes para aprovechar su explotación en el mercado.

En otras palabras, el mundo se prepara para un nuevo concepto de medicina para el cual se desarrollarán nuevos productos y servicios a los que México sólo podrá acceder si cuenta con una apropiada infraestructura humana, material y legal. Esta situación dará lugar a un nuevo sistema social que girará en torno al

conocimiento de las secuencias genómicas de las diferentes especies, por lo que aquellos países que no desarrollen la infraestructura adecuada para estos fines, estarán a merced de aquellos que sí la tengan, creando dependencias estratégicas y dando lugar a hegemonías con altos costos sociales.

Características de la biodiversidad de la especie humana

Los estudios de marcadores genéticos polimórficos en diversas poblaciones humanas, como los de Neel y sus colaboradores en las poblaciones yanomamas en América del Sur,⁵ han evidenciado un alto grado de microdiferenciación genética. Todo lo anterior pone de manifiesto la gran diversidad de la especie humana. Con los conocimientos y herramientas metodológicos derivados del Proyecto del Genoma Humano, esta enorme biodiversidad está ahora al alcance de los investigadores, principalmente de países desarrollados, que cuentan con las tecnologías y los presupuestos necesarios para llevar a cabo este tipo de estudios.

Mejor conocimiento de la población mexicana

El conocimiento de las características genéticas de los grupos étnicos de nuestro país tendrá un gran impacto en el conocimiento antropológico de los mexicanos, particularmente en la identificación de secuencias propias de estos grupos humanos, que les confieren fortalezas y debilidades particulares.

Hay que insistir en que México tiene extraordinarias oportunidades en sus poblaciones aisladas y altamente consanguíneas que son genéticamente muy homogéneas y que por ello permiten más fácilmente el aislamiento y la identificación de genes causantes de enfermedades. Por ello debe dársele una alta prioridad a la colección y el estudio del germoplasma mexicano por científicos de nuestro país, sin menoscabo de colaboraciones internacionales, pero evitando que este recurso nacional sea estudiado, clasificado y utilizado en forma casi exclusiva por investigadores de otros países como ha ocurrido en el pasado, por ejemplo, en la arqueología, en la fauna y en la flora.

Por eso es verdaderamente estratégico y oportuno que México se prepare para aprovechar los nuevos conocimientos y tecnologías del Proyecto del Genoma Humano, por lo que se requiere, en el mediano plazo, contar con una masa crítica de investigadores, profesionales y técnicos que tengan la capacidad de asimilar, desarrollar y aplicar los conocimientos genómicos.

Estado actual de la genética humana, la genética molecular y la medicina genómica en México.

México cuenta con una sólida tradición en las ciencias biomédicas y de la salud sobre la que es posible construir la medicina genómica del mañana. Existe un grado importante de maduración de la genética humana que, junto con la bioquímica clásica, la biología molecular, la microbiología, la inmunología, la biotecnología, las neurociencias, la pediatría, la medicina interna y la geriatría, constituyen elementos indispensables para el desarrollo de la medicina genómica.

La genética humana y la genética molecular

La genética humana en México ha tenido un desarrollo reciente, ya que apenas a finales de los cuarenta aparecieron las primeras publicaciones del doctor Mario Salazar Mallén sobre la distribución de grupos sanguíneos en poblaciones mexicanas. En la década de los años sesenta se formaron los primeros grupos de genética en hospitales de la ciudad de México y en Guadalajara y pronto surgieron la Asociación Mexicana de Genética Humana, la especialidad en genética humana en el Centro Médico Nacional del Instituto Mexicano del Seguro Social y el Consejo Nacional de Especialistas en Genética Humana que, en la actualidad, se denomina Consejo Mexicano de Genética.

En estos años, la genética humana ha tenido un desarrollo muy importante en sus diversas áreas: clínica, citogenética, genética de poblaciones, genética bioquímica, genética toxicológica y, más recientemente, genética molecular. Las aportaciones más relevantes de los genetistas mexicanos en estas áreas de la genética humana están reunidas en tres publicaciones compiladas por Kofman,⁶ Salamanca y Armendares,⁷ Lisker y Carnevale⁸ y los datos más recientes se recabaron a través de una encuesta realizada entre febrero y marzo del año 2000. En ellos se consignan los principales grupos de especialistas en la materia, que trabajan en instituciones de salud y de educación superior, y que han contribuido en investigación y en la formación de recursos humanos.

Cabe destacar que la genética humana es de las disciplinas científicas que tienen un mayor grado de descentralización, ya que los grupos de investigadores participantes se ubican, en una buena proporción, en distintas ciudades de la República, su productividad es satisfactoria y han alcanzado reconocimiento internacional. También es importante destacar que la genética humana, desde hace muchos años, ha emprendido esfuerzos en la

formación de recursos humanos, inicialmente como especialistas en esta disciplina y, más recientemente, en el ámbito del doctorado.

La Asociación Mexicana de Genética Humana cuenta con cerca de 250 profesionistas, en tanto que el Consejo Mexicano de Genética cuenta con aproximadamente 162 miembros. Se han identificado 40 grupos de investigación en genética, que han generado cursos de especialización, maestrías y doctorados en biología molecular o en ciencias, con orientación en genética humana. Actualmente, en quince de las instituciones los grupos cuentan con cuando menos un investigador nacional y la reciente encuesta sugiere que alrededor de 50 profesionistas dedicados a la genética humana pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores y quince son candidatos. Se ha introducido en el nuevo plan de estudios de la carrera un curso de médico cirujano obligatorio de genética y el Programa Universitario de Especialidades Médicas de la Facultad de Medicina de la UNAM incluye el curso de especialización en genética médica en cinco sedes hospitalarias.

Algunos avances en los diversos campos de investigación son los siguientes. El área de genética de poblaciones fue de las que inicialmente se desarrolló en México y produjo las primeras publicaciones acerca de la distribución de marcadores genéticos en poblaciones indígenas y mestizas; se cuenta con estudios poblacionales sobre variantes de la hemoglobina, deficiencia de la glucosa-6-fosfato deshidrogenasa, proteínas séricas y otros marcadores genéticos, así como con estudios epidemiológicos de HLA en la población mexicana y su asociación con algunas enfermedades y sobre hemoglobinas anormales y talasemias, intolerancia a la lactosa y enzimas eritrocitarias.

La citogenética humana ha tenido un importante desarrollo, tanto en instituciones médicas como universitarias, en estudios cromosómicos para identificar alteraciones que producen malformaciones congénitas múltiples, retraso mental, alteraciones en el crecimiento y desarrollo, trastornos en la diferenciación sexual, infertilidad y aquellas relacionadas con leucemias y tumores sólidos malignos, así como descripciones de síndromes cromosómicos; la correlación entre las alteraciones cromosómicas y sus manifestaciones clínicas, descripciones de los efectos citogenéticos de la desnutrición; alteraciones cromosómicas en leucemias y tumores sólidos tanto en poblaciones adultas como pediátricas; toxicología genética, efectos cromosómicos y celulares de diversos agentes mutágenos, de parásitos y de la desnutrición y estudios sobre mecanismos de

alteraciones cromosómicas. En los últimos años, las técnicas convencionales de citogenética se han enriquecido con el método de la hibridación *in situ* con fluorescencia (FISH), lo que ha facilitado definir con precisión los arreglos cromosómicos en células metafásicas e identificar anomalías cromosómicas en células en interfase y con la electroforesis unicelular para los estudios de inestabilidad cromosómica y toxicología genética.

El campo de las enfermedades metabólicas hereditarias o errores innatos del metabolismo ha generado aportaciones científicas originales, así como recursos materiales y humanos de alto impacto para el país. Muestra de ello es el sistema de tamiz neonatal que previene el retraso mental de origen metabólico, en el que por ley, participan todos los recién nacidos en México. En este campo, los avances observados en México han sido reconocidos en el mundo por sus contribuciones a la ciencia y a la salud pública.

Por lo que toca a la genética clínica se ha tenido un desarrollo relevante en las instituciones de salud, en las cuales se proporciona atención médica a los pacientes y familias con enfermedades de índole genética. Se han descrito varios síndromes nuevos y se ha contribuido al esclarecimiento de la forma de herencia de algunos síndromes y enfermedades mendelianas, a la caracterización clínica de otros y sobre efectos de algunos teratógenos en el humano; se han realizado estudios de malformaciones congénitas en recién nacidos consecutivos entre los que destaca el programa de registro y vigilancia epidemiológicos de las malformaciones congénitas externas.

En lo que toca a la genética molecular se han desarrollado laboratorios de biología molecular tanto en las unidades médicas como en las de educación superior. Se han realizado estudios enfocados a identificar las mutaciones en los genes responsables de las enfermedades mendelianas más frecuentes en la población; se ha avanzado en investigaciones de epidemiología molecular en la población mexicana, estudios de genética y cáncer y el mapeo de genes en enfermedades complejas; se ha desarrollado la genética molecular para el estudio de los problemas de la diferenciación sexual y de la ictiosis ligada al gen X, así como estudio de las enfermedades neurodegenerativas como Huntington, Alzheimer y algunas ataxias; el mapeo de genes en enfermedades psiquiátricas como el trastorno obsesivo-compulsivo; estudios de epidemiología molecular, la genética clínica y de poblaciones; enfermedades que afectan a la niñez como son la fibrosis quística, las distrofias musculares, la hemofilia, el síndrome de X frágil, el retinoblastoma,

la anemia de Fanconi y el síndrome de Alport; se han realizado investigaciones sobre la deficiencia de 21-hidroxilasa así como mapeo de genes en diabetes mellitus tipo II y aterosclerosis; estudios de epidemiología molecular y genética de poblaciones principalmente enfocadas a HLA y a su asociación con diferentes enfermedades; se cuenta con contribuciones a la genética molecular de padecimientos mendelianos como las distrofias musculares, fibrosis quística, hemofilia, hemoglobinopatías y talasemias; a la genética y cáncer, a la epidemiología molecular, a los estudios de las enfermedades mitocondriales y la genética de poblaciones; hay trabajos sobre genética y cáncer; investigaciones sobre diagnóstico molecular de enfermedades hereditarias, terapia génica y sobre el complejo multigénico del lactógeno placentario humano, diagnóstico y epidemiología molecular de enfermedades hereditarias, terapia génica y cáncer, así como desarrollo de las técnicas de análisis del ADN para la identificación de individuos con aplicaciones en medicina forense y en la identificación de paternidad.

La medicina genómica

La investigación propiamente genómica ha empezado a desarrollarse en México. Son incipientes los esfuerzos pues no se cuenta aún con la infraestructura humana y material que permita desarrollar otros aspectos de la medicina genómica en sus áreas de investigación, asistencia y docencia, a fin de que deriven beneficios para la ciencia y para los mexicanos.

A la par del inicio de la investigación en medicina genómica han surgido iniciativas que, sin duda, darán un gran apoyo al desarrollo cabal de la medicina genómica en México. Entre ellas el establecimiento de la Comisión Nacional para el Genoma Humano, órgano de consulta del secretario de Salud, a fin de conocer, armonizar y difundir políticas y acciones de dependencias e instituciones educativas y de salud, públicas y privadas, relativas a la investigación, desarrollo tecnológico, enseñanza, atención médica y, en general, todo lo que se refiere al conocimiento sobre el genoma humano y la aplicación de este conocimiento; y la Sociedad Mexicana de Ciencias Genómicas fundada en el año 2001 e integrada por especialistas en genética de microorganismos, plantas, animales y humanos de diferentes instituciones académicas mexicanas. Por su parte, la UNAM desarrolla un nuevo plan de estudios para la licenciatura en ciencias genómicas que se espera inicie en el futuro cercano.

En síntesis, México cuenta con amplios recursos

humanos en las áreas de la genética humana y de la biología molecular, que constituyen una base importante sobre la cual desarrollar futuros esfuerzos. No obstante, para que la genómica se desarrolle como una disciplina propia, es fundamental contar con especialistas en la materia. Los genetistas humanos moleculares, ahora disponibles, serán un gran apoyo para los futuros expertos en medicina genómica.

Implicaciones éticas y jurídicas del conocimiento del genoma humano

La información que nos proveerá el Proyecto del Genoma Humano puede ser de gran beneficio para el individuo y la sociedad, sin embargo, la falta de confidencialidad y el mal uso de la información genética pueden acarrear grandes riesgos como la estigmatización y segregación de los individuos o grupos humanos únicamente por su contenido genético. Esto podría traducirse en discriminación en el acceso a los seguros de gastos médicos, a la educación y a las oportunidades de empleo, entre muchas otras formas. Es por esto, que resulta imperativo considerar las implicaciones éticas y los requerimientos de una legislación apropiada que asegure la confidencialidad de la información genética y prevea que no se produzca la discriminación genética de los individuos.

El desarrollo de la medicina genómica traerá aparejada la producción de bienes y servicios derivados de ese conocimiento, mismos que contribuirán significativamente al mejoramiento del cuidado de la salud. Estas nuevas herramientas de prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, resultarán fundamentales en la práctica médica rutinaria. Su desarrollo y aplicación traen aparejados aspectos éticos y legales de gran importancia, algunos relacionados con propiedad intelectual y patentes, y otros con la equidad en el acceso a los productos y servicios que veremos en abundancia en los próximos años. Si bien resultaría extenso el desarrollo de esta área de la medicina genómica, baste con señalar las áreas que al legislativo de cada país, y a la comunidad intelectual en su conjunto, tocará consultar y regular, asegurando siempre que el desarrollo integral de la medicina genómica se finque en el respeto a la dignidad y los derechos humanos. Otros riesgos potenciales que deberán preverse y evitarse incluyen la manipulación inapropiada del genoma humano que podría llegar a poner en riesgo a nuestra especie. Por ello, debe estudiarse cuidadosamente antes de permitir la introducción de cambios permanentes en el genoma humano, ya que su secuencia es el

resultado de un proceso evolutivo de millones de años de adaptación y selección. Por ello, resulta imperativo el desarrollo de un marco jurídico apropiado que permita el desarrollo del potencial benéfico de la medicina genómica y evite riesgos para la humanidad.

Como se ha mencionado, desde 1994, el Núcleo de Estudios Interdisciplinarios sobre Salud y Derecho del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM ha dedicado gran parte de sus esfuerzos al estudio de los aspectos éticos y las repercusiones jurídicas de los avances del Proyecto del Genoma Humano. Periódicamente tiene un seminario en el que participan juristas, genetistas, filósofos, sociólogos y otras personas interesadas en estos asuntos. Los miembros del Núcleo no solamente representan un espectro multidisciplinario, sino también plural en cuanto a posiciones filosóficas, políticas y religiosas. El trabajo es de un gran rigor intelectual y científico. Una o dos veces por año se realiza un simposio abierto a todo el público interesado, en los temas que se han estado discutiendo en el periodo anterior, y cuyos trabajos se han publicado en varios libros editados por el Instituto de Investigaciones Jurídicas. Además, los textos completos están a disposición de cualquier persona en la internet (www.juridicas.unam.mx). Recientemente llevaron a cabo un Simposio internacional en torno al derecho genómico.⁹

Otros esfuerzos similares se han ido dando, como los de Alessandra Carnevale y Rubén Lisker, y los de Manuel Velasco Suárez y Elisa Alonso. Todos ellos deben ser ahora aprovechados por el poder Legislativo de la Unión con el objeto de adecuar la legislación mexicana vigente a los avances de las ciencias genómicas.

Responsabilidades de distintos actores Gobierno mexicano

El gobierno mexicano debe considerar con prioridad la importancia de políticas y programas que fortalezcan la investigación en ciencias genómicas. En este sentido, tiene que reforzar sus diversos componentes: recursos humanos calificados, infraestructura, acceso a la información internacional, recursos financieros y agilidad en su manejo, entre otros aspectos. Es prioritario y urgente expedir la legislación que asegure que el gran acervo genético de las poblaciones mexicanas sea estudiado en nuestro país a través de tecnologías de punta y evitar, como se ha dicho, costos sociales y financieros relacionados con la transferencia de tecnología procedente de países desarrollados, que ya han desarrollado legislación, infraestructura, cuerpos de investigadores y pro-

INDICADORES

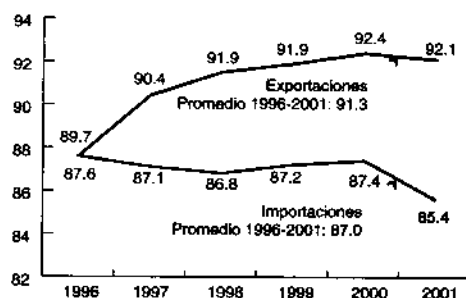
México APEC 2002

Participación de APEC en el comercio exterior de México I

México fue el primer país de América Latina en incorporarse al Mecanismo de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC) en 1993. Este organismo fue concebido como una comunidad de países con los siguientes propósitos: 1) unir sus esfuerzos a fin de resolver los retos del libre intercambio de bienes, servicios e inversiones entre los países miembros, 2) apoyar su crecimiento económico, 3) elevar sus niveles de vida y 4) lograr su crecimiento sostenido respetando el medio ambiente.

En este contexto, la importancia que el comercio exterior tiene para México se muestra en el hecho de que durante el primer trimestre del 2002 el comercio global (exportaciones más importaciones) representó cerca de la mitad (47.5%) del producto interno bruto (PIB). Las estadísticas del intercambio comercial entre México y los países miembros de APEC muestran hechos contundentes: 91.3% de las exportaciones mexicanas a lo largo del periodo 1996-2001 se hizo a esta región, mientras que 87% de las importaciones provino de estos países (Australia, Brunei Darussalam, Canadá, Chile, China, Corea del Sur, Estados Unidos, Filipinas, Hong Kong, Indonesia, Japón, Malasia, Nueva Zelanda, Papúa y Nueva Guinea, Perú, Rusia, Singapur, Tailandia, Taipei chino -Taiwán- y Vietnam).

Comercio exterior de México con los países miembros de APEC (porcentajes respecto al total)



Fuente: Grupo de Trabajo de Estadísticas de Comercio Exterior integrado por INEGI, Banco de México, Secretaría de Economía y Sistema de Administración Tributaria.



ductos sujetos a patentes para aprovechar su explotación en el mercado. Finalmente, resulta de fundamental importancia asegurar la confidencialidad en el manejo de la información genética de la población mexicana a fin de evitar segregación o discriminación en nuestra sociedad.¹⁰ Este es un problema ético que nuestra sociedad debe prevenir y no lamentar.

Sector salud

Es primordial que se impulse el desarrollo de tecnologías médicas de punta en México para el estudio del genoma de los mexicanos. Se deberá estimular el diagnóstico molecular de las enfermedades más frecuentes en el país, y promover el desarrollo de infraestructura, tanto en medicina molecular, con aplicaciones clínicas, como para su utilización en farmacogenómica y en terapia génica.

Sector educativo

La población en general deberá conocer y aprender el concepto de genoma humano y su importancia para la sociedad al contener la información genética sobre cada individuo, así como los beneficios y riesgos a los cuales nos enfrenta. Estos conceptos deben comenzar a incluirse en los contenidos de la educación básica para las nuevas generaciones, así como también en el ámbito de la población general. Los profesionales de la salud deberán incluir, en su formación, un entrenamiento formal en genética básica y biología molecular y en el uso del conocimiento del genoma humano para el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades. Los profesionales de las ciencias sociales deberán estudiar en detalle las implicaciones éticas, legales, sociales y políticas del conocimiento del genoma humano. Los profesionales de la informática requerirán implantar sistemas capaces de manejar grandes volúmenes de datos (secuencias de ADN), y la producción de bases de datos genéticos con aplicaciones a la vida cotidiana.

Sector académico

Las universidades y los institutos que realizan investigación científica tienen que promover proyectos para obtener información sobre el genoma humano y sobre sus aplicaciones cuando las áreas de interés que cultivan sean afines al tema. También deben participar en la formación de los recursos humanos que son necesarios para el desarrollo de la genómica.

Sector privado

El sector privado tiene la gran oportunidad de participar en forma activa en el desarrollo de estas tecnologías estratégicas, a través de mayor inversión en investigación biomédica y biotecnológica. Con ello, tendrá la oportunidad de desarrollar productos de diagnóstico y tratamiento moleculares que se requerirán en pocos años.¹¹ Para dar a conocer el presente proyecto y para lograr su vinculación con el sector privado, la Fundación Mexicana para la Salud jugará un papel fundamental pues es en esta institución donde se han organizado los primeros esfuerzos para el desarrollo de este proyecto y la que ha asumido la responsabilidad de su coordinación.

En resumen, la larga tradición de excelencia que México ha seguido en el desarrollo de las ciencias biomédicas, en particular de la medicina clínica, la bioquímica, la genética, la biología molecular y el derecho en salud, le ofrece una plataforma ideal para iniciar el desarrollo de la medicina genómica. Sin duda, el vertiginoso avance en el conocimiento de las ciencias genómicas nos ofrece la gran oportunidad de incursionar en la medicina genómica que resultará en beneficios sociales de grandes dimensiones para la población mexicana en los años por venir ■

¹ Jiménez Sánchez G., Valdes Olmedo J., Soberón G., "En el umbral de la medicina genómica", *Este País*, núm. 138, septiembre de 2002.

² Jiménez-Sánchez G., "El impacto del conocimiento del genoma humano en la medicina clínica", *Foro Silanes*, 1999, 3(7): 4-6.

³ Jiménez-Sánchez G., "La medicina genómica: un nuevo paradigma en el cuidado de la salud", *Médica Sur*, 2000, 7(1): 4-5.

⁴ World Health Organization, "Genomics and world health", Report of the Advisory Committee on Health Research, Ginebra, 2002.

⁵ Neel J. V., "Rare variants, private polymorphisms, and locus heterozygosity in Amerindian populations", *Am. J. Hum. Genet.*, 1978, 30(5): 465-90.

⁶ Kofman-Alfaro S., y cols., "La genética humana en México", *Gac. Med. Méx.*, 1991, 127(85-103).

⁷ Salamanca F., Armendares S., "The development of human genetics in Mexico", *Arch. Med. Res.*, 1995, 26, Supl: S55-S62.

⁸ Lisker R., Carnevale A., en "Retos y perspectivas de la ciencia en México", M. Fortes, C. W. Gómez (comps.), *Retos y perspectivas de la ciencia en México*, Academia de la Investigación Científica, México, 1995.

⁹ Muñoz de Alba M. C. (comp.), *Reflexiones en torno al derecho genómico*, Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM, México, 2002.

¹⁰ Jiménez-Sánchez G., "Implicaciones médicas y sociales del genoma humano en la sociedad mexicana, en G. A. Musik-Asali, S. Medina-González (comps.), *México 2020: Retos y perspectivas*, Conacyt, México, 1999.

¹¹ Jiménez Sánchez G., "Áreas de oportunidad para la industria farmacéutica en el Instituto de Medicina Genómica de México", *Gac. Med. Méx.*, 2002, 138(3): 291-294.