
ARTÍCULO DE REVISIÓN

Servicios de Genética Médica. Situación actual y tendencias de mercado.

Medical Genetics Services. Current situation and market trends.

Rolando Contreras Alarcón.¹

Resumen

El carácter predictivo de la cuarta revolución industrial y su asociación a la medicina personalizada, basada en el conocimiento del genoma y la capacidad de predecir el riesgo de enfermedades, ha adjudicado a los servicios de genética médica una relevancia especial. En el presente trabajo se evalúa la situación actual y perspectiva de los servicios de genética médica a nivel global y especialmente en el área de los países en desarrollo para posibilitar un acercamiento a las mejores opciones de mercado. Se realizó una revisión de la literatura especializada reportada durante los últimos 5 años. Se considera que los estudios genéticos constituyen el segmento más expandido del mercado de diagnóstico molecular en el mundo. Esta conducta se ha generado a partir del incremento del diagnóstico de las enfermedades genéticas, que ha creado oportunidades para estos análisis. Se realiza un análisis sobre tendencias del mercado del diagnóstico molecular, que han reportado ingresos de 4 200 millones de dólares en el año 2011, con un crecimiento anual del 33 %. Incluido en este mercado, para el segmento genómico se proyectó un crecimiento desde 755 millones en el año 2011, hasta 1 215 millones en el año 2016. Se destacan las potencialidades de los análisis de paternidad, así como la importancia de los servicios académicos en la especialidad de genética médica.

Palabras clave: Servicios genéticos, pruebas genéticas, genómica, comercialización de los servicios de salud, paternidad.

Abstract

It is enhanced the predictive character of forth industrial revolution associated to personalized medicine, based in genome and disease prediction capacity knowledge, all this tribute a very special relevance to genetic medical services. Considering specialized articles published during the last five years, in the present paper, actual situation and perspective of global genetics medical services and especially in the area of developing countries is evaluated, making possible an approach to the best market options. It is considered that genetic analysis constitutes the most extended market segment of molecular diagnostic all over the world. This behaviour had been generated from the increment of genetic diseases that creates opportunities for that analysis. An analysis of market trends about molecular diagnostic is included, reporting 4,200 million dollars in the year 2011, with annual increment of 33%. Including in this market for genomic segment it is projected a growth from 755 millions in the year 2011 to 1215 millions for the year 2016. It is enhanced the potentiality of paternity analysis and the importance of academic services in the speciality of medical genetics.

Keywords: Services genetics, genetic testing, genomics, marketing of health services, paternity.

¹ Doctor en Ciencias Biológicas, Investigador Titular, Especialista de Segundo Grado en Microbiología. Centro Nacional de Genética Médica. E-mail: rcontreras@infomed.sld.cu

Introducción

La implementación de servicios de genética médica, pueden contribuir de manera decisiva a la solución de problemas en la práctica médica y se consideran una importante fuente de ingresos para las instituciones especializadas que los brindan.^{1,2}

Los análisis genéticos se consideran el segmento más expandido del mercado del diagnóstico molecular en el mundo por sus aplicaciones, por ejemplo, en la medicina preventiva, oncología, y en la medicina de precisión. El conocimiento de la situación actual de los servicios de genética y tendencias de mercado que se han asociado a los mismos a nivel global, requieren de información que usualmente aparece en reportes sobre estudios de mercado.³ Estos estudios se encuentran y promueven en sitios disponibles en internet, pero se comercializan a precios elevados que oscilan entre los 3,500 a 5,000 USD. Ante la imposibilidad de adquirirlos, debido a limitaciones económicas, se impone realizar un estudio a través de las posibilidades que ofrecen las revisiones convencionales, incluyendo resúmenes ampliados de estudios de mercado o reportes ejecutados hace 2 ó 3 años que mantienen una relativa vigencia, y publicaciones que directa o indirectamente permiten implementar el estudio de referencia.

En el presente trabajo se realiza una evaluación de la situación actual y perspectiva de los servicios de genética médica a nivel global, especialmente en el área de los países en desarrollo.

Desarrollo

Para la mejor comprensión del tema, resulta necesario referirse a las distintas fases por las que ha transitado la sociedad en su desarrollo. Estas fases se definen como Revoluciones Industriales, y se considera que hasta el momento actual han acontecido tres y nos encontramos en el inicio de la cuarta.⁴ La primera revolución industrial, establecida desde 1784 hasta 1870 comprende el paso de una economía rural a una economía urbana y se caracterizó por la introducción del trabajo manual. La segunda establecida desde 1870 hasta 1969, incluyó el surgimiento de fábricas e industrias y se caracterizó por la producción masiva y ajustada a un patrón de calidad. La tercera desde 1969 hasta el 2020 incluye el surgimiento de la electrónica, la automatización y la energía renovable, se caracteriza por una producción flexible, variada y reconfigurable. La cuarta, que se está forjando actualmente, se iniciará en el 2020 y se estima seguirá estableciéndose en el 2050, e incluirá el surgimiento de una industria inteligente, basada en Internet de las cosas y revolución de datos, se caracterizará por ser predictiva, transparente y analítica. Precisamente el

carácter predictivo de esta fase se ha asociado a la medicina personalizada, basada en el conocimiento del genoma y en la capacidad que se genera de predecir el riesgo de enfermedades, todo esto posibilitado por el desarrollo de la genética como especialidad y servicio, de tal forma que puede decirse que la medicina del futuro tendrá un indispensable componente genético, adjudicando a los servicios de esta naturaleza una relevancia muy especial.

En concordancia con la importancia de la genética y sus aplicaciones en la práctica médica, el mercado global de ventas de análisis genético se estima que alcanzará los 25 billones de dólares para el año 2020, según el estudio de *Morror Intelligence*, publicado en noviembre del 2015, partiendo de un ritmo de crecimiento del 10% anual en USA.⁵

Como es conocido, el análisis genético incluye el análisis de genes, cromosomas o proteínas para predecir el riesgo de enfermedades, identificar portadores de enfermedades (personas no enfermas que portan una copia del gen de la enfermedad), diagnosticar enfermedades y determinar el curso de una enfermedad.⁶

Entre los tipos de exámenes genéticos se encuentran: citogenéticos, genética molecular, genética bioquímica, inmunogenéticos, genética del cáncer, pesquijaje prenatal y diagnóstico prenatal. Para estos propósitos se examina material genético de la persona, obtenido a partir de células procedentes de muestras de sangre, saliva u otros líquidos o tejidos corporales.

El crecimiento del mercado de los análisis genéticos se ha asociado al incremento de su uso en el campo de la oncología, al crecimiento del interés público en este tipo de exámenes, y a la demanda de medicina personalizada,⁷ así como al aumento de la expectativa de vida, de las enfermedades crónicas, de la incidencia del cáncer y al envejecimiento de la población. Se considera que los análisis genéticos constituyen el segmento más expandido del mercado del diagnóstico molecular en el mundo.⁹ Esta conducta se ha generado a partir del incremento del diagnóstico de las enfermedades genéticas, que ha creado oportunidades para el surgimiento de un mercado gobernado por el servicio. Estos servicios se han transformado en el equivalente de un producto, propiciando la expansión de las compañías más activas en este mercado, debiendo destacarse: Abbott Molecular, BioCartis SA, Celera Group, Cepre ID, Genetech Inc., Roche Diagnostics Limited, Integragen SA, Luminex Corporation, Qiagen N.V. y Transgenomic Inc.

Como se han expresado, los elementos que de manera más importante ha impulsado el desarrollo acelerado de este mercado han sido el incremento de

la incidencia del cáncer y el envejecimiento, unido a los avances técnicos y en la investigación médica. Entre las limitaciones señaladas para los análisis genéticos se encuentra su alto costo, lo que propicia consecuentemente un bajo nivel de acceso a estos análisis por aquellos segmentos mayoritarios de la población que disponen de bajos niveles de ingreso.¹⁰ A partir de esta realidad se han establecido condiciones propicias para el desarrollo de una línea de investigación cuyos objetivos estén dirigidos al desarrollo de análisis genéticos de costos más bajos. Enfocando particularmente las necesidades de Servicios de Genética Médica en países de ingresos bajos y medios, *Christianson y colaboradores*¹¹ plantearon que estos servicios no han alcanzado un gran desarrollo en estos países, debido fundamentalmente a la prioridad concedida a las enfermedades de origen infeccioso y a la malnutrición. En el área de América Latina entre los países que han iniciado y desarrollado la genética médica se encuentran: Cuba, Argentina, Brasil, Chile, México y Uruguay. Además, agregan que los servicios de genética médica en estos países, se limitan a los errores congénitos y prácticamente no existen para las enfermedades complejas. En este reporte se plantea que 88 millones de niños nacen con trastornos congénitos de origen genético, con una relación de 40 por cada 1000 nacidos vivos en países de altos ingresos, mientras que para los países de bajos ingresos se reporta una media de 60 por cada 1000 nacidos vivos, cifra que puede subir hasta 82.¹¹ El 94% de los niños con serios problemas genéticos nacen en países de bajos y medios ingresos, de ellos 3.3 millones mueren anualmente, correspondiendo el 95% de las muertes a países de ingresos bajos y medios. Estas cifras son claramente indicativas de la necesidad de disponer de los servicios de genética médica en países de ingresos bajos y medios.¹²

Los servicios de genética médica para atender enfermedades complejas, en particular los destinados para la atención del cáncer constituyen un desarrollo relativamente reciente en países industrializados. Entre las enfermedades complejas se incluyen, además del cáncer, las enfermedades cardiovasculares, diabetes, hipertensión y trastornos mentales. Se ha estimado que, a diferencia de los países de altos ingresos, los países de ingresos bajos y medios tendrán que desarrollar una base fuerte de servicios clínicos a nivel primario de atención.

Se ha documentado por *Christianson y colaboradores*¹² un rango de intervenciones efectivas y servicios para la atención y prevención de enfermedades congénitas más comunes (talasemia, sickleemia) en los países de América Latina con desarrollo de la genética. La sostenibilidad del servicio de genética médica solo

se logra a través de la implementación satisfactoria de los servicios de prevención; teniendo en cuenta que cuidado y prevención no son alternativas sino complementos inseparables del servicio individual, familiar y de la comunidad.

Como una medida adicional indicativa sobre las necesidades de servicios de genética médica, podemos analizar el reporte de la compañía DNA-Alliance, consorcio español para el diagnóstico genético.¹³ En este informe se señala que las denominadas “enfermedades raras” afectan a 3 millones de españoles, de las cuales el 80% son de etiología genética. Se puntualiza además que el 20% del cáncer diagnosticado es hereditario. Con relación a la discapacidad intelectual de origen genético, se reporta 1 millón de casos en España y 4 millones en 4 países de América Latina (México, Colombia, Perú y Chile). En España se realizan 40 000 análisis genéticos en etapa prenatal y 25 000 análisis genéticos en etapa postnatal. En conjunto para los 4 países latinoamericanos señalados se reportan 100 000 análisis genéticos en etapa prenatal, que solo representan el 4% de los embarazos y 130 000 análisis genéticos en etapa postnatal. Se evidencia un promedio más bajo que en España para los análisis prenatales y una media ligeramente superior de análisis posnatales.¹³

Otro aspecto de gran interés para los análisis de los servicios de genética médica lo constituye la “medicina personalizada”, pues la genómica ofrece herramientas para los sistemas de atención médica donde se puede aprovechar el valor predictivo temprano de los marcadores genéticos para la prevención y la terapia personalizada de la enfermedad.¹⁴ Al respecto, Meral Özgüç, plantea que para emplear de manera rutinaria en la clínica estos marcadores predictivos es necesario esperar a que sean menos costosos, apoyarse en el uso de métodos no invasivos para diagnóstico prenatal, y que su sensibilidad y robustez debe ser probado. Destaca además la necesidad de incorporar estos conocimientos en la educación médica. Puntualiza que debido al beneficio de determinar el riesgo en etapas tempranas para el manejo personalizado, las tecnologías genómicas debería ser asequibles para toda la sociedad, ya que es una preocupación bioética cuando la salud se considera un bien común para todos los seres humanos y el acceso a una atención médica adecuada es un imperativo ético básico de la dignidad humana.¹⁴

Los aspectos éticos relacionados con la realización de análisis genéticos son de vital importancia, así como la existencia de marcos regulatorios adecuados que aseguren la protección de la información genética del paciente.¹⁵ El crecimiento de este mercado y el

papel de los asesores genéticos en su uso adecuado ha sido analizado, destacándose la necesidad de que los asesores genéticos promuevan y realicen investigaciones rigurosas sobre cómo las personas acceden y usan las pruebas y resultados genéticos.¹⁶⁻¹⁸ Precisamente la preocupación respecto a la ética en el desarrollo de análisis genéticos y la medicina de precisión es planteada por el grupo ETC, en su artículo “Pruebas personales de ADN y el mito de la medicina personalizada”, donde expresan: *“la medicina personalizada se basa en la creencia de que podemos o que pronto algún día podremos detectar, prevenir y curar las enfermedades, según el perfil genético de cada individuo. En todo el mundo se pregona la medicina “genéticamente informada” e individualizada como pilar de la salud y la longevidad, aunque todavía no se demuestra totalmente su eficacia y utilidad. Sin embargo, las pruebas de ADN en el terreno avanzan rápidamente. El mercado mundial para las pruebas genéticas personales se estima en 730 millones de dólares y crece el 20% cada año, según los analistas... Hoy existen más de mil pruebas genéticas personales diferentes en el mercado. La mercadotecnia de las pruebas genéticas personales pretende hacernos creer que nuestros genes nos definen y son la llave de la salud y el bienestar. Tomando en consideración el avance alcanzado hasta la fecha, la información derivada de la mayoría de las pruebas genéticas de este tipo tiene un uso muy limitado para los pacientes, pero es sumamente valiosa para las empresas y los investigadores que tratan de establecer los vínculos entre las condiciones médicas y las variaciones genéticas, que les permitan, desarrollar fármacos para personas con determinados perfiles genéticos. En el corto plazo, los fármacos que se retiraron del mercado debido a reacciones adversas inesperadas en un pequeño porcentaje de la población, podrían venderse nuevamente como medicamentos personalizados, destinados sólo para quienes cuentan con el perfil genético apropiado. A través de una mercadotecnia audaz (y con frecuencia engañosa), algunas empresas persuaden a consumidores para que paguen por guardar sus datos genéticos y la información sobre su salud, datos que las empresas pretenden utilizar (por ejemplo, vendiéndolos a la industria farmacéutica), para la investigación y el desarrollo de fármacos. Aun cuando las pruebas de ADN actualmente son costosas, riesgosas (mal empleadas pueden derivar en violaciones a la privacidad y en discriminación) y la información que proveen tiene una utilidad limitada, se están vendiendo como lo más avanzado, como el nuevo accesorio infaltable, el iPod del mundo médico”.*¹⁹

En su análisis sobre tendencias del mercado del diagnóstico molecular, Hughes,²⁰ señala que el mercado global del diagnóstico “in vitro”, asciende a 50 billones de dólares, adjudicando al diagnóstico molecular la cuarta posición dentro de este mercado con 4 200 millones de dólares reportados en el año 2011, con un crecimiento anual del 33%. Incluido en este mercado, para el segmento genómico se proyectó un crecimiento desde 755 millones en el año 2011, hasta 1 215 millones en el año 2016. En este reporte se señala además que las enfermedades de mayor interés comercial por su nivel de ingreso son: la fibrosis quística, por formar parte de un tamizaje de carácter nacional en los Estados Unidos y los factores II y V de Leiden, al realizarse en una población de riesgo de significación.²⁰

Dentro de las limitaciones planteadas a los análisis genéticos a nivel global se encuentra su alto costo, lo que genera una situación de bajo acceso para la población mayoritaria que dispone de bajos ingresos. Esta realidad ha propiciado una alta prioridad a las líneas de investigación que contemplan el desarrollo de análisis genéticos a costos más bajos, y por tanto más asequibles a la población.

Pruebas de paternidad

Las pruebas de paternidad conformaron el inicio de la medicina genómica.^{21,22} El ADN es una especie de sello personal e irreplicable que distingue a un ser humano de otro. La prueba de ADN es el método más confiable y preciso para confirmar o refutar la consanguinidad por razones médicas, legales o personales. Básicamente con una muestra para análisis de paternidad o maternidad se logra establecer un diagnóstico al 99.99% de certeza. Es útil para la ciencia forense, en asesinatos, violaciones y muertes. Para su determinación, se toman muestras de saliva, cabellos, sangre a padres e hijo, se puede identificar a partir de dientes, segmentos de tejido muscular, cejas, hueso, uñas, sangre, semen, colillas de cigarrillos, chicle, cuchillos y otros objetos manipulados y con huellas que se puedan recoger, se identifica el ADN y realizar el perfil genético. El método más utilizado para la toma de muestras es el hisopado bucal, por ser un método indoloro y rápido, que no ocasiona molestias. Las muestras son enviadas a los laboratorios y los resultados se tienen entre 7 y 10 días hábiles.²²

Atendiendo a su finalidad, existen dos pruebas de paternidad: prueba de paternidad legal y prueba de paternidad personal. Las pruebas de paternidad legal son aquellas cuyos resultados son admisibles para casos judiciales: custodia/manutención de los hijos, y otras disputas de paternidad. Las pruebas de

paternidad personales son aquellas cuyos resultados son exclusivamente informativos y aclaran las incertidumbres o desconfianzas personales, estos resultados no tienen validez legal. La prueba de paternidad legal y la prueba de paternidad personal (también conocida como prueba casera de paternidad) garantizan la misma exactitud en los resultados (99,99%). La diferencia entre una prueba legal y una prueba personal radica en el procedimiento de la toma de las muestras.²²

En la prueba legal se sigue el conocido proceso de Cadena de Custodia, donde las muestras son tomadas por una tercera persona neutral (por ejemplo, una enfermera), quien verificará la identidad de las personas sometidas a la prueba y asumirá la responsabilidad de manejar las muestras de ADN una vez realizada la toma de las muestras, se garantiza así que no haya manipulación de las muestras. En resumen, esta tercera persona neutral, actúa como testigo para certificar la autenticidad de las muestras.²² El mercado global de las pruebas de paternidad se ha estimado en un nivel de servicio que incluye a 10 millones de personas por año, con un crecimiento anual del 15%. El precio por análisis-persona oscila entre 100-400 USD.²²

Con relación a la demanda en países del área latinoamericana a manera de ejemplo podemos citar el caso de Chile donde se reporta la ejecución de 45 000 perfiles por año, con un crecimiento estimado del 30%. Considerando un precio por perfil de 250 USD, estos análisis reportan 11.2 millones de dólares al año.²³ A nivel de un laboratorio promedio puede ejecutarse una media de 20 perfiles por semana, lo que significa que en un año se pueden ejecutar 960 perfiles, estimando un precio de 250 dólares por perfil, se obtendrían 240 000 dólares al año. Las ganancias de este mercado pueden ser sustanciales, si consideramos que se ha reportado un retorno de 14.1 dólares por cada dólar invertido para proyectos de medicina genómica.²²

Las tendencias del mercado en servicios genéticos

Con el objetivo de ganar una mayor percepción de la industria de los análisis genéticos, Booz Allen Hamilton, una firma de consultoría, líder en estrategia y tecnología, condujo entrevistas con expertos en la industria, así como una profunda revisión de la literatura. El propósito de ese análisis de mercado, fue identificar sus tendencias, así como los conductores principales que definen la adopción de los análisis genéticos y el papel de cada uno de los actores clave en el mercado. Tomando como base este análisis de mercado, se hace alusión a las tendencias de mayor interés planteadas para los servicios genéticos.²⁴

En este análisis se expresa que existe una incertidumbre significativa en cuanto al momento para la futura adopción de los servicios de genética. En la actualidad, la industria en su conjunto se está desplazando desde la adopción en una etapa temprana, donde la atención se centra en la tecnología y las investigaciones nuevas, hasta un nivel moderado de adopción, donde los proveedores están empezando a integrar los servicios genéticos a un número mayor de áreas prácticas. A pesar de que la disponibilidad de análisis está mejorando, al igual que sus herramientas tecnológicas y la velocidad del reporte se incrementa, sólo un pequeño porcentaje de la información de estos análisis posee actualmente interés práctico. Puede decirse que la disponibilidad de tecnología ha superado lo que se puede validar, interpretar y aplicar. En esta etapa de transición que comprende una adopción temprana a moderada, la existencia de una infraestructura informática limitada y un nivel de evidencia clínica, también limitada, contribuyen al enlentecimiento de la integración de los análisis genéticos a la atención clínica de rutina. Sin embargo, como la base de evidencia crece y las capacidades bioinformáticas mejoran, la genética se acercará rápidamente a un nivel de adopción más generalizado, de tal forma que se convertirá en el estándar de atención en muchas áreas terapéuticas.²⁴ Se ha planteado la existencia de seis factores clave que impulsan el crecimiento y facilitan un mayor nivel de adopción de las pruebas genéticas. Actualmente, la adopción es impulsada por los avances en la tecnología²⁵, combinada con el creciente interés del médico de asistencia y el paciente, unido a un mayor nivel de conciencia acerca de la utilidad de estas pruebas. Esto es especialmente cierto en áreas terapéuticas donde los análisis genéticos tienen más utilidad clínica demostrada, como en la oncología, la neonatología y las enfermedades inflamatorias. Los análisis genéticos son ya una parte esencial de la atención prenatal/neonatal avanzada y se están convirtiendo en el estándar de atención para ciertos tipos de cáncer. Un considerable trabajo está en marcha para otras enfermedades, como la obesidad, la diabetes y afecciones cardíacas. A medida que la genética se convierte en parte del estándar de tratamiento para estas áreas terapéuticas de mayor tamaño, los servicios de genética serán cada vez más relevantes para un número de pacientes cada vez mayor.

Análisis de la disponibilidad de especialistas en Genética Médica en diferentes países

Dentro de los servicios de genética médica, no deben obviarse los servicios de formación académica

ligados a la especialidad, pues pueden constituir una importante fuente de ingreso y ayudar sensiblemente a la formación de especialistas capaces de enfrentar la problemática que se establece para la especialidad. Atendiendo al papel futuro que se confiere a la genética en el tratamiento de las enfermedades, el conocimiento de la especialidad a diferentes niveles será de dominio obligado para los médicos de asistencia, reforzando aun más la necesidad de la formación de especialistas en genética.

En su trabajo acerca de la globalización y estandarización de la genética médica como especialidad clínica y de laboratorio, Hui Zhang y colaboradores, han reportado algunas cifras y elementos interesantes acerca de la relación de genetistas clínicos por millón de habitantes para diferentes países. En este trabajo se reporta la existencia de 1 a 7 genetistas clínicos por millón de habitantes para países desarrollados. Mientras con relación a los países en desarrollo señalan la falta de reconocimiento de la especialidad y limitaciones de los programas de entrenamiento como características fundamentales. Consideran la existencia en América Latina de 500 genetistas clínicos entrenados y que la especialidad solo es reconocida en México, Cuba, Brasil y Argentina. Para Brasil se reporta una relación de 1 genetista clínico por millón de habitantes, mientras que para Argentina se reportan 3. En el artículo se plantea que China necesita 4 000 genetistas clínicos y que en ese país no se reconoce la genética

médica como especialidad, y que solo se dispone de cursos cortos, lo que ocasiona serias consecuencias para la atención de pacientes con enfermedades de origen genético.²⁶

Atendiendo a los datos señalados anteriormente, podemos considerar la necesidad de acciones de formación de especialistas como altamente prioritaria para el área de América Latina y China, resultando de interés la exploración de esta situación en otros países.

Conclusiones

- Existe un mercado de significación para los servicios de genética médica a nivel global y regional.
- La utilidad clínica actual de los análisis derivados de la genómica posee un alcance limitado.
- La demanda de los clientes de los análisis derivados de la genómica se incrementa ante la promesa de poder contar con información predictiva del padecimiento de enfermedades.
- Los análisis de genética médica son costosos y de baja frecuencia. (Mercado disperso.)
- Especial perspectiva económica se aprecia en los análisis de paternidad.
- La formación de especialistas en genética médica y otras figuras del postgrado ofrece una gran oportunidad a partir del déficit reportado en el área y las perspectivas futuras de la especialidad.

Referencias bibliográficas

- 1- Condit C. What is “public opinion about genetic? Nat Rev Genet 2001; 2(10): 811-5.
- 2- Khoony MJ, McBride CM, Schully SD, Igmmdis JPA, Feero WG, Jarssees ACJE, et al. The scientific foundation for Personal Genomics. Recommendations from National Institute of Health-Center for Disease Control and prevention multidisciplinary cooakshop. Genet Med 2003; 11(8): 559-67.
- 3- Grand View Research (US). [artículo en internet] Genetic disease diagnostic market size. Application, analysis, regional outlook competitive strategies and forecasts, 2015 to 2022. Report ID: GVR1480. [citada 2015 Jul 15]. Disponible en: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/genetic-disease-diagnostic-market>
- 4- Gidron M, Corral D. “El foro económico de Davos, seis claves para descubrir La Cuarta Revolución Industrial”. Noticias BBVA, [artículo en internet] 2016 ene 15. Disponible en: <https://info.bbva.com/es/noticias/economia/foro-economico-davos-2016-seis-claves-descubrir-la-cuarta-revolucion-industrial/>
- 5- Mordor Intelligence “Global Genetic Testing Market - Industry Analysis and Market Forecast 2014-2020”. [artículo en internet] 2015 Oct 12. [citada 2016 Jun 15]. [alrededor de 9 pantallas]. Disponible en: <http://www.mordorintelligence.com/industry-reports-global-genetic-testing-market-industry>
- 6- Alwan A, Modell O. Community control of genetic and congenital disorders. Technical Publication, series 24, WHO, Eastern Mediterranean Regional Office, Alexandria, Egypt 1997. [serial en Internet]. 2000 Jun [citada 2016 March 14]. Disponible en: <http://applications.emro.who.int/dsaf/dsa21.pdf>
- 7- United Health. Center of Health Reform & Modernization. [homepage on the Internet] Personalized Medicine: Trends and prospects for the new science of genetic testing and molecular diagnostics. Working paper; March 2012. [citada 2016 feb 3]. Disponible en: <http://www.unitedhealthgroup.com/~media/UHG/2012/UNH-Working-Paper-7.ashx>
- 8- Carr DF, Alfirevil A, Pirmohamed M. Pharmacogenomics: currents state of the art. Genes 2014; 5(2):430-3.

- 9- Leslie T, Agar D, Fielding S, Miller S. Battelle Tecnology Partenership Practice. The economic and functional impacts of genetic and genomic clinical laboratory testing in the United States, January 2012. [artículo en internet] 2015 nov 15. [citada 2016 oct 15]. Disponible en: <http://bluepathhealth.com/assets/pdf/genetic-testing-Mkt-trends.pdf>
- 10- Christianson AL, Modell BM. Medical Genetic in developing countries. In: Lander et al (eds). Annual reviews of genomics. Human Genetics. California (USA): Annual reviews 2004. pp. 219-65. [citada 2016 dic 8]. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/ahs/10.1146/annurev.genom.5.061903.175935>
- 11- Christianson AL, Zimmern R, Kristoffersson U, Schmidtke J, Kent A, Raouf R, Barreiro C, Nippert I. Health needs assessment for medical genetic services for congenital disorders in middle- and low-income nations. J Community Genet. [serie en internet] 2013 [citada 2016 may 14] 4(3): [alrededor de 12 pantallas]. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3739852/pdf/12687_2013_article_150.pdf
- 12- Christianson AL, Howson CP, Modell B. March of Dimes Global Report on birth defects: the hidden toll of dying and disabled children. White Plains, New York: March of Dimes Birth Defects Foundation. [artículo en internet] 2006. [citada 2016 Jun 20]. Disponible en: <http://www.marchofdimes.org/materials/global-report-on-birth-defects-the-hidden-toll-of-dying-and-disabled-children-full-report.pdf>
- 13- Consorcio Español DNA – Alliance. NIM Genetics e IMEGEN. [artículo en internet] 2014 may 28. [citada 2016 Jul 5]. Disponible en: <https://es.noticias.yahoo.com/nimgenetics-imegen-unen-and-allance-consorcio-español-biotecnología-133235307.html>
- 14- Meral LO. Genetic testing: predictive value of genotyping for diagnostic and management of disease. EPMA Journal 2011; 2:173-9.
- 15- Penchaszadeh V B. Genetic services in Latin America. Community Genet. 2004; 7 (2-3): 65-9.
- 16- Global Genetic Testing Market Outlook (2015-2022). [artículo en internet] 2015 Jul. [citada 2016 Jul 22]. Disponible en: <http://www.marketsearchstore.com/report/globalgenetic-testing-market-outlook>
- 17- Weaver M, Pollin IT. Direct to consumer genetic testing: what are we talking about? J. Genet Counsel 2012; 21:361-6.
- 18- Harris A, Kelly ES, Wyatt S. Counsling coustumer: emerging roles for genetic counselors in the direct to consumer genetic testing market. J Genet Counsel 2013; 22:227-88.
- 19- Grupo ETC. Informe especial sobre genómica humana. Pruebas personales de ADN y el mito de la medicina personalizada: kits para muestras de saliva, chips SNP y genómica humana. [artículo en internet] 2008 mar [citada 2016 Jun 7]. Disponible en: <http://www.etcgroup.org/es/content/pruebas-personales-de-adn-y-el-mito-de-la-medicina-personalizada>
- 20- Hughes DM. Molecular Diagnostics Market Trends and Outlook. [artículo en internet] 2013 [citada 2016 Jul 7]. Disponible en: http://www.eacorp.com/images/PDFS/molecular_diagnostics_IVD_article_v21_mek-reprint_final.pdf
- 21- Vivanco Th. Laboratorio registra de 30 a 35 pruebas de ADN al mes. [artículo en internet] 2015 Jul 13 [citada 2016 jun 12]. Disponible en: <http://diariocorreo.pe/ciudad/prueba-de-adn-es-el-mejor-juez-601906/>
- 22- Sherif H El Alfy, Ahmed F Aby El Hafer. Paternity testing and forensic DNA typing by multiplex STR analysis using ABIPRISM 310 Genetic Analyser. Journal of Genetic Engineeaing and Biotechnology 2012; 10:101-12.
- 23- Taucher S C. Genetic services in Chile. Community Genet. 2004; 7 (2-3): 121-5.
- 24- Leslie T, Agar D, Fielding S, Miller S, Allen B. Market Trends in Genetic Services. Impacting Clinical Care through Better prediction, and Care Selection. [artículo en internet] 2012 [citada 2015 Nov 7]. Disponible en: https://www.boozallen.com/content/dam/boozallen/media/file/GeneticTesting_VP.pdf
- 25- Koboldt DC, Steingbearg KM, Lorson DE, Wilson RK, Madis EL. The next generation sequencing revolution and its impact of genomics. Cell 2013; 155:27-38.
- 26- Zhang H, Yu J, Ming Q, Wu BL, Li P. On the Globalization and Standardization of Medical Genetics as Clinical and Laboratory Specialities. North American Journal of Medicine and Science. 2014; 7(4): 194-8.