



El Genoma del Mexicano Cada Individuo, un Código de Barras

Por María Josefa Cañal

El mapa del Genoma Humano de los mexicanos indica que somos diferentes. Estas variaciones permiten identificar las necesidades del mercado a partir de las características genómicas.

Tras años de preparativos, el 21 de julio de 2004 -por mandato del Congreso de la Unión- se creó el Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN). Gerardo Jiménez Sánchez, su fundador y actual Director General, explica cómo esta novel institución -cuyos proyectos están dirigidos a resolver problemas nacionales de salud- se ha robustecido desde entonces hasta desarrollar el mapa genómico de los mexicanos.

El Genoma Humano (GH), que la UNESCO ha definido como "el patrimonio biológico de la humanidad", equivale al manual de instrucciones del organismo de las personas. Consiste en una molécula que, si se imagina físicamente, mide alrededor de un metro y medio, se enrosca como el

cable del teléfono y se alberga en el núcleo de cada una de nuestras células. Está formado por 3,200 millones de unidades, en un abecedario donde sólo hay cuatro letras, A, G, T y C, que se ordenan en una forma específica y dan lugar a las instrucciones del cuerpo humano. Si hay una falta de ortografía en el texto, puede generar enfermedades o susceptibilidad a éstas.

Todos los seres humanos compartimos el 99.9% de la información del GH, pero el .1% restante varía entre las personas, sobre todo por cambios en el orden de las letras. Existen alrededor de 10 millones de posibilidades en el GH; la cantidad de combinaciones que puede dar es altísima, mucho mayor que el número de personas sobre la Tierra. La individualidad

genómica derivada de cada combinación podría compararse con un código de barras que identifica a un individuo específico, y que puede contener una predisposición a enfermedades como diabetes, hipertensión, cáncer, e incluso al tabaquismo o adicciones a alguna otra sustancia.

Con estos elementos, surge la medicina genómica, que consiste en leer las variaciones del GH y saber qué enfermedad tiene riesgo de padecer cada persona con base en estas letras. "El proceso para lograrlo es laborioso -señala Jiménez-. Se necesita, primero, conocer el catálogo de las variaciones más frecuentes en una población. Una vez que se ha obtenido, se realizan estudios en donde se toma el caso de un grupo de obesos, por ejemplo, y un grupo de control de no obesos. Les leemos un millón de letras del genoma replicadas, y programamos la computadora para que nos diga qué letras son más frecuentes en los obesos y no aparecen en los otros. Después de éstos y otros procesamientos de datos, llegamos a las combinaciones que arrojan riesgo".

Consecuencias Económicas

La medicina genómica tiene tres características: Es individualizada, porque no hay nada más específico que nuestro genoma; predictiva, porque permitirá a los expertos saber con anticipación quién tiene riesgo, por ejemplo, de padecer diabetes; y preventiva, puesto que los médicos podrán adelantarse para ayudar a esa

En los próximos 20 años, dentro de los diez tops de la economía del conocimiento estarán la genómica, la proteómica y la bioinformática.

persona. Porque no es lo mismo que alguien padezca esa enfermedad a los 40, que atrasar el proceso y tenerla a los 50 o 60, si es que le iba a dar de todas formas.

Las consecuencias económicas que trae consigo el avance de la medicina genómica son enormes. Estas



Gerardo Jiménez Sánchez, fundador y actual Director General del Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN).

enfermedades no sólo son una carga para el individuo y su familia, también tienen un alto costo para la sociedad. Sobre todo si se toma en cuenta la

enorme cantidad del Producto Interno Bruto (PIB) que gasta un país en atender a sus diabéticos, hipertensos y enfermos de cáncer.

"Igualmente, estos avances científicos y tecnológicos nos permitirán incidir en la calidad de vida de los ciudadanos, en la fuerza laboral del país

y en una mejor distribución de los recursos médicos. Por ejemplo, es muy diferente practicar mastografías cada año a todas las mujeres después de los 40, que realizarlas a los 25, en caso de alto riesgo, o con una menor frecuencia en quienes tengan menor riesgo genómico. Así, los recursos se podrán emplear en una forma mucho más adecuada", asegura el también Presidente Fundador de la Sociedad Mexicana de Medicina Genómica.

Mapa del GH del Mexicano

En 1990, México no participó en el Proyecto del Genoma Humano (PGH), "en parte porque no se veían muy claras las razones para hacerlo", señala el



Director del INMEGEN, quien desarrolló el primer análisis médico del GH a nivel mundial bajo la bandera estadounidense (en ese entonces trabajaba en aquella nación). En 2003, nuestro país se subiría al tren que llevaría a elaborar el genoma del mexicano. Hoy, "tres años después, en el Sureste Asiático,

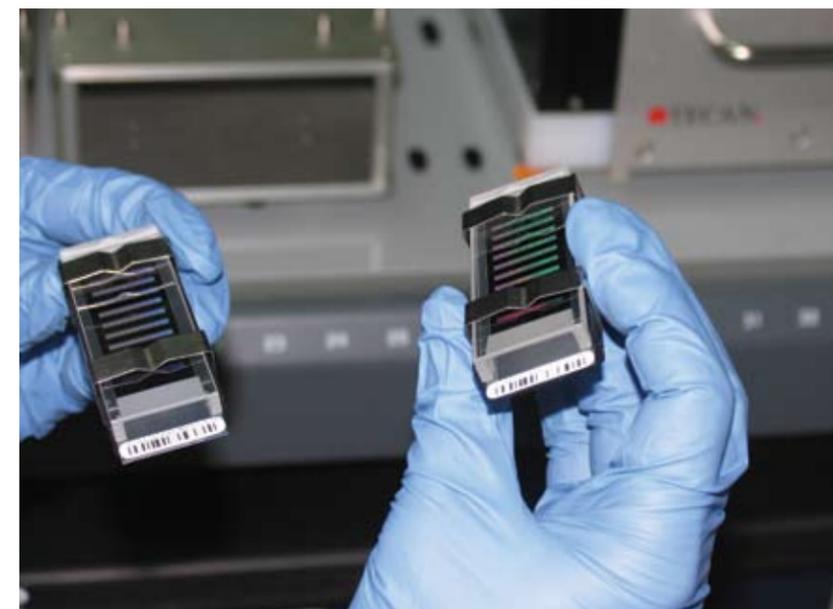
en Europa y otras partes del mundo, están surgiendo proyectos similares". ¿En qué se diferencia el mexicano de otros genomas? Según Jiménez, es preciso recordar que el país tiene una historia de mestizaje de 500 años, en los que ha habido una mezcla entre los más de 65 grupos étnicos que

existen en México. "Esto se ha dado de tal forma que nuestras combinaciones no son iguales a las de otros pueblos, como sucede con los caucásicos o los chinos".

Es a partir de esta primera hipótesis que se traza el mapa del GH de los mexicanos, "que nos indicó que, efectivamente, somos diferentes, incluso entre las distintas regiones del país. Estas variaciones permitirán entender mejor nuestra biología e identificar las necesidades que tiene el mercado a partir de las características genómicas. Es decir, si en Zacatecas encontramos más letras que indican el padecimiento del cáncer de colon, pero en Guerrero hay menos, las autoridades de salud podrán determinar dónde existe una mayor necesidad de colonoscopios por ejemplo. Por su parte, la industria podrá identificar mejor su mercado potencial".

Oportunidades para Exportar

Una mala noticia: En términos de estrategia de comercio exterior, la variación del GH de una población a otra implica que México no podrá importar la medicina genómica. Una buena noticia en cambio es que el país sí la



podrá exportar, lo cual traerá consigo grandes oportunidades para la salud y la economía. "El mercado de mexicanos de mayor capacidad adquisitiva en el mundo se encuentra en los Estados Unidos. Entonces, además de que vamos a poder ayudar a quienes viven allá, toda esa gente requerirá de lo que desarrollemos aquí en materia de medicina genómica".

do y a menores costos, o los sistemas de cómputo que permitan analizar millones de letras de cada persona.

Desde luego, para introducir productos tan complejos es necesario contar con la infraestructura adecuada, preparar el mercado y a los especialistas en la materia. "Eso, sin perder de vista que la innovación científica y tecnológica tiene una ventana de tiempo, y el

Las consecuencias económicas del avance de la medicina genómica son enormes.

"Es más, debido al mestizaje que se dio en México entre españoles y algunos grupos étnicos, al igual que en varios países de Sudamérica -excepto en Argentina, donde hubo más italianos y, en Brasil, portugueses-, probablemente podamos exportar el conocimiento derivado de la investigación genómica a algunos de esos lugares, con la gran ventaja del idioma. Por eso, resulta estratégico para México haber iniciado las investigaciones en medicina genómica a tiempo", asegura Jiménez.

Entre los posibles nichos de negocio que ofrecerá la medicina genómica se cuentan, por ejemplo, el de los aparatos que lean el genoma más rápido

que no le entre ahora, en el futuro tendrá que comprar productos caros, lo cual conlleva el riesgo de incrementar la brecha entre países ricos y pobres".

¿Una Dieta Personalizada?

El experto en Genética Humana y Biología Molecular señala que el INMEGEN está próximo a abrir el área de Nutrigenómica, donde realizará investigaciones para determinar los nutrimentos ideales para el organismo de un individuo, los que le van a ser menos tóxicos y a generar un mayor bienestar bioquímico interno. Se trata, entonces, de acercarse a lo que en el futuro podrían ser dietas más personalizadas.

Combatir las Confusiones

En materia de información y en lo que hace a genómica, aún queda mucho por hacer. Para empezar, como refiere el Director General del INMEGEN, es necesario "acabar con los temores y viejas consignas que estos avances científicos suelen provocar, sobre todo a partir de una coincidencia poco afortunada: Poco tiempo después de que se diera a conocer el Genoma Humano (GH), se divulgó en todo el mundo que los escoceses habían clonado a Dolly. Surgió entonces la confusión entre genoma y clonación".

En el Instituto, "creemos que las falsas ideas se combaten con una información pública, científica y veraz; con educación. Por eso, llevamos a cabo una campaña de información muy seria, para dejar claro que la medicina genómica no guarda relación, ni con la clonación humana, ni con la manipulación de embriones humanos, ni con la reproducción asistida, y tampoco con la manipulación del genoma para escoger a los más guapos y fuertes. De todas formas persisten los temores, pero son muchos menos que hace tres años".

La página Web del Instituto (www.inmegen.gob.mx) recibe una consulta cada 3.5 segundos y cada siete segundos se bajan los documentos que publicamos, durante día y noche, todo el año. "También impartimos tres cursos universitarios, en la UNAM y el IPN, y unas 200 conferencias al año. Estamos trabajando con Enciclopedia para que esto se publique en los libros de texto de 5º y 6º años de primaria. Hemos organizado las Jornadas del Genoma Humano en 11 estados de la República, donde la mayoría de la información se ha dado en español, pero también en tepehuano, mixteco, zapoteco, maya y otras lenguas indígenas. Esto habla de una institución viva, abierta, plural, cuya labor ha comenzado a permear en el público".

Cronología de la Secuenciación del Genoma Humano

1866

El monje agustino Johann Gregor Mendel (Austria, 1922-1884) describe las bases de la herencia monogénica en los seres vivos, que hoy continúan vigentes.

1953

Francis Crick y James Watson, apoyados en los trabajos previos desarrollados por Rosalind Franklin y Maurice Wilkins, aportan la estructura de doble hélice del ácido desoxirribonucleico (ADN), el material donde reside la herencia.

1963

Se esclarece el código genético, base de la traducción genética para la síntesis de proteínas.

1985

Se realiza la primera propuesta formal de una iniciativa para secuenciar los 3,200 millones de nucleótidos del genoma humano.

1988

Se funda la Organización Mundial del Genoma Humano (HUGO, por sus siglas en inglés).

1990

Inicia el primer Proyecto

del Genoma Humano (PGH), patrocinado en su mayoría por el gobierno de los Estados Unidos. Esta iniciativa cuenta, además, con la participación del Reino Unido, Francia, Alemania, China y Japón.

1995

La compañía *Celera Electronics*, bajo la dirección de J. Craig Venter, anuncia que llevará a cabo la secuenciación del genoma humano en forma paralela al proyecto del gobierno de los Estados Unidos, empleando una tecnología novedosa conocida como

shotgun. Ambos proyectos culminan al mismo tiempo, en febrero de 2001.

2001

La Secretaría de Salud, la Universidad Nacional Autónoma de México, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y la Fundación Mexicana para la Salud firman un convenio con el fin de establecer un Consorcio Promotor cuyos fines apuntan a la creación del Instituto Nacional de Medicina Genómica.

2004

Se funda el INMEGEN.

Para ello, "firmamos un convenio único en su tipo con *Nestlé* Suiza, la compañía de alimentos mas grande del planeta, que aportará cerca de medio millón de dólares para desarrollar esta nueva área en el INMEGEN. También hacemos estudios de Farmacogenómica para investigar aquellos códigos de las personas que puedan contribuir a identificar quiénes desarrollarán efectos secundarios adversos con algunos medicamentos".

Desde sus inicios, se han destinado al Instituto alrededor de 1,300 millones de pesos. "No obstante -advierte su Director General-, es preciso tener presente que la investigación científica representa una inversión a mediano y largo plazos. Por eso los países que van teniendo éxito en esto, invierten permanentemente y en forma sostenible".

"Si México quiere competir, deberá invertir en cerebros."

Hay que considerar también que los costos en materia de genómica han estado reduciéndose dramáticamente. "Cuando comenzó el PGH en 1990 -recuerda Jiménez-, leer cada letra del genoma costaba diez dólares, hoy cuesta sólo .07 centavos de dólar. En la actualidad, con un *chip* de 400 dólares podemos determinar un millón de letras. En los próximos 20 años, dentro de los diez *tops* de la economía del conocimiento, estarán la genómica, la proteómica y la bioinformática, y las tres las tenemos aquí en el INMEGEN".

Vinculación Empresa-INMEGEN

Por lo común, en el país la investigación científica no se destina a resolver un problema en concreto, sino a generar conocimiento nuevo. Sin embargo, suele estar muy alejada del concepto empresarial de negocio.

Según su dirigente, el caso del IN-

MEGEN es distinto, puesto que se orienta hacia la investigación aplicada. Por lo tanto ha establecido una vinculación entre el laboratorio y el usuario a través de su Incubadora de Empresas. Además, el Instituto registra la propiedad intelectual de cada uno de sus proyectos antes de comercializarlos. Por eso, "nuestro logotipo y dos *softwares* que hemos desarrollado ya son marca registrada, y pronto estos últimos serán ofertados en el mercado. Eso sí, los recursos que genere la Incubadora de Empresas se emplearán para la investigación dentro del Instituto".

"Y es que -asegura el experto- la economía del conocimiento implica un nuevo tipo de pensamiento, hacer planes de negocio y proyectos comerciales, buscar al cliente, aplicar técnicas de mercadotecnia, etc. Sí gene-

ramos conocimiento científico, pero no podemos soslayar que en el mundo globalizado los fundamentos económicos ya no se basan en los recursos naturales, y empiezan a dejar de hacerlo en la manufactura, para dirigirse, vertiginosamente, hacia el conocimiento."

En lo que hace al talento humano, quizá el reto más difícil a afrontar por el Instituto, Jiménez advierte que si México quiere competir deberá invertir en cerebros. El INMEGEN ha sido un oasis para reclutar gente talentosa experta en cáncer, diabetes, matemáticas, cómputo, y en aspectos éticos, legales y sociales como: La confidencialidad, la potencial discriminación de la gente por sus características genómicas, el acceso equitativo a la medicina de este tipo, etc. Para ello, hemos abierto un centro de investigación sobre los aspectos éticos, sociales y legales de la medicina genómica".

