

Making discoveries in Panama

INDICAT *imes*



LA IMPORTANCIA
DE LA PROSPECTIVA
PARA PANAMÁ Y
AMÉRICA LATINA

PROF. JORGE
AROSEMENA

CONTENIDO - CONTENT

THE INDICASAT TIMES | VOL. 7 (3) 2017 | ISSN 2222-7873



EQUIPO EDITORIAL-EDITORIAL TEAM

Editor Ejecutivo-Executive editor

Rita Marissa Giovani-Lee

Creativo de INDICASAT AIP

rgiovani@indicasat.org.pa

marissgiovani@gmail.com

Director del Consejo Editorial-

Director of the Editorial Board

Dr. Jagannatha Rao

Director de INDICASAT AIP

jrao@indicasat.org.pa

kjr5n2009@gmail.com

Editores Asociados-Associate Editors:

Dioxelis López

dioxelis.lopez@indicasat.org.pa

Nicole Tayler

ntayler@indicasat.org.pa

Asesores Editoriales-Editorials advisers:

Prof. Sambasiva Rao, India

Prof. George Perry, USA



PORTADA-COVER : Profesor Jorge Arosemena, Presidente Ejecutivo de la Fundación Ciudad del Saber

FOTOGRAFÍA-PHOTOGRAPH Ciudad del Saber - City of Knowledge.

Edición-Editing: Rita Marissa Giovani-Lee



Dirección: Edificio 219, Ciudad del Saber | Clayton, Panamá, Rep. de Panamá
Dirección Postal: POBox 0843-01103 | Panamá 5 | Tel: +507 5170700 | Fax: +507 5070020
Fax: +507 5170701 | indicasat@indicasat.org.pa | www.indicasat.org.pa

INDICE

LA IMPORTANCIA DE LA PROSPECTIVA PARA PANAMÁ Y AMÉRICA LATINA
PROF. JORGE AROSEMENA
PRESIDENTE EJECUTIVO
FUNDACIÓN CIUDAD DEL SABER - **4**

EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR AGUA PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO ESTRATEGIA PARA
LA IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS Y DE INNOVACIÓN - **6**

REFERENCIAS - **64**

MATERIAL SUPLEMENTARIO-TABLAS - **67**

MATERIAL SUPLEMENTARIO-FIGURAS - **84**

EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR
EDUCACIÓN PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO ESTRATEGIA PARA
LA IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS Y DE INNOVACIÓN - **102**

REFERENCIAS - **154**

MATERIAL SUPLEMENTARIO-TABLAS - **157**

MATERIAL SUPLEMENTARIO-FIGURAS - **177**

EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR SALUD PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO ESTRATEGIA PARA
LA IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS Y DE INNOVACIÓN - **190**

REFERENCIAS - **259**

MATERIAL SUPLEMENTARIO-TABLAS - **262**

MATERIAL SUPLEMENTARIO-FIGURAS - **280**

LA IMPORTANCIA DE LA PROSPECTIVA PARA PANAMÁ Y AMÉRICA LATINA

Nos encontramos en un presente que es trascendental para nuestra civilización, con un contexto histórico y geopolítico, con vertiginosos cambios sociales, culturales, políticos, económicos y tecnológicos, que modifican valores y actitudes de los individuos. Es un mundo convulsionado y turbulento, con una sociedad ante situaciones inestables en permanente confrontación, con distintos niveles de complejidad e indeterminación, con sus riesgos e incertidumbres, certeza y ambigüedad.

Análisis recientes advierten de varias tendencias amenazantes en el entorno geopolítico global, donde Panamá se enfrentará a elementos que le exigirán cada vez más un mayor rendimiento de su productividad, mejores políticas y gestión pública para superar estos retos.

En este marco, la *prospectiva* sirve para anticiparse al futuro visualizándolo desde el presente de una manera global y sistémica, para generar acciones múltiples con alternativas de cambio; contribuyendo a la identificación de formas innovadoras para hacerlo viable y darle sentido al presente para transformar la realidad con esperanza hacia un mundo sostenible.

El uso de la *prospectiva* y la *inteligencia competitiva*, resulta clave para crear una oferta innovadora y para generar inteligencia para responder de manera ágil como país ante las necesidades de una transformación productiva y social.

La *prospectiva* es un proceso sistemático, que toma en cuenta la participación interdisciplinaria de distintos *expertos*, para construir una visión del futuro a largo plazo, considerando la historia de los hechos, la situación actual y las tendencias de ruptura, para desarrollar escenarios que permitan definir una *Visión* y sus estrategias para alcanzarla e influir en el futuro.



Prof. Jorge Arosemena
Presidente Ejecutivo
Fundación Ciudad del Saber

La Fundación Ciudad del Saber (FCDS) impulsa la *prospectiva* como disciplina que enriquece la gestión de los sectores público y privado, para el desarrollo de Panamá y la región.

La *prospectiva* como un servicio de valor añadido, que genera nuevos conocimientos está en correspondencia con la *Misión* de la Ciudad del Saber (CDS). Por ello, aumenta la riqueza de su comunidad, estimula la innovación abierta y la competitividad de sus afiliados, en estrecha colaboración con redes

internacionales que gestionan el flujo de conocimiento.

En consecuencia, la Fundación ha decidido fomentar la creación de capacidades y difundir la *prospectiva* desde la CDS, como iniciativa innovadora en Panamá.

En el año 2013, en una *primera fase*, un grupo de profesionales especializados de la FCDS determinó practicar la *prospectiva* con el objetivo de que sus resultados sirvieran para el desarrollo de Panamá y de la región.

En una *segunda fase*, a inicios del año 2014, la Vicepresidencia de Investigación y Formación (VP-IF) de la FCDS diseñó un plan para impulsar la *prospectiva* como disciplina que enriquece la gestión de los sectores público y privado.

A finales del año 2014, la Fundación inició la *tercera fase* del programa de *prospectiva* institucional, estableciendo las condiciones para las capacidades y liderazgo de la FCDS en *prospectiva*, logrando alianzas regionales para fortalecer la *prospectiva* en Panamá y formando las capacidades locales en *prospectiva* con actores de la red interna y local de CDS.

A partir del año 2015, la FCDS inicia la implementación de cursos y talleres teóricos-prácticos en *prospectiva*, que constituyeron la *cuarta fase* del programa de *prospectiva* institucional.

La FCDS planea como *quinta fase* del programa de *prospectiva* institucional, desarrollar en el año 2016 ejercicios de *prospectiva* para promover la reflexión de grupos de *expertos* e instituciones en torno a las áreas temáticas de la CDS y los retos identificados a nivel mundial, de una manera participativa y utilizando herramientas de *prospectiva*.

Los resultados de los *ejercicios de prospectiva* se presentaron en Ciudad del Saber el 17 de marzo del año 2017.

Para estos *ejercicios de prospectiva* la Fundación planteó la necesidad de utilizar la *prospectiva* como una estrategia para la identificación de oportunidades tecnológicas y de innovación en los temas prioritarios previamente identificados: Gestión del **Agua**, la **Educación** y la **Salud**, para la sociedad panameña, tomando como horizonte el año 2040.

El presente documento describe los resultados de los *ejercicios de prospectiva* desarrollados en Panamá por el equipo multinacional compuesto por profesionales de la Universidad Pontificia Bolivariana (Colombia), la Universidad de Medellín (Colombia) y la empresa IALE Tecnología (España, Chile) que la Fundación Ciudad del Saber (FCDS) contrató para la prestación de estos servicios profesionales de consultoría.

Durante el desarrollo de los ejercicios se aplicaron las metodologías adecuadas para la conducción de talleres de *prospectiva*, de acuerdo a los temas: Gestión del **Agua**, la **Educación** y la **Salud**, con la participación de *expertos* convocados por la FCDS.

Para estos ejercicios se estableció, como una aproximación a los temas, relacionar ámbitos del conocimiento conocidos como “tecnologías convergentes o emergentes” (NIBC: Nano, Info, Bio y Cogno).

De esta manera, tomando en consideración el devenir de la ciencia y la tecnología durante los últimos años, se han podido derivar las principales tendencias de futuro previsible, además de identificar la estructura del conocimiento en las áreas temáticas de estos ejercicios.

Estos ejercicios de *prospectiva* han sido el resultado de un proceso de investigación exploratoria, que sirven de insumo para la formulación de nuevas preguntas para la solución de grandes problemas, la construcción de escenarios y para la elaboración de una *prospectiva con visión estratégica de futuro*, en las distintas áreas temáticas prioritarias para el desarrollo humano y territorial de nuestra región.

Asociando la crisis con la oportunidad, nos encontramos en buen momento para desarrollar *prospectiva de innovación abierta* que nos indique el camino con las claves para dinamizar el *ecosistema de innovación* de Panamá, para estar en la frontera de la competitividad.

Finalmente, esperamos que los resultados de estos *ejercicios de prospectiva* permitan la identificación de oportunidades tecnológicas y de *innovación abierta*, como base en la construcción de información de valor para la toma de decisiones estratégicas alrededor de *proyectos innovadores* y el fomento de *emprendimientos dinámicos* que contribuyan al desarrollo sostenible de Panamá.

Nuestro agradecimiento al Dr. **K. S. Jagannatha Rao** - Director del Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología (**INDICASAT AIP**) por su liderazgo, disposición y apoyo, en la difusión de estos estudios prospectivos.

De igual manera, agradecemos a todos los **expertos** consultados (compartimentados entre sí, bajo confidencialidad y en anonimato de sus intervenciones), que con una postura crítica y de reflexión, de manera desinteresada y con gran entusiasmo, participaron en los distintos talleres compartiendo sus conocimientos y experiencias en las distintas áreas temáticas de los ejercicios.

EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR AGUA PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS Y DE INNOVACIÓN

AUTORES



Pere ESCORSA Castells
escorsa@iale.es
IALE Tecnología



Enric ESCORSA O'Callaghan
enric@ialetecnologia.com
IALE Tecnología



Gabino AYARZA Sánchez
gayarza@cdspanama.org
Fundación Ciudad del Saber
*Autor correspondiente en:
Fundación Ciudad del Saber,
Clayton, Apartado Postal 0843-03081, Panamá
Correo Electrónico; gayarza@cdspanama.org (G. Ayarza).



Jairo CHAUR Bernal
jchaur@gmail.com
IALE Tecnología

RESUMEN EJECUTIVO

Es bien sabido que el agua es un recurso de creciente importancia, que a nivel global debe enfrentarse a serios problemas tales como su escasez creciente, la necesidad de atender las necesidades de una población en aumento, la progresiva contaminación, el agotamiento de sus depósitos subterráneos o la ineficiencia en sus redes de distribución y suministro.

Para lidiar con estos problemas, la Fundación Ciudad del Saber contrató la prestación de servicios profesionales de consultoría a la empresa IALE Tecnología que contó con la colaboración de expertos de otras reconocidas instituciones como son la Universidad de Medellín y la Universidad Pontificia Bolivariana de Colombia.

El proyecto se realizó durante el mes de septiembre de 2016 en Ciudad del Saber, en la República de Panamá. Los Términos de Referencia del proyecto fueron:

- Proveer a la Fundación Ciudad del Saber servicios generales de prospectiva científica y tecnológica en las áreas prioritarias de desarrollo del proyecto Ciudad del Saber.
- Contribuir al debate nacional sobre los riesgos globales que impactarán a Panamá y al mundo.
- Propiciar iniciativas en materia de los retos globales que amenazan el futuro de la humanidad para identificar áreas estratégicas de investigación y tecnologías emergentes en las que concentrar los esfuerzos de inversión y así obtener los mayores beneficios económicos o sociales.
- Acumular inteligencia futura y construcción de una visión a medio y largo plazo, para la toma de decisiones actual y de acciones conjuntas.
- Plantear una visión a largo plazo, analizar las tendencias de ruptura y articular reflexiones a futuro, con orientación hacia la acción en el presente.
- Proponer alternativas y rutas de solución que se requerirán en el futuro.

Es importante destacar, la gran amplitud temática que implica el término “Gestión del Agua” la cual, se estableció, como una aproximación basada en aspectos ligados a su afectación por parte de los ámbitos del conocimiento conocidos como “tecnologías convergentes (NBIC)”, esto es, principalmente en el caso del agua: la biotecnología, la nanotecnología y las tecnologías de la información y las comunicaciones. De esta manera, tomando en consideración el devenir de la ciencia y la tecnología durante los últimos años, se han podido derivar las principales tendencias de futuro previsible, además de identificar la estructura del conocimiento asociada a la gestión del agua.

Se busca, en definitiva, identificar las aplicaciones tecnológicas innovadoras más relevantes para Panamá en las que las tecnologías convergentes inciden de manera especial, con objeto de tomar las mejores decisiones de cara al futuro.

El proyecto se ha desarrollado en las etapas siguientes:

1. Síntesis documental de los estudios tendenciales o prospectivos internacionales existentes. El listado de temas obtenidos sirvió como insumo para las consultas a los expertos que se desarrollaron en la fase siguiente.
2. Consulta a expertos tipo Delphi. Los temas seleccionados en la fase anterior se sometieron a los expertos en un Taller celebrado el día 28 de septiembre de 2016 en Panamá, con objeto de identificar los temas más relevantes. Como es habitual en la metodología Delphi, las preguntas fueron enviadas a los expertos en dos rondas; los resultados obtenidos tras la segunda ronda son los mostrados en las Tablas 2 y 3.

En resumen, a partir de los resultados obtenidos en las dos rondas del estudio prospectivo y teniendo como criterio un alto porcentaje de consenso, se obtuvieron los siguientes agrupadores prioritarios para Panamá asociados a la temática de la gestión del Agua:

- FUENTES DE ABASTECIMIENTO: monitoreo del agua, evaluación de riesgos, balance del agua en tiempo real, mapeo de los recursos hídricos y sistemas de alerta temprana.
- TRATAMIENTO / PRETRATAMIENTO: Biosensores, sistemas de biotratamiento y organismos clave para remediación. Sistemas de detección en todos los puntos de uso y gestión de la calidad en tiempo real. Sistemas para la detección de trazas de contaminación y remoción de metales pesados.
- SUMINISTRO / DISTRIBUCIÓN: Sensores inalámbricos, sistemas de supervisión, control y adquisición de datos y sistemas de medición automáticos o automatizados.
- USO: INDUSTRIAL / DOMESTICO / AGRICOLA: redes inteligentes de distribución de agua y sistemas de asistencia a la toma de decisiones. Uso de marcadores isotópicos para determinar flujos de agua y budgets.
- TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL: Sistemas de biotratamiento y desinfección del agua en el punto de uso.
- GESTIÓN EN GENERAL: Sistemas para la gestión inteligente del agua.

Adicionalmente, en el Taller, los expertos señalaron diversas problemáticas de tipo Político, Económico, Social o Tecnológico que afectan y afectarán a la Gestión del Agua en Panamá en un horizonte de largo plazo (2040), tales como la carencia de una Política de recursos hídricos, la ausencia de metas a largo plazo, el bajo nivel de inversión o la falta de concienciación de la sociedad.

Con ellas se pudo aplicar, en la segunda parte del taller, el método MICMAC, con el objetivo de identificar variables clave del sistema observado y permitir el cuestionamiento acerca de los aspectos contraintuitivos del comportamiento del sistema.

Con todos estos insumos ha sido posible realizar una matriz DAFO que refleja la situación actual, según se muestra en la Tabla 1.

3. Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre las tres áreas principales

Como los temas considerados como prioritarios eran muy numerosos, se optó por agruparlos en las tres áreas principales siguientes:

- i) Monitoreo y mapeo de recursos hídricos, con énfasis en monitoreo del balance hídrico en tiempo real y análisis de riesgos.
- ii) Tratamiento del agua, con énfasis en biotratamientos (biorremediación, biosensores y control de la calidad del agua a tiempo real, sensores a todos los puntos de uso –POU, eliminación de metales pesados y contaminantes traza).
- iii) Suministro de agua, con énfasis en sistemas y redes inteligentes de gestión (water meters, sensores inalámbricos, supervisión, control y apoyo a la decisión)

Con ello se facilitó la realización de la Vigilancia Tecnológica, que se desarrolló en la siguiente etapa, con el objetivo de lograr finalmente identificar soluciones tecnológicas existentes y emergentes a nivel mundial en fuentes de abastecimiento, tratamiento, suministro, uso, disposición final y gestión general del agua.

La Vigilancia Tecnológica es un proceso sistemático de transformación de la información que comienza con la captura, continúa con el procesamiento y termina con la valorización de información, y que toma como base fuentes de información primarias (patentes, publicaciones, proyectos, noticias de mercado, etc.). En combinación con el estudio documental y de tendencias permite conocer el estado del arte en relación a un sector o ámbito de interés y caracterizarlo a nivel científico, tecnológico, competitivo y/o de mercado.

La investigación se centró en la identificación, compilación y análisis de publicaciones científicas a partir de una búsqueda general en la base de datos Web of Science (WoS) y de patentes solicitadas y concedidas, publicadas en la base de datos Espacenet de cobertura mundial, con el fin de determinar la evolución actual, las tecnologías protegidas y emergentes, la caracterización de los actores líderes, sus redes de colaboración, entre otros resultados.

En el Área de Monitoreo y mapeo de recursos hídricos la Academia China de las Ciencias es la institución líder en la elaboración de publicaciones científicas, aunque también destacan la Universidad de Pekín Normal, la Universidad de California, el CIRO australiano, el CNRS francés o el CSIC español.

El país líder en desarrollos patentados es Estados Unidos, seguido de Corea del Sur. Las compañías de Oil & Gas destacan asimismo a nivel de nuevos desarrollos en esta área. Las principales líneas de innovación se relacionan con métodos y aparatos de investigación de materiales y de muestreo usados en prospección, p.ej. por medios ópticos o electro-mecánicos y medios de transmisión de señal vía inalámbrica.

En Tratamiento de Agua se repiten los líderes en publicaciones científicas citados anteriormente. Son instituciones destacadas en investigación en biotratamientos la National University de Singapur, el instituto National Sun Yat-Sen University de Taiwan o la estadounidense Universidad de Auburn, entre otros. Los biosensores destacan como el principal tema de investigación, seguido por la biorremediación. Las empresas EMD Millipore, de Estados Unidos, y la japonesa Kurita Water son las principales titulares de patentes. Son destacadas también empresas estadounidenses como Access Business Group, Ecolab o Water Initiative y las japonesas Kobelco y Toray Industries. La Universidad estadounidense de Arkansas destaca como centro de investigación patentador. Proponen tecnologías novedosas para biorremediación en los últimos años compañías como el conglomerado Du Pont, la californiana Parsons Corp, la tejana Bionutratech, la china Geonano Environmental Technology y el instituto CAAS o la compañía japonesa Oyo Corporation. En tecnologías de eliminación de metales pesados destacan empresas del petróleo y la minería como Chevron y en eliminación de contaminantes traza, empresas como la danesa Microdrop Aqua APS o Nanoholdings. Las tecnologías novedosas para el tratamiento del agua se relacionan con métodos de tratamiento que usan microorganismos y/o compuestos específicos, medios de control y monitoreo de parámetros del tratamiento, procesos de separación p.ej. usando membranas o separación de vapores u otros procesos de remediación de suelos contaminados.

Por último, en cuanto a Suministro y Distribución del Agua son líderes en producción científica la Universidad inglesa de Exeter, la Griffith University, australiana y la Politécnica de Valencia. Los países que más patentan en este ámbito son Corea del Sur y los Estados Unidos. Destacan empresas japonesas como Ningo, Tabushi, Kitz y Keiki o la americana Fluid Dynamics entre otras. Se constituyen como altamente relevantes para el suministro y distribución del agua los sistemas inteligentes y de soporte a la decisión.

Estos resultados, ampliamente detallados en el Informe, pueden ser de gran interés a la hora de comprar tecnologías o establecer alianzas con los centros de investigación o empresas más destacados.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir de la consulta a expertos del sector productivo, sector académico y gobierno panameño, mediante el Método Delphi y el análisis estructural como estudios de futuro, complementados con la vigilancia tecnológica, han permitido obtener información de valor para la identificación de oportunidades tecnológicas y de innovación para un horizonte 2040 asociados a un tema prioritario para la sociedad panameña como es la gestión del agua.

Los siguientes agrupadores y ámbitos temáticos se consideran prioritarios para Panamá:

- **FUENTES DE ABASTECIMIENTO:** Se requiere el desarrollo de soluciones asociadas a las tecnologías de la información y la comunicación que faciliten el monitoreo del agua, la evaluación de riesgos, el balance del agua en tiempo real y el mapeo de los recursos hídricos. Igualmente los expertos recomiendan el uso de la inteligencia colectiva ciudadana como un sistema de alerta temprana donde las Apps pueden servir de soporte.
- **TRATAMIENTO / PRETRATAMIENTO:** Desde las múltiples aplicaciones de la biotecnología se ha identificado la necesidad utilizar biosensores, implementar sistemas de biotratamiento y organismos clave para remediación. Desde las tecnologías de la información y la comunicación se recomienda la implementación de sistemas de detección en todos los puntos de uso y la gestión de la calidad en tiempo real. Desde las soluciones en el ámbito de la nanotecnología se recomienda implementar sistemas para la detección de trazas de contaminación y remoción de metales pesados.
- **SUMINISTRO / DISTRIBUCIÓN:** Desde las tecnologías de la información y la comunicación es prioritario la búsqueda de soluciones en sensores inalámbricos, sistemas de supervisión, control y adquisición de datos y sistemas de medición automáticos o automatizados.
- **USO: INDUSTRIAL / DOMESTICO / AGRICOLA:** Desde las tecnologías de la información y la comunicación se recomienda el uso de redes inteligentes de distribución de agua y sistemas de asistencia a la toma de decisiones. Igualmente se resalta la importancia del uso de marcadores isotópicos para determinar flujos de agua y budgets.
- **TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL:** Se requiere el desarrollo de soluciones asociadas al ámbito de la biotecnología en sistemas de biotratamiento y desinfección del agua en el punto de uso.
- **GESTIÓN EN GENERAL:** Como una solución desde las tecnologías de la información y la comunicación se recomienda el uso de sistemas para la gestión inteligente del agua.

Asimismo, se consideran como estratégicas para Panamá las siguientes 28 variables:

1. Solapamiento de funciones Interinstitucionales
2. Carrera Administrativa
3. Incentivos fiscales
4. Sistema jurídico
5. Cumplimiento de las Leyes de Protección
6. Descentralización de las Políticas Públicas
7. Divulgación de las Políticas Públicas
8. Actualización de las políticas existentes
9. Implementación de las Políticas Públicas
10. Incentivo con ahorro de agua
11. Tecnología aplicada
12. Capacitación del personal
13. Instituciones Para La Administración De Los Recursos Hídricos
14. Planes estratégicos institucionales
15. Participación de la ciudadanía
16. Valoración económica por cuencas
17. Gobernanza del Agua
18. Sistema de monitoreo
19. Ley del Agua
20. Normas de Uso de los Recursos Hídricos
21. Inversión por parte del Estado
22. Saneamiento de Agua
23. Sostenibilidad del Suministro
24. Conservación del recurso
25. Protección de los recursos
26. Asignación de fondos
27. Gestión del agua
28. Política Para Los Recursos Hídricos

4.2. Recomendaciones

Como se ha visto, el área de la Gestión del Agua es tremendamente amplia, con múltiples subáreas. La Gestión presenta innumerables retos de todo tipo, que deberían afrontarse de forma coordinada.

Por ello, aparece como recomendación importante la necesidad de contar con un Plan de Acción integrado sobre el Agua (o Roadmap) que incluya los aspectos políticos, económicos, sociales y tecnológicos, dentro de un marco de gobernanza.

Para su elaboración será conveniente tener en cuenta la matriz DAFO presentada anteriormente.

En definitiva, este Plan de Acción debería incluir, entre otros, aspectos tales como: i) La disponibilidad de recursos económicos, ii) Un plan de inversiones públicas, iii) Los proyectos a elegir, entre las prioridades señaladas anteriormente, iv) La elección de las tecnologías más apropiadas, v) La compra de tecnologías extranjeras y el establecimiento de alianzas con entidades líderes, vi) La potenciación del Sistema de Innovación panameño, etc.

Con todos estos aspectos, se ha intentado apuntar hacia una imagen de futuro para Panamá al año 2040 en la gestión del Agua.

4.3. Imagen de Futuro

Panamá en el año 2040 en el tema de gestión del Agua será un sistema complejo cuyas variables e interconexiones estratégicas se pueden entender como una serie de cuatro capas superpuestas e interconectadas: políticas, estrategias, actores y tecnologías.

Panamá en el año 2040 tendrá unas políticas en materia de gestión del agua, coherentes, innovadoras, visibles, transparentes y a largo plazo, que harán énfasis en la sensibilización sobre el uso racional y cuidadoso del recurso a la ciudadanía.

Un porcentaje de los ingresos netos de la operación del Canal serán destinados de manera específica a financiar estas políticas del agua, y esto quedará contemplado en los Planes de Desarrollo del Estado. Una de las tareas para llevar a término este propósito será la valoración económica de las cuencas hidrográficas.

Estas políticas se verán plasmadas en instrumentos de dos categorías: incentivadoras del ahorro y uso racional y coercitivas para aquellos que atenten contra el recurso. En esta misma dirección, el otorgamiento de créditos y de permisos de explotación industrial, minera y agropecuaria, contará con un componente explícito sobre la gestión del agua. Esto implica necesariamente la modernización de sistema jurídico nacional. Las políticas del Estado velarán permanentemente por garantizar la gobernanza del agua, evitando que ésta en ningún momento sea asumida por el sector privado o los intereses económicos particulares.

Una de las principales estrategias será potenciar el desarrollo de la relación Universidad – Empresa - Estado (modelo “triple hélice”) que involucre actores y beneficiarios, “redes de innovación” para el aprendizaje e intercambio, programas estratégicos aplicados en áreas y sectores sociales o productivos prioritarios, infraestructura institucional de investigación y servicios tecnológicos y financiamiento de la innovación.

Para el 2040 Panamá habrá tejido una sólida red de innovación, que involucrará aspectos relacionados con la investigación aplicada, la negociación tecnológica y el desarrollo de servicios innovadores para la gestión del agua. En cada una de estos aspectos, la universidad jugará un papel preponderante, capacitando personal idóneo para la gestión del agua, pero a su vez, potenciando la investigación aplicada mediante la creación y fortalecimiento de grupos de investigación contrastables internacionalmente.

Los actores que serán tenidos en cuenta dentro del sistema de gestión del agua en Panamá 2040 son:

- Entidades del agua: proveedores de insumos, operadores de plantas de tratamiento, distribuidores, etc.
- Instituciones gubernamentales: municipios, autoridades reguladoras, autoridades ambientales e instituciones de apoyo. Aquí se incluyen las instituciones del sistema de ciencia y tecnología.
- Clientes y usuarios: individuales y colectivos, institucionales, industriales y agricultores.

Panamá aplicará políticas de estímulo y de participación ciudadana, incluyendo la información clara y transparente, las veedurías ciudadanas, la educación desde la niñez, la divulgación de políticas y planes estratégicos, estímulos fiscales y así como la legislación y regulación clara y eficaz. Los responsables de estas instituciones no serán políticos, sino funcionarios capacitados para cumplir sus funciones de manera eficiente. La permanente capacitación de los técnicos será un elemento característico del sistema.

A nivel tecnológico, Panamá se mantendrá actualizado en gestión del agua. Tendrá un sistema de vigilancia tecnológica de primer nivel, que permitirá hacer un seguimiento de aquellas tecnologías que son tendencia a nivel global. En ese sentido, ese sistema de vigilancia hará seguimiento de los desarrollos asociados a las tres tecnologías transversales que son la que revolucionarán el mundo, como son la biotecnología, la nanotecnología y las TIC.

El país, rico en recursos biológicos, tendrá capacidades para la identificación de organismos claves para la remediación del agua, para el desarrollo de aplicaciones biotecnológicas para el tratamiento biológico de efluentes y, en general, para la biorremediación.

De otra parte, Panamá en el 2040, tendrá conocimientos adquiridos suficientes para la negociación con países de vanguardia en temas de nanotecnologías aplicadas a la gestión del agua. Así podrá disponer de sistemas de detección con nanopartículas de metales nobles para determinar niveles de contaminación en fuentes, y para la remoción de metales pesados en efluentes industriales. Esta capacidad también será importante para hacer seguimiento de trazas contaminantes que los barcos que trasiegan por el Canal arrastran consigo y que pueden contaminar con elementos extraños las aguas utilizadas.

Las TIC, para el año 2040, serán muy comunes para realizar simulaciones de condiciones adversas que faciliten la toma de decisiones a los gestores. Pero además, serán utilizadas en Panamá, para la adquisición de datos de interés para las diferentes instituciones y grupos de investigación en sus funciones. Los sistemas GIS podrán usarse para ubicación de focos de riesgo. El monitoreo en tiempo real de las condiciones de las fuentes y de los efluentes será posible gracias al uso extensivo de redes inteligentes de sensores remotos, que facilitarán la información de variables de interés. Además de los sensores las industrias y los consumidores en general, tendrán sistemas de medición automáticos que reportarán la información a los centros de gestión, de manera que se podrán hacer balances del agua en tiempo real.

El mapeo de recursos hídricos estará permanentemente actualizado gracias a la información suministrada por las fuentes por las redes de sensores. Esta información junto con los algoritmos de predicción y los elementos de pronóstico del clima, que serán utilizados para entonces, permitirá trazar planes de contingencia según los balances de agua para evitar desabastecimientos.

Así, las tecnologías serán consideradas como elementos clave dentro de todo el sistema de gestión del agua, pero siempre acompañado de los otros componentes, es decir, de las políticas, las estrategias y los actores del sistema.

I INTRODUCCIÓN

El presente documento describe el Ejercicio de Prospectiva realizado por un equipo internacional compuesto por expertos consultores de Colombia, España y Chile en relación al sector del agua, para La Fundación Ciudad del Saber (FCDS) de Panamá.

El trabajo realizado tiene como finalidad dar respuesta a los Términos de Referencia publicados por la vicepresidencia de investigación y formación de la Fundación Ciudad del Saber (FCDS), en los cuales se marcaron los siguientes objetivos:

- Proveer a la Fundación Ciudad del Saber servicios generales de prospectiva científica y tecnológica en las áreas prioritarias de desarrollo del proyecto Ciudad del Saber.
- Contribuir al debate nacional sobre los riesgos globales que impactarán a Panamá y al mundo.
- Propiciar iniciativas en materia de los retos globales que amenazan el futuro de la humanidad para identificar áreas estratégicas de investigación y tecnologías emergentes en las que concentrar los esfuerzos de inversión y así obtener los mayores beneficios económicos o sociales.
- Acumular inteligencia futura y construcción de una visión a medio y largo plazo, para la toma de decisiones actual y de acciones conjuntas.
- Plantear una visión a largo plazo, analizar las tendencias de ruptura y articular reflexiones a futuro, con orientación hacia la acción en el presente.
- Proponer alternativas y rutas de solución que se requerirán en el futuro.

El estudio se realizó durante el mes de septiembre de 2016 e incluyó la materialización de estudios documentales y tendenciales en el sector del agua, el desarrollo de un taller de consulta prospectiva con expertos nacionales en la sede de la FCDS de Panamá y un estudio de vigilancia tecnológica sobre el estado del arte de las principales líneas de investigación y desarrollo a nivel mundial del sector.

El trabajo realizado ha permitido de forma específica, identificar aquellas aplicaciones tecnológicas innovadoras más relevantes para Panamá en las que las tecnologías transversales (TIC, Biotecnología y Nanotecnología) inciden de manera especial. Conjugando la situación actual a nivel mundial - constatada en base a los estudios tendenciales y a la vigilancia tecnológica- y los obstáculos y potencialidades locales -constatados en base al taller realizado con los expertos nacionales- se ha tratado de proporcionar una imagen de futuro para Panamá de cara al año 2040 así como unas recomendaciones de acción.

1.1 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la realización del presente estudio incluye:

1. Estudio documental y de tendencias: en el que se identificaron áreas promisorias relevantes en cada uno de los temas. La síntesis documental fue el insumo de partida para el diseño de la consulta Delphi.
2. Consulta Prospectiva: en la que se sometió a criterio de expertos temáticos las áreas promisorias identificadas y estructuradas de manera adecuada para que los expertos pudieran realizar sus valoraciones y proyecciones.
3. Estudio de vigilancia tecnológica: que permitió construir el estado del arte correspondiente a cada uno de los temas priorizados por los expertos.
4. Elaboración de un White paper y un artículo: a partir de los resultados obtenidos en la consulta prospectiva y del tratamiento estadístico respectivo, se elabora un informe conclusivo del tema abordado con los resultados obtenidos, incluyendo unas conclusiones en forma de una imagen de futuro y recomendaciones para Panamá. Figura 1. Metodología General

2 SÍNTESIS DOCUMENTAL

Se realizó una síntesis documental de estudios tendenciales o prospectivos internacionales que sirvió como insumo para la elaboración de los formularios para las consultas prospectivas. Se preseleccionaron estudios recientes y de organizaciones o instituciones reconocidas. En este capítulo se presentan los principales hallazgos de esta fase del proyecto.

Hay que decir que dada la gran amplitud temática que implica el término “Gestión del Agua” se estableció, tal como se menciona en la propuesta presentada al cliente, una aproximación al tema basada en aspectos ligados a su afectación por parte de los ámbitos del conocimientos llamados “tecnologías transversales”: biotecnología, nanotecnología y tecnologías de la información y las comunicaciones. De esta manera, tomando en consideración el devenir de la ciencia y la tecnología durante los últimos años, se han podido derivar las principales tendencias de futuro previsible, además de identificar la estructura del conocimiento asociada a la gestión del agua.

Rosegrant, Cline, & Valmonte-Santos (2010) tratan el tema de la gestión del agua desde una perspectiva global, identificando algunas megatendencias y aspectos emergentes. Allí se aborda el problema que plantea el suministro de alimentos en un mundo cada vez más sobrepoblado, lo cual implica sistemas de irrigación más eficientes, pero debido a la competencia de otros sectores productivos, la disminución de la calidad del agua y de los niveles de las fuentes subterráneas, el problema se hace muy complejo.

Algunos de estos retos están siendo abordados por lo que se llama el ABC del agua: acuicultura, biotecnología y cambio climático. Pero las soluciones siempre pasan por la necesidad de cambios fundamentales en la gestión de este recurso vital.

Se define el concepto de “Comercio virtual del agua” (asociado al encadenamiento entre globalización, agua y comercio agrícola) como: volumen de agua usada para producción agrícola de *commodities*, en términos de “gasto de agua para cultivo” o “gastos de agua para irrigación”. Se calcula con base en la precipitación efectiva de lluvias (agua de suelos o agua verde) y la irrigación (agua azul). Esto incluye la evapotranspiración de los cultivos y las pérdidas debido a la evaporación de los reservorios, la percolación a acuíferos salinos y polución. El gasto para irrigación es el volumen de agua “azul” usada durante la producción agrícola, y es menor o igual al agua total de cultivo.

Cuando los productos agrícolas entran al mercado, los países que producen son, realmente, exportadores de agua, mientras que los que compran son importadores de agua. Estos últimos se benefician del flujo de agua usado en la agricultura ya que dejan de usar esa cantidad de sus propios recursos para utilizarla en otras actividades productivas. El ahorro global de agua ocurre cuando los exportadores agrícolas son más eficientes en el uso del agua que los importadores, mientras que el ahorro del agua para irrigación se produce cuando exportadores producen bajo condiciones de agua lluvia mientras que los importadores tendría que utilizar agua de riego para producir los mismos productos.

El documento indica que los cultivos de peces o acuicultura comienzan a ejercer una presión adicional sobre los recursos hídricos, debido al uso de fertilizantes y alimentos para los peces, que incrementan el desarrollo de plantas marina (algas), las cuales se convierten en fuertes competidores por el oxígeno disuelto, y por lo tanto, afecta todos los ecosistemas acuáticos y marinos. Pero a la vez, la explosión de cultivos en lagunas también hace que el consumo de agua se incremente, debido a la evaporación producida, lo cual implica la necesidad de disponer de más agua para mantener los niveles mínimos requeridos.

A partir de estas consideraciones el rol de la biotecnología en la calidad y en la gestión del agua, se puede identificar en los siguientes cuatro aspectos:

- Nuevos métodos biotecnológicos para purificación de agua que eran inaplicables de manera práctica.
- Procesos con tecnologías integradas en las que la biotecnología reemplaza a la química.
- Desarrollo de herramientas para la recuperación de tierras degradadas.
- Mejoramiento de la calidad del agua.

Basados en estos planteamientos Rosegrant et.al (2010) sugieren como prioritarios los siguientes temas de investigación:

- Estabilidad microbiana en sistemas de biotratamiento
- Ecología microbiana
- Escalamiento de procesos microbianos, incluyendo estudios para nuevas técnicas de detección o de remediación
- Nuevos modelos de detección combinados con monitoreo in-situ
- Comprensión de las estructuras genéticas de organismos clave para la remediación

En cuanto al cambio climático, aún no se tienen modelos de predicción confiables, pero se puede prever un profundo impacto, en particular en los países en vías de desarrollo, debido a la poca capacidad de respuesta a las amenazas que se ciernen. Las áreas rurales de estos países son muy vulnerables por su alta dependencia a los recursos hídricos naturales, ya no solo para la producción sino también para su consumo y para la salud.

Por su parte, también en biotecnología, Ortíz & Sierra (2011) plantean una identificación de los principales roles de las TIC en la gestión del agua, agrupados en cuatro categorías:

a. Cartografía de recursos hídricos y predicción meteorológica:

- Teledetección
- Sistemas de detección terrestres in-situ
- Redes de sensores e internet

b. Gestión activa para la red de distribución de aguas:

- Identificación de activos subterráneos y etiquetado electrónico
- Tuberías inteligentes
- Reparación justo a tiempo y evaluación de riesgos en tiempo real

c. Establecimiento de sistemas de alarma anticipada y respuesta a la demanda de agua en ciudades del futuro

- Recolección de agua de lluvia y tormenta
- Gestión de inundaciones
- Recarga artificial de acuíferos
- Medición inteligente
- Sistemas de conocimiento de proceso

d. Regadío “justo a tiempo” en la agricultura y paisajismo

- Sistemas de información geográfica - GIS
- Redes de sensores e internet – sensores web semánticos

Omaliko (2003) habla de algunas técnicas que pueden ayudar a gestionar los problemas del agua en Nigeria (que lo son también en otras regiones), tales como: sequías, contaminación, desertificación, etc. Entre las que destaca el autor se encuentran las siguientes:

- PCR (Polimerasa chain reaction technique): Es una técnica que sirve para monitorear la calidad del agua de consumo y usos domésticos.
- Biorremediación /bioaugmentación: Relacionada con el uso de microorganismos para el tratamiento de aguas contaminadas.
- Tratamiento biológico de efluentes: Es decir, el uso de medios microbiológicos para tratamiento de efluentes industriales, urbanos y rurales.
- Ingeniería genética y tecnología recombinante DNA: Que tiene que ver con el desarrollo de cultivos transgénicos resistentes a las sequías y otras condiciones adversas.

Pasando ya a la influencia de las TIC en la gestión del agua, se puede hacer referencia al documento publicado por la Comisión Europa (European Commission, 2015), en el que se presenta un conjunto de indicadores (sociales, tecnológicos, económicos y ambientales), para medir los avances de las aplicaciones TIC en la gestión del agua. También identifica sinergias entre diferentes sectores, más allá de la bien conocida relación energía-agua. Al final se presenta un *roadmap* sobre cómo las actividades asociadas a los retos de la gestión del agua, pueden ser direccionados en el futuro, según la prioridad de cada actividad.

El documento identifica algunos proyectos o iniciativas dentro del FP7 europeo, dentro de los cuales se pueden mencionar los siguientes: EFFINET, ICeWater, iWIDGET, WatERP, URbanWater, DAIAD, ISS-EWATUS, SmartH2O, WATERNOMICS y WISDOM. Otros: WaterInnEU, KINDRA, FREEWAT, BlueSCities y WIDEST.

Los principales retos del uso de las TIC en la gestión del agua se pueden agrupar en cuatro categorías, identificadas en los documentos del H2020¹. Se recuerda los énfasis en ejercicios anteriores (roadmaps) que han puesto mucha atención en aspectos relacionados con el mejoramiento de la medición del agua en términos de sensores (heterogeneidad entre sistemas de sensores y las TIC, energía para su funcionamiento) y los relacionados con medidores inteligentes. En áreas rurales hay una necesidad de tecnologías para monitorear y gestionar el agua relacionada con servicios del agroecosistema: plantas de gran escala para el fitotratamiento, esquemas de recarga de acuíferos, etc. Tales necesidades implican tecnologías de bajo coste, sensores de bajo consumo de energía y los sistemas asociados a software para control operativo remoto. En el campo de la calidad del agua, las necesidades de nuevas tecnologías para censar: biosensores, fibra óptica, etc. Las cuatro categorías son:

- Análisis costo-beneficio de soluciones TIC aplicadas a la gestión del agua que ayuden a la toma de decisiones.

¹ H2020 es el nombre dado al programa de la Unión Europea que surge como iniciativa a partir de la plataforma llamada WssP: Water supply and sanitation Technology Platform.

- Sinergias entre sectores (agua – energía y otros): con el fin de disminuir el costo total de energía relacionada con el procesamiento y distribución de aguas. Esto mismo podría aplicarse a otras interrelaciones: tierra, alimentos, cambio climático, transporte, telecomunicaciones, etc.
- Indicadores: ya existen varios sistemas de indicadores con diferentes enfoques y niveles, pero debe haber un esfuerzo por estandarizarlos.
- Gestión de datos: Intercambio de datos entre *stakeholders*. Estandarización de esos datos para poderlos compartir y para facilitar la interoperabilidad.

Por su parte Boudon (2010), presenta los siguientes temas relevantes en relación con las aplicaciones TIC en la gestión del agua, con sus respectivos términos clave asociados:

- Monitoreo en tiempo real: AMR, detección de picos en tiempo real, gestión de la calidad en tiempo real. Sensores en todos los puntos de uso (POU), información en tiempo real de clientes y proveedores. Las tecnologías asociadas a estas tendencias son: SCADA, GIS, telecomunicaciones, sensores de bajo costo, modelos inversos, sistemas de ayuda a la toma de decisiones.
- Ciudades del futuro: ciudades sustentables, ciudades sensibles al agua, uso del agua en cascada, redes múltiples, cosecha de agua lluvia, gestión de aguas de tormentas, desalinización, manejo de recargas de acuíferos, plantas de microtratamiento, etc.
- Evaluación de la gestión: información GIS/GPS, identificación de elementos electrónicos bajo tierra, etiquetado de dispositivos de comunicación inalámbrica; evaluación in-situ y a lo largo de su trayectoria de tecnologías de sensado, sensores condicionales y de evaluación de riesgos, modelos de predicción; reparación justo a tiempo, programación de inversiones; computación inalámbrica para trabajos en campo.
- Eficiencia energética: redes inteligentes de distribución de agua; herramientas para ahorro energético en plantas de tratamiento, monitoreo en tiempo real de válvulas manuales; monitoreo y control de recuperación de calor de aguas residuales, herramientas para medición inteligente, sensores wiki, sensores mejorados con marcadores naturales, revisión de detección microbiana, transferencia de sensores.

En relación con la gestión inteligente del agua, Sempere (2013) trata el tema a nivel de la urbanización del mundo, haciendo énfasis en la potencial aplicación de las TIC para gestionar la gran cantidad de información generada en una ciudad, que pueden facilitar las tareas de operación, mantenimiento y gestión, en un contexto de desarrollo sostenible y eficiente de las ciudades.

El uso apropiado de la TIC facilita el manejo de información en tiempo real sobre la oferta y la demanda, lo que permite a los gestores tomar decisiones oportunas. Habla de una plataforma llamada *Integrated water resources management* – IWRM, que administra la información en tres grandes temas: generación, transporte y consumo. Esa plataforma se alimenta de información reportada continuamente y enviada a la estación central. Para ello usa sensores agrupados así:

- Estaciones fijas: ECS, floodgates, meteorological radars, etc.
- Unidades móviles: ubicados en puntos secundarios para reducir la necesidad de estaciones fijas. Disponen de cámaras y diversos tipos de sensores.
- Red de sensores Wireless: que permiten monitorear rutas causales de áreas de interés de una forma rápida, así como lugares fijos como rivera de ríos.
- Smart meter (AMR – Automatic meter Reading; AMI – automatic meter infraestructura), instalados en puntos de consumo, para intercambiar información con la planta
- Suplidores externos de información del clima y estado del tiempo.
- Sensores distribuidos en red para controlar los parámetros de calidad del agua, estado de compuertas, bombas, niveles, condiciones de tuberías, disponibilidad de agua subterránea, etc.

En el informe del proyecto “@qua ICT Thematic Network” (Ciancio, 2011) se presenta una clasificación que en términos de los “procesos de negocio” relacionados con el agua, entendiéndolo como: “una colección de actividades o tareas relacionadas o estructuradas para producir un servicio o producto específico”. Su estructura está realizada con base en los temas de gestión del agua, comenzando desde la operación de plantas hasta la integración transversal del agua en diferentes ámbitos, lo que da una amplia cobertura temática y que puede ser de referencia para agrupar conceptos clave en cada uno de ellos. Esta estructura es la siguiente:

a. Operación de plantas:

- Gestión de plantas de tratamiento de aguas para consumo humano
- Gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales

b. Operación de redes:

- Gestión de plantas de tratamiento de aguas para consumo humano
- Gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales
- Gestión de aguas de tormentas
- Red para monitoreo en tiempo real.

c. Gestión de activos:

- Gestión de activos en general
- Planeación y diseño de nuevos activos
- Relación entre la gestión de activos y las intervenciones de campo

d. Gestión de trabajo:

- Gestión de intervenciones en campo y de mantenimiento de plantas
- Trabajo de campo y de plantas en general
- Mantenimiento electromecánico en WTP, WWTP
- Inspección de alcantarillados
- Limpieza de alcantarillados

e. Información geográfica (GI)

- Uso de GI
- Mantenimiento de GI

f. Medición:

- Automatización y sensores (DW, WW, ENV)
- Infraestructura para medición avanzada (medición inteligente)
- Laboratorios para control de calidad

g. Clientes

- Facturación, cuidado y comunicación con el cliente
- Medición manual

h. Contratos de servicio público

i. Gestión de crisis

j. Procesos transversales

Además, el informe aporta una mención a las tecnologías que se puede esperar que surjan en el mediano plazo, asociadas con la gestión del agua, como son las siguientes:

- Soluciones para el monitoreo y control de procesos en tiempo real. Algoritmos de simulación y modelado de procesos de soporte.
- Balance de capacidad de producción del agua en tiempo real
- Mejora de la eficiencia energética de estaciones de bombeo
- Negocios integrados y aplicaciones DWTO o WWTP (aspectos técnicos, soporte financiero, atención a clientes), provisión de datos precisos, eliminación de pérdidas de datos y de datos fallidos, toma de decisiones óptimas.
- Aplicaciones TIC efectivas e integradas a la administración, facilitando la comunicación eficiente entre unidades internas y partes externas.
- Integración de información meteorológica
- Modelos de DSS que permitan interpretar datos en tiempo real y hacer decisiones informadas.

Un último documento que se puede mencionar aquí es el de Wehn & Montalvo (2015), que trata sobre la dinámica de la innovación en gestión del agua. Aquí también lo más interesante en la clasificación temática que proponen los autores:

- Generación y aplicación de innovaciones relacionadas con el agua
- Actividades de I+D en agua.
- Sistemas de innovación en agua: aprendizaje, innovación y construcción de competencias.
- Estrategias nacionales el desarrollo de capacidades en innovación en aguas
- Habilidades, aprendizaje organizacional y gestión del conocimiento para la innovación en agua.
- Innovaciones sociales relacionadas con el agua
- Implicaciones de las TIC en el agua: efectos de las TIC más allá de los campos ya tradicionales como son: sensores, monitoreo y medición inteligente, observatorios ciudadanos, modelación.

La revisión documental indica que la nanotecnología promete ser un enorme potenciador en sistemas y métodos avanzados para el tratamiento de agua, para mejorar la eficiencia de métodos conocidos y para el suministro de agua segura de fuentes no convencionales.

La posibilidad de disponer de métodos más simples y menos demandantes de infraestructura para realizar operaciones de tratamiento de aguas, es una de las esperanzas que a partir del uso de las nanotecnologías parece abrirse paso. En ese sentido se habla del aprovechamiento de las capacidades que puedan tener los nanomateriales, como por ejemplo:

- Adsorción de contaminantes: nano-absorbentes, eliminadores de metales pesados, absorbentes reactivos
- Membranas: películas delgadas de alta permeabilidad realizadas con nanocompuestos, membranas anti-incrustación, membranas de nanotubos de carbón, membranas de composites y nano-filtración.
- Photocatalysis: reactores, sistemas de desinfección solar,
- Control y desinfección microbiana

Y también hay una fuerte influencia de las nanotecnologías en aspectos relacionados con el monitoreo y sensores de condiciones físicas y de otras características del agua, como por ejemplo: detección óptica, detección electroquímica con nano partículas nobles, uso de nano partículas magnéticas para la purificación, y detección de trazas de contaminantes (OECD, 2011; Xiaolei, Pedro, & Qilin, 2013).

En cuanto a la perspectiva específica del agua en Panamá, Soto (2010) señala la red hidrográfica alrededor del Canal, en la que se incluyen 47 ríos y tres lagos artificiales. El agua de esta red es utilizada principalmente para navegación (58%) y también para consumo doméstico (7%), generación eléctrica (2,5%), agricultura, producción industrial, pesca y recreación, así como para actividades de investigación. Es evidente que en la visión 2040 la relevancia del Canal y de la Autoridad del Canal como ente que gestiona los recursos del agua de la red hidrográfica señalada. Además es muy importante tener en cuenta la valiosa información que a través del tiempo se ha recabado por parte de los gestores del Canal y de las organizaciones afines, porque tal información permite tomar decisiones contrastadas. Una de las preocupaciones que se debe tener en cuenta es la necesidad de un trabajo colaborativo entre las organizaciones protagonistas en el país, que permita solucionar dificultades asociadas con el traslape de funciones, las leyes o reglamentos contradictorios y la duplicidad de esfuerzos, con lo cual, la optimización en el uso de recursos y en la ejecución de políticas, puede lograrse.

El contraste entre la abundancia del recurso hídrico en Panamá, y su alta vulnerabilidad a los efectos asociados al cambio climático (fenómenos del Niño y de la Niña, posibilidades de tsunamis, terremotos, deslizamientos de tierra, lluvias fuertes, etc.), dan lugar a conflictos en el uso del agua (agricultura vs. hidrogenación, por ejemplo). Este es un factor de riesgo que se debe prevenir mediante la disponibilidad de información que pueda ser utilizada para tomar decisiones coherentes y acertadas (Adaptation Fund, 2013). La gestión del agua es, por lo tanto, un asunto clave para Panamá, máxime considerando que el Canal es la columna vertebral de la economía del país, y que otros sectores económicos (turismo, generación eléctrica, agricultura y ganadería) están muy asociados con este recurso. Por ello los esfuerzos en generar una sinergia entre las instituciones y todas las organizaciones estatales o privadas que tengan que ver con la gestión del agua en Panamá, deben encaminarse de tal manera que se genere una capacidad de adaptación y de respuesta a los retos que se tienen por delante; capacidad que solo será posible alcanzar en la medida que haya plataformas de intercambio de conocimiento, la gestión integrada de proyectos y la toma de decisiones basadas en tales conocimientos adquiridos a partir de información actualizada. Aquí es donde la tecnología juega un papel importante para facilitar el acceso a datos de diversas índoles y fuentes, que en su conjunto, faciliten la información necesaria para hacer la gestión de manera eficiente.

Se puede concluir a partir de esta información recuperada del ejercicio de síntesis documental, una estructura típica de la cadena de valor del agua, desde la perspectiva de su gestión, y con base en dicha estructura, ubicar las diferentes tendencias de los temas asociados a la gestión del agua y su vinculación con los dinamizadores tecnológicos (bio-nano-TIC), representada por la Figura 2.

Se entiende que la gestión del agua aborda toda y cada una de las fases del ciclo del uso del agua, y para cada uno hay actividades o intervenciones necesarias para la adecuada gestión, en las que las tecnologías transversales (nano, bio y TIC) ocupan un lugar cada vez más protagónico.

En la Tabla 2 se presenta un resumen de las tendencias de usos de las tecnologías transversales según la actividad propia de cada fase del ciclo. Para ello, la Tabla 2 se divide en tres columnas correspondientes a los tres ejes de las tecnologías convergentes: Biotecnología, TIC y Nanotecnología. A su vez hay cada una de las seis filas corresponde a una de las fases del ciclo de uso del agua, según se indicó en la cadena de valor de la Figura 2. De esta manera, se han identificado cada una de las tendencias tecnológicas que correspondan. Esta forma de presentación facilita la comprensión de la aplicación que puede tener cada una de las tecnologías identificadas durante esta etapa del proyecto, para facilitar así la elaboración de los formularios que se entregaron a los expertos para sus opiniones durante la fase del estudio Delphi.

3 CONSULTA PROSPECTIVA

La prospectiva es una disciplina de gestión que permite reflexionar sobre el futuro – lo que podría ser y lo que debería ser -, con miras a orientar la acción humana – individual o colectiva- en el presente, mediante toda una infraestructura conceptual y metodológica aplicable a problemas de diferentes campos y áreas. En estudios de prospectiva se encuentran varias escuelas de pensamiento, pero las dos escuelas más utilizadas en el mundo que tienen métodos propios basados en el método científico son la escuela francesa y la escuela anglosajona, la propuesta que se presentó y que fue aprobada por FCDS se basa en la escuela anglosajona, donde el método Delphi es su principal exponente, esto permite generar temas, tecnologías o innovaciones más concretas, y no simplemente un escenario con una descripción poco concreta y sin detalles que se acerca a más un deber ser o una “nube” de variables con unos estados pero sin apuestas específicas. Existen experiencias documentadas en las que organizaciones líderes en innovación que realizaron solo escenarios en los últimos años, debieron rehacer sus estudios a través de la nueva aplicación del método Delphi para innovaciones, tecnologías y nuevos negocios.

El método Delphi consiste en una consulta estructurada a un número de expertos de los sectores o temas específicos elegidos para el ejercicio prospectivo, sobre la base de un cuestionario, preparado por paneles o comisiones de expertos, que se responde anónimamente y en dos rondas. Según diferentes expertos de la escuela anglosajona en el mundo, el Delphi tiene cuatro características claves: anonimato, iteración, retroalimentación controlada y agregación estadística de un grupo de respuestas. El método Delphi es aplicado dentro de las organizaciones, instituciones y países con el fin de reducir la incertidumbre en la toma de decisiones de ciertas áreas estratégicas, logrando de esta forma la identificación de factores claves.

Al momento de realizar un estudio de prospectiva mediante el método Delphi se deben realizar los siguientes pasos:

i) Construcción del árbol tecnológico, ii) construcción del perfil de expertos, iii) selección de agrupadores, iv) cuestionario primera ronda, v) envío de la primera ronda a expertos, vi) análisis estadístico de la primera ronda, vii) construcción y envío de la segunda ronda Delphi, viii) análisis de la segunda ronda y por último xix) la socialización de los resultados.

Esta metodología se aplicó durante el Taller llevado a cabo en la Ciudad del Saber. Se contó con una participación de más de 50 expertos, obteniendo un total de 41 respuestas efectivas para las dos rondas Delphi.

3.1 RESULTADOS DE LA PRIMERA RONDA DELPHI

Para poder llegar a resultados confiables el equipo consultor internacional definió una hoja de ruta que contempló la construcción del árbol tecnológico, el cual hace referencia al conglomerado de temas resultantes de la vigilancia tecnológica realizada por IALE, la búsqueda se realizó en bases de datos científicas, esta etapa es de vital importancia en un estudio Delphi debido a que es el primer acercamiento que se tiene de los temas de interés en el estudio, permitiendo así analizar toda la información científico-tecnológica que sirve de apoyo en los procesos de toma de decisiones.

Los agrupadores fueron propuestos por IALE los cuales fueron validados por personal de la Fundación Ciudad del Saber

Los expertos participantes en los talleres fueron invitados por la fundación ciudad del saber, teniendo en cuenta que debía haber representación de universidades, empresas y entidades gubernamentales, para este ejercicio se contó con la participación de más de 50 expertos.

La construcción del cuestionario, se realizó con base en el árbol de temas, tecnologías, innovaciones para cada agrupador. Este cuestionario tiene los siguientes elementos:

Título, Logo(s), Objetivo del estudio, Fecha de diligenciamiento, Información general del experto, la escala de calificación utilizada fue Likert. Una muestra de la carátula del cuestionario se muestra en la Tabla 13.

Después de recibir la primera ronda Delphi debidamente diligenciada, se procedió a realizar el análisis estadístico donde se utilizaron diferentes técnicas estadísticas tales como: moda, frecuencia modal, porcentaje de consenso, promedio de consenso, esto con el fin de identificar los temas prioritarios, no prioritarios y en discusión.

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos en la primera ronda Delphi, donde los expertos seleccionaron inicialmente los temas prioritarios y en discusión, en las seis fases de la cadena de uso del agua y los 66 temas propuestos inicialmente a partir de la síntesis documental. Los no prioritarios no están incluidos.

El criterio de selección para que un tema sea prioritario, no prioritario y en discusión puede observarse en la figura 4.

Luego de contar con los temas prioritarios de la primera ronda se procedió a la construcción y envío de la segunda ronda Delphi la cual buscó retroalimentar los resultados obtenidos en la primera ronda, debido a que en esta etapa se le solicitó al experto que al momento de diligenciar la encuesta argumentara los temas que él consideraba prioritarios o no prioritarios.

Después de recibir la segunda ronda Delphi debidamente diligenciada, se procedió a realizar el análisis estadístico donde se utilizaron las técnicas estadísticas descritas para la primera ronda. En este caso, se calculó la frecuencia modal 2 (Fm2), permitiendo de esta forma obtener los temas prioritarios, la ecuación utilizada fue la siguiente:

$$Fm2 = Fm1 + Er2 - Sr2$$

Fm1: Frecuencia modal alcanzado en la primera ronda por tema

Er2: Número de expertos que entran al consenso de la segunda ronda por tema, es decir, el número de expertos que entran como prioritario el tema en la segunda ronda pero que en la primera no lo habían calificado de esa manera.

Sr2: Número de expertos que salen del consenso de la segunda ronda por tema, es decir, el número de expertos que en la primera ronda lo habían calificado como prioritario pero en la segunda ronda cambian de posición y no lo consideran como prioritario.

3.2 RESULTADOS DE LA SEGUNDA RONDA DELPHI

Los resultados obtenidos en la segunda ronda son mostrados en la Tabla 4, allí se encuentran los temas que fueron ganadores para el método Delphi. Se indica la valoración obtenida tanto en la primera ronda, como en la segunda, mostrando en esta tabla solamente aquellas variables que obtuvieron en alguna de las rondas una valoración de prioritaria.

Aquellos que fueron priorizados en ambas rondas, se marcan con color verde. Estas variables se presentan de manera ordenada según el eslabón en la cadena de valor y el tipo de tecnología transversal a la que se puede asociar.

Los temas prioritarios resultado del análisis de la segunda ronda Delphi son el insumo fundamental al momento de generar rutas para llegar a una imagen de futuro ya que nos permite encaminar las trayectorias para llegar a la imagen seleccionada como apuesta, la cual también es construida a partir de los resultados o variables prioritarias de Panamá al año 2040 obtenidas en el análisis estructural a través del software MICMAC.

3.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Adicionalmente a la **determinación** de los temas prioritarios, los expertos señalaron en cada uno de los subsistemas propuestos, una serie de problemáticas, indicando para cada una de ellas, a qué agrupador pertenecían. Los resultados se muestran en la Matriz de problemáticas según se indica en la Tabla 5.

*Las etapas de la cadena de valor, en su orden, son:

- 1: Abastecimiento – Fuentes
- 2: Tratamiento
- 3: Suministro / Distribución
- 4: Uso
- 5: Tratamiento y disposición final 6: Gestión en general

A partir de la matriz de problemáticas, fueron seleccionadas 48 variables para realizar el análisis estructural por el método MICMAC (Matriz de Impacto Cruzado – Multiplicación Aplicada a una Clasificación), con el objetivo de poder identificar las variables clave más motrices y más dependientes, mediante clasificaciones directas, indirectas y potenciales.

Las variables priorizadas al aplicar el método MICMAC son listadas en la Tabla 6

3.4 ANÁLISIS TIPO DAFO

Tal y como se ha mostrado, en el taller, los expertos señalaron varias problemáticas de tipo Político, Económico, Social o Tecnológico que afectan a la Gestión del Agua en Panamá en la actualidad y que deberían resolverse para potenciar este sector en el horizonte de 2040, como la carencia de una Política de recursos hídricos, la ausencia de metas a largo plazo, el bajo nivel de inversión o la falta de concienciación de la sociedad, entre otros.

Con todos estos insumos ha sido posible realizar una matriz DAFO (Tabla 7) que refleja, por un lado, las debilidades y amenazas según la situación actual, y las oportunidades y fortalezas que se perciben de cara al 2040.

4 ESTADO DEL ARTE/TENDENCIAS EN LOS TEMAS PRIORIZADOS

La Vigilancia Tecnológica es un proceso sistemático de transformación de la información que comienza con la captura, continúa con el procesamiento y termina con la valorización de información, y que toma como base fuentes de información primarias (patentes, publicaciones, proyectos, noticias de mercado, etc.). En combinación con el estudio documental y de tendencias permite conocer el estado del arte en relación a un sector o ámbito de interés y caracterizarlo a nivel científico, tecnológico, competitivo y/o de mercado.

En este caso el estudio de vigilancia tecnológica se basó en el análisis de fuentes de información técnica a nivel mundial. Se realizaron búsquedas en bases de datos de publicaciones científicas y bases de datos de patentes con el fin de poder construir el estado del arte en relación con las principales tendencias tecnológicas en cada uno de los tres temas priorizados:

- i. Monitoreo y mapeo de recursos hídricos, con énfasis en monitoreo del balance hídrico en tiempo real y análisis de riesgos
- ii. Tratamiento del agua, con énfasis en biotratamientos (biorremediación, biosensores y control de la calidad del agua a tiempo real, sensores a todos los puntos de uso – POU, eliminación de metales pesados y contaminantes traza)
- iii. Suministro de agua, con énfasis en sistemas y redes inteligentes de gestión (water meters, sensores inalámbricos, supervisión, control y apoyo a la decisión)

La investigación se centró en la identificación, compilación y análisis de publicaciones científicas a partir de una búsqueda general en la base de datos Web of Science (WoS) y de patentes solicitadas y concedidas, publicadas en la base de datos Espacenet de cobertura mundial, con el fin de determinar la evolución actual, las tecnologías protegidas y emergentes, la caracterización de los actores líderes, sus redes de colaboración, entre otros resultados que se presentan a continuación.

4.1 MONITOREO Y MAPEO DE RECURSOS HÍDRICOS (ÉNFASIS EN BALANCE HÍDRICO EN TIEMPO REAL Y ANÁLISIS DE RIESGOS)

4.1.1 PANORAMA GENERAL DE LA INVESTIGA- CIÓN CIENTÍFICA EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

A partir de la consulta a las fuentes científicas de cobertura mundial, se encontraron 11.781 registros de publicaciones en la base de datos Web of Science (WoS) durante el periodo comprendido entre los años 2012 y 2016 vinculados con el monitoreo de los recursos hídricos, especialmente focalizado en tecnologías relacionadas con monitoreo del balance hídrico a tiempo real y también al análisis de riesgos. Son por tanto, importantes volúmenes de investigación que demuestran un alto interés de la comunidad científica internacional en este ámbito.

Principales instituciones:

La Academia China de las Ciencias es la institución líder en términos de cantidad de publicaciones producidas en el período. Otra institución relevante en China es la Normal University de Pequín. En EE.UU. la Universidad de California y el United States Geological Survey¹ son las instituciones con mayor productividad en investigación. Son asimismo importantes el centro australiano CSIRO², el CNRS³ francés y el CSIC español.

Otras instituciones relevantes en el mundo a tener en cuenta en temas de mapeo y monitoreo de recursos hídricos son los centros chinos State Key Laboratory Of Hydrology-Water Resources And Hydraulic Engineering de la Hohai University⁴ y el State Key Laboratory Of Water Resources And Hydropower Engineering Science de la Wuhan University⁵; la ingeniería de servicios para la industria del gas y el petróleo Schlumberger, el Pacific Northwest National Laboratory⁶ del DOE de EE.UU, y en Europa el departamento de geociencias de la Universidad de Oslo o el Kwr Watercycle Research Institute⁷ holandés, entre otros.

Principales países:

China es el principal país por lo que respecta a número de investigaciones publicadas en los últimos 5 años (3045 publicaciones), seguido de Estados Unidos (2401). Igualmente notable la cantidad de publicaciones en la temática (706) generadas por instituciones Australianas. A nivel Europeo Alemania, España, Inglaterra, Italia y Francia son países destacados.

Principales autores:

Destacan en cuanto a número de publicaciones producidas en el periodo estudiado los investigadores chinos de la Academia China de las Ciencias Li J, Wang, Y y Wang, J.

Aparece como uno de los investigadores más destacados a nivel mundial el Doctor español Damià Barceló Cullerés, del Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA) del CSIC español⁸ y que es también director de Instituto de Investigación del Agua (ICRA) y cuyos principales campos de investigación son la calidad y los contaminantes traza y emergentes en aguas superficiales y en general la calidad medioambiental.

Es también reconocido en este ámbito, especialmente en estudio, caracterización y gestión de aguas subterráneas, el Dr. Emilio Custodio, de la Universidad Politécnica de Catalunya⁹.

Asimismo, John P Giesy es un reconocido toxicólogo canadiense y químico medioambiental. Su grupo de investigación ha producido más de 60 publicaciones por año en revistas indexadas¹³.

Principales temas de investigación:

El recuento de las frecuencias de los términos controlados de las publicaciones nos da una idea de los principales temas tratados por la ciencia en los últimos 5 años (fuente: Engineering Village). La Figura 6 muestra los términos más frecuentemente utilizados, siendo los primeros cinco: Risk Assessment (1465 registros), seguido de water resources (1160), groundwater (750), water quality (617), water supply (597).

4.1.2 CONFERENCIAS RECIENTES

Finalmente algunas de las conferencias relevantes en las que se han presentado avances en investigación en los últimos años son las siguientes:

- AGU fallmeeting <http://fallmeeting.agu.org/2016/>
- EGU European Geosciences Union <http://www.egu.eu/meetings/conference-series/leonardo-topical-conferences/>
- international conference on four decades of progress in monitoring and modeling of processes in the soil plant atmosphere system <http://www.diaat.unina.it/>
- 20th international congress on modelling and simulation modsim
- 13th international conference on environmental science and technology cest
- IEEE international geoscience and remote sensing symposium igarss
- 35th world congress of the international association for hydro environment engineering and research iahr
- 248th national meeting of the american chemical society acs
- 12th international iaeg congress
- 6th iahs icwrs international symposium on integrated water resources management
- 7th international conference on marine pollution and ecotoxicology hongkong 17 21 june 2013

4.1.3 ACTIVIDAD DE DESARROLLO TECNOLÓGICO PROTEGIDA POR PATENTES

Evolución de las invenciones protegidas en este ámbito

El resultado de la búsqueda de patentes, según la taxonomía definida, permitió recuperar un total de 5.128 documentos de patentes (correspondientes a 4.754 familias) en el periodo 2012-2016. Constatamos, por tanto, altos volúmenes de productividad a nivel de desarrollos protegidos en este ámbito, lo que nos habla de su alto nivel de interés estratégico a nivel de instituciones de investigación, compañías privadas y a nivel de país.

Se observa un comportamiento creciente en los niveles de patentamiento en esta área, especialmente intenso en el año 2015. Los datos de 2016 son incompletos.

Actores líderes de mayor productividad tecnológica

Estados Unidos es el país líder en desarrollos patentados en relación a tecnologías de mapeo y monitoreo de recursos hídricos, seguido por Corea del Sur y el tercer lugar lo ocupa Rusia.

Por lo que respecta a instituciones patentadoras en invenciones novedosas en tecnologías de mapeo y monitorización de recursos hídricos, son líderes los centros de investigación chinos, tales como las **Universidades de Zhejiang, China Mining, Hohai, Shandong, Tsinghua, Nanjing, Tianjin, Wuhan, Chongqing, China Agricultural y Dalian Tech.**

Específicamente en tecnologías para análisis de riesgos han propuesto recientemente soluciones tecnológicas novedosas la **Universidad Beijing Normal** (patente CN105005688A sobre métodos basados en modelos de redes bayesianas para estimar el nivel de polución del agua) el **Research Center for Eco Environment sciences**¹⁴ (patente CN102925401A sobre biosensores microbianos para detectar la biodisponibilidad del Cromo) o la **Chinese Research Academy Environmental Sciences (CRAES)**¹⁵ (patente CN105224781A sobre métodos y aparatos para detectar riesgos súbitos de contaminación del agua).

Asimismo compañías como las petroleras chinas **Petrochina**¹⁶, **China Petroleum & Chemical** (llamada también **Sinopec**)¹⁷ y **State Grid Corp**¹⁸, son titulares de un número significativo de invenciones en el ámbito del monitoreo de los recursos hídricos. También las Estadoundenses **GE** y **Ecolab**¹⁹, la Japonesa **Kurita Water**²⁰ y la productora de water meters china **Ningbo**²¹, que patenta en válvulas con componentes eléctricos para ajustar el balance dinámico (patente CN104197065A).

Otras instituciones destacadas son las mineras **Halliburton Energy Services**²², las compañía chinas **Focused Photonics Inc**²³, productora de instrumentos analíticos para procesos industriales y monitoreo medioambiental, **Hangzhou Modi Science & Technology Co Ltd** y **Universtar Sci & Tech Shenzhen**²⁴. A nivel Europeo la empresa alemana **Oventrop Valves**²⁵ también propone nuevas invenciones de válvulas dinámicas (patente CN102072346A).

Como principales inventores de las invenciones registradas en este ámbito destacan **Wang Lei**²⁶, investigador del China Institute of Water Resources and Hydropower Research y del China National Center of Efficient Irrigation Engineering and Technology Research de Pequín e inventor en las patentes con titularidad de la corporación china **State Grid Corp**; le siguen **Zhang Qiang** de **Petrochina** y **Chengdu Zhongshan Technology** y **Zou Xiongwei** de **Lihero Technology Hunan Co Ltd**²⁷ que patenta varios sistemas de monitoreo de la calidad del agua.

Son también inventores destacados **Robert P Freese** y **Michael Jones Christopher**, del departamento de R&D de la compañía **Halliburton Energy** en Texas, especializada en asistencia en actividades de fracking; **Chen Lingxin**²⁸ de la Academia China de las Ciencias y **Feng Weiwei** del **Yantai Institute of Coastal Zone Research**.

A nivel de redes de co-patentamiento, se observa colaboración reciente entre instituciones, principalmente asiáticas; **Petrochina Co Ltd** co-patenta con **Daqing Oilfield Ltd**²⁹ en tecnología de exploración de reservorios y separación de petróleo y agua y en ese ámbito **China National Petroleum Corp** lo hace por su parte con otra empresa de su grupo **CNPC Drilling Res Inst**³⁰.

También patentan en co-titularidad la empresa líder en prestación de servicios a la exploración petrolera **Schlumberger** con **Prad Research & Development**³¹.

4.1.4 PRINCIPALES TENDENCIAS TECNOLÓGICAS Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES

El estudio de los principales códigos de la clasificación internacional de patentes permite identificar las principales líneas de desarrollo de las invenciones protegidas en este ámbito.

Áreas de especialización:

El mapeo del corpus de información de patentes permite identificar principales especialización diferenciadas en los últimos años.

Así por ejemplo, **Ecolab** patenta tecnologías relacionadas con Aparatos para el tratamiento del agua o las aguas residuales (C02F2201), *para identificar la naturaleza del agua* (C02F2103) *para controlar o monitorizar parámetros en tratamiento del agua* (C02F2209), en composiciones detergentes (C11D), en *aspectos relacionados con métodos de desinfección o esterilización* (A61L2202), en *análisis químicos e inmunológicos* (Y10T 436), en fundición continua de metales (B22D11), en filtros y elementos de filtración (B01D29), en *dispositivos de seguridad y control especialmente adaptados para el intercambio de calor* (F28F27), dispositivos *Piezo-electricos en general* (H01L41), *investigación, visualización o análisis de materiales mediante ondas sónicas, ultrasónicas o infrasónicas* (G01N29).

Halliburton, por su parte, opera en Procedimientos o aparatos para limpiar por chorro de líquido los orificios de perforación, p.ej. utilizando el aire de escape de un motor (E21B21), en Medidas de vibraciones mecánicas o de ondas ultrasonoras, sonoras o infrasonoras utilizando medios sensibles a las radiaciones, p. ejp. medios ópticos (G01H9) y en Dispositivos o aparatos para la medida de valores magnéticos (G01R33). **Schlumberger y Prad Res & Dev** desarrolla tecnologías de prospección en los orificios de perforación o en los pozos (E21B47), Procedimientos o dispositivos para la extracción de agua a partir de pozos (E21B43), Composiciones para la perforación o tratamiento de orificios o pozos (C09K8) o prospección por otros métodos (G01V9). **General Electric** opera en ámbitos de investigación y análisis de agua por otros medios no cubiertos por los grupos G01N 1/00-G01N 31/00 (G01N33). La **Universidad de South Carolina China Mining** patenta tecnologías relacionadas con métodos térmicos para investigación y análisis de agua (G01N 25).

3M innovative Properties se especializa en *investigación o análisis de materiales mediante uso de microondas* (G01N 22) **Wayyar I Aging Ltd** e *procesos de separación usando membranas semi-permeables, e.j. diálisis, ósmosis, ultrafiltración* (B01D61); **Smidth as fl³²** empresa de ingeniería proveedora de las industrias

mineras y de la construcción, se especializa en *centrifugadoras y separadores de materiales sólidos* (B04B, B03B) Específicamente en tecnologías para Monitoreo del Balance Hídrico algunas empresas que proponen soluciones novedosas en los últimos años son la proveedora tejana de servicios para Oil&Gas Onsite **Integrated Services llc** (que posee una solicitud mundial WO2015112944A1 relacionada con un método para monitoreo a tiempo real del agua en operaciones de perforación), las chinas **Wuxi Jintianyang Laser Electronic Co Ltd** (patente CN103808907A en el ámbito del agua y el Internet de las Cosas) o **Changzhou Environmental Monitoring Ct** (con patentes -CN103743877A- relacionadas con detección de plancton).

Tecnologías emergentes:

Finalmente, se ilustran en la Tabla 12 algunas de las áreas tecnológicas que por su evolución creciente en los últimos años, en comparación con años anteriores, pueden considerarse emergentes.

4.2 TRATAMIENTO DE AGUA

Se incluyeron en la búsqueda los siguientes términos: biorremediación, biosensores, control de la calidad del agua a tiempo real, Sensores a todos los Puntos de uso, eliminación de materiales pesados y contaminantes traza.

4.2.1 PANORAMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

Relacionadas con biotratamientos del agua se hallaron 10.570 registros de publicaciones en la base de datos Web of Science (WoS) durante el periodo estudiado (2012-2016).

Instituciones:

La **Academia China de las Ciencias** es la institución líder en términos de productividad científica. Son destacados también la **Universidad de California** y el **DOE** en EE.UU, el **CNRS** Francés, el **CSIR** y el **IIT³³** de Delhi en India y el **CSIC** español.

Otros organismos destacables en cuanto a investigación en el ámbito del biotratamiento del agua son el Departamento de Ingeniería Química de la **National University of Singapur**³⁴, el instituto **National Sun Yat-Sen University (NSYSU)**³⁵ de Taiwán o la estadounidense **Universidad de Auburn**³⁶, entre otros.

Principales países:

Destacan como países generadores de publicaciones científicas relacionadas con tratamiento de agua, China, en primer lugar con cerca de tres mil artículos en los últimos cinco años, seguido de Estados Unidos con más de 1600 e India con un poco más de mil.

Principales Autores:

En cuanto al origen del conocimiento generado, dominan los investigadores de la **Chinese Academy of Sciences**.

Principales temas de investigación:

El recuento general de los términos controlados de las publicaciones nos aporta una idea de las temáticas de la investigación científica llevada a cabo en los últimos 5 años. Destacan las investigaciones en biosensores (4862 registros) y biodegradación (3075).

4.2.2 ALGUNAS CONFERENCIAS RELEVANTES

Se compilan en el listado siguiente algunas de las conferencias relevantes en el ámbito de estudio que han tenido lugar durante los últimos 5 años.

- 5th international symposium on biosorption and bioremediation biobio
- 248th national meeting of the american chemical society acs
- 11th international biorelated polymer symposium 243rd national spring meeting of the american chemical society acs
- 247th national spring meeting of the american chemical society acs
- 15th international biodeterioration and biodegradation symposium vienna austria 19 24 september 2011
- 244th national fall meeting of the american chemical society acs
- 245th national spring meeting of the american chemical society acs
- 246th national meeting of the american chemical society acs
- Biosensors 2014 melbourne victoria australia 27 30 may 2014
- European biotechnology congress

4.2.3 EVOLUCIÓN DE LAS INVENCIONES PROTEGIDAS EN ESTE ÁMBITO

Evolución de las invenciones protegidas en este ámbito

La búsqueda en bases de datos de invenciones patentadas (espacenet) permitió recuperar un total de 419 patentes en el periodo 2012-2016.

En el año 2014 se produce un pico importante en cuanto a registros de patentes de invenciones relacionadas con procesos de biotratamiento de aguas.

Actores líderes de mayor productividad tecnológica

A nivel de países con mayor actividad a nivel de registro de patentes de invención en los últimos 5 años, destaca Estados Unidos como principal país titular.

EMD Millipore Corporation³⁷, subsidiaria de **Merck** (comprada en 2010) especializada en ciencias de la vida, es el titular líder en patentes registradas en el periodo. Le sigue la japonesa **Kurita Water**³⁸, productora de químicos para el tratamiento del agua.

Son destacadas también la empresa de Michigan Access Business Group³⁹ poseedora de tecnologías de purificación de agua por luz ultravioleta y la empresa japonesa de soluciones medioambientales Kobelco Eco Solutions⁴⁰. A nivel de instituciones de investigación que patentan la tecnología que desarrollan, destaca la Universidad estadounidense de Arkansas, que recientemente desarrolla en alianza con una startup local, Flexible Water Solutions⁴¹, un método de tratamiento de agua basado en nuevas tecnologías de fracturing hidráulico.

Por otro lado, son entrantes fuertes, registrando invenciones novedosas relacionadas con bio tratamientos del agua en los últimos años, Water Initiative LLC⁴² que patenta en Estados Unidos, México, China, Europa y Corea un Método para filtración de agua en punto de uso (patente US2014374327A1), tecnologías que incorpora en sus productos y soluciones “WaterCura® point-of-drinking” y Toray Industries (grupo perteneciente a la japonesa Hitachi) que patenta un sistema de generación de agua fresca (patente US2014263013A1 - Fresh water generation system).

Específicamente proponiendo tecnologías novedosas para biorremediación en los últimos años se encuentran compañías como el conglomerado Du Pont (solicitud mundial WO2012006489A2), la californiana Parsons Corp⁴³ (solicitud mundial WO2014116239A1 sobre un método para el tratamiento de sitios subterráneos adyacentes a pozos de inyección de agua), la productora tejana de bioestimulantes granulares para biorremediación Bionutratch⁴⁴ (solicitud mundial WO2012009594A2), la chinas Geonano Environmental Technology (patente US2015352527A1 sobre un complejo polimérico para biorremediación anaeróbica) y el instituto CAAS⁴⁵ (patente CN102250796A sobre un agente microbiano para degradación del petróleo) o la compañía japonesa Oyo Corporation⁴⁶ (patente JP2011025105A sobre un método de decontaminación de agua subterránea con cloro).

Específicamente en tecnologías para la eliminación de metales pesados destacan empresas del petróleo y la minería como Chevron (patente WO2015038500A1 sobre inyección de agentes complejantes para eliminación de compuestos de mercurio) y centros chinos como Chanjung Gold, el Research Center for Eco Environment sciences (CN105084450A - método de eliminación de metales pesados mediante residuos de aluminio compuesto de fluoruro de base óxido) y Shanghai Sanyi Environment Technology Co Ltd (CN104525115A - método de tratamiento del agua combinando nanotubos de carbono y WO3).

Otras empresas especializadas en tecnologías para tratamientos de nanofiltrado y eliminación de contaminantes traza destacadas en los últimos años son la empresa danesa **Microdrop Aqua APS**⁴⁷ (solicitud mundial WO2012110038A1 sobre un método de potabilización mediante contacto con un material ferroso), y la compañía **Nanoholdings Llc**⁴⁸ (solicitud mundial WO2012142025A1 - que propone métodos de filtrado y preparación de agua potable a partir de agua contaminada mediante un saco de nanomateriales).

A nivel de los principales inventores de las invenciones registradas en el periodo, destacan el inventor francés Yves Gagnet de **Millipore**, patentando en sistemas de purificación, Deepac A Musale⁴⁹ de NALCO (empresa hoy perteneciente a **Ecolab**) y los canadienses Terry L Lautzenheizer y Kenneth E Conrad, que patentan en tecnologías de tratamiento en Puntos de Uso para **ACCESS Business Group**.

En cuanto a colaboraciones recientes en co-desarrollo de tecnologías, destaca la actividad de la japonesa **Kobelco**, que co-patenta con la empresa de su grupo: **Kansai Coke**, que manufactura derivados del carbón y el petróleo y otros productos industriales, un método de biotratamiento del agua que contiene fenoles o tiocianógenos sometiéndola a lodos que contienen bacterias (solicitud mundial WO2011024905).

Por su parte las Universidades mexicanas Autónoma de Nuevo León y Autónoma metropolitana co-patentaron una invención a nivel mundial (solicitud mundial WO2013022332A1) consistente en una mezcla que contiene microorganismos para biorremediación.

4.2.4 PRINCIPALES TENDENCIAS TECNOLÓGICAS Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES

Analizamos a continuación las principales áreas tecnológicas cubiertas en las invenciones patentadas a partir del recuento de las clasificaciones internacionales de patentes.

Principales temas patentados:

La nube de etiquetas de la figura siguiente ilustra los principales temas según aparecen en el texto completo de los documentos de patentes que configuran el corpus estudiado.

Áreas de especialización:

El mapa de redes de especialización permite identificar de entre el conjunto estudiado (patentes publicadas en los últimos 5 años) a algunos actores que destacan en actividades específicas.

Así por ejemplo, **Econopure Water Systems** patenta en la actualidad en sistemas de tratamiento POU/POE (B01D 67 y B01D65) junto con **Pentair Residential Filtration** y **Access Business Group** (B01D35, B01D36, C02F 2301); ILC Dover LP desarrolla un muro novedoso, flexible e implementable para la contención de inundaciones (E02B 3, E06B); el Council Scient Ind Res de la India, patenta membranas de ultrafiltración (D01D); La canadiense **Hydro Proc & Mining** métodos de difusión de gas en un líquido (B01F 5, B01F 3, B01F 2003, B01F 2215); la japonesa **Okumura Corp** patenta un método de biorremediación y purificación del suelo con microorganismos (B01D 53); y **Kurita Water** en métodos de esterilización y purificación de agua (B08B); **Aquafresco** lo hace en métodos de regeneración de agua residual (C09K 3, B32B 5).

Por su parte en 2015, la **Universidad Politécnica de Madrid** patentaba en España (ES2531010A1) una tecnología relacionada con un Método de recuperación y enriquecimiento de uranio mediante bioacumulación en microalgas mejoradas genéticamente (C12R, C12N, c12n11, G21F) y la canadiense Universidad de **Manitoba** protege tecnologías de biorremediación y recuperación de hidrocarburos de cursos de agua (solicitud mundial WO2015164978A1).

Otras empresas innovadoras en tratamiento de agua son, por ejemplo, **Cambrian innovation**⁵⁰. También la multinacional de las bebidas **Coca Cola** ha participado en varios partenariados⁵¹ para el desarrollo de tecnologías innovadoras en métodos de tratamiento del agua.

4.3 SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA

Los temas incluidos aquí están relacionados con sistemas y redes inteligentes de gestión

4.3.1 PANORAMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

La búsqueda sobre publicaciones relacionadas con suministro y distribución de agua en el periodo 2012-2016, permitió recuperar 816 registros de publicaciones de la base de datos Web of Science (WoS).

Instituciones:

Como instituciones líderes en el mundo en investigación sobre sistemas y redes inteligentes de suministro y distribución de agua aparece la Universidad de Exeter en el Reino Unido, la universidad australiana de Griffith y en tercer lugar en el ranking la Universidad Politécnica de Valencia. Las universidades norteamericanas de California y Florida también son destacables. El centro CSIRO es otra institución de referencia en el ámbito del suministro y distribución de agua.

Los consultores basados en Denver **Geosyntec**⁵² son otros actores activos en la investigación en sistemas de gestión y suministro de agua.

Es también investigador destacado el Dr. Joseba Quevedo Casin⁶¹ (UPC) en sistemas de control avanzado y diagnóstico en tiempo real de sistemas dinámicos.

Principales temas tratados en las publicaciones:

El recuento de frecuencias del vocabulario controlado de las publicaciones científicas aporta una idea de los principales temas investigados en el periodo estudiado. Los dos principales son: water supply (1495 registros) y Decision Support Systems (1115).

4.3.2 ALGUNAS CONFERENCIAS RELEVANTES

- 16th international conference on water distribution system analysis wdsa
- computing and control for the water industry ccwi2015 sharing the best practice in water management
- international conference on computing and control for the water industry ccwi
- 6th international building physics conference ibpc
- iee international conference on systems man and cybernetics smc
- 1st ewas med international conference on improving efficiency of water systems in a changing natural and financial environment thessaloniki greece 11 13 april 2013
- iee international geoscience and remote sensing symposium igarss
- 1st ewas med international conference on improving efficiency of water systems in a changing natural and financial environment
- 20th international congress on modelling and simulation modsim
- joint world congress of the international fuzzy systems association ifsa annual meeting of the north american fuzzy information processing society nafips

4.3.3 EVOLUCIÓN DE LAS INVENCIONES PROTEGIDAS EN ESTE ÁMBITO

La búsqueda de patentes en este caso en relación a tecnologías recientes relacionadas con el suministro y distribución de agua generó un total de 124 patentes en el periodo 2012-2016.

4.3.4 ACTORES LÍDERES DE MAYOR PRODUCTIVIDAD TECNOLÓGICA

Corea del Sur aparece como el país con mayor número de patentes en el periodo. Estados Unidos es el segundo y Polonia tercero. Los tres países líderes son seguidos por Francia, Japón y Gran Bretaña

Las instituciones asiáticas aparecen líderes en producción tecnológica protegida por patentes en el periodo.

Tabushi, con patentes recientes en Japón sobre water meters (JP2015180808A - Duplex meter unit and duplex meter unit frame) y estructuras de tubos para distribución de agua (JP2015169009A), aparece como institución líder. Otras instituciones importantes son **Taizho City Shunhao Electrical Equipment Co Ltd**, la compañía norteamericana **Fluid Dynamics Holdings LLC**, poseedora de una tecnología de conservación del agua llamada “Precision Flow”⁶² y **Nanjing Liyuan Water Supply Equipment**.

Otras empresas destacadas en este ámbito son las multinacionales japonesas manufactureras de válvulas y actuadores **Kitz Corporation**⁶³ y **Fuji Keiki** (hoy **Asahi Keiki**)⁶⁴.

La compañía china **Ningbo** es un productor destacado de water meters, así como lo son otras compañías chinas como **Petrochina**, **China Petrochemical Corp**, **State Grid Corp** y **North CN Electric Power Res Inst**, y especialmente productivas en innovaciones tecnológicas en los últimos años son las manufactureras de medidores de agua chinas **Xi'an Triones**⁶⁵ y **Qingdao Wanli Technology Co Ltd**.

Desarrollan en la actualidad tecnologías específicamente vinculadas con sistemas SCADA y para sistemas de distribución de agua empresas tales como: la coreana **LSIS CO LTD**⁶⁶ (patente KR20150116966A), las empresas chinas **Hanghai 3H Comp Ct Co Ltd** (patente CN101858095A), **Shanghai Yuandong Science and Tech Co Ltd** (CN204406175U), **Hangzhou Zonwon Tech Co Ltd** (CN105467968A), **Guiyang Aluminum Magnesium Design & Res Inst Co Ltd** (CN105469181A), **Qingdao Xinyuan Environmental Protection Equipment Engineering Co Ltd**, **Wuhan Design & Res Inst China Coal Technology & Engineering Group** (CN102929228A), la **municipalidad de la ciudad de Gaoyou** (Gaoyou Water Conservancy Bureau) que patenta en sistemas de apoyo a la decisión en infraestructuras de suministro de agua (CN201707584U) y la **Universidades chinas de Tianjin** (patente **CN102565296A**- *On-line early warning system and early warning method for quality of raw water of water reclamation plant*, patente **CN102174994A**- *Pipe burst accident on-line positioning system for urban water supply pipeline network*) y **Shanghai** (patente **CN102182938A** - *Method for generating real-time dynamic water supply network pressure distribution pattern*); también las compañías estadounidenses **General Electric** (patente **CN105073649A**) y la empresa **Trimeteor**⁶⁷ que patenta en México (MX2012013829A) su tecnología para extracción de petróleo con ahorro de agua **Superheated Steam Supply System (QUAD-S™)**.

La observación de las patentes sobre sistemas de distribución de agua en los últimos años permite identificar relaciones de cooperación entre la compañía **Toshiba** y la ciudad Japonesa de **Kitakyushu** en dispositivos para la gestión de la información sobre distribución del agua (patente EP2003253A4 - *Water Distribution Information Management Device*).

4.3.5 PRINCIPALES TENDENCIAS TECNOLÓGICAS Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES

Observando los principales códigos de clasificación de patentes, según la clasificación internacional obtenemos una idea de las principales áreas tecnológicas asociadas a los sistemas de distribución del agua.

Algunas áreas de especialización diferenciadas:

Analizando áreas diferenciadas de especialización de los titulares de patentes en el ámbito estudiado podemos ver desarrollos recientes (años 2015 y 2016) en ámbitos específicos tales como pueden ser los llevados a cabo por la empresa de soluciones inteligentes para el hogar **Smart Labs Inc**⁶⁸ que patenta en sistemas inteligentes de control de compuertas.

Trabajando en tecnologías relacionadas con sistemas de calentamiento del agua (F24D) encontramos los inversores en tecnologías disruptivas **Bollente Company**⁶⁹ y la startup nano tecnológica Kirkstyles Innovation Ltd (hoy Cientifica).

En el año 2015, la compañía norteamericana **Danco** ha patentado sistemas de filtrado de agua inteligentes (E03C1, E03C 2201, C02F1, C02 F9, C02F 2201) y la también norteamericana **Fluid Dynamics Holdings** tiene patentes concedidas en Estados Unidos (patente US9057181B2) de válvulas de flujo de agua para mejorar la comunicación y precisión de los meter readers (E0B1 y E0B7); por su parte la china **Huangzhou Lengbeiguan Technology** en sistemas de control de redes de tuberías de aguas (Y02P 90).

Tecnologías emergentes:

Finalmente se muestran en la tabla 22 siguiente aquellas tecnologías que pueden considerarse emergentes o con crecimiento incipiente en los dos últimos años.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones del estudio se pueden encuadrar en los siguientes puntos:

- a. La revisión de informes de tipo prospectivo sobre la gestión del agua que otras organizaciones a nivel internacional han realizado durante los últimos cinco años, indican la necesidad de estructurar las variables de interés en categorías de acuerdo a dos criterios relevantes: por un lado, la ubicación de la variable dentro de la fase de uso del recurso agua, y por otro, la pertenencia de la variable a alguna de las llamadas tecnologías transversales.

Esta forma de estructura (ver Tabla2) permite tener una visión de conjunto de las variables, y hacerlo de manera ordenada. En principio la estructura pareciera tener un sesgo hacia lo tecnológico exclusivamente, pero no lo es, ya que al considerar las fases del uso del agua, quedan implicadas otras consideraciones además de las tecnológicas, como por ejemplo, lo ambiental, cuando se tiene en cuenta las fase de abastecimiento y fuentes y la de tratamiento y disposición final; lo social, cuando se considera el uso final del agua; la política y de toma de decisiones, cuando se tiene en cuenta la gestión como actividad.

En esta revisión se identificaron 9 variables biotecnológicas, 27 en el ámbito de las TIC y 15 en el de las nanotecnologías. Esto indica que las TIC es el tipo de tecnología más relevante por sus implicaciones en la gestión del agua, y de forma transversal en todas las actividades o fases de uso del agua. Esta afirmación es coherente con el hecho de que las TIC son las más desarrolladas comparadas con las biotecnologías y las nanotecnologías. Estas variables se muestran en la Tabla 23.

- b. Las variables identificadas en la revisión documental, fueron presentadas a un grupo de más de 50 expertos provenientes del sector productivo, del gobierno y de la academia, en la primera ronda del estudio Delphi, con el propósito de valorarlas y establecer así un nivel de priorización de cada una de ellas. De las nueve variables biotecnológicas, solamente dos fueron consideradas prioritarias (22%). Esto puede indicar que existe aún incertidumbre sobre la eficacia del uso de este tipo de tecnologías, o bien, que los expertos no han tenido experiencias en este ámbito. Las dos biotecnologías calificadas como prioritarias se aplican al tratamiento y disposición final de aguas, pero no en los tratamientos previos a su utilización. Más evidente es esta misma observación para el caso de las nanotecnologías, porque siendo en principio 15 propuestas,

solamente dos fueron priorizadas, es decir, solamente el 13%. Mientras tanto, el 60% de las variables TIC fueron calificadas como prioritarias. Esta selección ratifica la misma tendencia mostrada en los documentos analizados, es decir, el hecho de que el grupo de variables TIC son más conocidas por parte de los expertos.

Las variables prioritarias según los expertos en la primera ronda Delphi se presentan en la Tabla 24.

No obstante lo dicho, al hacer la vigilancia tecnológica sobre aplicaciones biotecnológicas, se encontró un importante número de publicaciones científicas relacionadas con los biotratamientos de agua: más de 10 mil registros en los últimos 5 años. Se puede concluir, que se trata de un tema que está en efervescencia dentro de la comunidad científica internacional pero que tal tendencia aún no ha cobrado dinamismo en Panamá. En este mismo ámbito tecnológico, los biosensores es un tema muy actual dentro de los esfuerzos investigadores que se realizan a nivel internacional. De hecho, cerca de 4800 de los registros bibliográficos en biotecnología, apuntan a esta aplicación.

Sorprende, a la vista de los resultados de la primera fase del Delphi, que los expertos no consideren prioritario las aplicaciones TIC en las tareas de monitoreo en durante las fases de suministro y uso (industrial y doméstico), siendo que es una de las aplicaciones que más fuerza está tomando en otros países. Una probable explicación (sin comprobar) es que esto se deba a que no hay una percepción de necesidad de monitorear un recurso que parece ser abundante en el país, mientras que en otros países, podría ser visto desde otra óptica.

Aquí vale la pena señalar que la importancia del monitoreo de recursos hídricos con el fin de hacer balances en tiempo real y analizar los riesgos potenciales, es coincidente con la comunidad científica internacional teniendo en cuenta el amplio volumen de publicaciones científicas que se están produciendo actualmente, relacionados con este tema, tal como lo señala el estudio de vigilancia tecnológica, con más de 11 mil registros de publicaciones científicas detectados en la base de datos Web of Science solamente en los últimos 4 años, provenientes de investigadores de China y Estados Unidos, principalmente, así como de Alemania, Australia, Canadá y España, entre otros. Dentro de estos temas, el análisis de riesgos tiene una importancia mayor para la comunidad investigadora.

También se evidencia que las nanotecnologías no se han considerado prioritarias, salvo en el caso de la detección de contaminantes en los sitios de uso del agua. Este resultado es lógico teniendo en cuenta que es una tecnología actualmente en desarrollo, con pocas aplicaciones prácticas aún.

c. Después de realizar la segunda ronda Delphi con los expertos consultados, fue descartado el 40% de las variables iniciales, al no ser identificadas en alguna de las dos rondas como variable prioritaria. Según estos resultados, se confirma la importancia de las TIC, en particular en la gestión del abastecimiento del agua, en la distribución, en el uso y en la gestión en general. Es decir, en cuatro de las seis fases de la cadena de uso del agua, las TIC son reconocidas como prioritarias. Solamente se nota un cierto equilibrio entre los tres tipos de tecnologías (TIC, Bio y Nano) en la fase de tratamiento del agua, aunque allí, la biotecnología resulta más importante. Mientras que la nanotecnología es relevante en la fase de tratamiento de aguas después de ser usadas (disposición final).

Es de anotar, que luego de realizada la segunda ronda Delphi, las variables TIC que ya no fueron consideradas prioritarias: tuberías inteligentes y predicción o pronóstico del clima.

d. Al realizar el análisis estructural en donde se tienen en cuenta problemáticas agrupadas en los seis subsistemas en los que se puede definir la visión holística del sector en estudio (político, económico, social, tecnológico, ambiental y legal), con el fin de determinar las interacciones entre ellas y los grados de dependencia mutua, se propusieron más de 60 problemas, que dieron origen a 48 variables diferentes. Después del aplicar el método MICMAC, se identificaron 28 variables muy relevantes que deben ser tenidas en cuenta a la hora de definir políticas y planes de acción para el logro de objetivos estratégicos en la gestión del agua. Muchos de ellos se pueden implementar acompañando las decisiones con la implementación de las tecnologías previamente definidas como prioritarias, como es el caso de la variable Sistema de monitoreo, por ejemplo. Otros casos: Saneamiento del agua, protección de recursos, ahorro de agua, gobernanza, normas de uso de los recursos, gestión del agua, etc. Esto significa que las tecnología per sé, aun siendo imprescindibles, no son suficientes para el desarrollo del país en materia de la gestión de este recurso vital. s, no son suficientes para el desarrollo del país en materia de la gestión de este recurso vital. Es necesaria la definición de políticas consistentes y de largo plazo, acompañadas de las estrategias necesarias para su implementación.

En este apartado merece especial atención que las opiniones de los expertos consultados apuntan al solapamiento de funciones entre las instituciones del gobierno, muy probablemente debidas a la falta de coordinación entre ellas como fruto de políticas con menos coherencia de la debida para llevar a cabo la identificación de funciones y los enlaces que debe haber entre instituciones, para cumplirlas pero no repetirlas. Aunque en la lista de problemas propuestos por los expertos aparecen señalados de manera independiente, el conjunto de los problemas 6 al 9 están todos apuntando a la necesidad de una definición clara de políticas públicas, en las que la descentralización sea un factor relevante de empoderamiento regional, políticas que

luego sean implementadas y divulgadas.

El segundo problema en importancia, según los expertos, es el de la carrera administrativa. Se puede inferir que los funcionarios esperan estabilidad en sus trabajos y posibilidades de progreso profesional, como estímulo importante para desarrollar de manera eficiente sus labores. Esto también es un tema de tipo socio-político que debe considerarse. La capacitación del personal, que es otro de los problemas priorizados, está en este mismo orden de los estímulos y el desarrollo de una carrera profesional del personal institucional.

Luego aparecen dos temas que tienen que ver con los estímulos a la gestión eficiente del agua, como son los incentivos fiscales, es decir, el reconocimiento del estado al compromiso ciudadano con la gestión eficiente del agua, y el sistema jurídico asociado con el cumplimiento de leyes, que regula la gestión y uso del agua.

Las variables que resultaron más relevantes según el análisis MICMAC y que son consideradas como estratégicas, son las siguientes:

1. Solapamiento de funciones Interinstitucionales
2. Carrera Administrativa
3. Incentivos fiscales
4. Sistema jurídico
5. Cumplimiento de las Leyes de Protección
6. Descentralización de las Políticas Públicas
7. Divulgación de las Políticas Públicas
8. Actualización de las políticas existentes
9. Implementación de las Políticas Públicas
10. Incentivo con ahorro de agua
11. Tecnología aplicada
12. Capacitación del personal
13. Instituciones Para La Administración De Los Recursos Hídricos
14. Planes estratégicos institucionales
15. Participación de la ciudadanía
16. Valoración económica por cuencas
17. Gobernanza del Agua
18. Sistema de monitoreo

19. Ley del Agua
20. Normas de Uso de los Recursos Hídricos
21. Inversión por parte del Estado
22. Saneamiento de Agua
23. Sostenibilidad del Suministro
24. Conservación del recurso
25. Protección de los recursos
26. Asignación de fondos
27. Gestión del agua
28. Política Para Los Recursos Hídricos

5.2 RECOMENDACIONES

Atendiendo a cada uno de los puntos desarrollados en las conclusiones se presentan a continuación respectivamente una serie de recomendaciones generales.

- a. Uno de los aspectos importantes a tener en cuenta en la búsqueda de soluciones tecnológicas para gestionar de manera eficiente el agua, es proveer aplicaciones informáticas avanzadas para la evaluación de la relación costo-beneficio como indicador altamente relevante en la toma de decisiones. Tales aplicativos deben considerar aspectos no solo económicos asociados directamente con el recurso agua en general, sino con las diferentes fases de la cadena de suministro y uso de este vital recurso. Así, por ejemplo, la adopción de tecnologías para sensar la disponibilidad de agua subterránea en una región determinada, debería tener en cuenta el uso de tal agua, si va a servir como agua de riego, o agua para procesos industriales o para consumo. Cada uno de esos usos debe considerarse como una variable dentro de la aplicación para obtener esa relación costo-beneficio que permita hacer decisiones coherentes. Se recomienda desarrollar una línea de investigación a nivel nacional que permita identificar aquellas variables y los indicadores que deben ser tenidos en cuenta, y los modelos o algoritmos que faciliten el desarrollo de aplicaciones informáticas realmente útiles para el país.

La adopción de tecnologías que faciliten la gestión del agua debe hacerse teniendo en cuenta no solo el hardware (sensores, líneas de transmisión, etc.) sino la propia información que sea necesaria para poder tomar decisiones acertadas. En este orden de ideas, es importante el desarrollo de políticas de Estado para estimular la definición de indicadores estandarizados y para compartir la información entre los diferentes actores: Usuarios, tomadores de decisión, contratistas, proveedores, etc. Solo de esta manera será posible que la información

Atendiendo a cada uno de los puntos desarrollados en las conclusiones se presentan a continuación respectivamente una serie de recomendaciones generales.

- a. Uno de los aspectos importantes a tener en cuenta en la búsqueda de soluciones tecnológicas para gestionar de manera eficiente el agua, es proveer aplicaciones informáticas avanzadas para la evaluación de la relación costo-beneficio como indicador altamente relevante en la toma de decisiones. Tales aplicativos deben considerar aspectos no solo económicos asociados directamente con el recurso agua en general, sino con las diferentes fases de la cadena de suministro y uso de este vital recurso. Así, por ejemplo, la adopción de tecnologías para sensor la disponibilidad de agua subterránea en una región determinada, debería tener en cuenta el uso de tal agua, si va a servir como agua de riego, o agua para procesos industriales o para consumo. Cada uno de esos usos debe considerarse como una variable dentro de la aplicación para obtener esa relación costo-beneficio que permita hacer decisiones coherentes. Se recomienda desarrollar una línea de investigación a nivel nacional que permita identificar aquellas variables y los indicadores que deben ser tenidos en cuenta, y los modelos o algoritmos que faciliten el desarrollo de aplicaciones informáticas realmente útiles para el país.

La adopción de tecnologías que faciliten la gestión del agua debe hacerse teniendo en cuenta no solo el hardware (sensores, líneas de transmisión, etc.) sino la propia información que sea necesaria para poder tomar decisiones acertadas. En este orden de ideas, es importante el desarrollo de políticas de Estado para estimular la definición de indicadores estandarizados y para compartir la información entre los diferentes actores: Usuarios, tomadores de decisión, contratistas, proveedores, etc. Solo de esta manera será posible que la información fluya de manera oportuna y con una configuración útil para cada uno de esos actores.

Por otro lado, se recomienda la estructuración de un observatorio de tecnologías para la gestión del agua, que esté monitoreando las diferentes opciones que se van generando en el contexto internacional, de manera que el país esté siempre actualizado en lo que se refiere a información de primer nivel para orientar sus esfuerzos en investigación, en desarrollo tecnológico y en la orientación de las políticas de las instituciones nacionales cuyas funciones estén relacionadas con la gestión del agua.

En particular, las tecnologías menos maduras pero muy promisorias, como son las biotecnologías y las nanotecnologías aplicadas a procesos de remediación de fuentes y también de aguas servidas industrialmente que no deben entrar en condiciones de contaminación a la ciclo del agua, pueden ser en el futuro una apuesta importante para el país. Siendo sus aplicaciones aún desconocidas en el contexto local, no puede el país quedarse al margen de un conocimiento del potencial que dichas tecnologías tendrán en el mediano y largo plazo.

En esto dos casos, **podría pensarse** que aunque no se pueda desarrollar un potencial como país en estas áreas, sí hay una responsabilidad en el desarrollo de capacidades negociadoras de estas tecnologías para afrontar en el futuro su adquisición y uso de manera eficiente.

Por lo dicho, se recomienda no perder de vista las variables tecnológicas recuperadas durante el ejercicio de revisión de documentación prospectiva, aun cuando algunas de ellas no fueran identificadas por los expertos como importantes.

- b. Como estrategia de largo plazo para el país, se recomienda que a nivel de universidades se comience a generar líneas de investigación orientadas a la búsqueda de conocimiento relacionado con las biotecnologías y las nanotecnologías aplicadas al monitoreo y al tratamiento de agua. Los biosensores, por ejemplo, que a nivel de las tendencias internacionales se muestra una dinámica importante en los esfuerzos investigativos. En esta misma dirección, debería potenciarse el desarrollo tecnológico de las TIC hacia aplicaciones para la gestión de este recurso, como por ejemplo, la generación de bases de datos con datos de calidades, consumo, abastecimiento, etc., cuyo propósito sea el de generar un histórico estadístico para permitir hacer predicciones adecuadas, y así generar la información que permita tomar decisiones sobre la gestión del recurso.

Una tendencia a tener en cuenta para el caso de Panamá, como línea prioritaria de acción, es la que se podría denominar: Monitoreo y mapeo de recursos hídricos en tiempo real. El estudio de Vigilancia Tecnológica identifica los principales actores en este tema, los cuales deben ser tenidos en cuenta al formular líneas de investigación por parte de las instituciones panameñas, ya sea para establecer vínculos para investigación colaborativa o para identificar expertos que puedan asesorar en la conformación de planes de acción. En el mismo estudio de Vigilancia Tecnológica se enuncian algunas conferencias internacionales a las que hay que estar atentos para participar con el fin de mantener actualizado el acervo intelectual en la materia. Todo ello con vistas a generar una red de monitoreo nacional que permita hacer un seguimiento de las variables claves del recurso, como son, por ejemplo, los niveles de las fuentes de abastecimiento, incluyendo las fuentes subterráneas, la presencia de contaminantes que permita localizar los focos para acciones de contingencia, el consumo discriminado, es decir, consumo industrial, doméstico y agrícola, etc.

Cruzando la información obtenida por la síntesis documental, la vigilancia tecnológica y la opinión de los expertos, se pueden precisar las siguientes tecnologías relacionadas con esta línea de actuación:

- Modelos matemáticos para la predicción de niveles de abastecimiento y de contaminación de aguas
- Biosensores para la detección de contaminantes (metales pesados, por ejemplo)

- Métodos para detección de riesgos por contaminación súbita de fuentes de aguas. Esto implica necesariamente tecnologías de detección y comunicación en tiempo real.
 - Redes de sensores inalámbricos, que suministren información vía internet a centros de recolección y procesamiento de datos.
- c. La consulta Delphi indica la preeminencia de las TIC en todas las etapas del ciclo de uso del agua, aunque con mayor énfasis en la gestión del abastecimiento, la distribución y uso del agua. Es por ello, relevante que el país asuma la importancia de las TIC en sus diferentes planes de acción, tanto a nivel de investigación y desarrollo, como en la potencialización de empresas que quieran hacer inversiones en aplicaciones de este tipo, de manera que el ciclo se complete: investigación – desarrollo – aplicaciones. Así, las TIC pasarán a considerarse no solamente como tecnologías de comunicación tradicionales, sino tecnologías que son necesarias si se quiere competir por una gestión eficiente de este recurso, que es muy estratégico para el país. Es evidente que el momento actual es un momento de cambios vertiginosos impulsados por las TIC, que penetran en todos los ámbitos del desarrollo humano, y en ámbitos hasta ahora poco conocidos como el internet de las cosas o la inteligencia artificial, donde aplicaciones como las tuberías inteligentes, capaces de tomar decisiones basadas en las magnitudes de ciertas variables, serán en el futuro muy necesarias para poder mantener un nivel adecuado de control sobre el recurso.
- Por otra parte, los expertos calificaron como tendencias tecnológicas prioritarias en el campo del tratamiento de aguas, la gestión de calidad en tiempo real, la detección de trazas de contaminantes usando nanotecnologías y la biorremediación. Aquí aparecen los biosensores como uno de los aspectos que deben ser estudiados dentro de los proyectos de investigación, teniendo en cuenta que el estudio de Vigilancia Tecnológica los revela como el tema más recurrente por parte de la comunidad internacional, seguido de la biodegradación y del conocimiento de microorganismos. Todos ellos relacionados con el sector de la biotecnología. Esto lleva a concluir que es importante potenciar en el país la investigación biotecnológica orientada al desarrollo de conocimientos asociados con biosensores y biorremediación de aguas. Como en el caso anterior, el estudio de Vigilancia Tecnológica identifica a actores internacionales de primer nivel que deberían ser tenidos en cuenta para la construcción de capacidades en esta línea.
- d. De acuerdo con los principales modelos o enfoques generales de innovación (manual de Oslo de la OECD, 2005; Marinova & Phillimore, 2003; Rothwell, 1994), son ejes fundamentales para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación de un país, los flujos de información y conocimiento y la cooperación que se es capaz de establecer entre Universidades, Empresas, el Estado y la población. En este contexto, el modelo más conocido es el Sistema Nacional de Innovación (Dodgson, 1993; Freeman, 1991; Gann, 2003; Lundvall & Borrás, 1997; Metcalfe, 1995; Nelson, 1993, 2000), es decir, la consideración de todos los actores y las interacciones

entre ellos, considerado en su conjunto, como un sistema.

Tomando en cuenta esta consideración, la innovación en el ámbito de la gestión del agua entendida como la conversión de conocimiento tecnológico, social y político, en nuevos productos, servicios, procesos o modelos de negocio para su introducción en el mercado o para su aplicación dentro de políticas de largo plazo, implica la interacción entre diferentes actores, tanto empresariales como institucionales.

Evidentemente que el reto más importante relacionado con los actores del sistema de gestión del agua, es la construcción de sinergias y la coordinación de información y de acciones entre ellos. La definición de políticas de Estado y de las instituciones que lo representan en las diferentes regiones y ámbitos, que faciliten esas sinergias, el intercambio eficiente de información y la toma de decisiones con una visión holística y de sistema, y no de manera independiente y aislada, son elementos clave. Por ello se insiste que no es solamente la adquisición de tecnologías lo que propiciará un cambio, sino que se requiere, sobretodo, un enfoque político amplio e incluyente.

Por tal motivo, la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá y el eje de desarrollo desde la infraestructura científica – tecnológica – productiva juega un papel fundamental en la creación de nuevos esquemas de relacionamiento que permitan integrar las capacidades existentes para desarrollar, integrar, adaptar o adquirir soluciones tecnológicas asociadas a los temas prioritarios que han sido identificados en este estudio prospectivo sobre gestión del agua, a partir de la consulta a expertos y el análisis de tendencias mundiales.

La identificación de los actores que deben ser tenidos en cuenta para la gestión del agua es un elemento importante. Porque no es una decisión solamente de tipo político, sino también social y tecnológico. Por lo tanto se sugiere tener en cuenta a los siguientes tipos de actores:

- Entidades del agua, tales como: Proveedores de insumos, operadores de plantas de tratamiento tanto de aguas limpias como de aguas servidas, distribuidores, etc.
- Instituciones gubernamentales: Municipios, autoridades reguladoras, autoridades ambientales, y también las ONG relacionadas con el agua.
- Clientes y usuarios: Clientes individuales, clientes institucionales, usuarios industriales y agricultores.

En el último grupo es importante señalar a los clientes o usuarios individuales en el sentido de la generación de hábitos de uso del agua, por ejemplo entre escolares y niños, y jóvenes en general, toda vez que ellos son la generación que debe abanderar la conciencia del uso adecuado de este vital recurso, y por lo tanto, hablando

de estrategias de largo plazo, son actores de primer nivel. También se menciona a los agricultores, porque este sector primario es uno de los consumidores más relevantes del agua. Por ello, la definición de políticas de capacitación en el uso eficiente del agua para riego, o la adopción de técnicas más eficientes para el aprovechamiento racional del recurso, son aspectos que deben considerarse dentro de las políticas del Estado y, en particular, de las regiones más vulnerables.

Las empresas panameñas y organismos integradores como AMPYME no son agentes aislados y los niveles de innovación que logran o pueden lograr serían facilitados o incentivados, de forma más o menos directa, por la influencia de actores como La Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), el Ministerio de Ambiente, Autoridad del Canal de Panamá y otras entidades de interface de la administración pública; Instituciones de Educación Superior como: Universidad Tecnológica de Panamá, Universidad de Panamá, Universidad Marítima Internacional de Panamá, Universidad Católica Santa María La Antigua, etc. y organismos públicos de investigación como la Fundación Ciudad del Saber, además de otras infraestructuras de soporte a la innovación, y los factores del entorno de las empresas (la demanda, los recursos financieros y los recursos humanos).

5.3 IMAGEN DE FUTURO PARA PANAMÁ 2040

Panamá en el año 2040 en el tema de gestión del Agua será un sistema complejo cuyas variables e interconexiones estratégicas se pueden entender como una serie de cuatro capas superpuestas e interconectas: políticas, estrategias, actores y tecnologías, tal como se representa en la Figura 33.

5.3.1 POLÍTICAS

Panamá en el año 2040 tendrá unas políticas en materia de gestión del agua, coherentes e innovadoras. La ampliación del Canal y la dinámica comercial, situarán al país como un referente en cuanto a la protección del este valioso recurso, en particular en los sistemas de abastecimiento, en medio de la crisis prevista para esa época debidas al cambio climático, a la sobrepoblación del planeta, al alto consumo de bienes y servicios, a la creciente competencia por este recurso entre la agricultura, la industria y el consumo doméstico.

La política del Estado en materia de protección será visible y conocida por toda la población, en particular habiendo hecho énfasis en la generación anterior, en la sensibilización sobre el uso racional y cuidadoso del recurso. La ciudadanía comprenderá que el agua es vital, y por lo tanto, la valorará como uno de los recursos naturales

más valiosos que posee Panamá. Las políticas que generarán ese compromiso ciudadano serán transparentes y consultadas previamente a los diferentes actores estratégicos. Serán políticas consensuadas y de largo plazo ajenas a las influencias económicas de corto plazo y particulares.

Estas políticas de protección se verán plasmadas en instrumentos de dos categorías: incentivadoras del ahorro y uso racional, como por ejemplo, incentivos fiscales para las instituciones, empresas y productores agropecuarios; y coercitivas para aquellos que atenten contra el recurso mediante actos vandálicos, delictivos e imprudentes (incendios forestales, apropiación y desvío de fuentes de agua, disposición inadecuada o sin tratamientos apropiados de aguas usadas a nivel industrial, contaminación por químicos de fuentes subterráneas, etc.). En esta misma dirección, el otorgamiento de créditos y de permisos de explotación industrial, minera y agropecuaria, contará con un componente explícito sobre la gestión del agua. Esto implica necesariamente la modernización de sistema jurídico nacional, para que las autoridades competentes puedan hacer cumplir con eficacia y oportunidad las diferentes actuaciones que protejan el patrimonio del agua, considerado como un bien común.

Dentro de estas políticas, además de la protección del recurso y el uso racional por parte de los diferentes consumidores, se evitará el solapamiento de funciones entre las diferentes instituciones relacionadas con la gestión del agua, evitando contradicciones entre ellas o duplicidad de acciones. No obstante, entre ellas habrá una articulación adecuada facilitada por el intercambio de datos y de información, de manera que cada una, en su rol, ejecute las acciones que le corresponda. En esta dirección, la descentralización de las políticas será un instrumento valioso. Pero tal descentralización no se entenderá como una autonomía absoluta, sino como la ejecución de las actuaciones que correspondan de una manera responsable y a la vez respetuosa con los otros actores del sistema. Se hará, por lo tanto, de una manera perfectamente articulada.

Evidentemente que las políticas puestas en marcha estarán acompañadas por las asignaciones de recursos necesarios, así como las inversiones en los elementos del sistema necesarios para poderlas aplicar. Es por esta razón, que la definición de las políticas sobre la gestión del agua, no se hará unilateralmente, sino que deberán ser consistentes con las políticas presupuestarias y de financiamiento del Estado. Para ello, un porcentaje de los ingresos netos de la operación del Canal serán destinados de manera específica a financiar estas políticas del agua, y esto quedará contemplado en los Planes de Desarrollo del Estado. Una de las tareas para llevar a término este propósito será la valoración económica de las cuencas hidrográficas del país. Además, dentro de este conjunto de políticas se potenciará la gestión de datos y de información, mediante el estímulo de actores del sistema que definan indicadores estandarizados para compartir la información entre ellos, con vistas a tomar decisiones coherentes y bien informadas.

En resumen, las políticas del Estado velarán permanentemente por garantizar la **gobernanza** del agua, evitando que ésta en ningún momento sea asumida por el sector privado o los intereses económicos particulares. Para esta época, la gestión del agua será un asunto tan importante que la viabilidad de los países estará dependiendo en buena medida de su disponibilidad de este recurso.

5.3.2 ESTRATÉGICAS

Bajo las consideraciones enunciadas en las recomendaciones, se requiere potenciar el desarrollo de la relación Universidad – Empresa - Estado con miras a la construcción de un escenario deseado para Panamá al año 2040, teniendo en cuenta como mínimo los siguientes componentes básicos:

- Los actores y beneficiarios.
- Las “redes de innovación” para el aprendizaje e intercambio.
- Los programas estratégicos aplicados en áreas y sectores sociales o productivos prioritarios.
- La infraestructura institucional de investigación y servicios tecnológicos.
- El financiamiento de la innovación.

Está claro que la “tripe hélice” (universidad-estado-empresa) es la articulación que se requiere para potenciar una transformación significativa en cualquier sector productivo. Esto es cierto también para el caso de la gestión del agua, por cuanto siendo un recurso natural vital, es también un recurso económico de trascendencia.

Para el 2040 Panamá habrá tejido una sólida red de innovación, que involucrará aspectos relacionados con la investigación aplicada, la negociación tecnológica y el desarrollo de servicios innovadores para la gestión del agua. En cada una de estos aspectos, la universidad jugará un papel preponderante, capacitando personal idóneo para la gestión del agua, pero a su vez, potenciando la investigación aplicada mediante la creación y fortalecimiento de grupos de investigación contrastables internacionalmente. El Estado invertirá recursos para la formación de doctores en países de vanguardia en los temas de biotecnología y nanotecnología aplicadas a procesos de remediación de fuentes de agua y de control de aguas servidas, biosensores, sensores nanométricos, tuberías inteligentes, y otras tecnologías en las que el país debe desarrollar capacidades para identificar socios y negociar eficazmente cuando no tenga las posibilidades de desarrollar tecnologías con sus recursos.

Como estrategia social, Panamá tendrá una población joven a la que ha formado desde la escuela primaria en temas de responsabilidad social frente a temas sensibles como lo es el agua. Esto significa que los planes educativos a nivel de primaria y secundaria incluirá aspectos relacionados con la conservación de recursos naturales,

especialmente el agua y los entornos de producción de ésta: bosques, montañas, vegetación, etc. En esta misma dirección, en las zonas urbanas se estimulará el ahorro del agua mediante programas de capacitación y de fiscalidad que lleven a la población, sobretodo de mediana edad, con capacidades de decisión, a asumir papeles activos en la conservación y la valoración del recurso agua. Esto implicará planes de aplicaciones tecnológicas domiciliarias para el ahorro del agua (tazas sanitarias ahorradoras, aireadores en los grifos, reutilización de aguas, etc.).

En esta misma línea, las instituciones públicas aplicarán estrategias para la concientización sobre el gasto del agua, mediante campañas publicitarias y otras formas de llegar a esta población.

Una estrategia importante será la de diseñar estructuras productivas agrícolas con visión del consumo del agua, valorando este recurso como un insumo necesario, para cuantificar los costes y la relación con los beneficios que conlleva la producción agrícola, de forma que pueda ser ésta una variable de primer nivel para la definición de los cultivos o productos agrícolas que son estratégicamente más importantes para el país. Aquí se recuerda el concepto del comercio del agua, entendido como el valor del agua implicado en un producto agrícola, de manera que se pueda saber la magnitud del agua exportada a través de los productos agrícolas. Aquí se debe recordar que para el año en perspectiva, 2040, el agua será un bien muy valioso.

La infraestructura para la I+D+i en materia del agua debe ser una de las prioridades estratégicas de Panamá en 2040. Ya se mencionó la importancia de la formación de profesionales investigadores y desarrolladores en este tema, pero la experiencia indica que es importante acompañar esos procesos de formación con el desarrollo de capacidades institucionales para hacer investigación, desarrollo e innovación. Esto implica disponer de una red de instituciones de investigación bien dotadas de infraestructura para sus funciones y que se apoyen mutuamente, compartiendo recursos humanos, infraestructura y capacidades para desarrollar proyectos de gran calado y de impacto en materia de gestión del agua.

El conocimiento para toma de decisiones tiene una fuente fundamental como lo son los datos estadísticos consistentes y tomados con la frecuencia necesaria para que sean fiables. Es por ello estratégico para Panamá 2040, disponer de un sistema de información estadística de alto nivel en materia del agua. Esto significa que la infraestructura para toma de datos, como por ejemplo, las redes de sensores de diferentes tipos para cuantificar las variables relevantes del sistema debe ser potente. Esta información distribuida en redes será abierta a todas las instituciones del sector, así como a los entes del gobierno que toman decisiones, y a los grupos de investigación y desarrollo, con el fin de disponer de información oportuna sobre el comportamiento del recurso. Allí convergerán informaciones sobre precipitaciones, calidad del agua, niveles freáticos, caudales de fuentes, distribu-

ción regional y local del agua, etc. En este punto, Panamá dispondrá de capacidades a través de sus universidades de mayor prestigio para el desarrollo de modelos matemáticos para la predicción del comportamiento de variables tales como abastecimiento y contaminación. La red de toma de datos, además, estará en condiciones de detectar riesgos por elementos contaminantes de fuentes de agua, en particular de fuentes que abastecen el consumo humano, aún en núcleos rurales, donde la población es más vulnerable. Esto permitirá tomar decisiones sobre acciones contingentes para paliar o corregir situaciones peligrosas. Lo mismo aplica en caso de los efectos del cambio climático, como por ejemplo, sequías o inundaciones. Las acciones preventivas serán en el 2040, priorizadas, antes que las correctivas. Esto enfatiza aún más la necesidad de disponer de redes de sensores interconectados que informen de ser posible en tiempo real, de las situaciones que generan estos riesgos.

5.3.3 ACTORES

Los actores que serán tenidos en cuenta dentro del sistema de gestión del agua en Panamá 2040 son:

- Entidades del agua: proveedores de insumos, operadores de plantas de tratamiento, distribuidores, etc.
- Instituciones gubernamentales: municipios, autoridades reguladoras, autoridades ambientales e instituciones de apoyo. Aquí se incluyen las instituciones del sistema de ciencia y tecnología.
- Clientes y usuarios: individuales y colectivos, institucionales, industriales y agricultores.

Cada uno de estos actores asumirá sus roles respectivos de acuerdo con la estrategia que pone en práctica las políticas del Estado para hacer de Panamá una potencia en materia de gestión del recurso agua. Esto es posible si se aplican las políticas de estímulo y de participación ciudadana, incluyendo la información clara y transparente, las veedurías ciudadanas, la educación desde la niñez, la divulgación de políticas y planes estratégicos en los que los diferentes niveles de actores sean realmente actores. A esto se suman los estímulos fiscales y así como la legislación y regulación clara y aplicada de manera eficaz.

Las entidades del agua asumirán en Panamá 2040 un papel activo teniendo en cuenta no solamente factores de inmediatez económica (por ejemplo, usando insumos baratos pero menos eficientes), sino con una perspectiva económica de largo plazo, en la que la utilización de insumos más eficientes, procesos de tratamiento de última tecnología y distribuciones, oportunas sean las formas eficaces de competir con calidad. El Estado tendrá en cuenta legislaciones claras y objetivas que impidan la entrada en el mercado de insumos de baja calidad de proveedores no homologados o no contrastados técnicamente.

Por su parte, las instituciones gubernamentales harán parte de un Estado moderno, transparente y eficiente. Con planes de fidelización de sus activos más valiosos, como lo son los funcionarios, que serán bien preparados, que

ingresarán y se mantendrán de acuerdo con sus méritos y que serán remunerados de manera adecuada. Las instituciones no solaparán sus funciones, sino que cada una tendrá y aplicará planes estratégicos alineados con las estrategias nacionales y cumpliendo políticas coherentemente diseñadas, con un enfoque holístico y no compartimentado. Los responsables de estas instituciones no serán políticos, sino funcionarios capacitados para cumplir sus funciones de manera eficiente. La permanente capacitación de los técnicos será un elemento característico del sistema.

Por último, como ya se mencionó, la ciudadanía representada en los usuarios del agua, que son todos, tendrá un papel protagónico con voz a través de veedurías ciudadanas y otros medios de comunicación, pero también con responsabilidades compartidas, en el sentido de ser protagonistas de una gestión total del suministro del agua, de su uso responsable y eficiente, de su reaprovechamiento y disposición final, de la adopción de tecnologías ahorradoras y optimizadoras.

5.3.4 TECNOLOGÍAS

Panamá 2040 estará actualizado tecnológicamente para la gestión del agua. Esto implicará la aplicación de políticas y estrategias que le permitan posicionarse como un país de vanguardia en la negociación tecnológica en este sector, mediante instrumentos que le faciliten mantenerse al corriente sobre los avances tecnológicos, sus protagonistas y players más relevantes. Para ello tendrá un sistema de vigilancia tecnológica de primer nivel, que permita hacer un seguimiento de aquellas tecnologías que son tendencia a nivel global. En ese sentido, ese sistema de vigilancia hará seguimiento de los desarrollos asociados a las tres tecnologías transversales que son la que revolucionarán el mundo, como son la biotecnología, la nanotecnología y las TIC.

El país, rico en recursos biológicos, tendrá capacidades para la identificación de organismos claves para la remediación del agua, para el desarrollo de aplicaciones biotecnológicas para el tratamiento biológico de efluentes y, en general, para la biorremediación.

De otra parte, Panamá en el 2040, tendrá conocimientos adquiridos suficientes para la negociación con países de vanguardia en temas de nanotecnologías aplicadas a la gestión del agua. Así podrá disponer de sistemas de detección con nanopartículas de metales nobles para determinar niveles de contaminación en fuentes, y para la remoción de metales pesados en efluentes industriales. Esta capacidad también será importante para hacer seguimiento de trazas contaminantes que los barcos que trasiegan por el Canal arrastran consigo y que pueden contaminar con elementos extraños las aguas utilizadas.

Las TIC, para el año 2040, serán muy comunes para realizar simulaciones de condiciones adversas que faciliten la toma de decisiones a los gestores. Pero además, serán utilizadas en Panamá, para la adquisición de datos de interés para las diferentes instituciones y grupos de investigación en sus funciones. Los sistemas GIS podrán usarse para ubicación de focos de riesgo. El monitoreo en tiempo real de las condiciones de las fuentes y de los efluentes será posible gracias al uso extensivo de redes inteligentes de sensores remotos, que facilitarán la información de variables de interés. Además de los sensores las industrias y los consumidores en general, tendrán sistemas de medición automáticos que reportarán la información a los centros de gestión, de manera que se podrán hacer balances del agua en tiempo real.

El mapeo de recursos hídricos estará permanentemente actualizado gracias a la información suministrada por las fuentes por las redes de sensores. Esta información junto con los algoritmos de predicción y los elementos de pronóstico del clima, que serán utilizados para entonces, permitirá trazar planes de contingencia según los balances de agua para evitar desabastecimientos.

Así, las tecnologías serán consideradas como elementos clave dentro de todo el sistema de gestión del agua, pero siempre acompañado de los otros componentes, es decir, de las políticas, las estrategias y los actores del sistema.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a: PhD Juan Manuel Montes, PhD Bibiana Arango, PhD Jhon Wilder Zartha, Raúl Hernández Z. y John Fredy Moreno S. por los aportes en el desarrollo y aplicación del método Delphi en el marco de los talleres realizados a la Fundación Ciudad del Saber.

REFERENCIAS

1. USGS. Science for a Changing World. (2016). U.S. Geological Survey. Recuperado de <https://www.usgs.gov/>
2. CSIRO. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. (2017). Land and Water. Recuperado de <https://www.csiro.au/>
3. CNRS. Le Centre national de la recherche scientifique. (2015). Recuperado de <http://www.cnrs.fr/>
4. Hydrolab. Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering. (2007). Recuperado de http://www.hydro-lab.cn/index_english.asp
5. Waterlab. Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science. (2014). Recuperado de <http://en.waterlab.whu.edu.cn/>
6. PNL. Pacific Northwest National Laboratory. (2017). Recuperado de <https://www.pnl.gov/>
7. KWR. Watercycle Research Institute. (2017). Recuperado de <https://www.kwrwater.nl/>
8. IDAEA. Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua. (2017). Recuperado de <http://www.idaea.csic.es/>
9. ETCG. Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica (s.f).Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental. Recuperado de https://deca.upc.edu/ca/el-departament/seccions/etcg/noticias/emilio-custodio-profesor-emerito-del-departamento?set_language=es
10. Elsevier. (2017). Science of the Total Environment Editorial Board. Recuperado de <http://www.journals.elsevier.com/science-of-the-total-environment/editorial-board/d-barcelo-culleres>
11. IDAEA. Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua. (2017). Recuperado de <http://www.idaea.csic.es/>
12. SETAC. Society of Environmental Toxicology and Chemistry. (2015). Recuperado de http://sla2015.setac.org/wp-content/uploads/2015/03/CV_Giesy.pdf
13. USASK. University of Saskatchewan. (s.f). Recuperado de <http://www.usask.ca/toxicology/jgiesy/recentpublications.php>
14. RCEES. Research Center for Eco-Environmental Sciences. (2014). Recuperado de <http://english.rcees.cas.cn/>
15. CRAES. (2017). Recuperado de <http://www.craes.cn/cn/english/welcome.html>
16. PetroChina Company Limited. (2015). Recuperado de <http://www.petrochina.com.cn/ptr/>
17. China Petroleum & Chemical Corporation (2014). Recuperado de http://english.sinopec.com/about_sinopec/
18. SGCC. State Grid Corporation of China. (s.f). Recuperado de <http://www.sgcc.com.cn/ywlm/gsgk-e/gsgk-e1.shtml>
19. Ecolab. (2017) Recuperado de <http://www.ecolab.com/>
20. Kurita Water Industries. (2016). Recuperado de <http://www.kurita.co.jp/english/>
21. Ningbo Water Meter Co.,Ltd. (s.f). Recuperado de <http://www.nwmwatermeters.com/>
22. Halliburton (2017). Recuperado de <http://www.halliburton.com/en-US/default.page>

23. FPI. Focused Photonics Inc. (2015). Recuperado de <http://www.fpi-inc.com/en/>
24. Szusst (s.f). Recuperado de <http://www.szusst.cn/en/>
25. Oventrop GmbH & Co. (2017). Recuperado de <https://www.ventrop.com/>
26. MDPI. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. (2017). Effects of Water Management Strategies on Water Balance in a Water Scarce Region: A Case Study in Beijing by a Holistic Model. Recuperado de <http://www.mdpi.com/2071-1050/8/8/749>
27. Lihero. (s.f). Recuperado de <http://www.lihero.com>
28. Researchgate. (2017). Profile Lingxin Chen. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Lingxin_Chen
29. Daqing Oilfield. (2009). Exploration and Development Research in Daqing. Recuperado de http://dqyt.cnpc.com.cn/dqen/sb13/dqen_common.shtml
30. CNPC. China National Petroleum Corporation. (2017). Recuperado de <http://www.cnpc.com.cn/en/>
31. Pradinc. Process Research, Analysis & Design, Inc. (s.f). Recuperado de <http://www.pradinc.com/>
32. Flsmidth. (2013). Recuperado de <http://www.flsmidth.com/>
33. IITD. Indian Institute of Technology Delhi. (2011). Recuperado de <http://www.iitd.ac.in/>
34. NUS. National University of Singapore. (s.f). Department of Chemical and Biomolecular Engineering. Recuperado de <http://www.chbe.nus.edu.sg/>
35. NSYSU. National Sun Yat-Sen University. (2011). Faculty Position at Institute of Environmental Engineering. Recuperado de <http://www2.nsysu.edu.tw/IEE/eng/eint.htm>
36. Auburn University. (2017). Materials Research and Education Center. Recuperado de <http://www.eng.auburn.edu/research/centers/mrec/>
37. Merck. (2017). Recuperado de <http://www.merckmillipore.com>
38. Kurita Water Industries Ltd. (2016). Recuperado de <http://www.kurita.co.jp/english/>
39. ABG. Access Business Group. (s.f). Recuperado de <http://www.accessbusinessgroup.com>
40. Kobelco eco-solutions co., ltd. (2007). Recuperado de <http://www.kobelco-eco.co.jp/english/>
41. University Of Arkansas. (2015). Chemical Engineering Department Partners With Start-Up to Research Water Treatment. Recuperado de <https://news.uark.edu/articles/27384/chemical-engineering-department-partners-with-start-up-to-research-water-treatment>
42. The Water Initiative. (2017). Recuperado de <http://www.thewaterinitiative.com/>
43. Parsons Corporation. (2017). Recuperado de <https://www.parsons.com>
44. BioNutraTech. (2013). Recuperado de <http://www.bionutratech.com>
45. CAAS. Chinese Academy of Agricultural Sciences. (2013). Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture (IEDA). Recuperado de http://www.caas.cn/en/administration/research_institutes/research_institutes_beijing/77801.shtml

46. OYO Corporation. (2014). Recuperado de <https://www.oyo.co.jp/english/>
47. Water World. (2017). Microdrop Technology Treats Water At Zero Energy. Recuperado de <http://www.water-world.com/articles/2009/12/microdrop-technology.html>
48. NH2. Nanoholdings LLC. (2017). Recuperado de <https://www.nh2.com/>
49. LinkedIn. (s.f). Profile Deepak Musale. Recuperado de <https://www.linkedin.com/in/dmusale>
50. Cambrian Innovation Inc. (2017). Recuperado de <http://cambrianinnovation.com/>
51. WWF. World Wildlife Fund. (2017). Recuperado de <http://www.worldwildlife.org/partnerships/coca-cola>
52. Geosyntec Consultants. (s.f). Recuperado de <http://www.geosyntec.com/>
53. University Griffith. (s.f). Profile Rodney Stewart. Recuperado de <https://www.griffith.edu.au/engineering-information-technology/griffith-school-engineering/staff/associate-professor-rodney-stewart>
54. Google scholar. (s.f). Cara Beal. Recuperado de <https://scholar.google.com/citations?user=9VfrH5oAAAAJ>
55. University Exeter. (s.f). Profile Zoran Kapelan. Recuperado de <http://emps.exeter.ac.uk/engineering/staff/zkapelan>
56. Google scholar. (s.f). Vasilis Kanakoudis. Recuperado de <https://scholar.google.es/citations?user=00iW-4AAAAAJ&hl=en>
57. University of Thessaly. (s.f). Water Resources Management and Engineering. Recuperado de http://fluids-lab.civ.uth.gr/Publications_2en.html
58. Google scholar. (s.f). Dragan Savic. Recuperado de <https://scholar.google.com/citations?user=piEJXtcAAAAJ>
59. LinkedIn. (s.f). Profile Avroula Tsitsifli. Recupeado de <https://www.linkedin.com/in/stavroula-tsitsifli-34690431>
60. UPV. Universidad Politécnica de Valencia. (s.f). Enrique Cabrera Rochera. Recuperado de http://www.ita.upv.es/quienes_somos/directory/Enrique_Cabrera_Rochera/qcabrera/articulos
61. UPC. Universidad Politecnica de Cataluña. (s.f). Profile Joseba Quevedo Casin. Recuperado de <https://cs2ac.upc.edu/en/people/academic-and-research-staff-1/dr.-joseba-quevedo-casin-1>
62. Jacksonville. (2017). Company 75 million federal lawsuit against Jacksonville and JEA. Recuperado de <http://jacksonville.com/news/metro/2015-03-30/story/companys-75-million-lawsuit-says-jacksonville-jea-slanted-firm-drove>
63. Kitz Corporation of Europe S.A. (s.f). Recuperado de <http://www.kitzeurope.com>
64. Asahi Keiki Co, ltd. (s.f). Recuperado de <http://www.asahikeiki.co.jp>
65. Xi'an Big Triones Digital Information Co, ltd. (s.f). Recuperado de <http://www.7triones.com/>
66. Lsis Co, ltd. (2012). Recuperado de <http://www.lsis.co.kr/>
67. Trimeteor. (s.f). Recuperado de <http://trimeteor.com/>
68. Smartlabs, Inc. (2014). Recuperado de <http://www.smartlabsinc.com/>
69. Bollente Companies. (2013). Recuperado de <http://bollentecompanies.com/>

MATERIAL SUPLEMENTARIO-TABLAS

Tabla 1. Matriz DAFO de la situación actual en Panamá en relación a la Gestión del Agua.

Amenazas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Aseguramiento del caudal necesario para garantizar el buen funcionamiento de los Canales • Falta de abastecimiento de agua a la población y la agricultura • Deterioro de la calidad del agua • Aumento del despilfarro • Cambio climático 	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidades surgidas tras la puesta en marcha del segundo canal • Potenciación del Sistema de Innovación panameño (SENACYT, Universidad Tecnológica, Ciudad del Saber) • Compra de tecnologías extranjeras • Fomento de las alianzas con entidades extranjeras • Aplicación de la Nuevas Tecnologías (biotratamientos, biosensores, redes inteligentes, eliminación de metales pesados, uso de la nanotecnología...)
Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de capitales • Mayor preocupación pública sobre la Gestión del Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Carencia de una Política para los Recursos hídricos • Falta de Instituciones competentes para la Administración de los recursos hídricos • Debilidad del Sistema de Innovación y de I+D. • Duplicidad de políticas en organismos públicos • Falta de inversiones • Falta de concienciación de la sociedad.

EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR AGUA
 PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO
 ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
 OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS
 Y DE INNOVACIÓN

Tabla 2. Tecnologías transversales según la fase del ciclo de uso del agua.

Fase / actividad	Biotecnología	TIC	Nanotecnología
1 – Abastecimiento - Fuentes	Biosensors	Monitoring water Monitoring and control information systems Risk assessment Prediction models Real time water balance Integration of meteorological information Mapping of water resources Climate prediction Weather forecasting Remoting sensing data in GIS environmental Telemetric network for hydrometeorological data acquisition Weather radar Weather prediction models	
2 – Tratamiento • Pretratamiento • Tratamiento	Bioremediation Biotreatment Key remediation organism Scaling-up microbial processes Bioaugmentation Biosensors	Real time quality management Sensor at all point of use (POU)	Carbon based nano-adsorbents Heavy metal removal Reactive nano-adsorbents High permeability thin film nanocomposite membranes Anti-biofouling membrane Aligned carbon nanotube membranes Aquaporin membranes Composite membranes Nanofiltration Electrochemical detection AND noble metal nanoparticles Purification AND magnetic nanoparticles Trace contamination
3 – Suministro / Distribución		Automated meter Reading systems (AMR) Smart pipes Grid Sensors OR wiki sensors Sensors at all point of use (POU) Wireless sensors Real time monitoring (AMR) Real time network monitoring (RTNM) SCADA	Optical detection AND quantum dots
4 – Uso: • Industrial • Doméstico • Agrícola	Ingeniería genética para desarrollo de cultivos resistentes	Decision support systems Data adquisition Automated meter Reading systems-AMR Automated meter manegemente systems Real time leak detection Real time network monitoring (RTNM) Smart water networks Smart real time water management	
5 – Tratamiento y disposición final	Bioremediation Biotreatment Biologic effluent treatment Microbial stability in biotreatment systems Biosensors		Disinfection and microbial control POU water disinfection, anti-biofouling Surface Trace contamination detection OR trace contamination
6 – Gestión en general		SCADA Decision support systems Simulation algoritms Smart water management Prediction weather models Hydrological models Prediction impact model	

Tabla 3. Temas prioritarios y en discusión.

FUENTES DE ABASTECIMIENTO	% CONSENSO	DECISIÓN
BIOTECNOLOGÍA		
Biosensores	30%	Discusión
TIC		
Monitoreo del agua	58%	Prioritario
Evaluación de riesgos	50%	Prioritario
Modelos de predicción	35%	Discusión
Balance del agua en tiempo real	48%	Prioritario
Integración de información meteorológica	38%	Discusión
Mapeado de recursos hídricos	43%	Prioritario
Predicción climática	43%	Prioritario
Pronóstico del clima	45%	Prioritario
Detección remota de datos en ambiente GIS	30%	Discusión
TRATAMIENTO / PRETRATAMIENTO	% CONSENSO	DECISIÓN
BIOTECNOLOGÍA		
Biorremediación	25%	Discusión
Biotratamiento	33%	Discusión
Organismo clave para remediación	30%	Discusión
Escalamiento de procesos microbianos	30%	Discusión
Biosensores	33%	Discusión
TIC		
Gestión de calidad en tiempo real	35%	Prioritario
Detección en todos los puntos de uso (POU)	35%	Prioritario
NANOTECNOLOGÍA		
Remoción de metales pesados	30%	Discusión
Detección de trazas de contaminación	48%	Prioritario
SUMINISTRO / DISTRIBUCIÓN	% CONSENSO	DECISIÓN
TIC		
Sistemas de medición automáticos o automatizados (AMR)	43%	Prioritario
Smart pipes - Tuberías inteligentes	40%	Prioritario
Redes de sensores OR wiki sensores	30%	Discusión

EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR AGUA
PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO
ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS
Y DE INNOVACIÓN

Sensores en todos los puntos de uso (POU)	35%	Discusión
Sensores inalámbricos	40%	Prioritario
Monitoreo en tiempo real (AMR)	38%	Discusión
Red de monitoreo en tiempo real (RTNM)	33%	Discusión
SCADA - Sistema de supervisión, control y adquisición de datos	45%	Prioritario
USO: INDUSTRIAL / DOMÉSTICO / AGRÍCOLA	% CONSENSO	DECISIÓN
BIOTECNOLOGÍA		
Ingeniería genética para desarrollo de cultivos resistentes	33%	Discusión
TIC		
Sistemas de asistencia a la toma de decisiones	48%	Prioritario
Adquisición de datos	35%	Discusión
Sistemas de monitoreo automatizado (AMR)	43%	Prioritario
Gestión de sistemas automatizados de medición	35%	Discusión
Detección de fugas o pérdidas en tiempo real	43%	Prioritario
Red de monitoreo en tiempo real (RTNM)	40%	Discusión
Redes inteligentes de distribución de agua	53%	Prioritario
Gestión inteligente en tiempo real del agua	33%	Discusión
TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL	% CONSENSO	DECISIÓN
BIOTECNOLOGÍA		
Biorremediación	33%	Discusión
Biotratamiento	40%	Prioritario
Tratamiento biológico de efluentes	28%	Discusión
Biosensores	38%	Prioritario
NANOTECNOLOGÍA		
Desinfección y control microbiano	30%	Discusión
Desinfección del agua en el punto de uso	38%	Prioritario
Detección de contaminantes traza	30%	Discusión
GESTIÓN EN GENERAL	% CONSENSO	DECISIÓN
TIC		
SCADA - Sistema de supervisión, control y adquisición de datos	35%	Discusión
Sistemas de asistencia a la toma de decisiones	38%	Discusión
Algoritmos de simulación	30%	Discusión
Gestión inteligente del agua	50%	Prioritario

Tabla 4. Temas ganadores en el método Delphi.

FUENTES DE ABASTECIMIENTO	1ª Ronda	2ª Ronda
TIC		
Monitoreo del agua	Prioritario	Prioritario
Sistemas de monitoreo y control de información	Discusión	Prioritario
Evaluación de riesgos	Prioritario	Prioritario
Modelos de predicción	Discusión	Prioritario
Balance del agua en tiempo real	Prioritario	Prioritario
Integración de información meteorológica	Discusión	Discusión
Mapeado de recursos hídricos	Prioritario	Prioritario
Predicción climática	Prioritario	Discusión
Pronóstico del clima	Prioritario	Discusión
TRATAMIENTO / PRETRATAMIENTO		
BIOTECNOLOGÍA		
Biotratamiento	Prioritario	Prioritario
Organismo clave para remediación	Prioritario	Prioritario
Escalamiento de procesos microbianos	Prioritario	Discusión
Biosensores	Prioritario	Prioritario
TIC		
Gestión de calidad en tiempo real	Prioritario	Prioritario
Detección en todos los puntos de uso (POU)	Prioritario	Prioritario
NANOTECNOLOGÍA		
Remoción de metales pesados	Prioritario	Prioritario
Detección de Contaminantes traza	Prioritario	Prioritario
SUMINISTRO / DISTRIBUCIÓN		
TIC		
Sistemas de medición automáticos/automatizados (AMR)	Prioritario	Prioritario
Tuberías inteligentes	Prioritario	Discusión
Sensores en todos los puntos de uso (POU)	Discusión	Prioritario
Sensores inalámbricos	Prioritario	Prioritario
Monitoreo en tiempo real (AMR)	Prioritario	Discusión
Red de monitoreo en tiempo real (RTNM)	Discusión	Prioritario
SCADA - Sistema de supervisión, control y adquisición de datos	Prioritario	Prioritario
USO: INDUSTRIAL / DOMÉSTICO / AGRÍCOLA		
TIC		
Sistemas de asistencia a la toma de decisiones	Prioritario	Prioritario
Sistemas de lectura de medidores(AMR)	Prioritario	Discusión

Detección de fugas o pérdidas en tiempo real	Prioritario	Discusión
Red de monitoreo en tiempo real (RTNM)	Discusión	Prioritario
Redes inteligentes de distribución de agua	Prioritario	Prioritario
TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL	1ª Ronda	2ª Ronda
BIOTECNOLOGÍA		
Biorremediación	Discusión	Prioritario
Biotratamiento	Prioritario	Prioritario
Biosensores	Prioritario	Discusión
NANOTECNOLOGÍA		
Desinfección y control microbiano	Discusión	Prioritario
Desinfección del agua en el punto de uso (POU)	Prioritario	Prioritario
Detección de contaminantes traza	Discusión	Prioritario
GESTIÓN EN GENERAL	1ª Ronda	2ª Ronda
TIC		
SCADA - Sistema de supervisión, control y adquisición de datos	Discusión	Prioritario
Gestión inteligente del agua	Prioritario	Prioritario

Tabla 5. Matriz de problemáticas.

Variables propuestas para los diferentes subsistemas	cadena de valor*					
	1	2	3	4	5	6
Subsistema político						
Panamá carece de una política para los recursos hídricos	x					x
Falta instituciones competentes para administrar RR.HH.		x	x		x	
Presupuesto no obedece a metas de largo plazo						x
Duplicidad de políticas en organismos públicos						x
Necesidad de reforzamiento de las políticas existentes						x
Divulgación de las políticas públicas						x
Implementación de las políticas públicas						x
Descentralización de las políticas públicas						x
Cultura educativa muy baja (niños – adultos)				x		
Incentivo para ahorro de agua				x		
Actualización de políticas existentes						x
Solapamiento de funciones institucionales	x	x	x	x	x	x
Sostenibilidad del suministro (costo vs. gasto)			x	x	x	
Carrera administrativa (selección de personal idóneo)						x
Gobernanza del agua (consolidación institucional)	x	x	x	x	x	x
Favorecimiento de intereses políticos						x
Falta de ética y valores – Corrupción						x
Dispersión en toma de decisiones sobre inversiones y presupuestos a nivel gobierno (CONADES, MINSA, IDAAN)						x
Subsistema económico						
Nivel de endeudamiento en consumo de agua						
Nivel de incentivo fiscal por ahorro de agua						
Instituciones carecen de recursos económicos	x	x	x	x	x	x
Baja inversión del Estado						x
Incentivo de conservación del recurso				x		
Presupuestos institucionales según planes estratégicos						x
Asignación apropiada de fondos para distintas áreas	x	x	x	x	x	x
Incentivos fiscales para garantizar suministro/calidad	x	x				
Sanciones fiscales por mal uso						
No hay ente autónomo para toda de decisiones (como la ACP)						x
Hay una burocracia que no permite una verdadera gestión						x
Sistemas de conducción extensos que incrementan las pérdidas						
Mantenimiento preventivo adecuado en sistema de distribución						x

Subsistema Social						
Falta de concientización de la sociedad	x	x	x	x	x	x
Bajo nivel educativo en la materia						x
Establecimiento de una cultura del agua				x		x
Concientización del uso del recurso				x		x
Educación / Conciencia del agua	x	x	x	x	x	x
No hay empoderamiento de la ciudadanía						
No hay conciencia ciudadana hacia la cultura del ahorro del agua						x
Subsistema Tecnológico						
El Estado no invierte en tecnologías adecuadas para la correcta distribución de los recursos hídricos	x	x	x	x	x	x
Modernización del sistema de monitoreo	x					x
Conocimiento de la tecnología aplicada	x					x
Capacitación del personal que administra recursos						x
Implementar los expertos en la materia						x
Mejoramiento en la captura y uso del agua lluvia	x		x			x
Infraestructura de almacenamiento	x	x				
Promover y concretar sistemas separados de agua potable y agua para otros usos						x
Subsistema Ambiental						
Falta saneamiento del agua	x					x
Aprovechar las condiciones climáticas para la cosecha de agua	x					x
Protección de los recursos						x
Valoración económica por cuencas						x
Implementación y manejo de cuencas	x	x				x
Existe un interés foráneo que acapara los recursos hídricos de los países más pobres						x
Falta de soluciones al problema de aguas residuales						x
Seguimiento de fallas y soluciones al problema de conducción de aguas residuales						x
Subsistema Legal						
Leyes de protección al agua (ambiental)						
Nivel de cumplimiento de las leyes de protección						
No existe propuestas específicas de normas o sanción para el uso adecuado de los recursos hídricos	x	x	x			x
Divulgación del sistema jurídico y administrativo existente						x
Revisión y actualización de las normas existentes						x
Existe legislación que no se cumple (como la Ley 66)						
Falta de respeto a la carrera administrativa para permanencia de funcionarios idóneos						
Falta de actualización de la Ley 66 de Aguas						x

Tabla 6. Lista de variables en los cuatro planos.

Nº	Descripción
1.	Solapamiento de funciones Interinstitucionales
2.	Carrera Administrativa
3.	Incentivos fiscales
4.	Sistema jurídico
5.	Cumplimiento de las Leyes de Protección
6.	Descentralización de las Políticas Públicas
7.	Divulgación de las Políticas Públicas
8.	Actualización de las políticas existentes
9.	Implementación de las Políticas Públicas
10.	Incentivo con ahorro de agua
11.	Tecnología aplicada
12.	Capacitación del personal
13.	Instituciones Para La Administración De Los Recursos Hídricos
14.	Planes estratégicos institucionales
15.	Participación de la ciudadanía
16.	Valoración económica por cuencas
17.	Gobernanza del Agua
18.	Sistema de monitoreo
19.	Ley del Agua
20.	Normas de Uso de los Recursos Hídricos
21.	Inversión por parte del Estado
22.	Saneamiento de Agua
23.	Sostenibilidad del Suministro
24.	Conservación del recurso
25.	Protección de los recursos
26.	Asignación de fondos
27.	Gestión del agua
28.	Política Para Los Recursos Hídricos

Tabla 7. DAFO de la situación actual.

Amenazas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> ● Aseguramiento de los recursos hídricos y caudal necesario para garantizar el buen funcionamiento de los Canales ● Falta de abastecimiento de agua a la población y la agricultura ● Deterioro de la calidad del agua ● Insostenibilidad en el suministro 	<ul style="list-style-type: none"> ● Oportunidades surgidas tras la puesta en marcha del segundo canal ● Potenciación del Sistema de Innovación panameño (SENACYT, Universidad Tecnológica, Ciudad del Saber) ● Compra de tecnologías extranjeras ● Fomento de las alianzas con entidades extranjeras ● Aplicación de la Nuevas Tecnologías (biotratamientos, biosensores, redes inteligentes, eliminación de metales pesados, uso de la nanotecnología...)
Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> ● Disponibilidad de capitales ● Mayor preocupación pública sobre la Gestión del Agua 	<ul style="list-style-type: none"> ● Carencia de una Política para los Recursos hídricos ● Falta de Instituciones competentes para la Administración de los recursos hídricos ● Debilidad del Sistema de Innovación y de I+D. ● Duplicidad de políticas en organismos públicos ● Falta de inversiones ● Falta de concienciación y participación de la sociedad.

Tabla 8. Principales Instituciones en el periodo 2012-2016.

Institución	Nº pubs
Chinese Academy Of Sciences	785
Chinese Acad Sci	718
University Of California System	237
Centre National De La Recherche Scientifique Cnrs	219
Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation Csiro	194
Beijing Normal University	177
University Of Chinese Academy Of Sciences	174
Consejo Superior De Investigaciones Cientificas Csic	172
Beijing Normal Univ	162
United States Geological Survey	148

Tabla 9. Principales Países en el periodo 2012-2016. Fuente: Web of Science, WoS

País	Nº de pubs
China	3045
USA	2401
Germany	821
Australia	706
Canadá	686
Spain	663
England	655
Italy	619
France	531

Tabla 10. Principales Investigadores en el periodo 2012-2016. Fuente: Web of Science, WoS

Nombre	Afiliación	Nº Pubs.
LI J	Chinese Academy of Sciences	70
ZHANG Y	Texas A&M University	66
BARCELO D ¹¹	Instituto del Diagnóstico ambiental y Estudios del Agua del CSIC (IDAEA) ¹²	61
WANG Y	Chinese Academy of Sciences	56
WANG J	Chinese Academy of Sciences	55
GIESY JOHN P ¹³	University of Saskachewan (Canadá)	51
LI Y	Chinese Academy of Sciences	46
ZHANG J	Chinese Academy of Sciences	46

Tabla 11. Principales líneas de innovación según los CIPs en los que se clasifican las patentes.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia.

CIP	DESCRIPCIÓN	CANT. PATENTES
G01N33	Investigating or analysing materials by specific methods (not covered by groups G01N 1/00- Sampling; Preparing specimens for investigation and G01N 31/00- Investigating or analysing non-biological materials by the use of the chemical methods specified in the subgroups; Apparatus specially adapted for such methods)	1786
G01N21	Investigating or analysing materials by the use of optical means, i.e. using infra-red, visible or ultra-violet light	802
G01N1	Sampling; Preparing specimens for investigation	610
G01N27	Investigating or analysing materials by the use of electric, electro-chemical, or magnetic means	489
G08C17	Arrangements for transmitting signals characterised by the use of a wireless electrical link	199

Tabla 12. Tecnologías emergentes según el análisis de los CIPs.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia.

CIP	DESCRIPCIÓN
C02F 2209/00	<i>Controlling or monitoring parameters in water treatment</i>
C07D 319/00	<i>Heterocyclic compounds containing six-membered rings having two oxygen atoms as the only ring hetero atoms</i>
C09K 8/00	<i>Compositions for drilling of boreholes or wells; Compositions for treating boreholes or wells, e.g. for completion or for remedial operations</i>
E21B 47/00	<i>Survey of boreholes or wells (monitoring pressure or flow of drilling fluid E21B21/08; geophysical logging G01V)</i>
G01N 21/00	<i>Investigating or analysing materials by the use of optical means, i.e. using infra-red, visible or ultra-violet light (G01N3/00-G01N19/00 take precedence)</i>
G01N 33/00	<i>Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups</i>

Tabla 13. Principales Instituciones de investigación en el periodo 2012-2016.

Fuente: Web of Science, WoS.

Institución	Nº Pubs.
Chinese Academy Of Sciences	452
Chinese Acad Sci	398
University Of California System	194
Centre National De La Recherche Scientifique Cnrs	178
United States Department Of Energy Doe	169
Council Of Scientific Industrial Research Csir India	147
University Of California Berkeley	118
Consejo Superior De Investigaciones Cientificas Csic	111
Indian Institute Of Technology Iit	111
Tsinghua University	104

Tabla 14. Principales países en el periodo 2012-2016.

Fuente: Web of Science, WoS.

País	Nº Pubs.
China	2950
USA	1613
India	1047
Spain	449
Italy	415
South Korea	394
Germany	382
Canada	347
Australia	338

Tabla 15. Principales Investigadores en el periodo 2012-2016.

Fuente: Web of Science, WoS

Nombre	Afiliación	Nº Pubs.
ZHANG Y	Chinese Academy Of Sciences	72
WANG Y	Chinese Academy Of Sciences	71
WANG J	Chinese Academy Of Sciences	60
LI Y	Chinese Academy Of Sciences	59
LIU Y	Chinese Academy Of Sciences	50
LI H	Chinese Academy Of Sciences	46
ZHANG J	Chinese Academy Of Sciences	45
LI J	Chinese Academy Of Sciences	42
WANG X	Chinese Academy Of Sciences	41

Tabla 16. Principales líneas de innovación según los CIPs en los que se clasifican las patentes.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia.

CIP	DESCRIPCIÓN	CANT. PATENTES
C02F1	Treatment of water, waste water, or sewage	178
C02F3	Biological treatment of water, waste water, or sewage	167
C02F9	Multistep treatment of water, waste water or sewage	94
C02F101	Nature of the contaminant	52
B09C1	Reclamation of contaminated soil	41
C02F103	Nature of the water, waste water, sewage or sludge to be treated	40
C12N1	Micro-organisms, e.g. protozoa; Compositions thereof	35

Tabla 17. Tecnologías emergentes según el análisis de los CIPs.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia.

CIP	DESCRIPCIÓN
C02F 2303/00	<i>Specific treatment goals</i>
C02F 2305/00	<i>Use of specific compounds during water treatment</i>
C02F 2307/00	<i>Location of water treatment or water treatment device</i>
B01D 2311/00	<i>Details relating to membrane separation process operations and control</i>
B01D 53/00	<i>Separation of gases or vapours</i>
B01D 2257/00	<i>Components to be removed</i>
C02F 2209/00	<i>Controlling or monitoring parameters in water treatment</i>
B09C 1/00	<i>Reclamation of contaminated soil</i>
C02F 2203/00	<i>Apparatus and plants for the biological treatment of water, waste water or sewage</i>

Tabla 18. Principales instituciones de investigación en el periodo 2012-2016.

Fuente: Web of Science, WoS.

Nombre	Nº Pubs.
University Of Exeter	43
Griffith University	37
Universitat Politecnica De Valencia	29
University Of California System	26
Florida State University System	19
United States Department Of Agriculture Usda	18
Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation Csiro	15

Tabla 19. Principales Países en el periodo 2012-2016.

Fuente: Web of Science, WoS.

Países	Nº Pubs.
Usa	176
Italy	74
Australia	56
England	56
Peoples R China	51
Uk	45
Canada	43
India	42

Tabla 20. Principales Investigadores en el periodo 2012-2016.

Nombre	Afiliación	Nº Pubs.
STEWART RA ⁵⁴	Smart Water Research Centre, Griffith School of Engineering, Australia	31
BEAL C D ⁵⁵	Smart Water Research Centre, Griffith School of Engineering, Australia	20
KAPELAN Z ⁵⁶	University of Exeter, United Kingdom	17
KANAKOUDIS V ⁵⁷	Laboratory of Hydromechanics & Environmental Engineering, University of Thessaly (Greece) ⁵⁸	9
SADIQ R	University of British Columbia	9
SAVIC D ⁵⁹	University of Exeter	9
TSITSIFLI S ⁶⁰	Laboratory of Hydromechanics & Environmental Engineering, University of Thessaly (Greece)	9
CABRERA E ⁶¹	Universidad Politécnica de Valencia	

Tabla 21. Principales líneas de innovación según los CIPs en los que se clasifican las patentes.
 Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia.

CIP	DESCRIPCIÓN	CANT. PATENTES
E03B7	Water main or service pipe systems	57
E03B1	Methods or layout of installations for water supply	27
F24D19	Details (of water or air heaters; of heat-exchange or heat-transfer apparatus, of general application)	24
E03B11	Arrangements or adaptations of tanks for water supply	19
G05B19	Programme-control systems	6
G01F15	Details of, or accessories for, apparatus of groups G01F 1/00 (Measuring the volume flow or mass flow of fluid or fluent solid material wherein the fluid passes through the meter in a continuous flow) AND G01F 13/00	6

Tabla 22. Tecnologías emergentes según el análisis de los CIPs.
 Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia.

CIP	DESCRIPCIÓN
C02F 2201/00	<i>Apparatus for treatment of water, waste water or sewage</i>
C02F 2209/00	<i>Controlling or monitoring parameters in water treatment</i>
C02F 2307/00	<i>Location of water treatment or water treatment device</i>
C02F 9/00	<i>Multistage treatment of water, waste water, or sewage</i>
E03C 1/00	<i>Domestic plumbing installations for fresh water or waste water; Sinks</i>
E03C 2201/00	<i>Details, devices or methods not otherwise provided for Diverter valves in faucets or taps, Arrangement of water treatment devices in domestic plumbing installations, Constructional features</i>

Tabla 23. Variables identificadas en la revisión documental y utilizadas en la primera ronda Delphi.

<p>Biotecnologías:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bioaumentación • Tratamiento biológico de efluentes • Biorremediación • Biosensores • Biotratamiento • Ingeniería genética para desarrollo de cultivos resistentes • Organismo clave para remediación • Estabilidad microbiana en sistemas de biotratamiento • Escalamiento de procesos microbianos 	<p>TIC:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adquisición de datos • Algoritmos de simulación • Balance del agua en tiempo real • Detección de fugas o pérdidas en tiempo real • Detección en todos los puntos de uso • Detección remota de datos en ambiente GIS • Evaluación de riesgos • Gestión de calidad en tiempo real • Gestión de sistemas automatizados de medición • Gestión inteligente del agua • Gestión inteligente en tiempo real del agua • Integración de información meteorológica • Mapeado de recursos hídricos • Modelos de predicción
<p>Nanotecnologías:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membranas de nanotubos de carbón alineadas • Membrana antincrustante • Superficie antincrustante 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo del agua • Monitoreo en tiempo real • Predicción climática • Pronóstico del clima • Red de monitoreo en tiempo real • Redes de sensores OR wiki sensores • Redes inteligentes de distribución de agua • Sensores inalámbricos • Sistema de supervisión, control y adquisición de datos • Sistemas de asistencia a la toma de decisiones • Sistemas de medición automáticos o automatizados • Sistemas de monitoreo y control de información • Tuberías inteligentes
<ul style="list-style-type: none"> • Membranas de acuaporina • Nanoabsorbentes de carbono • Membranas de materiales compuestos • Desinfección y control microbiano • Detección electroquímica con nanopartículas de metales nobles • Remoción de metales pesados • Nanofiltración • Detección óptica y puntos cuánticos • Desinfección del agua en el punto de uso • Purificación con nanopartículas magnéticas • Nano absorbentes reactivos, membranas delgadas nanocompuestas con alta permeabilidad • Detección de trazas de contaminación 	

Tabla 24. Variables seleccionadas como prioritarias por los expertos en la primera ronda Delphi.

<p>Biotecnologías:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biosensores • Biotratamiento 	<p>TIC:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balance del agua en tiempo real • Detección de fugas o pérdidas en tiempo real • Evaluación de riesgos • Gestión de calidad en tiempo real • Gestión inteligente del agua • Mapeado de recursos hídricos • Monitoreo del agua • Predicción climática • Pronóstico del clima • Redes inteligentes de distribución de agua • Sensores inalámbricos • SCADA: Sistema de supervisión, control y adquisición de datos • Sistemas de asistencia a la toma de decisiones • Sistemas de medición automatizados • Sistemas de monitoreo y control de información • Tuberías inteligentes
<p>Nanotecnologías:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desinfección del agua en el punto de uso • Detección de trazas de contaminación 	

MATERIAL SUPLEMENTARIO-FIGURAS

Figura 1. Representada gráficamente, la metodología propuesta se representa según se indica en la Figura.

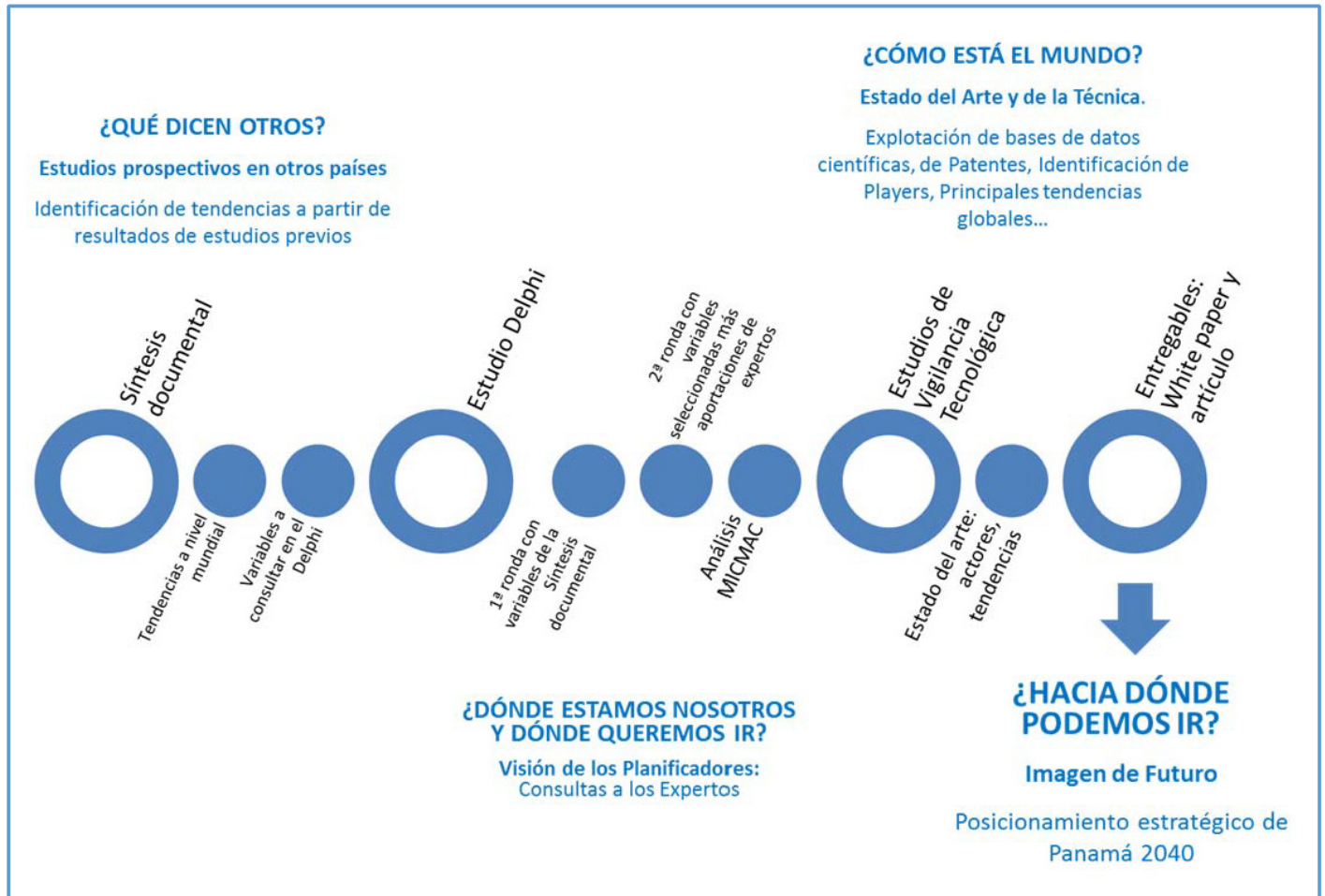


Figura 2. Cadena de valor del agua.

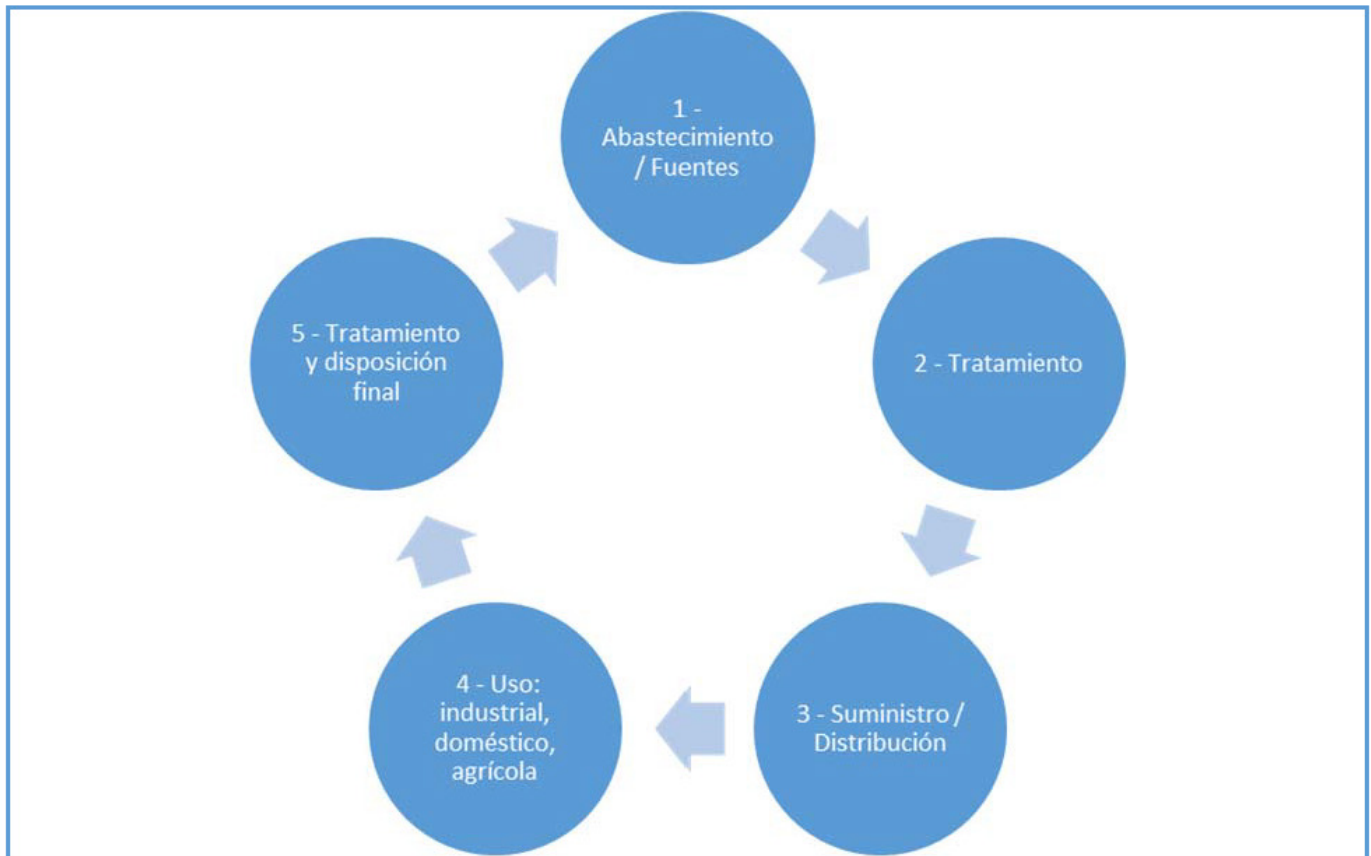


Figura 3. Carátula del Cuestionario Delphi.



CONSOLIDADO PRIMERA RONDA DELPHI	 Ciudad del Saber 
PROSPECTIVA AL 2040 - TEMA AGUA	
OBJETIVO	
Priorizar soluciones tecnológicas existentes y emergentes en fuentes de abastecimiento, tratamiento, suministro, uso, disposición final y gestión general relacionados con el tema Agua en Panamá al 2040	
FECHA DE DILIGENCIAMIENTO	
28 de Septiembre de 2016	
INSTRUCCIONES	
<p>Al momento de recibir esta encuesta, el experto deberá priorizar al 2040 todos los temas, asignando una calificación entre 0 y 5 ó N en los cuadros al frente de cada línea. Puede asignar la misma calificación a varios temas. Luego seleccione el(los) tema(s) que considere más importante(s) por grupo (mínimo uno), y mencione los aspectos que lo hacen relevante.</p>	
<p>Calificaciones:</p> <p style="text-align: center;"> 0 1 2 3 4 5 </p> <p style="text-align: center;"> ← → </p> <p style="text-align: center;"> Ninguna prioridad Alta prioridad </p> <p style="text-align: center;">N: No sabe/No responde</p>	

Figura 4. Criterios de priorización temática.

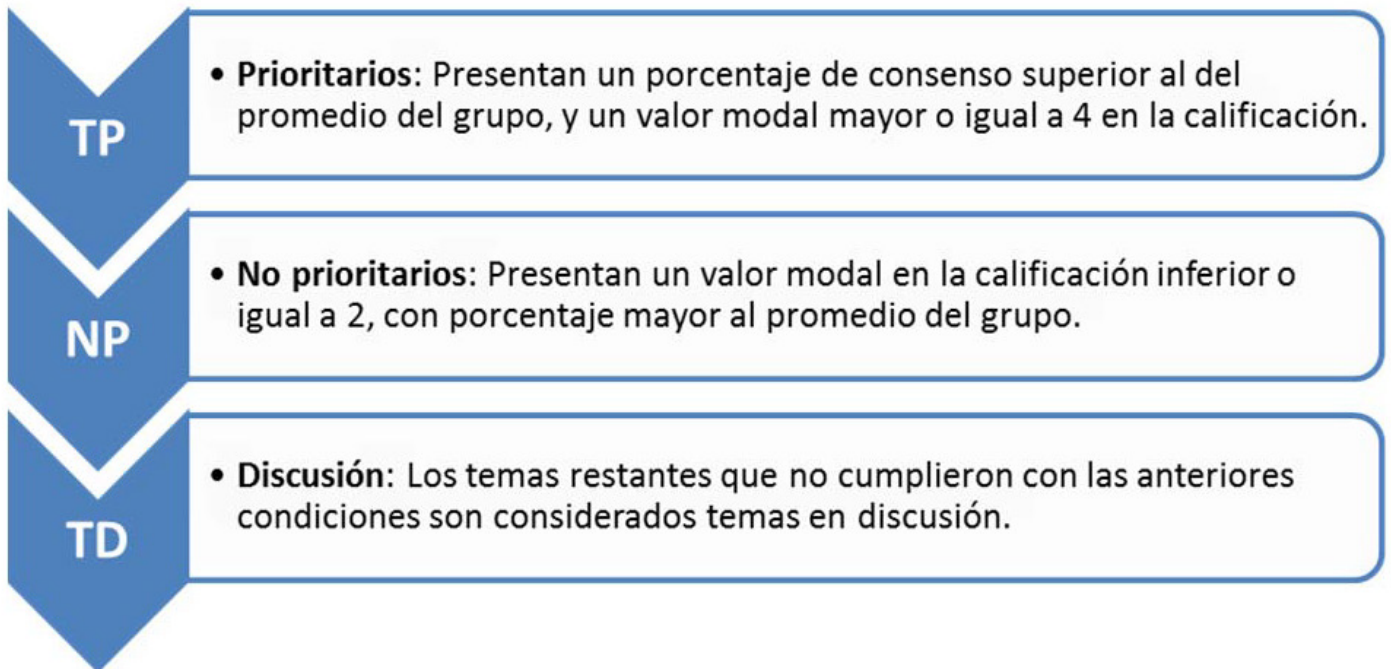


Figura 5. Evolución de las publicaciones en el periodo 2012-2016. Fuente: Web of Science, WoS

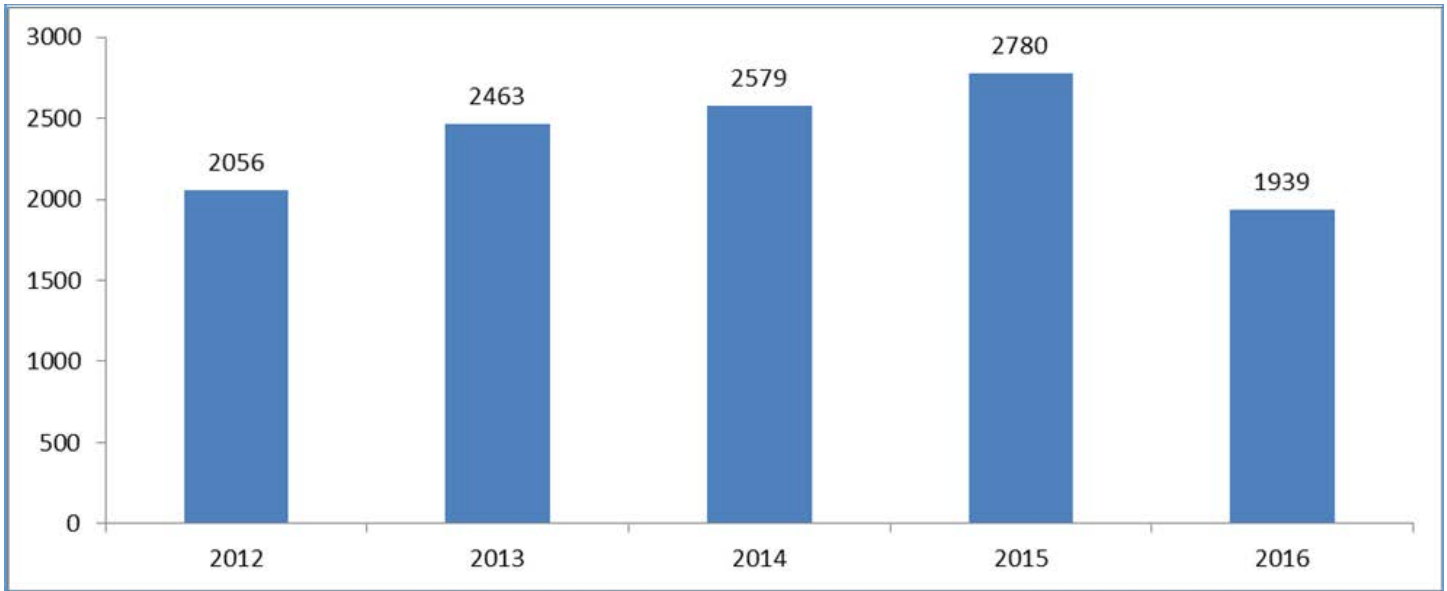


Figura 6. Principales temas (controlled terms) de las publicaciones en el período 2012-2016. Fuente: Engineering Village. Nube de etiquetas elaborada con Wordle.



Figura 7. Evolución de la protección por patentes, en el periodo 2012-2016.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Patent.

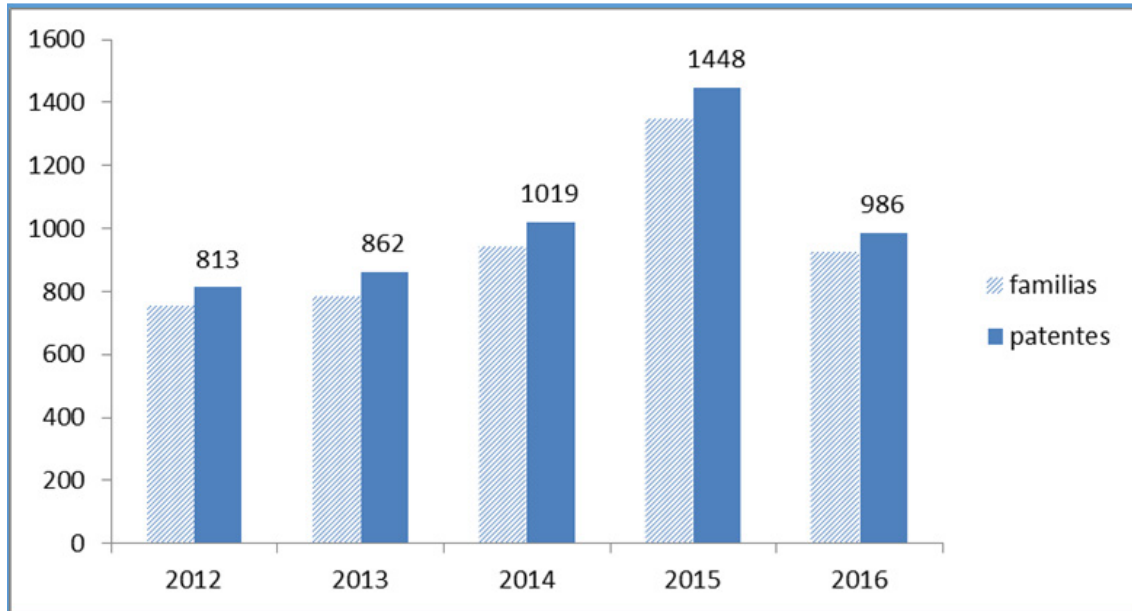


Figura 8. Principales países titulares de las patentes.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer.

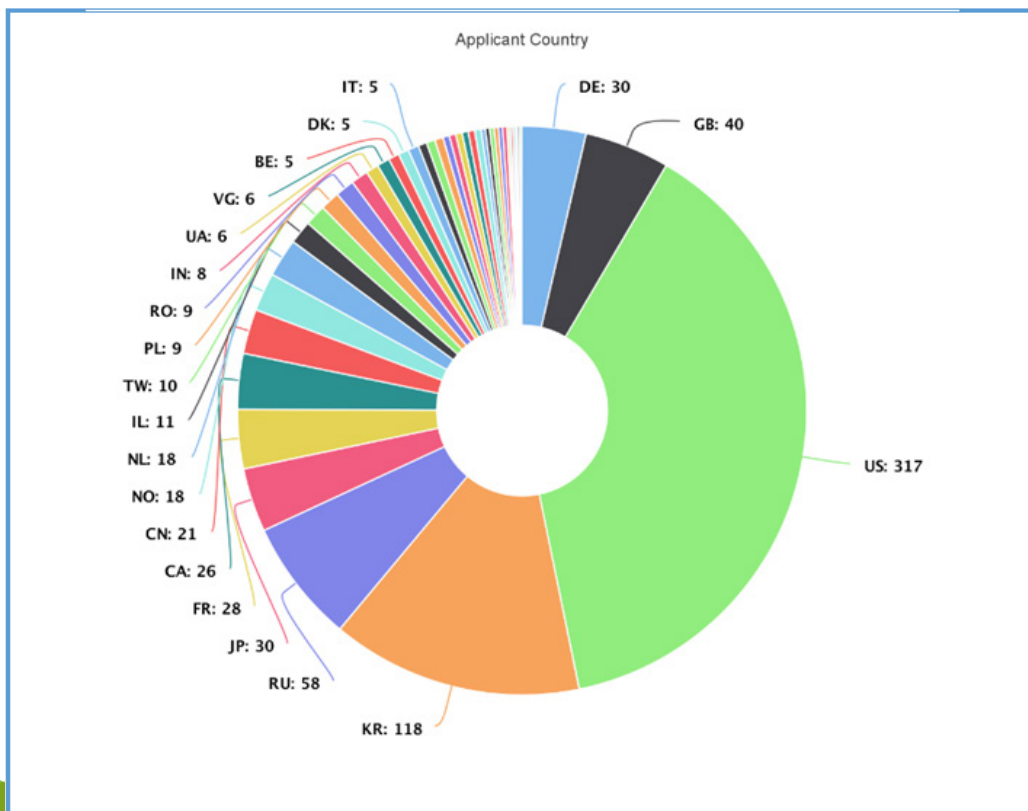


Figura 9. Principales instituciones titulares de las patentes.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer.

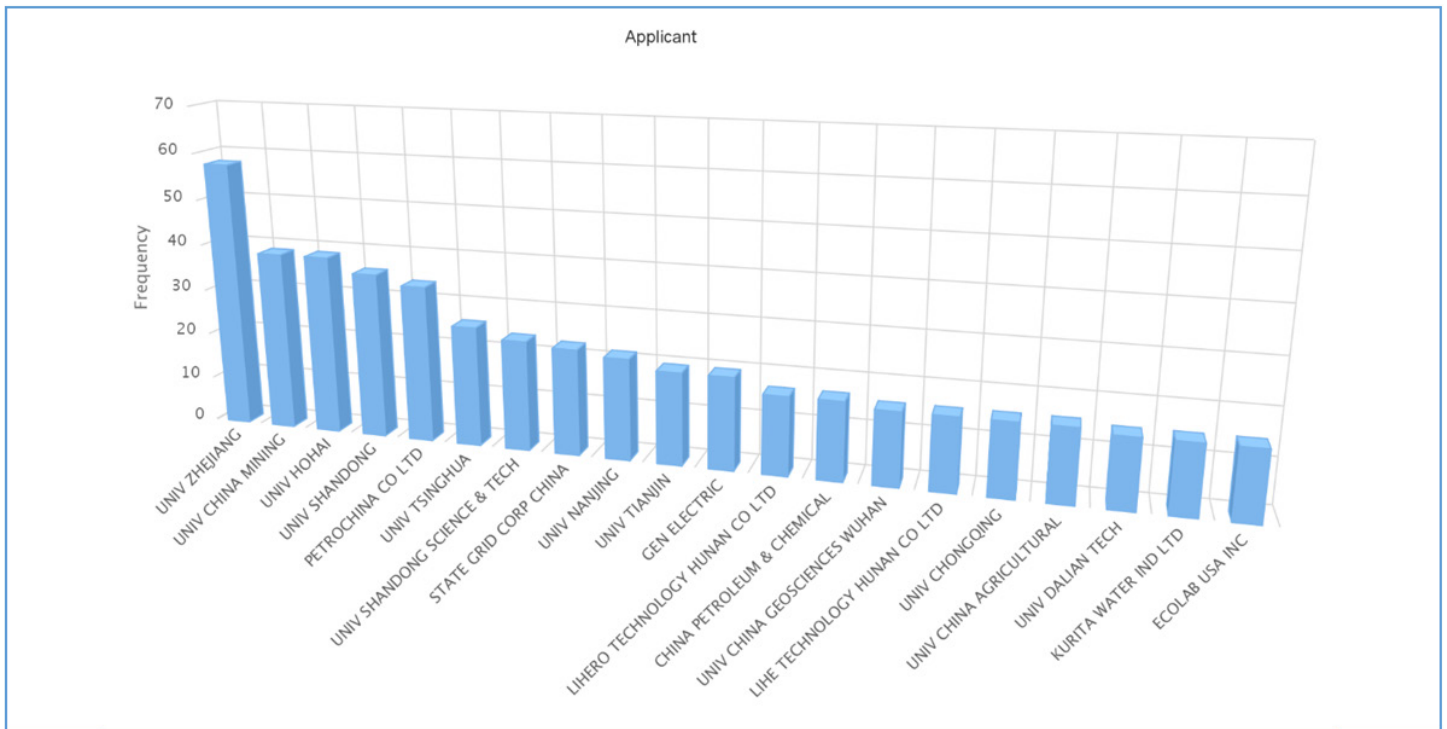


Figura 10. Principales Redes de colaboración entre las entidades titulares de las patentes. 2016
 Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando PatentPulse.

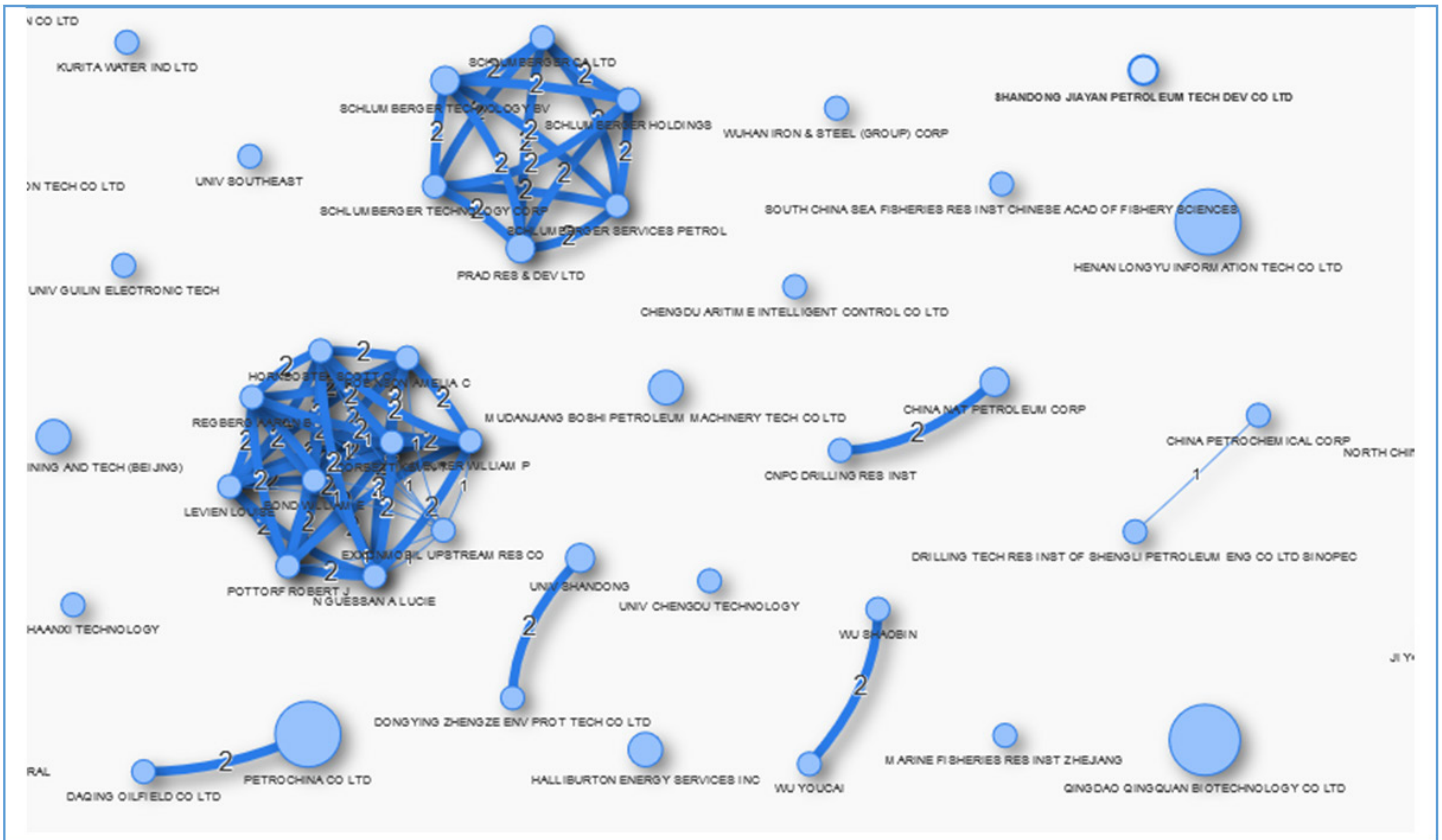


Figura 11. Principales Códigos CIP.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando PatentPulse.

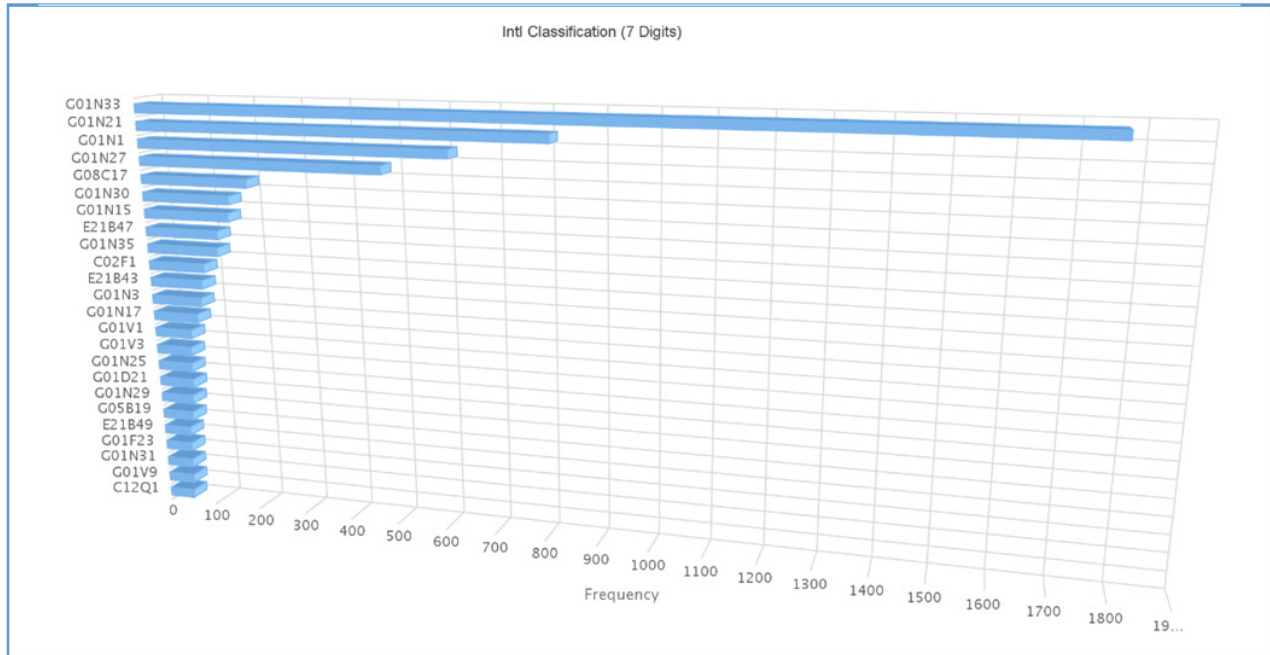


Figura 12. Principales temas Patentados.

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

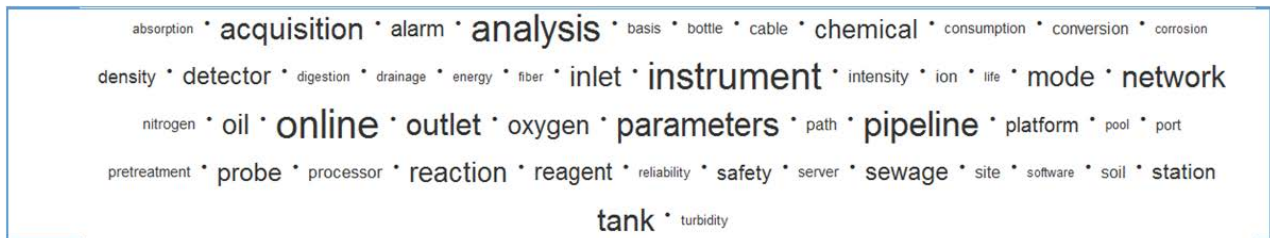


Figura 13. Áreas de especialización.

Fuente: IALE Tecnología, elaborado con PatentPulse.

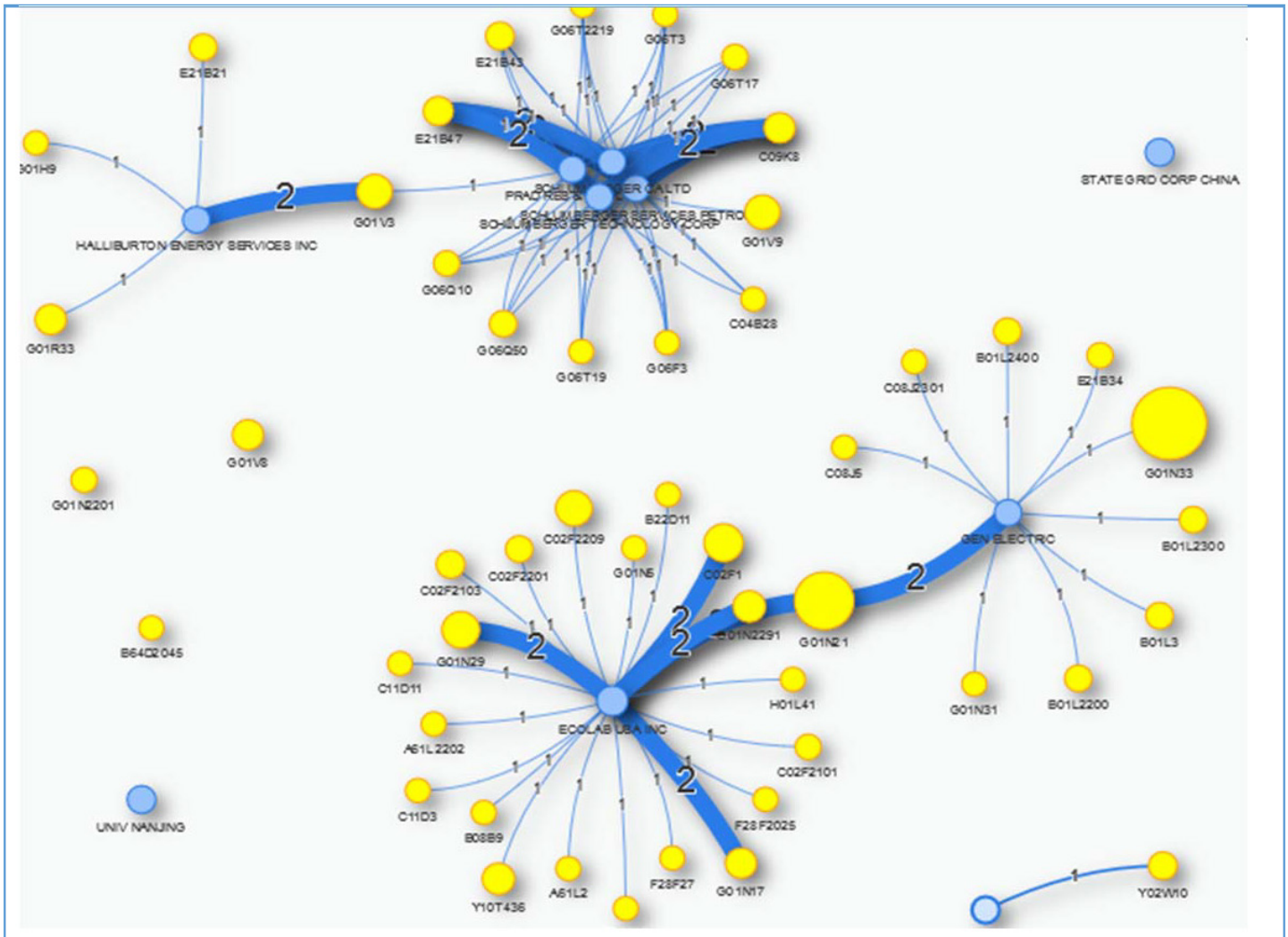


Figura 14. Evolución de las publicaciones en el periodo 2012-2016.

Fuente: Web of Science, WoS

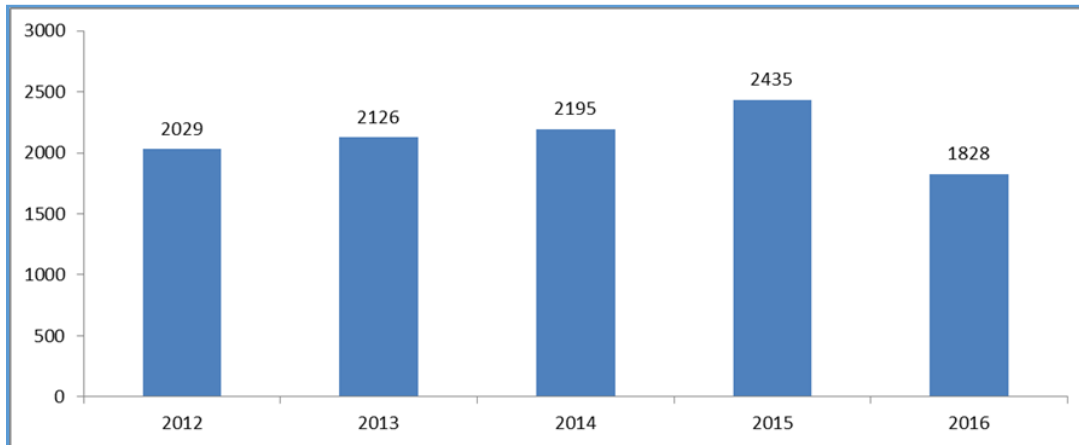


Figura 15. Principales temas (controlled terms) de las publicaciones en el período 2012-2016.

Fuente: Engineering Village. Nube de etiquetas elaborada con Wordle.

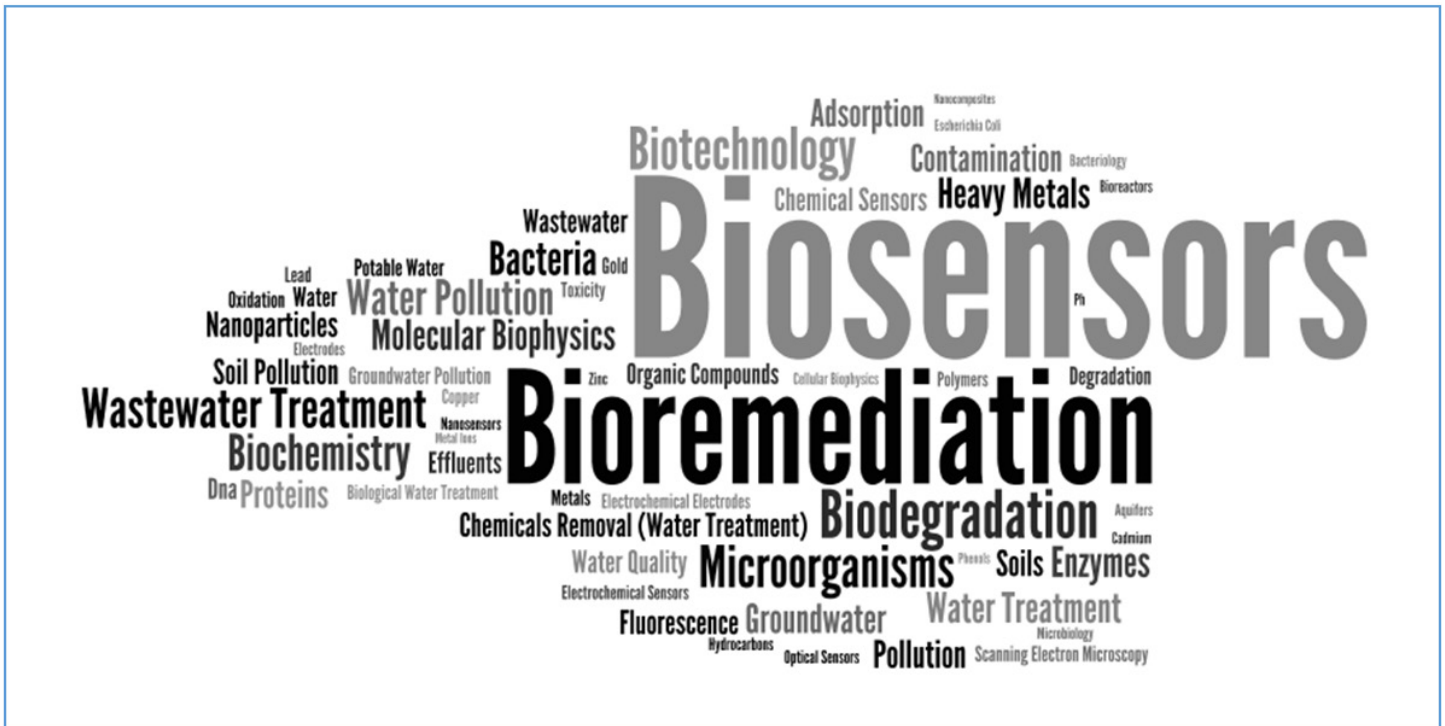


Figura 16. Evolución de la protección por patentes, en el periodo 2012-2016.
 Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Patent.

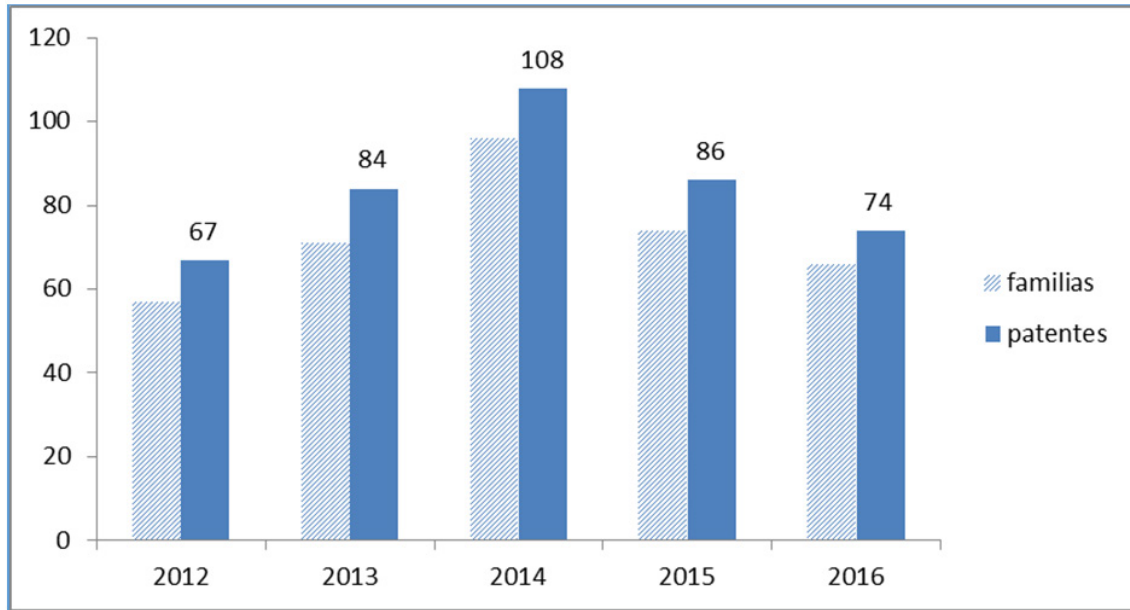


Figura 17. Principales países titulares de las patentes.
 Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer.

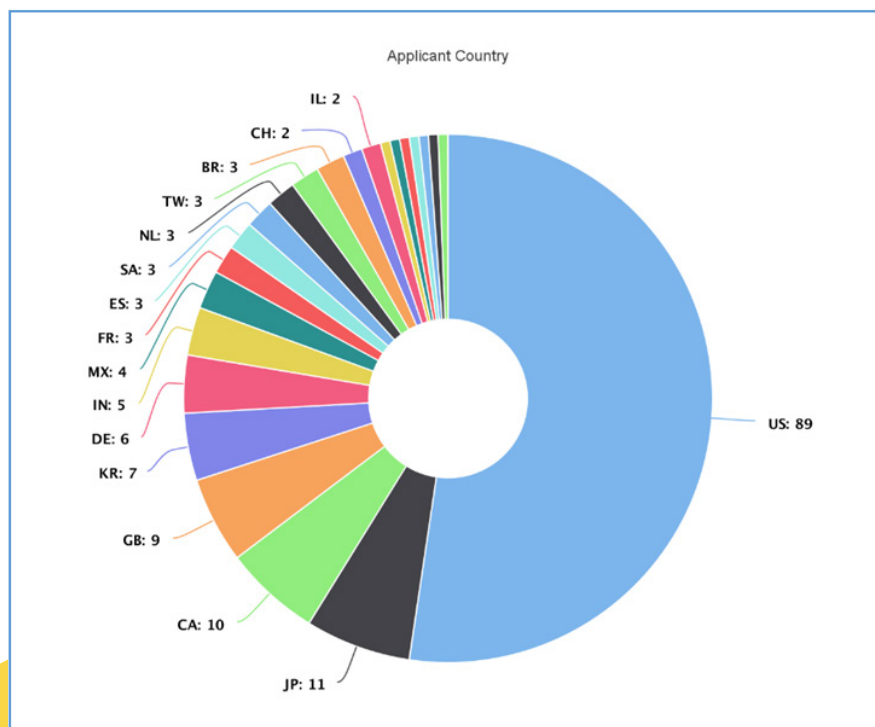


Figura 18. Principales instituciones titulares de las patentes.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer.

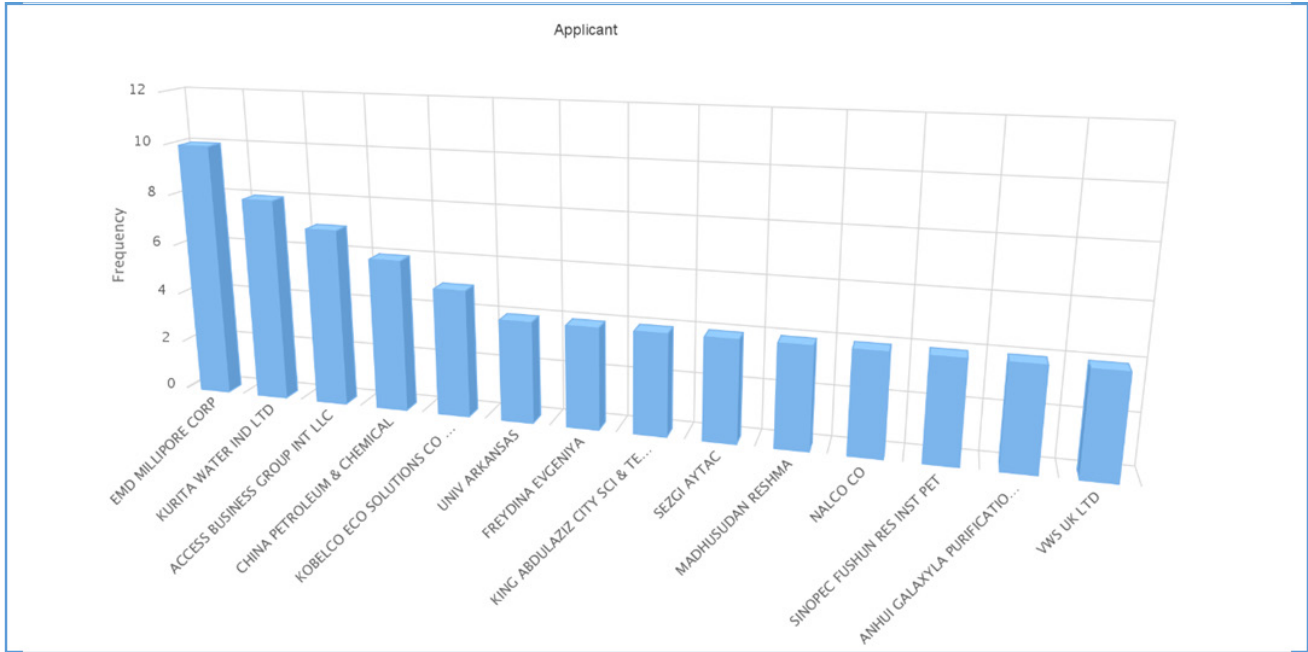


Figura 18. Principales instituciones titulares de las patentes.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer.

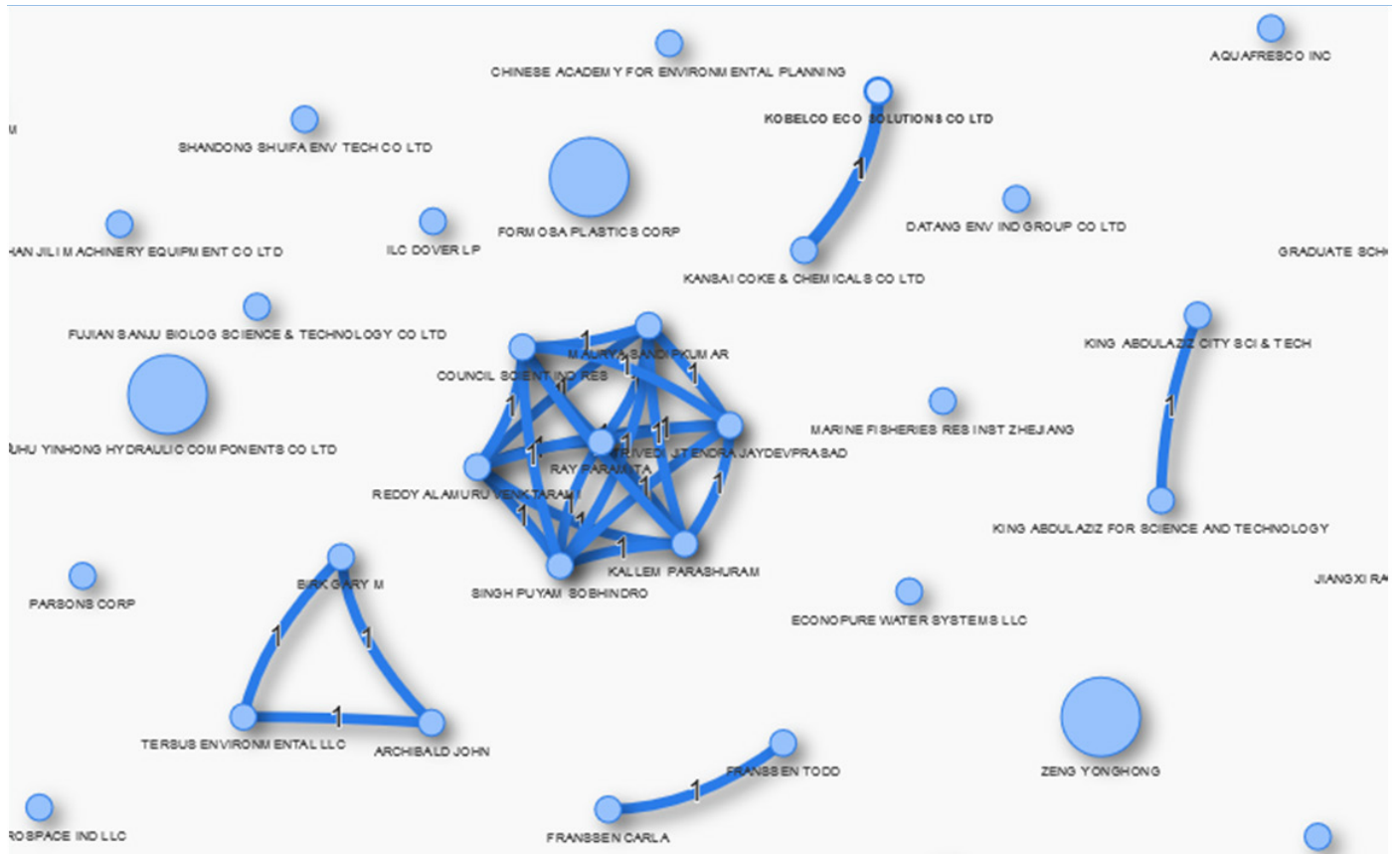


Figura 20. Principales Códigos CIP.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando PatentPulse.

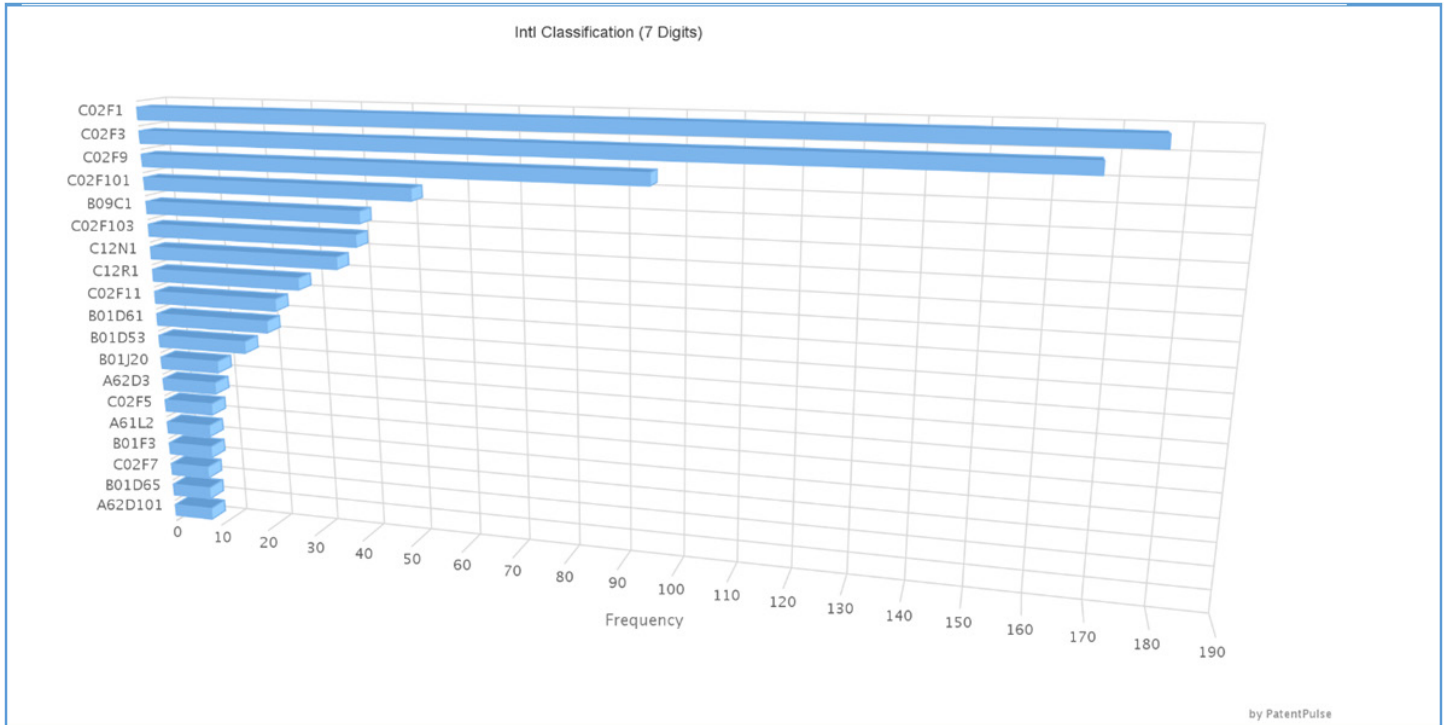


Figura 21. Principales temas Patentados.

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 22. Principales áreas de especialización.
 Fuente: IALE Tecnología, elaborado con PatentPulse.

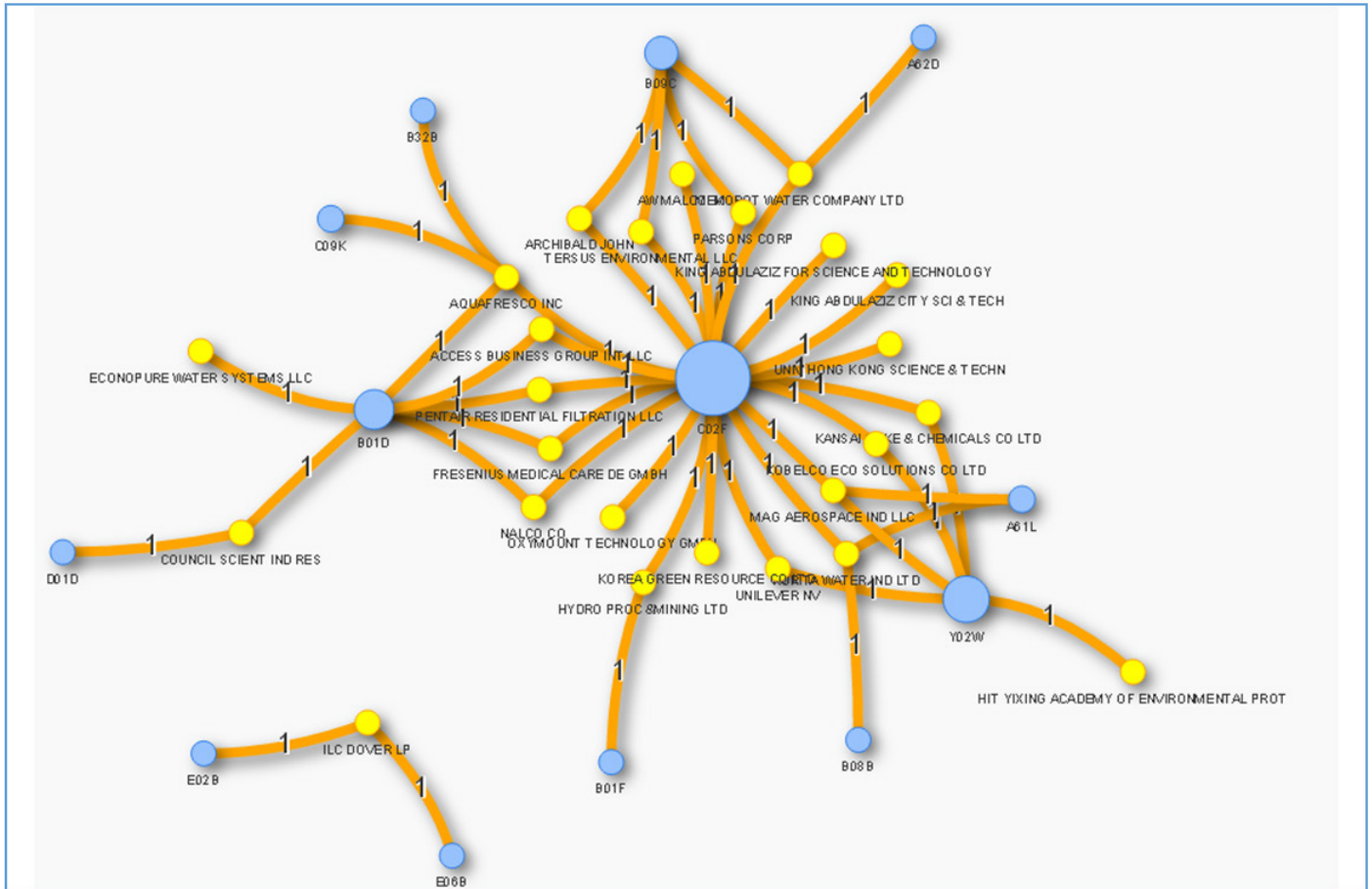
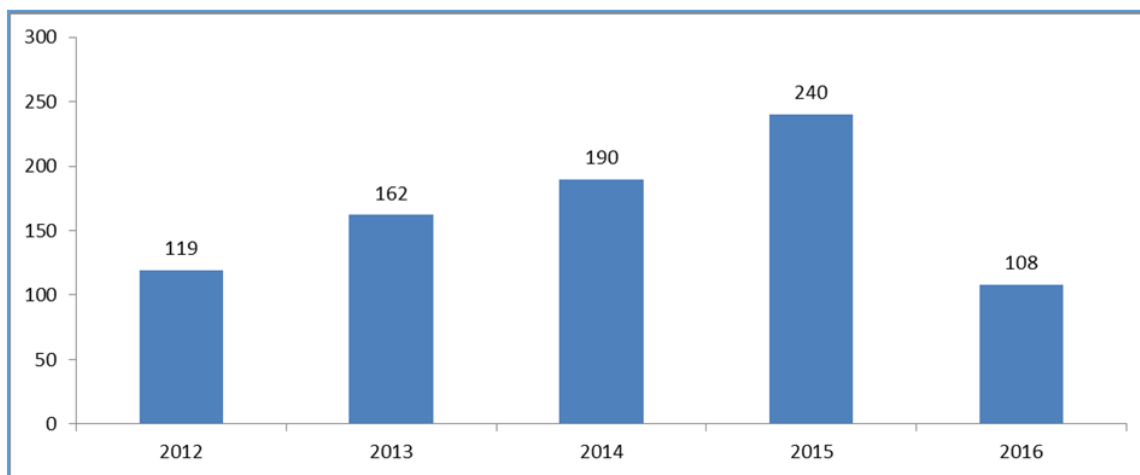


Figura 23. Evolución de las publicaciones en el periodo 2012-2016.

Fuente: Web of Science, WoS.





EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR EDUCACIÓN PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS Y DE INNOVACIÓN

AUTORES



Pere ESCORSA Castells
escorsa@iale.es
IALE Tecnología



Enric ESCORSA O'Callaghan
enric@ialetecnologia.com
IALE Tecnología



Gabino AYARZA Sánchez
gayarza@cdspanama.org
Fundación Ciudad del Saber
*Autor correspondiente en:
Fundación Ciudad del Saber,
Clayton, Apartado Postal 0843-03081, Panamá
Correo Electrónico; gayarza@cdspanama.org (G. Ayarza).



Jairo CHAUR Bernal
jchaur@gmail.com
IALE Tecnología

RESUMEN EJECUTIVO

De acuerdo con los resultados obtenidos por el país en la pruebas PISA de 2009, el nivel educativo de Panamá muestra una preocupante falta de competitividad (Loo Pinzón, 2016). Es verdad que aquella prueba no es una forma totalmente objetiva para medir la calidad del sistema educación de los países, pero de manera comparativa sí permite ver la situación en la que se encuentra. Esto significa que hay retos importantes que van más allá de un simple ajuste curricular o de la dotación de instrumentos tecnológicos para las escuelas. Tiene que ver con decisiones estructurales de todo el sistema en el que cada uno de los actores, se involucre de manera activa y con una visión de largo plazo.

Para lidiar con estos problemas, la Fundación Ciudad del Saber contrató la prestación de servicios profesionales de consultoría a la empresa IALE Tecnología que contó con la colaboración de expertos de otras reconocidas instituciones como son la Universidad de Medellín y la Universidad Pontificia Bolivariana de Colombia, con el fin de realizar una prospección con la mirada puesta en 2040 con el fin de identificar aquellas acciones que deben ser tomadas para situar al país en una posición competitiva en materia educativa.

El proyecto se realizó durante el mes de Octubre de 2016 en Ciudad del Saber, en la República de Panamá.

Los Términos de Referencia del proyecto fueron:

- Proveer a la Fundación Ciudad del Saber servicios generales de prospectiva científica y tecnológica en las áreas prioritarias de desarrollo del proyecto Ciudad del Saber.
- Contribuir al debate nacional sobre los riesgos globales que impactarán a Panamá y al mundo.
- Propiciar iniciativas en materia de los retos globales que amenazan el futuro de la humanidad para identificar áreas estratégicas de investigación y tecnologías emergentes en las que concentrar los esfuerzos de inversión y así obtener los mayores beneficios económicos o sociales.
- Acumular inteligencia futura y construcción de una visión a medio y largo plazo, para la toma de decisiones actual y de acciones conjuntas.
- Plantear una visión a largo plazo, analizar las tendencias de ruptura y articular reflexiones a futuro, con orientación hacia la acción en el presente.
- Proponer alternativas y rutas de solución que se requerirán en el futuro.

Se busca, en definitiva, identificar las aplicaciones tecnológicas innovadoras más relevantes para Panamá en las que las tecnologías convergentes inciden de manera especial, con objeto de tomar las mejores decisiones de cara al futuro en relación a la Educación.

El proyecto se ha desarrollado en las etapas siguientes:

1. Síntesis documental

En primer lugar se realizó una Síntesis documental de estudios tendenciales o prospectivos internacionales existentes. Se extrajeron los principales temas tratados o mencionados en los estudios y éstos se agruparon según los distintos enfoques. El listado de temas obtenidos sirvió como insumo para las consultas a los expertos que se desarrollaron en la fase siguiente

2. Consulta a expertos tipo Delphi.

Los temas seleccionados en la fase anterior se sometieron a los expertos en un Taller celebrado el día 26 de octubre de 2016 en Panamá, con objeto de identificar los temas más relevantes. Como es habitual en la metodología Delphi, las preguntas fueron enviadas a los expertos en dos rondas; los resultados obtenidos tras la segunda ronda son los mostrados en las Tablas 2 y 3.

En resumen, a partir de los resultados obtenidos en las dos rondas del estudio prospectivo y teniendo como criterio un alto porcentaje de consenso, se obtuvieron los siguientes agrupadores prioritarios para Panamá asociados a la temática de la Educación:

- **Modelos Educativos**
 - Formación Integrada
 - Formación Interdisciplinaria
 - Aprendizaje colaborativo
 - Aprendizaje basado en Proyectos
 - Aprendizajes basados en Investigación
- **Desarrollo Profesional**
- **Uso De La Tecnología**
 - Integración de la Tecnología
 - Uso personal de la Tecnología Habilidades digitales en el Aula
- **Ambientes De Aprendizaje**
 - Repensar la Escuela

Asimismo, en el Taller, los expertos señalaron diversas problemáticas de tipo Político, Económico, Social o Tecnológico que afectaban a la Educación en Panamá (tales como la Responsabilidad Social de las Empresas, la Cobertura, la articulación de políticas públicas, la vinculación Universidad-empresa, etc.). Con todos estos insumos ha sido posible realizar una matriz DAFO que refleja la situación de Panamá, y que se muestra en la Tabla 1.

3. Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre el estado actual de la investigación sobre Educación.

La Vigilancia Tecnológica se desarrolló con el objetivo de lograr identificar las principales tendencias en educación a nivel global.

La Vigilancia Tecnológica es un proceso sistemático de transformación de la información que comienza con la captura, continúa con el procesamiento y termina con la valorización de información, y que toma como base fuentes de información primarias (patentes, publicaciones, proyectos, noticias de mercado, etc.). En combinación con el estudio documental y de tendencias permite obtener un panorama del estado del arte en relación a un sector o ámbito de interés y caracterizarlo a nivel científico, tecnológico, competitivo y/o de mercado.

La investigación se centró en la identificación, compilación y análisis de publicaciones científicas a partir de una búsqueda general en la base de datos Scopus.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

A partir de la consulta a expertos del sector productivo, sector académico y gobierno panameño mediante el Método Delphi como estudio de futuro, complementado con la vigilancia tecnológica, se ha podido obtener información de valor para la identificación de oportunidades tecnológicas y de innovación para un horizonte 2040 asociados a un tema prioritario para la sociedad panameña como es la Educación.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las dos rondas del estudio prospectivo y teniendo como criterio un porcentaje de consenso superior al promedio del grupo y el valor modal con calificación de 4 o 5 (calificación que más se repite dentro del número de respuestas), los agrupadores prioritarios para Panamá al año 2040 asociados a la temática de la Educación que permiten identificar oportunidades tecnológicas y de innovación son:

- **MODELOS EDUCATIVOS:** Desde las soluciones asociadas a la formación integrada, formación interdisciplinaria, aprendizaje colaborativo, aprendizaje basado en proyectos y aprendizajes basados en investigación (investigación como modelo pedagógico de enseñanza y aprendizaje).
- **DESARROLLO PROFESORAL:** Desde las tecnologías de apoyo al desarrollo del profesor.
- **USO DE TECNOLOGÍA:** Integración de la tecnología, uso personal de la tecnología y habilidades digitales en el aula.
- **AMBIENTES DE APRENDIZAJE:** Se requiere el desarrollo de soluciones asociadas a repensar la escuela.

Otros temas considerados de importancia para el desarrollo de la educación en la sociedad panameña, los cuales han sido recomendados por los expertos son los siguientes: Liderazgo y emprendimiento, aprendizaje basado en el conocimiento derivado de la neurociencia, evaluación colaborativa, formación basada en el desarrollo de competencias, realidad virtual, comunicación digital, ambientes abiertos que incentiven el aprendizaje colaborativo, neurodidáctica.

Asimismo, la consulta Delphi se complementó con un análisis estructural usando el método MICMAC, en el cual los expertos señalaron en cada uno de los subsistemas propuestos, problemáticas específicas. Este ejercicio permitió definir la visión holística del sector en estudio (a nivel político, económico, social, tecnológico), con el fin de determinar las interacciones entre las variables y los grados de dependencia mutua.

Según el análisis estructural, 30 variables fueron consideradas como estratégicas a tener en cuenta a la hora de definir políticas y planes de acción para el logro de objetivos estratégicos en el sector educativo en Panamá:

1. Responsabilidad Social de las Empresas - RSE
2. Cobertura
3. Articulación entre políticas públicas
4. Vinculación universidad – empresa
5. Carreras pedagógicas
6. Tecnologías de la Información y la Comunicación - TIC
7. Habilidades blandas
8. Gestión administrativa
9. Formación técnica
10. Políticas Públicas
11. Automatización de procesos
12. Planes de gobierno
13. Movilidad académica
14. Sinergias en el tejido social
15. Nuevas legislaciones
16. Atención infantil
17. Diversidad cultural
18. Marco legal de educación
19. Competencias digitales
20. Aprendizaje digital
21. Líderes de excelencia
22. Rol del docente
23. Espacios pedagógicos
24. Programas de inclusión
25. Formación integral
26. Ambiente escolar
27. Sistema educativo
28. Bachillerato internacional
29. Educación consensuada
30. Familia

4.2. Recomendaciones

Ante la constatación de una tendencia en gestión de la educación hacia modelos de educación diversos, ágiles, colaborativos y con alta participación del estudiante, se recomienda estimular a las escuelas y los centros de formación media y superior a incorporar modelos de formación integrada, interdisciplinaria, basada en proyectos y en investigación y desarrollada de forma colaborativa, en las que se tenga más en cuenta al estudiante como protagonista de la formación y al profesor como facilitador del proceso. Ello implicará un mayor esfuerzo por cambiar esquemas preestablecidos y políticas de Estado que hagan énfasis en la formación de animadores de cambio y promoción de la participación de toda la comunidad en dinámicas innovadoras. La integración de la tecnología debe ser entendida como la apertura al uso de instrumentos tecnológicos para abordar la enseñanza en diferentes áreas del conocimiento, esto es, que sea un puente facilitador del proceso de enseñanza y aprendizaje, y que potencien el despertar de intereses en áreas importantes para el desarrollo para Panamá como por ejemplo el ámbito científico.

Para poder abordar estas nuevas tendencias con eficacia, los expertos han indicado que el desarrollo profesoral es muy relevante. Se deberá repensar el rol de los profesores y desarrollar de manera explícita las habilidades para que puedan cumplirlo a cabalidad. Dentro de esas capacidades, está la necesidad de comprender los procesos cognitivos de los estudiantes. La neurociencia aquí juega un papel preponderante, y el gobierno debe estimular el desarrollo de capacidades de investigación en esta área en las universidades. En ese campo la neurodidáctica es reconocida por los expertos como muy relevante.

Es necesario entender el sistema educativo del país, como un verdadero sistema con todas sus complejas interacciones dentro de su propio núcleo, como las interacciones con su entorno. Para ello el reto más importante a afrontar es la construcción de las sinergias necesarias entre los diferentes actores del sistema, desde los actores sociales, como es el caso de las familias, hasta los actores productivos, como las empresas. Por ello se insiste que no es solamente la adquisición de tecnologías lo que propiciará un cambio, sino que se requiere, sobretodo, un enfoque político amplio e incluyente.

El sector productivo cobra especial importancia, tanto como emisor así como siendo receptor de las salidas del sistema. La demanda de formación específica para sus necesidades de común acuerdo con universidades que tengan mucha flexibilidad para poder responder a demandas concretas, es otro elemento importante para posibilitar esa sinergia necesaria para construir puentes que rompan con el esquema de aislamiento del sector productivo y el sector educativo.

La identificación de los actores que deben ser tenidos en cuenta es un elemento importante. No es una decisión solamente de tipo político, sino también social y tecnológica. Por lo tanto se sugiere tener en cuenta a los siguientes tipos de actores:

- Entidades educativas, con modelos educativos flexibles, con visión integradora de la formación de capacidades y habilidades de sus estudiantes
- Instituciones gubernamentales, con capacidad de responder a las políticas de estado en materia de educación, y hacerlo de manera articulada y coherente. Un sistema adecuado y transparente de certificación de la calidad de los programas de formación y de las entidades educativas
- Empresas: con sus programas RSE, programas especiales de pasantías remuneradas, incorporación de talentos nacionales, formación in-Company y
- Usuarios: estudiantes de todas las edades, que puedan acceder mediante diferentes esquemas, a programas de formación.

4.3. Imagen de Futuro

Panamá en el año 2040 en materia de educación, se concibe como un sistema – modelo estructurado por tres grandes componentes: actores, medios y estrategias.

A nivel estratégico, el currículo educativo en Panamá en el 2040, estará personalizado a la medida de las necesidades de cada estudiante, que serán valoradas previamente para trazar su ruta de aprendizaje, teniendo en cuenta las habilidades personales, las capacidades de asimilación, su entorno social y sus proyecciones de futuro.

Las instituciones educativas serán en esencia redes de conocimiento, con el objetivo de ser canales del aprendizaje colaborativo, esto es, organizaciones con una alta flexibilidad y capacidad de adaptación.

Panamá trabajará durante los próximos años en la consolidación de una alfabetización tecnológica en toda su población, en particular en los actores del sistema educativo.

Adicionalmente, Panamá 2040 será completamente bilingüe, capaz de realizar sus actividades de comunicación ya sea en castellano como en inglés. Esta meta está muy relacionada con la internacionalización de la educación, la ampliación de las capacidades de la población estudiantil para viajar al exterior y hacer cursos en otras naciones, ampliando de esta forma su cosmovisión, como objetivo de su formación integral.

La clase magistral desaparecerá. La información estará en internet y por tanto disponible para los estudiantes en cualquier momento.

Las estrategias centradas en el estudiante, permitirán que sean atendidos aquellos con necesidades especiales. Para ello Panamá estará siguiendo los últimos avances de las neurociencias aplicadas a la pedagogía, con el fin de adaptar aquellas iniciativas más pertinentes en función de las necesidades de la población. Será, por lo tanto, una educación mucho más incluyente.

Como objetivo central, se establece el desarrollo de habilidades para el aprendizaje autónomo, de manera que se tenga la perspectiva de “aprender durante toda la vida”, facilitando de esta manera los procesos de reciclaje profesional necesarios a lo largo de la vida productiva del ciudadano.

Dentro del modelo educativo, los procesos de aprendizaje serán a medida. Como marco general, se tendrá un énfasis en el aprendizaje colaborativo, que se desarrollará a través de estrategias como el aprendizaje basado en proyectos, y el aprendizaje basado en la investigación. Estas formas de aprendizaje, desdibujarán o matizarán las líneas fronterizas de los disciplinas curriculares, de manera que aunque exista un énfasis particular en una carrera determinada, los estudiantes tendrán capacidades de aprender de otros profesionales, de interactuar de manera natural con estudiantes de otros énfasis, y de realizar proyectos transversales.

A nivel de actores del sistema, los profesores pasaran a ser facilitadores del aprendizaje. Por lo tanto, su principal función será orientar al estudiante hacia el desarrollo de habilidades de búsqueda, selección y crítica de información. Esto significa que Panamá debe construir en este plazo, las capacidades de formación de sus profesores, acudiendo a instituciones de alto nivel en el contexto internacional que además les permita relacionarse y construir sus propias redes de colaboración.

Los estudiantes de Panamá 2040 tendrán muchas más posibilidades de acceso al conocimiento y la información. Desarrollarán una mentalidad global, capaz de buscar donde se encuentre la información que necesita para resolver sus necesidades de conocimiento.

Finalmente, a nivel de medios, ya no será solo la estructura física de las aulas o laboratorios, sino será la ciudad entera: la casa, el barrio, el parque. Esto también se traduce en que los horarios no serán los de ahora. No estarán restringidas las comunicaciones, y esto posibilitará que muchos estudiantes que deban trabajar, puedan continuar sus estudios sin dificultades de horarios o desplazamientos a lugares lejanos en las principales ciudades. El diseño de los colegios y universidades debe adaptarse a las nuevas estrategias de enseñanza.

En ese sentido, Panamá debe seguir de cerca las tendencias de diseño del aula, en las que habrá aulas diáfanas, con pequeños espacios para trabajos en equipo y una capacidad instalada de internet wifi potente, de manera que cada estudiante portando su Smartphone o su Tablet, estará siempre conectado, en busca de información para la realización de su trabajo personalizado o en grupos atendiendo los proyectos o las investigaciones en las que participen.

Las impresoras 3d serán comunes, incluso en casa, para poder materializar las ideas de los alumnos. Y otras tecnologías como la realidad virtual o aumentada, la retransmisión de conferencias de sitios remotos, y la realización de proyectos internacionales, serán fundamentales. Por ello, Panamá en el año 2040 tendrá una infraestructura tecnológica muy potente en las escuelas, para realizar con calidad estos procesos de transmisión.

El acceso a datos será de vital importancia. Las universidades tendrán amplio acceso a las grandes bases de datos de conocimiento donde se registran las contribuciones científicas y tecnológicas, de manera que las comunidades estudiantiles podrán acceder sin restricciones a dicha información. Esto significa que los estudiantes y profesores, deberán estar en capacidad de administrar muchos datos y de interpretarlos de manera adecuada.

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento describe el Ejercicio de Prospectiva realizado por un equipo internacional compuesto por expertos consultores de Colombia, España y Chile en relación al sector del Educación, para La Fundación Ciudad del Saber (FCDS) de Panamá.

El trabajo realizado tiene como finalidad dar respuesta a los Términos de Referencia publicados por la vicepresidencia de investigación y formación de la Fundación Ciudad del Saber (FCDS), en los cuales se marcaron los siguientes objetivos:

- Proveer a la Fundación Ciudad del Saber servicios generales de prospectiva científica y tecnológica en las áreas prioritarias de desarrollo del proyecto Ciudad del Saber.
- Contribuir al debate nacional sobre los riesgos globales que impactarán a Panamá y al mundo.
- Propiciar iniciativas en materia de los retos globales que amenazan el futuro de la humanidad para identificar áreas estratégicas de investigación y tecnologías emergentes en las que concentrar los esfuerzos de inversión y así obtener los mayores beneficios económicos o sociales.
- Acumular inteligencia futura y construcción de una visión a medio y largo plazo, para la toma de decisiones actual y de acciones conjuntas.
- Plantear una visión a largo plazo, analizar las tendencias de ruptura y articular reflexiones a futuro, con orientación hacia la acción en el presente.
- Proponer alternativas y rutas de solución que se requerirán en el futuro.

El estudio se realizó durante el mes de Octubre de 2016 e incluyó la materialización de estudios documentales y tendenciales en el sector del Educación, el desarrollo de un taller de consulta prospectiva con expertos nacionales en la sede de la FCDS de Panamá y un estudio de vigilancia tecnológica sobre el estado del arte de las principales líneas de investigación, iniciativas y proyectos a nivel mundial del sector.

El trabajo realizado ha permitido de forma específica, identificar aquellas aplicaciones tecnológicas innovadoras más relevantes para Panamá en las que las tecnologías convergentes NBIC (y aquí especialmente las TIC y las Ciencias Cognitivas) inciden de manera especial. Conjugando la situación actual a nivel mundial - constatada en base a los estudios tendenciales y a la vigilancia tecnológica- y los obstáculos y potencialidades locales -constatados en base al taller realizado con los expertos nacionales- se ha tratado de proporcionar una imagen de futuro para Panamá de cara al año 2040 así como unas recomendaciones de acción.

1.1 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la realización del presente estudio incluye:

1. Estudio documental y de tendencias: en el que se identificaron áreas promisorias relevantes en cada uno de los temas. La síntesis documental fue el insumo de partida para el diseño de la consulta Delphi.
2. Consulta Prospectiva: en la que se sometió a criterio de expertos temáticos las áreas promisorias identificadas y estructuradas de manera adecuada para que los expertos pudieran realizar sus valoraciones y proyecciones.
3. Estudio de vigilancia tecnológica: que permitió construir el estado del arte correspondiente a cada uno de los temas priorizados por los expertos.
4. Elaboración de un White paper y un artículo: a partir de los resultados obtenidos en la consulta prospectiva y del tratamiento estadístico respectivo, se elabora un informe conclusivo del tema abordado con los resultados obtenidos, incluyendo unas conclusiones en forma de una imagen de futuro y recomendaciones para Panamá.

2 SÍNTESIS DOCUMENTAL

Se realizó una síntesis documental de estudios tendenciales o prospectivos internacionales que sirvió como insumo para la elaboración de los formularios para las consultas prospectivas. Se preseleccionaron estudios recientes y de organizaciones o instituciones reconocidas. En este capítulo se presentan los principales hallazgos de las principales fuentes identificada en esta fase del proyecto.

EDUTOPIA

Edutoxia (George Lucas Educational Foundation, 2016) es una web de la Fundación Educativa George Lucas, de Estados Unidos, cuya misión es crear y compartir conocimiento alrededor del tema educativo, enfatizando en estrategias centrales que faciliten el desarrollo de capacidades de pensamiento crítico, acceso y análisis de información, solución creativa de problemas, trabajo colaborativo y capacidades comunicativas. Estas estrategias son explicadas así:

- Aprendizaje basado en proyectos: se trata de un modelo de aprendizaje de largo plazo centrado en el estudiante, con un enfoque riguroso en el que las habilidades básicas se desarrollan por medio de actividades significativas que examinan y buscan solucionar problemas complejos y reales. El Proyecto ayuda a los estudiantes a desarrollar y retener el conocimiento útil, que en un ambiente tradicional se enseña de manera aislada y abstracta.

- **Aprendizaje social y emocional:** Cuando los estudiantes trabajan en equipo aprenden a colaborar, comunicarse y resolver conflictos. El aprendizaje cooperativo y el desarrollo del carácter es compatible con el desarrollo social y emocional de los estudiantes y los prepara para ser exitosos en los lugares de trabajo.
- **Evaluación global:** la evaluación efectiva debe medir toda la gama de capacidades y habilidades sociales, emocionales y académicas del estudiante. A través de diversas medidas, incluyendo portafolios, presentaciones y pruebas, se permite una evaluación incluyente de los múltiples estilos de aprendizaje
- **Desarrollo profesoral:** El factor humano es el elemento más valioso en la educación. Maestros, administradores y padres juegan papeles críticos en la tutoría de estudiantes a través del proceso de aprendizaje, cultivando los intereses naturales y la confianza de los estudiantes
- **Estudios integrados:** Con el fin de aumentar el interés y el aprendizaje, muchos temas académicos pueden presentarse de manera interdisciplinaria, de tal manera que reflejen la realidad de la sociedad y del conocimiento moderno. Por ejemplo, la historia, literatura y arte, pueden estar entrelazadas y enseñadas a través de núcleos integrados que incluyan elementos textuales y audiovisuales.
- **Integración tecnológica:** A través del uso inteligente de tecnología, combinada con nuevos enfoques educativos, se puede alcanzar un estilo de aprendizaje personalizado, más eficaz e incluyente.

LAS TOP-6 TENDENCIAS EN EDUCACIÓN

Tal como lo dice QS (QS, 2016), el concepto de aprendizaje y educación se está transformando. Gracias a la incursión de las nuevas tecnologías, en particular a las plataformas móviles y almacenamiento en la nube, los medios digitales han invadido prácticamente todas las esferas de la vida y el trabajo, de modo que el aula de clase del siglo XXI es muy diferente. Ahora las escuelas en todos los niveles están necesitadas de modernizarse. En esa línea de modernización se pueden identificar tendencias clave del futuro de la educación, como las siguientes:

- **Uso de dispositivos inteligentes (Bring your own device – BBYOD):** las escuelas cada vez más facilitan el uso de los dispositivos móviles de los propios estudiantes aprovechando la extensión de las redes wifi. Esta práctica trae muchos beneficios, incluyendo una mayor participación de los estudiantes, más oportunidades de personalizar el aprendizaje, el uso de plataformas y centros de aplicaciones pedagógicas libres, ahorrar en adquisición de tecnología propia de la organización, aprovechar el flujo de información y datos, y la mayor independencia en el proceso de aprendizaje.

- **Espacios de aprendizaje renovados:** la transformación digital trae muchos beneficios, pero a su vez, representa muchos desafíos para la escuela: ¿cómo fomentar el interés por los libros en una época digital? Para abordar este reto, algunas escuelas han comenzado a repensar sus bibliotecas como espacios abiertos o centros de aprendizaje propicios para el Descanso, el aprendizaje autónomo y la creatividad.
- **Impresión 3D:** Se ha hablado mucho de la utilidad de la impresión 3D en la enseñanza, en particular en áreas como el diseño. En muchos lugares incluso la usan intensivamente en aplicaciones de prototipado, pero se puede utilizar no solo para aplicaciones de ese tipo, sino también para enseñar conceptos relacionados con matemáticas, biología e ingeniería.
- **Mejores herramientas para estudiantes disléxicos:** muchas escuelas continúan utilizando métodos anticuados basados en la fonética para enseñar a los estudiantes que padecen dislexia, pero actualmente el panorama ha cambiado gracias a las tecnologías informáticas que posibilitan el uso de programas tales como dictado por voz y transcripción automática, la predicción de texto, etc., que están también acompañadas por una mejor comprensión del problema disléxico. Se espera que en los próximos años los maestros estarán mejor preparados para asistir a los niños con dislexia.
- **Enseñanza centrada en el estudiante:** los maestros se están convirtiendo en facilitadores (en lugar de protagonistas) de la educación. Así, las escuelas están modificando sus estrategias para alinearse con los procesos de aprendizaje y las habilidades propias de los estudiantes. No es solo el conocimiento en sí mismo, sino cómo lo adquiere y como se utiliza en la práctica. Hoy los estudiantes hacen preguntas más profundas y además tienen acceso instantáneo a la información, así que los maestros ahora son animadores para que los estudiantes se conviertan en solucionadores de problemas de manera creativa e innovadora.
- **Internacionalización de la educación:** En el mundo globalizado de hoy día, es un requisito básico para los que trabajan en el sector educativo, tener habilidades y una cosmovisión transcultural. Una opción para lograr esto es realizar estudios de master en educación en otros países con culturas diferentes. Los estudiantes de países asiáticos frecuentemente buscan formarse en países europeos o americanos, mientras que los americanos y europeos miran universidades asiáticas. Esto forma capacidades de comprensión más amplias y a la vez abre las posibilidades de trabajos en muchos lugares, así como también, permite la construcción de redes sociales en todos los rincones del mundo.

TENDENCIAS EN EDUCACION

Algunas de las tendencias sociales que afectarán también la forma de hacer educación, son las siguientes:

- **Conectividad:** la educación juega un papel relevante en asegurar que cualquier persona pueda beneficiarse del mundo interconectado, así como también en ayudar a mitigar algunos de los riesgos implicados en esa interconectividad.
- **Familias modernas:** la familia nuclear (padre-madre, casados y con hijos) está haciéndose cada vez menos común, para dar paso a familias reconstituidas, o a padres solteros. Las familias son más pequeñas y las personas deciden tener los hijos más tarde o sencillamente no tener hijos.
- **Igualdad de género:** La educación juega un papel importante para asegurar que las mujeres y los hombres tengan las mismas oportunidades en sus vidas personales y profesionales, a través de la escolarización formal, formando actitudes y transformando comportamientos.

PROYECTO ITEC

El proyecto iTEC (*Innovative Technologies for Engaging Classrooms*) es un proyecto de cuatro años en el que la red de educación de la Unión Europea está trabajando con los ministerios de educación y grupos de investigación para transformar la forma en que la tecnología se utiliza en la enseñanza y el aprendizaje. Es un proyecto que involucra a 15 ministerios de educación en toda Europa, con el objetivo de introducir prácticas de enseñanza innovadoras (InnoEduca, 2016).

Algunas de las tendencias identificadas en el marco de este Proyecto, son:

- Aprendizaje basado en juegos y “gamification”: Pedagogías basadas en principios de diseño del juego y el juego mismo son cada vez más reconocidas como una herramienta para disfrutar de la enseñanza y el aprendizaje. Los siguientes son ejemplos de cómo los juegos actualmente se utilizan en las aulas como fuente de inspiración:
 - MinecraftEdu: es una modificación del juego llamado Minecraft, muy popular últimamente entre educadores por su mezcla entre exploración, colaboración y creatividad. Ver: education.minecraftedu.com
 - Quest to Learn: una iniciativa innovadora para la educación formal, en la que las escuelas son reorganizadas alrededor de principios pedagógicos derivados del diseño de videojuego. En lugar de lecciones tradicionales y deberes asignados, los estudiantes seleccionan sus propias misiones y progresan de un nivel a otro acumulando puntos. Hay un manual que da información detallada sobre este enfoque: www.instituteofplay.org/work/projects/developing-quest-to-learn/

- Experiencias de la profesora Dawn Hallibone utilizando juegos en su clase. En su blog describe cómo los usa. (hallyd.edublogs.org/about/).
- Realidad aumentada: es la estratificación de la información en una representación o visión de un lugar en el mundo 'real'. El creciente acceso a internet combinado con el desarrollo de cámaras de alta resolución y de sensores en los móviles, incrementa oportunidades para nuevas formas de mirar en el mundo. Algunos ejemplos:
 - Hay aplicaciones móviles que permite a los usuarios ver imágenes históricas en localizaciones particulares en la medida que van por una ciudad en particular: <https://www.creativereview.co.uk/streetmuseum-app-updated/>
 - Como un buen punto de partida para investigaciones en la materia: Guardian Technology Augmented Reality: www.guardian.co.uk/technology/augmented-reality
- Analítica del aprendizaje: es un tema de creciente interés en investigación. Se trata de recoger y analizar los patrones en los datos del alumno para hacer predicciones y recomendaciones acerca de optimizar el aprendizaje.
 - Un ejemplo de aplicación es el proyecto "Signals" de la Universidad de Purdue, que hace un seguimiento a los estudiantes para darles "señales" (como las señales de tráfico) para que avancen hacia una dirección o para ayudarles a decidir acciones a seguir en su formación.
 - La Society for Learning Analytics Research (SoLAR) es una red interdisciplinaria de investigadores líderes que están explorando el rol y el impacto del análisis en el aprendizaje. www.solaresearch.org.
- Computación en la nube: Los últimos años se ha visto un incremento sin precedentes en los servicios online provistos para almacenamiento, creación y edición de documentos. Estos desarrollos posibilitan el compartir documentos en un enfoque colaborativo y accesible. Drive, Dropbox, etc.
- Programación y apps: Los estudiantes serán capaces de utilizar herramientas de programación de alto nivel, para desarrollar apps que permitan la solución de problemas reales. La aparición de módulos o trozos de programas que se copian y pegan incrementa las opciones a los programadores principiantes para crear apps. Muchos creen en el enorme potencial que esto representa.
 - El software Scratch del MIT tiene una comunidad global de más de 1,6 millones de integrantes
 - AppInventor para Android es otro ejemplo en el que se reduce la complejidad de programación y es como un lego que permite construcciones de programas en bloques.

- Apps for Good, es otro ejemplo en esa misma dirección.
- Neurociencia: La comprensión del cerebro humano y cómo nosotros aprendemos es un área en creciente interés para los investigadores. Es particularmente relevante para el desarrollo y uso de tecnologías digitales adaptativas, que pueden ser útiles para atender necesidades especiales, como la discalculia, por ejemplo. Algunos artículos:
 - Neurociencia: implicaciones para la educación y el aprendizaje permanente. Introduce conceptos y describe del conocimiento actual alrededor de las neurociencias y su impacto en la educación: <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/brain-waves/education-lifelong-learning/>
 - Un video en que un experto explica los últimos hallazgos que ayudan a entender la relación entre aprendizaje y uso de tecnologías digitales: www.youtube.com/watch?v=VwNY_-FiwYU
 - Un artículo que sugiere que la neurociencia puede ayudar a entender problemas de aprendizaje. En particular el tema de la discalculia: www.sciencemag.org/content/332/6033/1049.short

También aquí se habla del “Hiper Ciclo de tecnologías emergentes” de Gartner, que es una forma útil de monitorear tecnologías emergentes y separar aquellas que pueden ser utopías de las que podrían ser realidad. Se grafica las tecnologías que aparecen impulsadas hacia un pico de expectativas infladas que luego caen rápidamente para entonces ascender más lentamente hasta posicionarse como aplicaciones reales. La Figura 2 muestra este proceso para algunas tecnologías.

Entre las tecnologías consideradas que están emergiendo se nombran las siguientes: tablets y computación efectiva, Big Data, Moocs, gamificación, servicio en la nube, BYOD (Press, 2014).

REPORTE HORIZONTE 2014

El consorcio entre New Media Consortium (NMC) y EDUCAUSE Learning Initiative (ELI) han desarrollado una investigación que ha dado origen al documento llamado Horizon Report (Johnson, Adams, & Cummins, 2012). En este reporte se clasifican las tendencias clave en función del plazo de aplicación: corto, mediano y largo plazo.

En el corto plazo:

- Repensar el rol de profesores: Se espera que el profesorado sean expertos en una variedad de tecnologías y otros enfoques para la entrega de contenidos, apoyo del alumno, y la evaluación; colaborar con otros profesores tanto dentro como fuera de sus escuelas; de forma rutinaria utilizar estrategias digitales en su trabajo con los estudiantes; para actuar como guías y mentores para promover centrada en el estudiante el aprendizaje; y a organizar su propio trabajo y cumplir con la documentación administrativa y presentación de informes. Por su parte, los estudiantes, junto con sus familias, también participaran a través de su propio uso de la tecnología para socializar, organizar y aprender informalmente en el día a día. La integración de la tecnología en la vida diaria está provocando que muchos líderes educativos prevean que las escuelas deben proporcionar formas para que los estudiantes continúen participando en actividades formales e informales de aprendizaje, más allá de la jornada escolar. Relacionadas con estas expectativas de evolución son los cambios en las formas continuas de desarrollo profesional de los profesores, que implica medios sociales y herramientas en línea. Las escuelas completamente virtuales o en línea son todavía relativamente raras, un número cada vez mayor de los profesores utiliza ejercicios y experiencias híbridas de construir comunidades de aprendizaje.
- Cambio hacia enfoques más profundos de aprendizaje: Hay un nuevo énfasis en el aula hacia enfoques profundos de aprendizaje, definido como la entrega de un núcleo rico en contenido, en formas innovadoras, que les permite aprender y luego aplicar lo que han aprendido. Dentro de ellos se pueden citar: Aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en investigación, aprendizaje basado en el desafío y métodos similares, fomentan experiencias de aprendizaje más activos, tanto dentro como fuera del aula. Las tecnologías tales como tabletas y smartphones son más fácilmente aceptadas en las escuelas, los educadores utilizan estas herramientas (que los estudiantes ya saben utilizar), para conectar el currículo con aplicaciones reales. Estos enfoques de aprendizaje activo son decididamente más centrada en el estudiante, permitiéndoles tomar el control de cómo se dedican a un tema, y a buscar e implementar soluciones para problemas locales y globales urgentes. La esperanza es que si los estudiantes pueden conectar el material del curso con sus propias vidas y sus comunidades circundantes, estarán más entusiasmados en aprender y sumergirse en la materia.

En el mediano plazo (de aquí a 5 años):

- Enfoque en recursos educativos abiertos – OER: Los Recursos educativos abiertos (OER) están creciendo en amplitud y calidad, como es el caso de uso de materiales en aulas, redes, y escuela las comunidades en todo el mundo. El uso y la adopción de materiales OER es cada vez más una política en las escuelas, especialmente en aquellas disciplinas en que contenidos educativos de alta calidad son más abundantes

que nunca. Entender que el término “abierto” es un concepto multifacético es esencial; demasiado a menudo se tiene el concepto equivocado que se trata simplemente de recursos gratuitos, ya que implica también que son recursos libres en términos de derechos de propiedad y de uso. Los contenidos abiertos usan Creative Commons y otras formas alternativas para fomentar el intercambio de licencias de información, y la distribución de pedagogías y experiencias semejantes. El objetivo es que los materiales y recursos OER sean copiables, sin barreras de acceso, sensibles culturalmente y compartibles para uso educativo.

- Incremento en el uso de sistemas de aprendizaje híbridos: En la medida que profesores y estudiantes están más familiarizados con el uso de internet, el aprendizaje en el aula de clase cada vez más incluye componentes online, estrategias híbridas y un enfoque en la colaboración dentro y fuera del aula de clase. Las escuelas que están utilizando modelos de aprendizaje híbridos, encuentran que utilizando ambientes físicos y virtuales permite a los profesores personalizar aún más la experiencia de aprendizaje, estimular a los estudiantes de una forma muy variada y extender el proceso de aprendizaje más allá del aula. Los modelos híbridos, cuando se diseñan e implementan de manera efectiva, hace que los estudiantes utilicen el día del colegio para trabajo en grupo y actividades basadas en proyectos, mientras que usan la red para acceder a lecturas, videos y otros materiales a su propio ritmo, aprovechando lo mejor de ambos ambientes.

En el largo plazo (5 años o más):

- Rápida aceleración de tecnología intuitiva: Gracias a las pantallas táctiles y otras interfaces de uso natural, los estudiantes de hoy no tienen que ser expertos para personalizar sus dispositivos, manipular contenidos y comunicarse y colaborar con otros. Ya es común interactuar con otros dispositivos usando movimientos naturales. Los smartphones y tablets, Xbox, Kinect, Nintendo Wii, televisores inteligentes y una lista creciente de otros artefactos que tienen interfaces de uso natural (NUIs), aceptan información de entrada por medio de movimientos de los dedos, gestos con los brazos, movimientos del cuerpo, y en general, lenguaje natural. Este es el inicio de una generación de dispositivos de entrada que reconocen e interpretan gestos físicos naturales como forma de interacción con los computadores. Estas tecnologías intuitivas facilitan las actividades virtuales con movimientos similares a los naturales, manipulando contenidos intuitivamente.
- Re-pensar la escuela: Hay un movimiento hacia la reinención del aula de clase tradicional y de cambiar el paradigma de la experiencia completa de la escuela. Es una tendencia impulsada por la influencia de los enfoques de aprendizaje innovadores. Métodos tales como aprendizaje basado en proyectos o aprendizaje basado en retos, hacen necesaria una transformación de las estructuras de las escuelas que

permitan a los estudiantes moverse de una actividad de aprendizaje a otra de manera más orgánica, removiendo las limitaciones actuales. Estos enfoques implican la renovación de la configuración o distribución de las aulas de clase para facilitar la interacción de grupos. Las prácticas centenarias en las que los estudiantes aprendían sujeto a sujeto mientras que estaban de frente mirando al mismo foco, son percibidas por muchos como un modelo anticuado para el proceso de enseñanza-aprendizaje. La naturaleza multidisciplinaria del aprendizaje basado en proyectos y otros enfoques contemporáneos han llamado la atención para el diseño innovador de atmosferas escolares que permitan articular los contenidos o materias unas con otras. Ya que el aprendizaje se hace más fluido y centrado en el estudiante, algunos profesores y administradores creen que los horarios deberían ser más flexibles para permitir oportunidades para el aprendizaje auténtico y amplio espacio para el estudio independiente.

NEUROCIENCIAS EN LA EDUCACIÓN

Lo educación está relacionada con el aprendizaje y las neurociencias están relacionadas con la comprensión del proceso mental que involucrado en el aprendizaje. Este terreno común sugiere un futuro en el cual la práctica educativa puede ser transformada por las ciencias así como la práctica médica fue transformado por la ciencia hace cerca de un siglo (Excellence in Science, 2011). Algunos de los elementos clave de las neurociencias que pueden llevar a esa transformación son los siguientes:

- La investigación en neurociencia sugiere que el aprendizaje está determinado no solamente por el medioambiente sino que hay factores biológicos que juegan un importante rol en las diferencias en las habilidades de aprendizaje entre los individuos.
- Al considerar los factores biológicos las investigaciones han avanzado en la comprensión de las dificultades específicas del aprendizaje tales como la dislexia y la discalculia. De otro lado la neurociencia está descubriendo por qué ciertos tipos de aprendizaje son más gratificantes que otros.
- El cerebro cambia constantemente como resultado del aprendizaje y permanece plástico a través de la vida. La neurociencia ha mostrado que aprender una habilidad cambia el cerebro y que este cambio se revierte cuando cesa la práctica de dicha habilidad. Por lo tanto “usar esto” o “perder esto” es un importante principio para el aprendizaje a lo largo de la vida.
- La resiliencia, es decir, nuestra respuesta adaptativas al estrés y a la adversidad se puede construir a través de la educación con efectos para toda la vida.
- Tanto la adquisición de conocimiento como las habilidades de autocontrol benefician el aprendizaje futuro. Así la neurociencia tiene un rol clave en potenciar en potenciar estas habilidades.

- Algunas luces de la neurociencia son relevantes para el desarrollo y uso de las tecnologías digitales adaptativas. Estas tecnologías tienen el potencial para crear más oportunidades de aprendizaje dentro y fuera del salón de clases y a través de la vida. Esto es interesante por los efectos que podrían tener para el bienestar, la salud, el empleo y la economía.
- Hay un gran interés público en la neurociencia pero la información de calidad es aún escasa. Es urgente tener precaución a la hora de aplicar métodos basados en el cerebro muchos de los cuales aún no han tenido una base científica. Hay algunos desarrollos inspirados en las ciencias básicas aunque aplicaciones prácticas aún están por desarrollarse.
- El campo emergente de la neurociencia educativa presenta oportunidades y retos para la educación. Éstas proveen medios para desarrollar un lenguaje común y un puente entre los educadores, psicólogos y neurocientíficos.

TRENDS SHAPING EDUCATION 2016 – OCDE

La OECD a través del Centro para la Innovación y la Investigación en Educación (OECD, 2016) presenta las grandes tendencias globales y el papel o el efecto que tienen sobre la educación, y la respuesta que se espera de la educación a los retos implicados en esas tendencias. Son las siguientes:

- Globalización y Educación. La educación tiene que jugar un rol importante en proveer habilidades y competencias necesarias para operar en este nuevo mundo globalizado. Por ejemplo, puede influenciar sobre el nivel de vida de los más desfavorecidos, y es una poderosa herramienta para reducir la inequidad. Puedo ayudar en la integración de migrantes, enseñando las habilidades básicas para la construcción de identidad y de integración. Alguna de las formas en las que la educación puede afectar y será afectada por las tendencias de la globalización son obvias e inmediatas, como por ejemplo a través de la enseñanza de lenguas extranjeras, de competencias en negocios internacionales en conocimiento de los efectos del cambio climático. Otras son menos obvias o de más largo plazo, por ejemplo el impacto del cambio climático en la planeación y la infraestructura de las escuelas, o el direccionamiento de la fuga de cerebros en los ingresos de las economías así como la mejor educación y la selección de talentos que vayan a estudiar fuera. Estos aspectos requieren un pensamiento estratégico y una planeación y también con el enfoque holístico el cual examina el impacto y la interacción de las tendencias de la globalización en la educación común todo a nivel de sistema.
- El futuro de la nación-estado. Los educadores deben ampliar las habilidades avanzadas de sus estudiantes para afrontar mercado en laborales intensivos en conocimiento sin despreciar el desarrollo de

de otras competencias importantes. Esto incluye habilidades del siglo XXI tales como lenguajes globales, capacidad avanzada digital, inteligencia emocional y social. Educación también puede jugar un rol en ayudar a las economías para que las mujeres jueguen un papel importante, potenciando el emprendimiento femenino, reeducando a trabajadores mayores. Otro aspecto obvio y mediato es por ejemplo el impacto de la creciente obesidad en la salud y en el bienestar de los estudiantes y profesores y también el potencial de la educación para desarrollar estilos de vida saludable. Menos obvio o a más largo plazo son los aspectos relacionados con el posible impacto de la reducción de gasto de defensa de las naciones, Y la importancia del desarrollo de estrategias nacionales para combatir ciber-ataques y el ciber-crimen.

- ¿Son ciudades los nuevos países? La educación puede y debe jugar un rol enseñando civismo, proveyendo habilidades necesarias para la vida en comunidad, para apoyar la creatividad dentro de los espacios de vida. Sin embargo la educación también necesita prepararse para un número de tendencias que aparecerán debido al incremento de la organización como por ejemplo la planeación del incremento de crecimiento del vecindario, la protección de edificios escolares, infraestructura de eventos climáticos extremos que pueden ser desproporcionados en los centros urbanos. La escuela continuará siendo responsable de asegurar a los estudiantes, especialmente aquellos provenientes de vecindarios en desventaja y para monitorear los efectos conocidos físicos y emocionales debidos al estrés urbano. Diseñar espacios urbanos con mejor calidad de vida y potenciar el transporte inteligente requerirá ingenieros preparados, así como investigadores y conglomerados de innovación.
- Tendencias en materia de familia. Una buena educación de calidad es importante como herramienta para reducir la inequidad y la brecha entre estudiantes con bajos y con altos ingresos. Hay un rol claro para las escuelas en promover la aceptación de nuevas estructuras familiares y para potenciar la tolerancia y la diversidad. También una serie de cuestiones importantes de cómo le educación, comenzando con la pre escolar y extendiéndose a lo largo de la vida, puedes apoyar de mejor manera las familias, en especial las pobres y más débiles. Igualmente importante pero menos obvio, es el aspecto de las relaciones entre padres y profesores y el impacto que esto puede tener en el ambiente de aprendizaje así como en el reclutamiento de profesores.
- Las nuevas tecnologías. A diferencia de muchas de las anteriores tendencias que son relativamente graduales y lineales, el desarrollo tecnológico es exponencial y su impacto mucho menos previsible. La tecnología está transformando en nuestras vidas. Las TIC han cambiado la forma en que nos comunicamos, trabajamos y socializamos. El uso incremental del móvil y de tecnologías adaptativas nos permite comprar desde las cosas más pequeñas hasta las más grandes, ver películas y atender reuniones. El crecimiento del riesgo cibernético y la preparación de profesores en este tópico, son retos inmediatos relacionados con la tendencia del uso creciente de las TIC. Otras son menos obvias o de más largo plazo, como por ejemplo el impacto de las

multitareas en la capacidad de atención de los estudiantes.

TENDENCIAS QUE INFLUENCIARÁN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE EN 2016

Morrison (Morrison, 2016) señala tres grandes tendencias que se pueden identificar en el ámbito educativo, a saber:

- **Acreditación y Rutas alternativas para la Educación Superior.** MOOCs han dado lugar a importantes discusiones sobre vías alternativas de aprendizaje y las instituciones han respondido con programas educativos que ofrecen una variedad de opciones de aprendizaje, proveen una acreditación alternativa a la formación tradicional. La acreditación alternativa puede describirse como métodos alternativos de evaluación de aprendizaje (con el título tradicional como referencia) y el reconocimiento de ese aprendizaje con una acreditación diferente a la del grado o licenciatura. Ejemplos: Budge, una de las primeras alternativas. Ahora tenemos programas MOOC provistos por Udacity con sus nano-grados, Coursera con sus especializaciones y certificados de profesionalidad de edX. Lo nuevo el año pasado es el incremento de programas alternativos ofrecidos por instituciones de educación superior, tales como Bootcamp, MOOCs para obtención de crédito y mini grados como en los MicroMasters del MIT.
- **Experimentación en nuevos modelos de enseñanza y espacios de aprendizaje.** Hay voces que dicen que el sistema educativo tradicional está “roto” (un término no constructivo o preciso). Una descripción más adecuada es aquella que indica que el modelo de educación tradicional se está transformando en respuesta al cambio cultural y a la tecnología. Como resultado hay una variedad de nuevos modelos; modelos de escuela en el sector k-12 que buscan adaptar al cambio cultural y mejorar un sistema que no sirve a los estudiantes de manera adecuada, así como instituciones de educación superior que están reinventando sus espacios de aprendizaje, a unos facilite el enfoque centrado en el estudiante (activo) y no uno enfocado en el instructor (pasivo). Ejemplos: Sal Khan’s Lab School, una escuela para “investigar y explorar nuevos métodos de aprendizaje y enseñanza”. Escuela Primaria Mark Zucherberg orientada a niños de bajos ingresos donde el cuidado de su salud y la educación se combinan en el mismo espacio. En educación superior está el programa IMAPACT de la Universidad de Purdue, que incluye nuevos salones de clase y espacios de aprendizaje activo para apoyar el aprendizaje mezclado. Vandervilt University con sus énfasis en crear nuevos espacios de aprendizaje y la Universidad Central de la Florida con su programa a gran escala que está incrementando el número de estudiantes que al mismo tiempo reduce los costos al ofrecer a los estudiantes cursos F2F junto con un menú creciente de cursos en línea y semipresenciales.

- Aprendizaje personalizado. Se trata de uno de los mejores modelos de moda en educación, que aparentemente son ofrecidos por las instituciones, pero que realmente hablan de un aprendizaje personalizado que es impulsado por los aprendices, donde los aprendices controlan su proceso de aprendizaje no como consumidores de contenidos sino como creadores de contenido, construyendo conocimiento a través de la colaboración y la conectividad por medio de los apps móviles. Los estudiantes estarán en control no solo de cuando ellos aprenden, sino que demandan contribuir en ese proceso a través de discusiones y colaboración, creando contenidos mientras lo hacen. Este fenómeno sugiere que las escuelas y las universidades necesitarán responder mediante la creación de programas de aprendizaje que reconocen que es el estudiante quien busca este tipo de experiencia de aprendizaje personalizado.

A partir de las tendencias identificadas en la búsqueda de documentos prospectivos, y cuya síntesis se ha presentado, se propone la siguiente clasificación y la descripción de variables que serán utilizadas en las fases siguientes del proyecto, agrupadas en seis grandes temas: modelos educativos, evaluación del aprendizaje, desarrollo profesoral, uso de tecnología, ambientes de aprendizaje y procesos de aprendizaje.

A – TENDENCIAS EN MODELOS EDUCATIVOS

- MOOC – Massive Open Online Course: Basados en el principio de la educación abierta, es una estrategia de formación cada vez más utilizada. Los estudiantes tienen libre acceso, pueden compartirlas e incluso modificar contenidos. Son gratuitos, aunque algunos cobran por tutorías personalizadas.
- Aprendizaje social y emocional: cuando los estudiantes trabajan en equipo, aprenden a colaborar, comunicarse y resolver conflictos. El aprendizaje cooperativo y la formación del carácter social y emocional, prepara al estudiante para tener éxito en sus actividades futuras.
- Formación integrada o interdisciplinaria: incrementa el interés y la retención de estudiantes. Los estudiantes abordan su proceso de manera interdisciplinaria, lo cual refleja el conocimiento y la sociedad moderna.
- Aprendizaje centrado en el estudiante: Los profesores se convertirán en facilitadores del proceso educativo. Las escuelas, estarán orientados sus acciones hacia el conocimiento, pero también hacia cómo se obtiene el conocimiento y qué se hace con ese conocimiento. La disponibilidad inmediata a respuestas que los estudiantes buscan ya no vienen del profesor, sino de la red.
- Enseñanza y aprendizaje colaborativo: Uso de almacenamiento en la nube para potenciar el trabajo colaborativo.
- Aprendizaje basado en proyectos: centrados en el estudiante, de largo plazo. Es un enfoque práctico y

riguroso del aprendizaje y desarrollo de habilidades básicas, basado en actividades significativas que abordan problemas complejos y reales. Ayuda a desarrollar y retener el conocimiento útil.

- Aprendizaje basado en juegos o gamificación o juegos en la escuela: Pedagogías basadas en principios de diseño del juego y en el juego mismo son cada vez más reconocidas como una herramienta para disfrutar de la enseñanza y el aprendizaje. Ya hay ejemplos en esta dirección: MinecraftEdu, Quest to Learn, Juegos en clase de la profesora Dawn Hallibone, etc.
- Aprendizajes basados en... problemas, investigación, desafíos, etc.: son modelos que fomentan las experiencias de aprendizajes más activos dentro y fuera del aula de clases.
- Enfoque en recursos educativos abiertos – OER: Recursos educativos abiertos (OER) están creciendo en amplitud y calidad, como es el caso de uso de materiales en aulas, redes, y escuela las comunidades en todo el mundo. El objetivo es que los materiales y recursos OER sean copiables, sin barreras de acceso, sensibles culturalmente y compartibles y para uso educativo.
- Aprendizaje personalizado: impulsado por los aprendices, donde ellos controlan su proceso de aprendizaje, no como consumidores de contenidos sino como creadores de contenido, construyendo conocimiento a través de la colaboración y la conectividad por medio de los apps móviles. En esta categoría también se pueden situar tendencias llamadas: Aprendizaje justo a tiempo y el Aprendizaje encontrado.

B – EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

- Evaluación global o Evaluación Integrada: La evaluación efectiva debe medir todas las habilidades del estudiante (social, emocional, académica), de manera que se tengan en cuenta los múltiples estilos de aprendizaje. Se utilizan varias formas o instrumentos para la evaluación, tales como: portafolios, presentaciones, test.
- Autoevaluación: Se potenciará la autoevaluación de parte de los estudiantes (y también de profesores).
- Analítica del aprendizaje (learning analytics): Analítica de aprendizaje es un tema de creciente interés en investigación. Se trata de recoger y analizar los patrones en los datos del alumno para hacer predicciones y recomendaciones acerca de optimizar el aprendizaje. Ejemplos: Signals de la Universidad de Purdue; Society for Learning Analytics Research (SoLAR).
- Evaluación de formación online: Es un reto el encontrar formas adecuadas de validar la formación online, evitar el plagio y utilizar la Big Data para fines de evaluación del aprendizaje.

C – DESARROLLO PROFESORAL

- Desarrollo del profesor: El factor humano es el elemento más valioso en la educación. Maestros, administradores y padres juegan papeles críticos en estudiantes a través del proceso de aprendizaje, para cultivar intereses y ganar confianza. Es por eso que la formación permanente de los profesores es un elemento clave.
- Formación para apoyo a dificultades de aprendizaje: Se trata aquí la importancia de formación de profesores con nuevas técnicas para apoyar el proceso de formación de estudiantes con dificultades para el aprendizaje.
- Internacionalización de la formación: La economía globalizada está forzando a los profesores a adquirir perspectivas y habilidades interculturales. Para ello, una forma de lograrlo es haciendo formación posgradual en educación fuera del país. Estudiantes asiáticos van a Estados Unidos o Europa, mientras los europeos o norteamericanos optan por universidades en Asia. Programas internacionales en educación preparan a los futuros maestros para los retos y oportunidades nuevas, proporcionando una comprensión global de la educación, que luego transmiten a sus propios estudiantes.
- Entrenamiento en medios digitales: Según algunos estudios, muy pocos profesores han tenido la oportunidad de formación en el manejo eficiente de medios digitales como soporte a su actividad de enseñanza. Hay necesidad de formación en: uso óptimo de las redes escolares, trabajo en la nube, seguridad informática, etc.

D – USO DE TECNOLOGÍA

- Integración de la tecnología: de una manera inteligente, combinada con los nuevos enfoques educativos.
- Uso personal de la tecnología, llamada también BYOD (bring your own device), computación 1x1 o conectividad: Facilitar a los estudiantes el uso de dispositivos móviles conectados a la red wi-fi puede suponer muchos beneficios: mayor participación de los estudiantes, más oportunidades de personalizar el aprendizaje, acceso a contenidos pedagógicos, aprendizaje autónomo.
- Uso de Impresoras 3-D: aprovechar esta tecnología no solo en ámbitos de la formación en diseño o modelado físico de prototipos de ingeniería, sino como instrumento para facilitar la enseñanza en otras áreas, como la matemáticas, la biología, la física.
- Habilidades digitales en el aula
- Realidad aumentada: es la estratificación de la información en una representación o visión de un lugar en el mundo 'real'. El creciente acceso a internet combinado con el desarrollo de cámaras de alta resolución y

de sensores en los móviles, incrementa oportunidades para nuevas formas de mirar en el mundo. Por ejemplo, hay ya imágenes históricas en localizaciones particulares que permiten conocer una ciudad en otros tiempos.

- Programación y apps: Los estudiantes serán capaces de utilizar herramientas de programación de alto nivel, para desarrollar apps que permitan la solución de problemas reales. La aparición de módulos o trozos de programas que se copian y pegan incrementa las opciones a los programadores principiantes para crear apps. Muchos creen en el enorme potencial que esto representa.
- Rápida aceleración de la tecnología intuitiva: Gracias a las pantallas táctiles y otras interfaces de uso natural, los estudiantes de hoy no tienen que ser expertos para personalizar sus dispositivos, manipular contenidos y comunicarse y colaborar con otros.

E – AMBIENTES DE APRENDIZAJE

- Renovación de bibliotecas: que facilite el desarrollo de gusto por la lectura. Esto implica repensar el diseño de bibliotecas (entre otros), como espacios abiertos o centros de aprendizaje adecuados para el aprendizaje autónomo y la creatividad.
- Sistemas híbridos de aprendizaje: Las escuelas que están utilizando modelos de aprendizaje híbridos, encuentran que utilizando ambientes físicos y virtuales permite a los profesores personalizar aún más la experiencia de aprendizaje, estimular a los estudiantes de una forma muy variada y extender el proceso de aprendizaje más allá del aula.
- Repensar la Escuela: Hay un movimiento hacia la reinención del aula de clase tradicional y de cambiar el paradigma de la experiencia completa de la escuela. Métodos tales como aprendizaje basado en proyectos o aprendizaje basado en retos, hacen necesaria una transformación de las estructuras de las escuelas que permitan a los estudiantes moverse de una actividad de aprendizaje a otra de manera más orgánica, removiendo las limitaciones actuales. Estos enfoques implican la renovación de la configuración o distribución de las aulas de clase para facilitar la interacción de grupos.

F – PROCESOS DE APRENDIZAJE

- Mejores herramientas para la dislexia y la discalculia: aprovechamiento de los avances tecnológicos, como el reconocimiento de voz y la escritura predictiva, pueden ayudar a estudiantes con dificultades de aprendizaje. (ojo podría estar este punto en el 4).

- Aplicaciones de la Neurociencia: Hay muchos avances en la comprensión del **cerebro humano** y en la forma de cómo aprende, y esto podría generar cambios importantes en los modelos de enseñanza – aprendizaje. El software adaptativo puede ser una de esas herramientas que incorpore aquellos nuevos conocimientos sobre el funcionamiento del cerebro.

3 CONSULTA PROSPECTIVA

La prospectiva es una disciplina de gestión que permite reflexionar sobre el futuro – lo que podría ser y lo que debería ser, con miras a orientar la acción humana – individual o colectiva- en el presente, mediante toda una infraestructura conceptual y metodológica aplicable a problemas de diferentes campos y áreas.

En estudios de prospectiva se encuentran varias escuelas de pensamiento, pero las dos escuelas más utilizadas en el mundo que tienen métodos propios basados en el método científico son la escuela francesa y la escuela anglosajona, la propuesta que se presentó y que fue aprobada por FCDS se basa en la escuela anglosajona, donde el método Delphi es su principal exponente, esto permite generar temas, tecnologías o innovaciones más concretas, y no simplemente un escenario con una descripción poco concreta y sin detalles que se acerca a más un deber ser o una “nube” de variables con unos estados pero sin apuestas específicas. Existen experiencias documentadas en las que organizaciones líderes en innovación que realizaron solo escenarios en los últimos años, debieron rehacer sus estudios a través de la nueva aplicación del método Delphi para innovaciones y tecnologías.

El método Delphi cuyo nombre se inspira en el antiguo oráculo de Delphos, fue ideado originalmente a comienzos de los años 50 en el Centro de Investigación estadounidense RAND Corporation, como un instrumento para realizar predicciones sobre un caso de catástrofe nuclear. Desde entonces, ha sido utilizado frecuentemente como sistema para obtener información sobre el futuro.

El método Delphi consiste en una consulta estructurada a un número de expertos de los sectores o temas específicos elegidos para el ejercicio prospectivo, sobre la base de un cuestionario, preparado por paneles o comisiones de expertos, que se responde anónimamente y en dos rondas. Según diferentes expertos de la escuela anglosajona en el mundo, el Delphi tiene cuatro características claves: anonimato, iteración, retroalimentación controlada y agregación estadística de un grupo de respuestas. El método Delphi es aplicado dentro de las organizaciones, instituciones y países con el fin de reducir la incertidumbre en la toma de decisiones de ciertas áreas estratégicas, logrando de esta forma la identificación de factores claves.

Al momento de realizar un estudio de prospectiva mediante el método Delphi se deben realizar los siguientes pasos:

Construcción del árbol tecnológico, construcción del perfil de expertos, selección de agrupadores, cuestionario primera ronda, envío de la primera ronda a expertos, análisis estadístico de la primera ronda, construcción y envío de la segunda ronda Delphi, análisis de la segunda ronda y por último la socialización de los resultados.

Esta metodología se aplicó durante el Taller llevado a cabo en la Ciudad del Saber. Se contó con una participación de más de 35 expertos, obteniendo un total de 31 respuestas efectivas para las dos rondas Delphi.

3.1 RESULTADOS DE LA PRIMERA RONDA DELPHI

Con el fin de poder llegar a resultados confiables el equipo consultor internacional definió una hoja de ruta que contempló la construcción del árbol tecnológico, el cual hace referencia al conglomerado de temas resultantes de la síntesis documental realizada por IALE en el tema educación. La búsqueda se realizó en bases de datos científicas y se considera una etapa de vital importancia en un estudio Delphi debido a que es el primer acercamiento que se tiene de los temas de interés en el estudio, permitiendo así analizar toda la información científico-tecnológica que sirve de apoyo en los procesos de toma de decisiones.

Los agrupadores para el Delphi fueron propuestos por IALE y validados por personal de la Fundación Ciudad del Saber.

Los expertos participantes en los talleres fueron invitados por la Fundación Ciudad del Saber, teniendo en cuenta que debía haber representación de universidades, empresas y entidades gubernamentales, para este ejercicio se contó con la participación de 35 expertos.

La construcción del cuestionario, se realizó con base en el árbol de temas, tecnologías, innovaciones para cada agrupador. Este cuestionario tiene los siguientes elementos: Título, Logo(s), Objetivo del estudio, Fecha de diligenciamiento, Información general del experto, la escala de calificación utilizada fue Likert.

Después de recibir la primera ronda Delphi debidamente diligenciada, se procedió a realizar el análisis estadístico donde se utilizaron diferentes técnicas estadísticas tales como: moda, frecuencia modal, porcentaje de consenso, promedio de consenso, esto con el fin de identificar los temas prioritarios, no prioritarios y en discusión.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en la primera ronda Delphi, donde los expertos seleccionaron inicialmente los temas prioritarios y en discusión, en los seis agrupadores de educación y los 35 temas propuestos inicialmente a partir de la síntesis documental. Los no prioritarios no están incluidos.

El criterio de selección para que un tema sea prioritario, no prioritario y discusión se observa en la Figura 4.

Después de obtener los temas prioritarios de la primera ronda se procedió, en el marco del taller a la construcción y envío de la segunda ronda Delphi la cual buscó retroalimentar los resultados obtenidos en la primera ronda, debido a que en esta etapa se le pidió al experto que al momento de diligenciar la encuesta argumentara los temas que él consideraba prioritarios o no prioritarios.

En este caso en particular los expertos aportaron 22 nuevos temas para ser tenidos en cuenta en la segunda ronda, de esta forma se enriquece el proceso y análisis a partir de las opiniones de los expertos que participaron en el taller. La Tabla 3 presenta la lista de los temas sugeridos.

Después de recibir la segunda ronda Delphi debidamente diligenciada, se procedió a realizar el análisis estadístico donde se utilizaron las técnicas estadísticas descritas para la primera ronda.

En este caso, se calculó la frecuencia modal 2 (Fm2), permitiendo de esta forma obtener los temas prioritarios, la ecuación utilizada fue la siguiente:

$$Fm2 = Fm1 + Er2 - Sr2$$

Fm1: Frecuencia modal alcanzado en la primera ronda por tema

Er2: Número de expertos que entran al consenso de la segunda ronda por tema

Sr2: Número de expertos que salen del consenso de la segunda ronda por tema

3.2 RESULTADOS DE LA SEGUNDA RONDA DELPHI

Los resultados obtenidos en la segunda ronda se observan en la Tabla 4, allí se encuentran los temas que fueron ganadores para el método Delphi. Los temas nuevos propuestos por los expertos para la segunda ronda fueron calificados por los expertos como se indica en la Tabla 5. Se resaltan: Liderazgo y emprendimiento, aprendizaje basado en el conocimiento derivado de la neurociencia, evaluación colaborativa, formación basada en el desarrollo de competencias, realidad virtual, comunicación digital, ambientes abiertos que incentiven el aprendizaje colaborativo y neurodidáctica.

En conclusión de acuerdo con el análisis de moda, frecuencia modal y porcentaje de consenso en las dos rondas, los temas prioritarios son los indicados en la Tabla 6.

Los temas prioritarios resultado del análisis de la segunda ronda Delphi son importantes al momento de generar una imagen de futuro ya que nos permite encaminar la trayectoria para la misma.

3.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

A partir de la matriz de problemáticas, fueron seleccionadas 77 variables para realizar el análisis estructural por el método MICMAC (Matriz de Impacto Cruzado – Multiplicación Aplicada a una Clasificación), con el objetivo de poder identificar las variables clave más motrices y más dependientes, mediante clasificaciones directas, indirectas y potenciales. Las 30 variables priorizadas al aplicar el método MICMAC son listadas en la Tabla 7.

3.4 ANÁLISIS TIPO DAFO

En el Taller los expertos señalaron diversas problemáticas de tipo Político, Económico, Social o Tecnológico que afectaban a la Educación en Panamá, tales como tales como planes del gobierno, el marco legal de la educación, la movilidad académica, la atención infantil, etc.

Con todos estos insumos ha sido posible realizar una matriz DAFO que refleja la situación actual, que se presenta en la Tabla 8.

4 ESTADO DEL ARTE/TENDENCIAS EN LOS TEMAS PRIORIZADOS

La Vigilancia Tecnológica es un proceso sistemático de transformación de la información que comienza con la captura, continúa con el procesamiento y termina con la valorización de información, y que toma como base fuentes de información primarias (publicaciones, proyectos, etc.) En combinación con el estudio documental y de tendencias permite conocer el estado del arte en relación a un sector o ámbito de interés y caracterizarlo a nivel científico, tecnológico, competitivo y/o de mercado.

En este caso el estudio de vigilancia tecnológica se basó en el análisis de fuentes de información científica a nivel mundial. Se realizaron búsquedas en bases de datos de publicaciones científicas con el fin de poder construir el estado del arte en relación con las principales tendencias en modelos educativos, desarrollo profesoral, usos e integración de las tecnologías en el aprendizaje y replanteamientos del modelo de escuela.

La investigación se centró en la identificación, compilación y análisis de publicaciones científicas a partir de una búsqueda general en la base de datos Scopus con el fin de determinar la situación de la investigación en esta área, las principales tendencias y la caracterización de los actores líderes, entre otros resultados que se presentan a continuación.

La estrategia general de búsqueda que se utilizó para interrogar las bases de datos científicas tuvo en cuenta los términos clave derivados de las áreas priorizadas por los expertos como resultado de las dos rondas Delphi

4.1 PANORAMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

A partir de una primera consulta general a las fuentes científicas de cobertura mundial, se encontraron 18.271 registros, para el período 2012-2016, siendo la mayoría de ellos artículos científicos en revistas y también papers presentados en conferencias. Estas cantidades incluyen publicaciones en distintas áreas de conocimiento: ciencias sociales (un 49%), medicina (27,1%), ingeniería (19,8%), ciencias de la computación (18,7%) y otras (enfermería, artes, psicología, matemáticas, etc.).

Por ello, en una segunda fase de búsqueda se filtraron los resultados a fin de considerar sólo los concernientes a temas de ciencias sociales y educación: modelos y enfoques educativos, y su integración con las tecnologías de la información. El corpus de estudio quedo de este modo reducido a un total 9594 registros en el período estudiado.

4.2 EVOLUCIÓN GENERAL DE LA PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA

La figura 5 muestra la evolución general de la actividad en el área por años. Se constata un interés mantenido a lo largo de los años.

4.2.1 ORIGEN DE LAS PUBLICACIONES

Entre las fuentes más relevantes en cuanto a cantidad de publicaciones contenidas en el periodo estudiado, destacan las mostradas en la Tabla 10.

La conferencia **Frontiers in education (FIE)**¹ es una importante conferencia internacional centrada en las innovaciones educativas y la investigación en ingeniería e informática y dónde se muestran presentaciones relacionadas con temas educativos en ingeniería eléctrica e informática, ingeniería de energía, ingeniería de software, computación e informática, diseño de ingeniería y en otras disciplinas de ingeniería. Otras fuentes importantes son las **Lecture Notes in Computer Science**² y **Computers and Education**. Asimismo destaca la revista turca **TOJET**³, focalizada en artículos académicos sobre tecnologías para la educación.

La Figura 6 muestra los principales temas tratados en las conferencias más importantes en el ámbito estudiado. Así por ejemplo, específicamente en relación al e-Learning, son foros destacados en cuanto a número de publicaciones en el periodo la CSEDU⁴, la International Conference on e-learning⁵ y la KES international conference on Smart Education⁶.

En cuanto a foros internacionales de referencia relacionados con la educación para la ingeniería, destaca la MITE⁷ - IEEE International Conference on MOOCs, Innovation, Technology and Education; asimismo en el área de las ciencias de la información el congreso internacional de informática aplicada IIAI - AAI⁸ es otro referente importante.

Otros congresos destacados en áreas específicas como por ejemplo el Blended Learning son la Conference de Colorado (EE.UU)⁹, y en relación al Flipped Learning o aprendizaje invertido la conferencia FlipCON¹⁰.

Asimismo, en el ámbito latinoamericano se pueden destacar las conferencias BETT Latin America¹¹, IC-ERI¹² o la CIIE¹³ de Monterrey, México.

4.2.2 PRINCIPALES INSTITUCIONES

En la Tabla 11 muestran las principales instituciones de referencia en cuanto a número de publicaciones científicas en temas relacionados con Educación y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Varias universidades australianas aparecen en las primeras posiciones del ranquin de productividad en el periodo.

La Universidad australiana de Curtin es un centro de referencia en humanidades y ciencias de la educación, incorporando innovación en tecnologías de aprendizaje a nivel teórico y práctico desde el año 1975. Otras instituciones australianas destacadas son la QUT, que es también referente en educación e investigación en ámbitos relacionados con las TIC, la innovación, las nuevas tecnologías y en el ámbito de la salud¹⁴, así como las Universidades de Sidney y Monash.

El NIE de Singapur es otro centro de referencia mundial en investigaciones sobre educación¹⁵. Singapur destaca, especialmente, por la enseñanza de las ciencias exactas (se trata del país cuyos estudiantes suelen obtener los mejores resultados en matemáticas, según el informe PISA).

En Europa, la Universidad de Helsinki (Helsingin Yliopisto) aparece en el listado en representación de Finlandia, país cuyo modelo de educación es visto como un referente de éxito claro en Europa.¹⁶

En EE.UU. aparecen destacadas en las primeras posiciones de la tabla, las **Universidades del Estado de Pennsylvania y la de Purdue en Indiana**. Ésta última universidad destaca por su alta actividad en los dos últimos años (2015-2016) que la sitúan como centro líder en la actualidad, con trabajos e investigación aplicada en temas como la educación por competencias y la analítica del aprendizaje.

También con altos niveles de producción científica para todo el período 2012-2016, se sitúa la Universidad canadiense de Toronto.

4.2.3 PRINCIPALES AUTORES

Como investigadores más relevantes destacan en cuanto a número de publicaciones producidas en el periodo estudiado, los mostrados en la Tabla 12.

El equipo de la Universidad australiana de Adelaide que dirige **Katrina Falkner** es un centro de referencia en Investigación sobre educación y ciencias de la computación y en especial en áreas relacionadas con la pedagogía colaborativa y activa; por su parte, los investigadores **Alexander Repenning** y **Ashok Basawapattana**, de la universidad de Colorado, son referentes en temas de Educación y Gamificación. En Europa, la profesora holandesa **Joke Voogt**, destaca en investigación principalmente en temas de educación del profesorado, usando analíticas de aprendizaje (Learning analytics). A nivel latinoamericano destaca la experiencia de la Dra **Paula Charbonneau-Gowdy**, de la Universidad Andrés Bello y colaboradora de la institución canadiense Learning Development and Technology, en temas de educación y e-learning. En España, el profesor **David Fonseca Escudero**, de la Universidad de La Escuela de Arquitectura de Salle, Universidad Ramon Llull, investiga en la aplicación de tecnologías avanzadas para la mejora del aprendizaje.

Otros investigadores destacados son **Michael Gottfried**, de la Universidad de Santa Barbara, California; **Jareth Keengwe** del College of Education and Human Development de la Universidad de North Dakota (UND), **Ingo Eilks** de la Universidad alemana de Bremen; **Shannon Kennedy-Clark**, de la Universidad Australiana de Notre Dame, **Karel Kreijns**, de la Universidad de los Países Bajos y **Albert Sangrà** de la Universitat Oberta de Cataluña²⁴.

4.2.4 PRINCIPALES PAÍSES

Estados Unidos –con numerosas universidades y centros de investigación distribuidos por toda su geografía- es el país de referencia en publicaciones sobre temas Educativos centrados en nuevos modelos y enfoques educativos, educación Integrada y competencias digitales. Es un referente claro en cuanto a volúmenes de producción científica, a gran distancia con respecto a los demás países.

Otros países importantes en este ámbito son el **Reino Unido** y **Australia**, tal y como se ha observado a nivel de instituciones líderes.

España se sitúa dentro del bloque de países anglosajones como país destacado en cuanto a nivel de publicaciones en materia de Educación (380), incluso por delante de **Canadá** y seguido de **Turquía**, que no llega a alcanzar el centenar de publicaciones en el período. En el corpus estudiado se encuentran 32 publicaciones pertenecientes a la **Universidad de Barcelona**.

Alemania es otro de los países que más publican al respecto en Europa, con destacados centros como el **Federal Institute for Vocational Education and Training (BIBB)**²⁵ de Bonn.

4.2.5 PRINCIPALES TEMAS DE INVESTIGACIÓN

El recuento de las frecuencias de los términos controlados de las publicaciones nos da una idea de los principales temas tratados a nivel científico en los últimos 5 años.

Podemos ver algunos rasgos característicos de los temas de interés general por parte de la comunidad científica, con respecto a los temas educativos en la actualidad. Éstos se pueden englobar en las siguientes áreas principales:

- **NECESIDAD DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO** (647 publicaciones hablan de personal training, 145 de teacher education, 63 sobre teacher training, 20 sobre TPACK²⁶, etc).
- **ÉNFASIS EN LAS TIC** (553 publicaciones en computing education , 410 en Computer Aided Instruction, etc) y en la integración de las nuevas tecnologías (181 publicaciones sobre realidad virtual, 143 sobre Inteligencia artificial, 104 de Robótica, 90 sobre la interacción humano-computador, 86 de lingüística computacional, 67 de realidad aumentada, 53 mencionan los sistemas embebidos, etc.)

- MOVILIDAD DE LOS ESTUDIANTES Y EL APRENDIZAJE A DISTANCIA (725 publicaciones tratan el e-learning, 147 hablan de distance education, 97 sobre blended learning, 77 sobre online learning, 63 sobre mobile learning, 77 sobre el uso de dispositivos móviles).
- MÉTODOS DE APRENDIZAJE (327 publicaciones hablan de Aprendizaje basado en proyectos, 284 sobre métodos de resolución de problemas y sistemas de aprendizaje, del aprendizaje experimental y de laboratorio (90 publicaciones mencionan labs, 84 sobre experimental learning, 53 experiments), de la gamificación (66 artículos sobre aprendizaje basado en el juego, 55 sobre serious games), de los aspectos motivacionales (145) y del desarrollo del pensamiento crítico (117) y la creatividad (87), de las experiencias de aprendizaje (88), de la importancia de la colaboración (collaboration 113, collaboration learning 48, 184 mencionan las redes sociales).
- ENTORNOS DE APRENDIZAJE (143 publicaciones).
- VINCULACIÓN CON EL MUNDO PROFESIONAL (358 publicaciones sobre Professional aspects, 233 sobre sociedades e instituciones, 148 sobre desarrollo profesional, 140 sobre empleo, 135 sobre professional skills, 124 sobre la industria, 117 sobre gestión de recursos humanos).
- EDUCACIÓN PERSONALIZADA Y ATENCIÓN A LAS NECESIDADES ESPECIALES (63 sobre de-seases, 54 sobre autismo, 51 en inclusive education, 40 special education), etc.
- NECESIDAD DE INNOVAR (171 publicaciones).

El grafo de la Figura 8, elaborado en base a la co-ocurrencia de términos en las publicaciones, permite percibir la estructura relaciones entre los conceptos asociados en la temática estudiada.

En ella podemos ver algunas relaciones interesantes entre conceptos y metodologías educativas tales como la relación entre el *Active Learning* y la *Inteligencia Artificial*, o el *E-learning* y el *Computer Aided Instruction* y los *entornos interactivos de aprendizaje* o la *formación del personal educativo en TIC*, entre otros.

En la Figura 9 se relacionan los conceptos clave de las publicaciones del último año del estudio (2016). Se observan conceptos de interés actual tales como el *Blended learning* (15 publicaciones en el último año), o la *Flipped Classroom* (modelo de educación invertido), la preocupación por los *entornos de aprendizaje interactivos*, el *STEM*²⁷, el énfasis en el *desarrollo del pensamiento crítico*, la *emprendeduría* y *aprendizaje experiencial*, el *aprendizaje colaborativo*, entre otros.

La Tabla 13 lista las instituciones actualmente activas en publicaciones en los temas priorizados a nivel global,

según los resultados de la búsqueda general en la base de datos Scopus. Se han clasificado las instituciones por las áreas temáticas en que han publicado en el último año (2016) y agrupado en países.

En ella podemos ver, por ejemplo, como el *Blended Learning*, es un concepto mencionado en publicaciones recientes de Universidades Australianas tales como la de La Trobe²⁸ y la de South Australia, o de la Universidad holandesa de Delft²⁹, así como de las Españolas UPC y UOC.

Vemos asimismo como prestigiosos centros de investigación estadounidenses como el PARC de Palo Alto –siguiendo su tradición de formación en “comunidades de práctica” iniciada en los años noventa en el Institute for Research on Learning (IRL)- o la Haas School of Business³⁰ de la Universidad de California en Berkeley, siguen afrontando hoy temas de *multidisciplinariedad*.

En un terreno próximo, usando el concepto de *Aprendizaje Colaborativo*, están realizando investigación numerosas instituciones estadounidenses (entre ellas, por ejemplo, el prestigioso MIT, o el SRI International, concretamente acerca de cómo afecta el habla en la colaboración³¹; también la Universidad de California o la de Loyola Marymount en Los Angeles, con varias publicaciones sobre aprendizaje cooperativo); también en Europa, centros de Suiza, España, Reino Unido e Irlanda (entre los cuales cabe destacar el CRITE irlandés³², el ZHAW suizo³³ o la Universidad danesa de Aalborg³⁴ o en España las Universidades del País Vasco), así como numerosas instituciones asiáticas de China, Taiwan y Japón, entre otros países. Cabe destacar en este ámbito, en la región centroamericana a las instituciones mexicanas: CICESE, LANIA y el Instituto Nacional de Astrofísica óptica y Electrónica.

Numerosas instituciones españolas (tales como la Universidad Politécnica de Valencia) son también hoy activas en investigación sobre *Aprendizaje basado en proyectos*; como también lo son centros de referencia asiáticos como la Universidad de Hokkaido³⁵ en Japón o el laboratorio chino LIESMARS³⁶.

En cuanto a fomento de las *capacidades para resolución de problemas* se aprecian trabajos recientes bajo este enfoque de numerosos centros estadounidenses; también de varios españoles y otros centros europeos (en particular alemanes como el Karlsruhe Institute of Technology o la Technische Universität Berlin); Asimismo podemos destacar producción investigadora reciente de centros asiáticos como el Instituto Tecnológico de Kanazawa³⁷ en Japón (que también publicaba este año sobre aprendizaje colaborativo), a la Universiti Teknologi MARA (UiTM)³⁸ de Malasia, otro centro de referencia en modelos educativos en la región.

Planteando nuevos enfoques de *Entornos de aprendizaje* encontramos centros de Estados Unidos, China, Taiwán y también se aprecia interés especial en esta área por parte de varios centros de la región oceánica (de Australia y de Nueva Zelanda), entre otros países.

En relación al *Aprendizaje por Proyectos* son muchas las instituciones que actualmente publican sus investigaciones en las fuentes consultadas (principalmente de Estados Unidos, pero también de España, Japón, China, Taiwán, Francia o Portugal, entre otros países); cabe destacar en este ámbito, una publicación reciente de la **Universidad Tecnológica de Panamá (UTP)**.

Por último, en cuanto a *Gamificación* encontramos, por ejemplo, publicaciones de investigadores de algunas universidades españolas tales como la **Universidad de Salamanca** (con artículos recientes sobre “juegos Serios”) o de la **Universidad de Vigo** y de la **Universidad de León**. En Brasil, en este ámbito, la **UFSCar** desarrolla aplicativos novedosos de realidad virtual.

4.2.6 ANÁLISIS DE CITAS

La Figura 10 muestra gráficamente la dinámica de las citaciones en el conjunto de publicaciones.

Entre los artículos más citados en el último período analizado destacan:

- **Feldmann, L** *Considerations in the design of WBL settings to enhance students' employability: A synthesis of individual and contextual perspectives* (2016). Institute of Work Science, Ruhr University Bochum, Bochum, Germany.
- **Ersoy M., Yurdakul I.K., Ceylan B.** *Investigating preservice teachers' TPACK competencies through the lenses of ICT skills: An experimental study* (2016) Faculty of Education, Computer Education and Instructional Technology, Turkey.
- **Zydney J.M., Warner Z.** *Mobile apps for science learning: Review of research* (2016) School of Education, University of Cincinnati, Cincinnati, OH, USA.
- **Kapon S.** *Doing research in school: Physics inquiry in the zone of proximal development* (2016) Technion—Israel Institute of Technology, Technion City, Haifa, Israel.
- **Siddiq F., Hatlevik O.E., Olsen R.V., Throndsen I., Scherer R.** *Taking a future perspective by learning from the past - A systematic review of assessment instruments that aim to measure primary and secondary school students* (2016).
- **Akili, W.,** *On mentoring relationships: How to become a good mentor* (2013)

4.2.7 PRINCIPALES REDES DE COLABORACIÓN

Con el objetivo de complementar la visión del ámbito de conocimiento estudiado desde un enfoque estructural, se visualizan las colaboraciones recientes destacadas entre instituciones en materia de educación e integración de tecnologías. De este modo es posible observar, por ejemplo, publicaciones conjuntas de investigadores de la Universidad de Standford, la Arizona State University el Virginia Tech, la Carnegie Mellon y la Escuela de Económicas de la Universidad de Moscú en temas de cooperación universidad-empresa (Becker J., Taratukhin V., Kupriyanov Y.V. Towards a framework for educational university-industry cooperation: Industry perspective, 2016).

El grafo de la Figura 11 muestra las principales colaboraciones recientes (año 2016).

Por su parte las universidades canadienses de Cargary y British Columbia colaboran con la Universidad de Singapur en aplicaciones de la neurociencia para atender a necesidades especiales de los estudiantes (Hale J.B., Chen S.H.A., Tan S.C., Poon K., Fitzer K.R., Boyd L.A. Reconciling individual differences with collective needs: The juxtaposition of sociopolitical and neuroscience perspectives on remediation and compensation of student skill déficits, 2016); La Universidad de Ohio investiga junto con la institucion China de Educación People's Education Press en diferencias culturales que afectan al rendimiento de los estudiantes (Ding L., Wei X., Liu X. Variations in University Students's Scientific Reasoning Skills Across Majors, Years, and Types of Institutions 2016); las universidades Estadounidenses del Estado de Michigan y de Yale participan conjuntamente en una publicación sobre educación y lenguaje (Goertler S., Kraemer A., Schenker T. Setting Evidence-Based Language Goals, 2016), asimismo la Universidad de Montana y la Universidad politécnica de Florida investigan sobre la implicación de los estudiantes en el aprendizaje basado en proyectos (Improved student engagement through project-based learning in freshman engineering design, 2016).

4.3 TECNOLOGÍAS DE LA EDUCACIÓN EN LAS REDES SOCIALES

Como complemento de la información aportada por el análisis de la investigación científica más reciente, se presentan aquí los resultados de un estudio de la actividad en las redes sociales en el ámbito de la educación y las tecnologías.

La consultora Analytica39 ha analizado recientemente mediante la recopilación y análisis de twits y su repercusión en las redes sociales, a los expertos más influyentes en este medio en relación a tecnologías de la educación y elearning, tal como se muestran en la Figura 12.

Según este estudio, aparecen como autores más influyentes en las redes sociales, **Alex Corbit**⁴⁰, profesor de educación secundaria y conferenciante de Nueva York cuyo trabajo se focaliza en aprendizaje socio-emocional, gamificación y tecnologías de la educación y **Monica Bruns**⁴¹, consultora y representante de Apple y creadora de la web *ClassTechTips.com* para proporcionar recursos para educadores y administradores en la implementación de EdTech en el aula. Otras blogueras destacada en el ámbito de las tecnologías para la educación en cuanto a su influencia en las redes sociales son **Kasey Bells**⁴² con su blog *Shake up learning* y **Vicky Davis**⁴³ con su blog *Cool Cat teaching*.

A nivel de empresas o instituciones más influyentes en las redes sociales en temas de nuevas tecnologías y educación destacan **EdSurge**⁴⁴, una empresa de tecnología educativa que publica boletines informativos y opera bases de datos utilizadas por inversores, maestros, administradores de escuelas y otros; **Edtech k12**⁴⁵, revista online sobre tecnologías para la educación; **Mindshift**⁴⁶, un portal de noticias y opinión con reflexiones acerca del futuro de la educación y el impacto de las nuevas tecnologías; **Elearning Industry**⁴⁷, portal de recursos y publicaciones sobre elearning, o la brasileña **Zoom**⁴⁸ que promueve la robótica entre los jóvenes, entre otros. La Figura 13 muestra la relación de estas instituciones.

5 CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIONES

A continuación se presentan las principales conclusiones estudio.

- a. La revisión de informes de tipo prospectivo sobre la educación que otras organizaciones a nivel internacional han realizado durante los últimos cinco años, permitieron estructurar las variables de interés en ésta área, en seis grandes categorías, que se muestran en la Figura 14.

Todos los documentos revisados dan sus propias versiones sobre la tendencias de futuro de la educación, según sus propios criterios, pero todas ellas se pueden insertar en una o varias de las categorías indicadas, de modo que éstas se pueden considerar muy incluyentes, a la vez que facilitan la organización de las variables que fueron consideradas posteriormente en el análisis Delphi.

En esta revisión se identificaron 10 variables relacionadas con modelos educativos, que por su número parece ser la preocupación más importante en el contexto internacional. Le sigue en orden descendente el uso de la tecnología, con 7 variables, y en seguida, la evaluación del aprendizaje y el desarrollo profesional, cada una con 4 variables. Finalmente están los ambientes y los procesos de aprendizaje.

Hay que tener en cuenta que en número de variables no necesariamente está asociado al grado de importancia que pueda tener, sino más bien, a las opciones que ya se han identificado en otros contextos.

- b. Las variables identificadas en la revisión documental, fueron presentadas a un grupo de más de 35 expertos provenientes del sector productivo, del gobierno y de la academia, en la primera ronda del estudio Delphi, llevada a cabo durante un Taller en la Ciudad del Saber, con el propósito de valorarlas y establecer así un nivel de priorización de cada una de ellas. Aquí cabe decir que algunas de las variables del primer grupo (modelos educativos) fueron desplegadas en dos componentes, con el fin de facilitar la evaluación y evitar confusión de conceptos. Por ejemplo, la “formación integrada e interdisciplinaria” se dividió en dos: formación integrada y formación interdisciplinaria. Esta estrategia de despliegue de variables, dio origen a un total de 14 variables para ese conjunto de variables.

De las 14 variables de Modelos educativos, 6 fueron consideradas prioritarias (42%), lo cual indica una sensibilidad de parte de los expertos a este proceso de cambio de paradigma que se está viviendo a nivel global, al cual debe sumarse Panamá. En el grupo de variables asociadas con la evaluación del aprendizaje, solamente una de las cuatro variables (25%) fue calificada como prioritaria: analítica del aprendizaje. Algo parecido sucedió con las variables relacionadas con el desarrollo profesoral, donde solamente la variable de Desarrollo profesional del profesor fue considerada como prioritaria, eso sí con el mayor porcentaje de aceptación entre los expertos, ya que el 84% de ellos estuvieron de acuerdo.

En el grupo de variables asociadas con el uso de tecnología, tres variables obtuvieron el mayor porcentaje de aceptación como prioritaria, lo que equivale al 38% de las variables propuestas. Por otra parte, en el grupo de variables relativas a los ambientes de aprendizaje, una de ellas, obtuvo un alto porcentaje de aceptación como prioritaria, que fue la de Repensar la escuela. Mientras tanto, en el último grupo, las aplicaciones de las neurociencias fueron también priorizadas.

Es de destacar el hecho de que ninguna de las variables propuestas a los expertos fue descalificada por completo, es decir, considerada no prioritaria.

Las variables prioritarias según los expertos consultados en la primera ronda Delphi se presentan en la Figura 15.

En el estudio de vigilancia tecnológica – VT se identificaron algunas tendencias asociadas a las variables aquí propuestas. Por ejemplo, el caso del e-Learning es una variable de alto impacto entre los investigadores y aplicadores de tecnologías. Estaría ubicado dentro del grupo de uso de la tecnología, y en particular asociado a la variable integración de la tecnología. También aparecen otros términos con el *Flipped Learning* o

o aprendizaje invertido que tiene que ver con modelos educativos donde se privilegia el aprendizaje fuera del aula, y el *blended learning*, que se refiere a la combinación del trabajo presencial y el trabajo con medios digitales.

El mismo estudio de VT identifica algunas instituciones de referencia por su gran participación en publicaciones científicas en materia de educación. Por ejemplo, la Universidad de Curtin en Australia (innovadora en tecnologías de aprendizaje), el National Institute of Education de Singapur (centro de referencia en investigaciones sobre educación en ciencias exactas) y la Universidad de Helsinki en Finlandia, país que es considerado modelo en educación a nivel de Europa.

- c. Después de realizar la segunda ronda Delphi con los expertos consultados, el 50% de las variables propuestas no fueron identificadas como prioritarias en alguna de las dos rondas. En el primer grupo, el de Modelos Educativos, 5 variables fueron priorizadas en las dos rondas; en Desarrollo Profesorol solamente 1 variable se mantuvo en las dos rondas como prioritaria, al igual que en Ambientes de Aprendizaje; y en Uso de Tecnología, 3 variables.

Según estos resultados, se confirma la importancia que los expertos le otorgan a los Modelos Educativos y al Uso de Tecnologías.

La Figura 16 muestra las variables identificadas como prioritarias después de realizar las dos rondas Delphi con la participación de los expertos.

Los resultados en este punto contrastan un poco con las prioridades encontradas a partir del estudio de VT, en el que, por ejemplo, la necesidad de formación del profesorado tiene una alta prioridad, incluso mayor que el énfasis en las TIC. Y un tema adicional que no apareció registrado como variable es el de la movilidad de los estudiantes que integra temas como el e-learning, blended learning, mobile learning y online learning, es considerado importante en la comunidad internacional.

- d. Al realizar el análisis estructural en el que se tienen en cuenta problemáticas identificadas por los expertos aparte de las variables inicialmente propuestas, agrupadas en seis subsistemas en los que se puede definir la visión holística del sector en estudio (político, económico, social, tecnológico, ambiental y legal), con el fin de determinar las interacciones entre ellas y los grados de dependencia mutua, se propusieron 77 variables. Después del aplicar el método de análisis de impacto MICMAC, se identificaron 30 variables muy relevantes que deben ser tenidas en cuenta a la hora de definir políticas y planes de acción para el logro de

objetivos estratégicos en el sector educativo en Panamá. Muchos de ellos se pueden implementar acompañando las decisiones con las tecnologías previamente definidas como prioritarias, como es el caso de la variable Uso de Tecnologías, por ejemplo, en la que las TIC y la Automatización de procesos, quedan incluidas. Esto significa que el uso de medios tecnológicos son instrumentos valiosos para mejorar los procesos educativos en el país, y se deben utilizar, pero de ir necesariamente acompañadas de estrategias y políticas que lleven a un uso eficiente de ese tipo de tecnologías, con fines y objetivos claros. Esto es importante porque existe una presunción infundada de que solamente usando tecnologías sin más acompañamiento, se está haciendo mejoras substanciales en los procesos de enseñanza – aprendizaje.

Los expertos identificaron la Responsabilidad Social de las Empresas – RSE como la variable más relevante, según sus impactos en los cuatro planeos del estudio MICMAC. Esto indica que la participación del sector privado como protagonista es muy importante para el sector de la Educación. Probablemente la intención detrás de la elección de esta variable, es la de direccionar de manera adecuada los proyectos e iniciativas que las empresas están obligadas a hacer, hacia el sector educativo para cubrir poblaciones más vulnerables con acciones que la escuela tradicional no cumple, por su falta de flexibilidad para abordar proyectos diferentes a los establecidos en sus programas curriculares.

La segunda variable en importancia, según los expertos, es el de la cobertura del sistema educativo. Tiene mucho sentido esta preocupación, ya que se trata de una variable indicadora del estado o nivel de desarrollo de los países. El porcentaje de población atendida por los sistemas de educación muestra sin lugar a dudas, la dirección que lleva un país en su camino hacia el desarrollo. La articulación entre políticas públicas aparece en tercer lugar. Esto señala la importancia de la coherencia en materia de la gestión del gobierno para atender de manera estratégica un tema de tanta importancia como es la educación de su ciudadanía.

Luego aparece el tema de la vinculación universidad – empresa. Es un reto aun en vías de solución incluso en países desarrollados. Cómo conectar y mantener esa conexión entre el sector productivo y el sector educativo, sin menoscabar los intereses de ninguno, es un asunto de alto calado, en el que se debe trabajar para identificar aquellos proyectos o iniciativas que puedan ayudar a construir ese tipo de relaciones. Esto implica, necesariamente la flexibilización de parte de las universidades, los incentivos fiscales para estimular a las empresas y, en general, la construcción de una mutua confianza hacia la contraparte, que muchas veces se ve impedida debido a las dinámicas diferentes que tienen una y otra.

Las variables que resultaron más relevantes según el análisis MICMAC y que son consideradas como estratégicas, son las mostradas en la Tabla 14.

Dentro de la lista no figura un tema que aparece con fuerza dentro de los temas clave a nivel internacional, como lo es el del énfasis en el desarrollo de pensamiento crítico, el emprendimiento y el aprendizaje experiencial.

5.2 RECOMENDACIONES

Atendiendo a cada uno de los puntos desarrollados en las conclusiones se presentan a continuación respectivamente una serie de recomendaciones generales.

- a. La tendencia global sobre la gestión de la educación apunta muy especialmente a la adopción de modelos educativos diversos, en los que la participación del estudiante cobra mayor relevancia que la que se le ha dado en los modelos tradicionales. Se puede ver un abanico importante de modelos que facilitan la personalización de la formación, y la integración de conocimientos, más que la parcelación que el paradigma actual posee. En este orden de ideas se recomienda estimular a las escuelas y los centros de formación media y superior, incorporar modelos dentro de sus políticas formativas, en las que se tenga más en cuenta al estudiante como protagonista de la formación y al profesor como facilitador del proceso. Esto implicará un mayor esfuerzo, sobretodo porque significa romper esquemas preestablecidos con toda la estructura institucional que ello conlleva, por lo cual el proceso debe estar, por un lado, impulsado por políticas de Estado, pero no solo en materia normativa, sino en la formación de animadores del cambio y por otro lado, promoviendo la participación de las familias y los propios estudiantes, en un esfuerzo importante por mejorar el sistema educativo para posicionar al país como un seguidor de tendencias, más que como un país renuente a la transformación y a la adopción de los nuevos paradigmas educativos que el mundo está viviendo.
- b. Se puede afirmar que los resultados obtenidos se pueden circunscribir en diferentes niveles de decisión y de ejecución. Un primer nivel, tal como ya se ha dicho, tiene que ver con los modelos educativos, que las instituciones deben prescribir basados en unas políticas generales que el Estado a través de los diferentes órganos rectores de la educación en el país, deben definir, aunque manteniendo la flexibilidad que las instituciones educativas necesitan para ejercer sus propias funciones. Aquí, los expertos han opinado que la formación integrada es prioritaria. Esto significa que el enfoque debe trasladarse de mantener la centralidad en algunas asignaturas consideradas relevantes y más bien, sin descuidar éstas, introducir a los estudiantes en un pensamiento más sistémico o integrador de conocimientos para resolver situaciones problemáticas particulares. Es por esa razón coherente, el hecho de que los propios expertos indiquen que la formación interdisciplinaria es, igualmente, relevantes. Está claro que el grado de integralidad y de

interdisciplinaria será función del nivel académico de los estudiantes, de manera que será más evidente en la formación a nivel universitario, pero las capacidades para interactuar en esos contextos hay que construirlas desde niveles primarios. Es por ello que los modelos educativos deben estar articulados entre niveles y no dejarlos como elementos aislados de cada institución y nivel educativo. Es justamente en ese aspecto donde el Estado debe regular y propiciar el adecuado eslabonamiento.

En este mismo concepto de modelos educativos, la formación basada en proyectos y en investigación, desarrollada de manera colaborativa entre los estudiantes, es de suma importancia, tal como lo reconocen los expertos nacionales y también las tendencias a nivel internacional.

- c. Los sistemas de evaluación no parece ser un tema que demande mucha relevancia, según los expertos consultados. En general, la evaluación integrada a los modelos educativos según se ha indicado puede ser más eficaz que otros sistemas de evaluación, aislados e individualizados. Es por ello que varios expertos señalaron la evaluación colaborativa como una forma apropiada de evaluación del aprendizaje. A pesar de esta opinión, la evaluación seguirá siendo un elemento importante en cualquiera de los modelos educativos, quizás con propósitos diferentes al de aprobar o no una asignatura, como se hace actualmente, de manera desconectada de las otras asignaturas, es decir, sin una visión holística del proceso de formación global. Conviene por lo tanto, en la definición de los modelos educativos, trabajar de manera coherente el propio sistema de evaluación más apropiado para cada modelo, con algunas premisas básicas, como la comentada.

Las tres variables que en materia de uso de la tecnología fueron resaltadas por los expertos son: integración de la tecnología, entendida como la apertura al uso de instrumentos tecnológicos para abordar la enseñanza en diferentes áreas del conocimiento, el uso que hagan tanto estudiantes como profesores de las tecnologías, y las habilidades digitales. No obstante, es importante no perder de vista que el objetivo no es utilizar hábilmente las tecnologías digitales, sino que éstas sean puentes que faciliten el proceso de enseñanza aprendizaje, y que potencien el despertar de intereses en áreas en las que resultan muy importante el desarrollo para Panamá. Así, el despertar el interés por las ciencias, por ejemplo, debe ser altamente prioritario, porque la exposición temprana a la enseñanza científica, hará que los estudiantes y futuros profesionales tengan un interés genuino por el mundo científico, tan importante para conducir al país por la senda de la investigación, como elemento diferenciador y generador de competitividad de alto nivel.

A nivel rural, es importante ser intencionales en la búsqueda de despertar y mantener el interés por las ciencias, toda vez que generalmente los estudiantes proceden de estratos socioeconómicos en los que no

reciben estímulos en esa dirección sino solo en la escuela. Esto encaja con la perspectiva de la OCDE (2016) cuando dice que es importante poner en práctica programas específicos destinados a despertar el interés por las ciencias y a respaldar a aquellos que decidan continuar estudiando ciencias más adelante.

Así se podría estar hablando de enseñar a “pensar como científicos”, una competencia esencial en este siglo. Para poder abordar estas nuevas tendencias con eficacia, los expertos han indicado que el desarrollo profesoral es muy relevante. El factor humano es, en definitiva, el elemento más valioso en la educación. Juegan papeles críticos en la dirección y tutorización de los estudiantes, y por ello debe ser un aspecto de alta relevancia para el Estado, el mantener una alta motivación y orientación de los maestros en su labor. El rol de los profesores está cambiando, y las escuelas deben repensar ese rol, para que el sistema en su conjunto funcione adecuadamente. Y luego de repensar ese rol, desarrollar de manera explícita las habilidades para que los profesores puedan cumplirlo a cabalidad. Dentro de esas capacidades, está la necesidad de comprender los procesos cognitivos de los estudiantes, más allá de los parámetros puramente formales a los que han estado inducidos durante muchos años. La neurociencia aquí juega un papel preponderante, y el gobierno debe estimular el desarrollo de capacidades de investigación en esta área en las universidades. En ese campo la neurodidáctica es reconocida por los expertos como muy relevante.

- d. Es necesario entender el sistema educativo del país, como un verdadero sistema con todas sus complejas interacciones dentro de su propio núcleo, como las interacciones con su entorno. Solo entendiéndolo de esa manera, se podrán hacer decisiones que conlleven a un crecimiento de las capacidades nacionales, y en definitiva del desarrollo del país, anclado en un sistema educativo de alta eficiencia medida por su interactividad con los otros componentes del sistema.

En ese orden de ideas, el reto más importante a afrontar es la construcción de las sinergias necesarias entre los diferentes actores del sistema, desde los actores sociales, como es el caso de las familias, hasta los actores productivos, como las empresas.

La definición de políticas de Estado y de las instituciones que lo representan en las diferentes regiones y ámbitos, que faciliten esas sinergias, el intercambio eficiente de información y la toma de decisiones con una visión holística y de sistema, y no de manera independiente y aislada, son elementos clave. Por ello se insiste que no es solamente la adquisición de tecnologías lo que propiciará un cambio, sino que se requiere, sobretudo, un enfoque político amplio e incluyente.

El sector productivo cobra especial importancia, tanto como emisor así como siendo receptor de las salidas

del sistema. Eso significa que las empresas, dentro de sus responsabilidades sociales, debe ejercitar políticas coherentes que vayan más allá del solo cumplimiento de sus obligaciones legales, y se orienten a participar activamente dentro del sistema, promoviendo proyectos de formación profesionalizante, de estímulos a los estudiantes mediante la otorgación de becas y pasantías, que potencien lo que ellas mismas demandan, esto es, experiencias en el aparato productivo. La demanda de formación específica para sus necesidades de común acuerdo con universidades que tengan mucha flexibilidad para poder responder a demandas concretas, es otro elemento importante para posibilitar esa sinergia necesaria para construir puentes que rompan con el esquema de aislamiento del sector productivo y el sector educativo.

La identificación de los actores que deben ser tenidos en cuenta es un elemento importante. Porque no es una decisión solamente de tipo político, sino también social y tecnológica. Por lo tanto se sugiere tener en cuenta a los siguientes tipos de actores:

- Entidades educativas, tales como: escuelas, colegios, universidades con diferentes enfoques y niveles de formación, institutos de formación intermedia de alta calidad, escuelas rurales, etc., con modelos educativos flexibles, con visión integradora de la formación de capacidades y habilidades de sus estudiantes.
- Instituciones gubernamentales: municipios, autoridades reguladoras, autoridades educativas. Con capacidad de responder a las políticas de estado en materia de educación, y hacerlo de manera articulada y coherentes. Un sistema adecuado y transparente de certificación de la calidad de los programas de formación y de las entidades educativas.
- Empresas: con sus programas RSE, programas especiales de pasantías remuneradas, incorporación de talentos nacionales, formación in-company.
- Usuarios: estudiantes de todas las edades, que puedan acceder mediante diferentes esquemas, a programas de formación.

5.3 IMAGEN DE FUTURO PARA PANAMÁ 2040

Tal como lo señala SchoolNet (AISBL, 2016) Se puede definir como tendencia, aquel cambio de concepto o de comprensión de un sistema (la escuela, por ejemplo), que está creciendo en importancia e influencia sobre el funcionamiento del sistema considerado. Algunas tendencias son oportunidades, otras son disruptivas, un reto o una amenaza; algunas pueden ser efímeras, teniendo una vida corta, mientras que otras pueden aparecer muy desapercibidas en el corto plazo, pero luego emerger con potencia en el largo plazo. Muchas tendencias están fuera del alcance de los actores inmediatos, pero otras sí que se pueden incluir dentro de las estrategias de planeación y desarrollo. Una tendencia puede emerger en un país, pero en otro no, y otras pueden ser

Una tendencia puede estar muy relacionada con una tecnología emergente que puede potenciarla para cambiar las organizaciones y los procesos del sistema. Por ejemplo, computación 1:1 (utilizando tablets, por ejemplo), o el acceso a internet en cada aula de clase y no solo en el laboratorio. Sin embargo, una tendencia tecnológica no es en sí misma una causa de un cambio educativo, aunque puede ser una condición necesaria para la innovación en la enseñanza y el aprendizaje.

La OCDE señala en su último informe de la prueba Pisa, es de suponer que “En un momento en el que los conocimientos científicos cada vez están más vinculados al crecimiento económico y se vuelven necesarios para dar soluciones a complejos problemas sociales y medioambientales, todos los ciudadanos, y no sólo los futuros científicos o ingenieros, deben estar preparados y dispuestos a enfrentarse a dilemas relacionados con la ciencia” (OCDE, 2016). Esto significa que el tema de la educación en Panamá debe ser abordado con una clara conciencia de que su influencia no se enmarca solamente en unos resultados académicos inmediatos de los estudiantes, sino que tiene que ver con la adquisición de capacidades necesarias para poder estar insertados dentro de un mundo globalizado y cada vez más competitivo, y que las decisiones políticas y sociales que faciliten dicha adquisición no admiten más esperas. De ahí la importancia de la realización de ejercicios como el que aquí se presenta, que den orientaciones claras de las tendencias esperadas en el sector de la educación y que sirvan de elementos clave para la toma de decisiones en los ejercicios de planeación que Panamá está realizando.

Panamá en el año 2040 en materia de educación, se concibe como un sistema – modelo estructurado por tres grandes componentes: actores, medios y estrategias. Tal como se muestra en la Figura 17.

Este sistema-modelo es lo suficientemente flexible para adaptarse rápidamente en respuesta a los cambios sociales, políticos y tecnológicos de Panamá y del mundo, pero a la vez muy consistente y coherente. Aquí se entiende que es un sistema, en cuanto articula diferentes componentes que son interdependientes entre sí, y a la vez es un modelo, en cuanto tiene una estructura coherente con objetivos y metas bien definidas.

5.3.1 ESTRATEGIAS

Debido a la revolución tecnológica que ha acelerado los procesos de comunicación y transferencia de información y conocimiento, la educación en Panamá 2040 será muy diferente a la que hoy conocemos. Internet convertirá a las aulas de clase en entornos interactivos y será el medio de transmisión del conocimiento, de manera que el rol de los docentes será diferente. El currículo estará personalizado a la medida de las necesidades de cada estudiante, que serán valoradas previamente para trazar su ruta de aprendizaje,

teniendo en cuenta las habilidades personales, las capacidades de asimilación, su entorno social y sus proyecciones de futuro.

Las instituciones educativas serán en esencia redes de conocimiento, con el objetivo de ser canales del aprendizaje colaborativo. Esto significa que dejarán de ser entidades cerradas y autónomas en cuanto a la gestión del conocimiento, lo que significa que serán concebidas y/o transformadas en organizaciones con una alta flexibilidad y capacidad de adaptación.

Como estrategia fundamental de Panamá, para lograr establecer un posicionamiento dentro del contexto global, trabajará durante los próximos años en la consolidación de una alfabetización tecnológica en toda su población, en particular en los actores del sistema educativo.

Adicionalmente, Panamá 2040 será completamente bilingüe, capaz de realizar sus actividades de comunicación ya sea en castellano como en inglés. Esta meta está muy relacionada con la internacionalización de la educación, la ampliación de las capacidades de la población estudiantil para viajar al exterior y hacer cursos en otras naciones, ampliando de esta forma su cosmovisión, como objetivo de su formación integral.

La clase magistral que prevalece actualmente, desaparecerá. Ya información suministrada por medio de estas sesiones magistrales, estará disponible en internet, y por lo tanto, estará disponible para los estudiantes en cualquier momento.

Las estrategias centradas en el estudiante, permitirán que sean atendidos aquellos con necesidades especiales. Para ello Panamá estará siguiendo los últimos avances de las neurociencias aplicadas a la pedagogía, con el fin de adaptar aquellas iniciativas más pertinentes en función de las necesidades de la población. Será, por lo tanto, una educación mucho más incluyente.

Como objetivo central, se establece el desarrollo de habilidades para el aprendizaje autónomo, de manera que se tenga la perspectiva de “aprender durante toda la vida”, facilitando de esta manera los procesos de reciclaje profesional necesarios a lo largo de la vida productiva del ciudadano.

Dentro del modelo educativo, los procesos de aprendizaje serán a medida. Como marco general, se tendrá un énfasis en el aprendizaje colaborativo, que se desarrollará a través de estrategias como el aprendizaje basado en proyectos, y el aprendizaje basado en la investigación. Estas formas de aprendizaje, desdibujarán o matizarán las líneas fronterizas de los disciplinas curriculares, de manera que aunque exista un énfasis particular

en una carrera determinada, los estudiantes tendrán capacidades de aprender de otros profesionales, de interactuar de manera natural con estudiantes de otros énfasis, y de realizar proyectos transversales.

5.3.2 ACTORES

Los profesores dejarán de tener el rol que actualmente desempeñan para pasar a ser facilitadores del aprendizaje. Por lo tanto, su función ya no será la de transmitir un conocimiento que cada vez es más ubicuo, sino que será quien oriente al estudiante hacia el desarrollo de habilidades de crítica, selección de información y de fuentes de información. Esto significa que Panamá debe construir en este plazo, las capacidades de formación de sus profesores, acudiendo a instituciones de alto nivel en el contexto internacional que además les permita relacionarse y construir sus propias redes de colaboración. Es por ello que el docente debe tener otras habilidades adicionales, como por ejemplo, la capacidad de gestionar redes y mantener vivos los contactos, así como la de poder interactuar con profesores de otras nacionalidades y otras instituciones con total capacidad.

Los estudiantes de Panamá 2040 tendrán muchas más posibilidades de acceso al conocimiento y la información. Desarrollarán una mentalidad internacional, es decir, global. La influencia de lo local no será la que prevalece, en la idiosincrasia del joven panameño, pero no porque no la valore, sino porque tiene todas las posibilidades de contrastarla de manera constante con lo que pasa en el mundo. Será en ese sentido, un ciudadano global, capaz de buscar donde se encuentre la información que necesita para resolver sus necesidades de conocimiento.

La línea de jerarquía en la relación entre estudiante y profesor, será más difusa, porque ambos actores serán parte del mismo proceso y por lo tanto, ambos estarán aprendiendo. Esto también significa que el estudiante será más exigente, tendrá un acceso transparente a los sistemas de evaluación que utilice la escuela o el profesor.

5.3.3 MEDIOS

Esta forma de entender la educación hará que las fronteras de la escuela se amplíen. Ya no será solo la estructura física de las aulas o laboratorios, sino será la ciudad entera: la casa, el barrio, el parque. Esto también se traduce en que los horarios no serán los de ahora. No estarán restringidas las comunicaciones, y esto posibilitará que muchos estudiantes que deban trabajar, puedan continuar sus estudios sin dificultades de horarios o desplazamientos a lugares lejanos en las principales ciudades.

en una carrera determinada, los estudiantes tendrán capacidades de aprender de otros profesionales, de interactuar de manera natural con estudiantes de otros énfasis, y de realizar proyectos transversales.

El diseño de los colegios y universidades debe adaptarse a las nuevas estrategias de enseñanza. En ese sentido, Panamá debe seguir de cerca las tendencias de diseño del aula, en las que habrá aulas diáfanos, con pequeños espacios para trabajos en equipo y una capacidad instalada de internet wifi potente, de manera que cada estudiante portando su Smartphone o su Tablet, estará siempre conectado, en busca de información para la realización de su trabajo personalizado o en grupos atendiendo los proyectos o las investigaciones en las que participan.

Las impresoras 3d serán comunes, incluso en casa, para poder materializar las ideas de los alumnos. Y otras tecnologías como la realidad virtual o aumentada, la retransmisión de conferencias de sitios remotos, y la realización de proyectos internacionales, serán fundamentales. Por ello, Panamá en el año 2040 tendrá una infraestructura tecnológica muy potente en las escuelas, para realizar con calidad estos procesos de transmisión.

El acceso a datos será de vital importancia. Las universidades tendrán amplio acceso a las grandes bases de datos de conocimiento donde se registran las contribuciones científicas y tecnológicas, de manera que las comunidades estudiantiles podrán acceder sin restricciones a dicha información. Esto significa que los estudiantes y profesores, deberán estar en capacidad de administrar muchos datos y de interpretarlos de manera adecuada.

REFERENCIAS

1. MinecraftEdu. (2017). Recuperado de education.minecraftedu.com
2. Institute of Play. (2017). Recuperado de www.instituteofplay.org/work/projects/developing-quest-to-learn/
3. Juegos en clase. (2017). Recuperado de <http://hallyd.edublogs.org/about/>
4. Creative Review. (2017). Streetmuseum app updated. Recuperado de <https://www.creativereview.co.uk/streetmuseum-app-updated/>
5. Theguardian. (2017). Augmented reality. Recuperado de <https://www.theguardian.com/technology/augmented-reality>
6. SoLAR. Society for Learning Analytics Research. (2017). Recuperado de www.solaresearch.org
7. The Royal Society. (2011). Brain Waves 2: Neuroscience: implications for education and lifelong learning. Recuperado de <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/brain-waves/education-lifelong-learning/>
8. Howard, P. (2011). What is the Internet Doing to our Brains?. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=VwNY_-FiwYU
9. Science. (2011). Dyscalculia: From Brain to Education. Recuperado de <http://science.sciencemag.org/content/332/6033/1049>
10. Engineering Business. (2016). Frontiers in Education 2016 The Crossroads of Engineering and Business. Recuperado de <http://fie2016.org/>
11. Springer. (2017). Lecture Notes in Computer Science (LNCS). Recuperado de <http://www.springer.com/gp/computer-science/lncs>
12. The Turkish Online Journal of Educational Technology. (2017). Recuperado de <http://www.tojet.net/>
13. CSEDU, the International Conference on Computer Supported Education. (2017). Recuperado de <http://www.csedu.org/>
14. the fifth international conference on e-learning cognitively informed-technology. (2015). Recuperado de <http://econf.uob.edu.bh/>
15. 3rd International KES Conference on SMART EDUCATION AND E-LEARNING KES-SEEL-16. (2016). Recuperado de <http://seel-16.kesinternational.org/>
16. Mite (2016). Are We Being Too Quick To Embrace Technology In Education?. Recuperado de <https://www.mite2016.com/>
17. 5th International Congress on Advanced Applied Informatics | July 10-14, 2016 | Kumamoto, Japan. (2016). Recuperado de <http://www.iaiai.org/conference/aai2016/>
18. online learning consortium. (2015). Blended learning: leading education's digital future. Recuperado de <http://olc.onlinelearningconsortium.org/conference/2015/blended/welcome>
19. Flip Learning. (2016). Flipcon. Recuperado de <https://flippedlearning.org/flipcon-2016/>
20. Latin america. (2017). Recuperado de <https://latam.bettshow.com/>
21. ICERI. (2017). Recuperado de <https://iated.org/iceri/>

22. Congreso Internacional de Innovación Educativa. (2017). Recuperado de <http://ciie.itesm.mx/es/>
23. Our research. (2017). Research priorities. Recuperado de <https://www.qut.edu.au/research/our-priorities>
24. National Institute of Education (NIE), Singapore. (2017). Research Publications. Recuperado de <http://www.nie.edu.sg/research/publication>
25. BBC. (2015). ¿Por qué Finlandia está cambiando "el mejor sistema de educación del mundo"? Recuperado de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/12/151201_finlandia_cambio_educacion_ab
26. University of Adelaide. (2017). Professor Katrina Falkner. Recuperado de <https://www.adelaide.edu.au/directory/katrina.falkner>
27. IGI global disseminator of knowledge. (2017). Chia-Wen Tsai. Recuperado de <https://www.igi-global.com/affiliate/chia-wen-tsai/1858>
28. University of Adelaide. (2017). DR Rebecca Vivian. Recuperado de <https://www.adelaide.edu.au/directory/rebecca.vivian>
29. N/W. (2017). Die Seite existiert leider nicht. Recuperado de <https://www.fhnw.ch/personen/alexander-repening/publikationen>
30. University of Amsterdam. (2017). Recuperado de <http://www.uva.nl/en/about-the-uva/organisation/staff-members/content/v/o/j.m.voogt/>
31. Google Scholar. (2017). Ashok Basawapatna. Recuperado de <https://scholar.google.com/citations?user=QTy6gncAAAAJ&hl=en>
32. Universitat Ramon Llull. (2017). David Fonseca Escudero. Recuperado de <http://users.salleurl.edu/~fonsi/>
33. Sangrà, A. (2017). Universitat Oberta de Catalunya. Recuperado de <http://uoc.academia.edu/AlbertSangr%C3%A0>
34. Federal Institute for Vocational Education and Training. (2017). Recuperado de <https://www.bibb.de/en/>
35. Mishra, P., Koehler, M. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. Teachers College Record. Recuperado de <http://onlinelearningcurriculumcommittee.pbworks.com/f/mishra.pdf>
36. La Trobe University. (2017). Pedagogies for Blended Learning. Recuperado de <http://www.latrobe.edu.au/ltlt/resource-library/sources-bk/pedagogies-for-blended-learning>
37. TUDelft. (2013). Blended Learning. Recuperado de <http://www.icto.tudelft.nl/en/projects/blended-learning/>
38. berkeley haas. (2017). New Thinking for the New Economy. Recuperado de <http://www.haas.berkeley.edu/>
39. SRI International (2017). Speech-Based Learning Analytics for Collaboration. Recuperado de <https://www.sri.com/work/projects/speech-based-learning-analytics-collaboration>
40. Trinity college dublin. (2017). School of Computer Science and Statistics. Recuperado de <https://www.scss.tcd.ie/>
41. Zhaw. (2017). Recuperado de <https://www.zhaw.ch/en/university/>

42. Aalborg University. (2003). Project-organized collaborative learning in distance engineering education. Recuperado de <http://vbn.aau.dk/files/169096/fulltext>
43. Hokkaido University. (2017). Top Global University Project. Recuperado de http://www.jsps.go.jp/j-sgu/data/torikumigaiyou/h26-27/sgu_h26-27initiatives_all_e.pdf
44. Liesmars. (2017). Recuperado de <http://www.lmars.whu.edu.cn/en/>
45. Kanazawa. (2017). Recuperado de <http://www.kanazawa-it.ac.jp/>
46. Universiti Teknologi Mara. (2017). Recuperado de <http://www.uitm.edu.my/index.php/en/>
47. Corbitt, A. (2017). Recuperado de <https://www.alexcorbitt.com/>
48. Class Tech Tips. (2017). About Monica. Recuperado de <http://classtechtips.com/about-monica/>
49. Shake Up Learning. (2017). How to Package Your Digital Assignments. Recuperado de <http://www.shakeuplearning.com/blog/>
50. The Cool Cat Teacher. (2017). 5 Ways to be a change leader in your school. Recuperado de <http://www.coolcatteacher.com/>
51. Ed surge. (2017). Learn What's Happening in Edtech. Recuperado de <https://www.edsurge.com/>
52. People Who Get IT. (2017). 3 Steps to Revamping K–12 Professional Development. Recuperado de <https://edtechmagazine.com/k12/>
53. Mind/Shift. (2017). Recuperado de <https://ww2.kqed.org/mindshift/>
54. Elearning Industry. (2017). Recuperado de <https://elearningindustry.com/>
55. ZOOM education for life. (2017). Recuperado <http://zoom.education/sobre/>

MATERIAL SUPLEMENTARIO-TABLAS

Tabla 1. Matriz DAFO de la situación de la educación en Panamá.

Amenazas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Escasez de personal capacitado para acompañar el elevado desarrollo de Panamá • Estancamiento en los indicadores de Educación nacionales e internacionales • Los índices de Educación no están en consonancia con el elevado desarrollo del país • Persistencia de las desigualdades sociales 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la voluntad del gobierno en la mejora de la Educación • Aumento del gasto público en Educación (actualmente alrededor del 2,5% del PIB). Mejora de las infraestructuras. Aumento del número de computadoras por alumno. • Aumento del presupuesto del Programa “Muévete por Panamá” • Fomento de la investigación universitaria en los problemas de la sociedad panameña • Mejora de la calidad de la Educación. Adopción de metodologías educativas más eficientes
Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Elevado crecimiento económico en los últimos años • Disponibilidad de capitales • Importante esfuerzo realizado por el gobierno en los últimos años 	<ul style="list-style-type: none"> • Desigualdad social, especialmente entre la capital y ciertas provincias (como Darién y Bocas del Toro) • Se mantiene el analfabetismo (5,5% de la población en 2010) • Continúa la deserción escolar (más de un 25% de los estudiantes no ingresa a la primaria y media) • Poca atención a la Formación Profesional • Mala situación de Panamá en las clasificaciones internacionales (PISA y SERCE, Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo) • Escasa cultura de investigación y desarrollo • Nivel mediocre de la enseñanza universitaria

Tabla 2. Resultados de la primera ronda Delphi.

MODELOS EDUCATIVOS	% Consenso	Decisión
MOOC – Massive Open Online Course	39%	Discusión
Aprendizaje social	42%	Discusión
Aprendizaje emocional	52%	Prioritario
Formación integrada	61%	Prioritario
Formación interdisciplinaria	55%	Prioritario
Aprendizaje centrado en el estudiante	45%	Discusión
Aprendizaje colaborativo	68%	Prioritario
Aprendizaje basado en proyectos	55%	Prioritario
Aprendizaje basado en juegos	39%	Discusión
Aprendizajes basados en problemas	48%	Discusión
Aprendizajes basados en investigación	58%	Prioritario
Aprendizajes basados en desafíos	48%	Discusión
Enfoque en recursos educativos abiertos – OER	35%	Discusión
Aprendizaje personalizado	45%	Discusión
EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE	% Consenso	Decisión
Evaluación Integrada	45%	Discusión
Autoevaluación	39%	Discusión
Analítica del aprendizaje	52%	Prioritario
Evaluación de formación online	45%	Discusión
DESARROLLO PROFESORAL	% Consenso	Decisión
Desarrollo del profesor	84%	Prioritario
Formación para apoyo a dificultades de aprendizaje	55%	Discusión
Internacionalización de la formación	45%	Discusión
Entrenamiento en medios digitales	55%	Discusión
USO DE TECNOLOGÍA	% Consenso	Decisión
Integración de la tecnología	68%	Prioritario
Uso personal de la tecnología	61%	Prioritario
Uso de Impresoras 3-D	45%	Discusión

Habilidades digitales en el aula	55%	Prioritario
Realidad Aumentada	39%	Discusión
Herramientas de programación	32%	Discusión
App's	45%	Discusión
Aceleración de la tecnología intuitiva	42%	Discusión
AMBIENTES DE APRENDIZAJE	% Consenso	Decisión
Renovación de bibliotecas	29%	Discusión
Sistemas híbridos de aprendizaje	42%	Discusión
Repensar la Escuela	71%	Prioritario
PROCESOS DE APRENDIZAJE	% Consenso	Decisión
Herramientas para estudiantes con dificultades de aprendizaje	52%	Discusión
Aplicaciones de la Neurociencia	61%	Prioritario

Tabla 3. Temas sugeridos por los expertos.

MODELOS EDUCATIVOS
Aprendizaje Individualizado
Leyes en Educación en Panamá
Aprendizaje basado en el conocimiento derivado de la neurociencia
Neuropsicología del aprendizaje
Aprendizaje basado en el análisis de escenarios
Liderazgo y emprendimiento
Aprendizaje basado en competencias
Modelo educativo basado en la complejidad
EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE
Evaluación externa
Evaluación Colaborativa
Evaluación auténtica
DESARROLLO PROFESORAL
Selección del profesor
Formación basada en el desarrollo de competencias
Docentes calificados
USO DE TECNOLOGÍA
Realidad virtual
Robótica
Drones
Comunicación digital
AMBIENTES DE APRENDIZAJE
Ambientes abiertos que incentiven el aprendizaje colaborativo
Creatividad e innovación
Políticas Públicas innovadoras en Educación
PROCESOS DE APRENDIZAJE
Neurodidáctica

Tabla 4. Temas ganadores en el método Delphi.

MODELOS EDUCATIVOS	1ª Ronda	2ª Ronda
MOOC – Massive Open Online Course	Discusión	Discusión
Aprendizaje social	Discusión	Discusión
Aprendizaje emocional	Prioritario	Discusión
Formación integrada	Prioritario	Prioritario
Formación interdisciplinaria	Prioritario	Prioritario
Aprendizaje centrado en el estudiante	Discusión	Discusión
Aprendizaje colaborativo	Prioritario	Prioritario
Aprendizaje basado en proyectos	Prioritario	Prioritario
Aprendizaje basado en juegos	Discusión	Discusión
Aprendizajes basados en problemas	Discusión	Prioritario
Aprendizajes basados en investigación	Prioritario	Prioritario
Aprendizajes basados en desafíos	Discusión	Discusión
Enfoque en recursos educativos abiertos – OER	Discusión	Discusión
Aprendizaje personalizado	Discusión	Discusión
Aprendizaje Individualizado		
Leyes en Educación en Panamá		
Aprendizaje basado en el conocimiento derivado de la neurociencia		
Neuropsicología del aprendizaje		
Aprendizaje basado en el análisis de escenarios		
Liderazgo y emprendimiento		
Aprendizaje basado en competencias		
Modelo educativo basado en la complejidad		
EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE	1ª Ronda	2ª Ronda
Evaluación Integrada	Discusión	Prioritario
Autoevaluación	Discusión	Discusión
Analítica del aprendizaje	Prioritario	Discusión
Evaluación de formación online	Discusión	Prioritario
Evaluación externa		
Evaluación Colaborativa		
Evaluación auténtica		

DESARROLLO PROFESORAL	1ª Ronda	2ª Ronda
Desarrollo del profesor	Prioritario	Prioritario
Formación para apoyo a dificultades de aprendizaje	Discusión	Discusión
Internacionalización de la formación	Discusión	Discusión
Entrenamiento en medios digitales	Discusión	Discusión
Selección del profesor		
Formación basada en el desarrollo de competencias		
Docentes calificados		
USO DE TECNOLOGÍA	1ª Ronda	2ª Ronda
Integración de la tecnología	Prioritario	Prioritario
Uso personal de la tecnología	Prioritario	Prioritario
Uso de Impresoras 3-D	Discusión	Discusión
Habilidades digitales en el aula	Prioritario	Prioritario
Realidad Aumentada	Discusión	Discusión
Herramientas de programación	Discusión	Discusión
App's	Discusión	Discusión
Aceleración de la tecnología intuitiva	Discusión	Discusión
Realidad virtual		
Robótica		
Drones		
Comunicación digital		
AMBIENTES DE APRENDIZAJE	1ª Ronda	2ª Ronda
Renovación de bibliotecas	Discusión	Discusión
Sistemas híbridos de aprendizaje	Discusión	Discusión
Repensar la Escuela	Prioritario	Prioritario
Ambientes abiertos que incentiven el aprendizaje colaborativo		
Creatividad e innovación		
Políticas Públicas innovadoras en Educación		
PROCESOS DE APRENDIZAJE	1ª Ronda	2ª Ronda
Herramientas para estudiantes con dificultades de aprendizaje	Discusión	Prioritario
Aplicaciones de la Neurociencia	Prioritario	Discusión
Neurodidáctica		

Tabla 5. Calificación de temas sugeridos por los expertos.

MODELOS EDUCATIVOS	Nº expertos*
Aprendizaje Individualizado	1
Leyes en Educación en Panamá	3
Aprendizaje basado en el conocimiento derivado de la neurociencia	4
Neuropsicología del aprendizaje	0
Aprendizaje basado en el análisis de escenarios	1
Liderazgo y emprendimiento	7
Aprendizaje basado en competencias	2
Modelo educativo basado en la complejidad	1
EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE	Nº expertos*
Evaluación externa	3
Evaluación Colaborativa	6
Evaluación auténtica	0
DESARROLLO PROFESORAL	Nº expertos*
Selección del profesor	3
Formación basada en el desarrollo de competencias	7
Docentes calificados	2
USO DE TECNOLOGÍA	Nº expertos*
Realidad virtual	5
Robótica	2
Drones	0
Comunicación digital	5
AMBIENTES DE APRENDIZAJE	Nº expertos*
Ambientes abiertos que incentiven el aprendizaje colaborativo	9
Creatividad e innovación	4
Políticas Públicas innovadoras en Educación	2
PROCESOS DE APRENDIZAJE	Nº expertos*
Neurodidáctica	7

* Número de expertos que calificaron como prioritarios los temas sugeridos

Tabla 6. Temas ganadores del estudio Delphi.

MODELOS EDUCATIVOS	1ª Ronda	2ª Ronda
Formación integrada	Prioritario	Prioritario
Formación interdisciplinaria	Prioritario	Prioritario
Aprendizaje colaborativo	Prioritario	Prioritario
Aprendizaje basado en proyectos	Prioritario	Prioritario
Aprendizajes basados en investigación	Prioritario	Prioritario
DESARROLLO PROFESORAL	1ª Ronda	2ª Ronda
Desarrollo del profesor	Prioritario	Prioritario
USO DE TECNOLOGÍA	1ª Ronda	2ª Ronda
Integración de la tecnología	Prioritario	Prioritario
Uso personal de la tecnología	Prioritario	Prioritario
Habilidades digitales en el aula	Prioritario	Prioritario
AMBIENTES DE APRENDIZAJE	1ª Ronda	2ª Ronda
Repensar la Escuela	Prioritario	Prioritario

Tabla 7. Lista de variables en los cuatro planos.

Descripción de las variables
1. Responsabilidad Social de las Empresas (RSE)
2. Cobertura
3. Articulación entre políticas públicas
4. Vinculación universidad – empresa
5. Carreras pedagógicas
6. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)
7. Habilidades blandas
8. Gestión administrativa
9. Formación técnica
10. Políticas Públicas
11. Automatización de procesos
12. Planes de gobierno
13. Movilidad académica
14. Sinergias en el tejido social
15. Nuevas legislaciones
16. Atención infantil
17. Diversidad cultural
18. Marco legal de educación
19. Competencias digitales
20. Aprendizaje digital
21. Líderes de excelencia
22. Rol del docente
23. Espacios pedagógicos
24. Programas de inclusión
25. Formación integral
26. Ambiente escolar
27. Sistema educativo
28. Bachillerato internacional
29. Educación consensuada
30. Familia

Tabla 8. Matriz DAFO de la situación de la Educación en Panamá.

Amenazas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Escasez de personal capacitado para acompañar el elevado desarrollo de Panamá • Estancamiento en los indicadores de Educación nacionales e internacionales • Los índices de Educación no están en consonancia con el elevado desarrollo del país • Persistencia de las desigualdades sociales 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la voluntad del gobierno en la mejora de la Educación • Aumento del gasto público en Educación (actualmente alrededor del 2,5% del PIB). Mejora de las infraestructuras. Aumento del número de computadoras por alumno. • Aumento del presupuesto del Programa “Muévete por Panamá” • Fomento de la investigación universitaria en los problemas de la sociedad panameña • Mejora de la calidad de la Educación. Adopción de metodologías educativas más eficientes
Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Elevado crecimiento económico en los últimos años • Disponibilidad de capitales • Importante esfuerzo realizado por el gobierno en los últimos años 	<ul style="list-style-type: none"> • Desigualdad social, especialmente entre la capital y ciertas provincias (como Darién y Bocas del Toro) • Se mantiene el analfabetismo (5,5% de la población en 2010) • Continúa la deserción escolar (más de un 25% de los estudiantes no ingresa a la primaria y media) • Poca atención a la Formación Profesional • Mala situación de Panamá en las clasificaciones internacionales (PISA y SERCE, Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo) • Escasa cultura de investigación y desarrollo • Nivel mediocre de la enseñanza universitaria

Tabla 9. Áreas temáticas generales.

Fuente: Scopus

Áreas	Nº de registros
Social Sciences	8946
Medicine	4946
Engineering	3623
Computer Science	3423
Nursing	1245
Arts and Humanities	1109
Psychology	941
Business, Management and Accounting	859
Health Professions	644
Mathematics	571
Economics, Econometrics and Finance	383
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	344
Environmental Science	263
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	247
Decision Sciences	240
Agricultural and Biological Sciences	218
Earth and Planetary Sciences	216
Chemistry	179
Physics and Astronomy	162
Neuroscience	141
Energy	135
Dentistry	133
Materials Science	102
Multidisciplinary	96
Chemical Engineering	92
Veterinary	46
Immunology and Microbiology	44
Total	18271

Tabla 10. Origen de las publicaciones científicas.

Fuente	Nº pubs
Proceedings Frontiers In Education Conference FIE	187
Lecture Notes In Computer Science	186
Computers And Education	111
Communications In Computer And Information Science	100
Turkish Online Journal Of Educational Technology	97
Mediterranean Journal Of Social Sciences	81
British Journal of educational Technology	74
International Review of research in Open and distance Learning	56
Computers In Human Behavior	48
Education And Information Technologies	43
European Journal Of Engineering Education	43
Advances In Intelligent Systems And Computing	42
Asian Social Science	42
International Journal Of Technology And Design Education	42
International Education Studies	39
International Journal Of Emerging Technologies In Learning	38
International Journal Of Environmental And Science Education	36
Procedia Computer Science	34
Studies In Higher Education	34
Teoriya I Praktika Fizicheskoy Kultury	33
Education And Training	31

Tabla 11. Principales Instituciones en el periodo 2012-2016.

Fuente: Scopus

Institución	Nº pubs
Curtin University	39
National Institute of education	37
Queensland University of Technology QUT	35
The University of Sidney	35
Universitat de Barcelona	32
Pennsylvania State University	29
Monash University	28
Queensland University	27
Helsingin Yliopisto	25
Purdue University	25
University of Toronto	25

Tabla 12. Principales Investigadores en el periodo 2012-2016.

Fuente: Scopus

Nombre	Afiliación	Nº Pubs.
Falkner, K ¹⁷	Computer Science Education Research Group (CSER) de la Universidad de Adelaide (Australia)	14
Tsai, C.W. ¹⁸	Ming Chuan University (Taiwan)	14
Vivian, R. ¹⁹	CSER de la Universidad de Adelaide (Australia)	13
Falkner, N.	CSER de la Universidad de Adelaide (Australia)	12
Repenning, A. ²⁰	University of Colorado (USA)	12
Hou, H.T	National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan	11
Voogt, J ²¹	Faculty of Social and Behavioural Sciences, University of Amsterdam	11
Basawapatna, A ²²	University of Colorado boulder	10
Charbonneau-Gowdy, P	Universidad Andrés Bello	10
Fonseca, D ²³	Universidad Ramon Llull. La Salle	5

Tabla 11. Principales Países en el periodo 2012-2016.

Fuente: Web of Science, WoS

País	Nº de pubs
USA	1800
United Kingdom	583
Australia	481
Spain	380
Canada	211
Turkey	199
Germany	150
China	150
South Africa	150
India	150

Tabla 13. Principales instituciones publicando en la actualidad (2016) artículos científicos sobre educación en diferentes ámbitos temáticos

Instituciones y conceptos tratados (año 2016)
<p>Blended Learning</p> <p><u>Australia:</u> Confucius Institute, La Trobe University; School of Education, University of South Australia <u>España:</u> Universitat Politècnica de Catalunya (UPC); Universitat Oberta de Catalunya (UOC) <u>India:</u> Dept. of IT, GMRIT; Learning Space; BodhaGuru Learning Private Limited <u>China:</u> Central China Normal University; Hubei University of Education <u>Turquía:</u> Firat University <u>República Checa:</u> Masaryk University; Technical University in Prague <u>Eslovaquia:</u> Slovak University of Technology in Bratislava <u>Arabia Saudita:</u> Education Technology, Ministry of Education <u>Rusia:</u> National Research Tomsk Polytechnic University <u>Países Bajos:</u> Delft University of Technology <u>Malasia:</u> Multimedia University</p>
<p>Cross-disciplinary</p> <p><u>Estados Unidos:</u> Palo Alto Research Center (PARC); Mechanical Engineering Department and Haas School of Business, University of California at Berkeley <u>Reino Unido:</u> Nutmeg Saving and Investment Ltd</p>
<p>Collaborative learning</p> <p><u>Estados Unidos:</u> Viterbi School of Engineering, Sonny Astani, Univ. of Southern California; Indiana University; Oregon State University; Georgia Institute of Technology, Speech Technology and Research (STAR) Laboratory and Center for Technology in Learning (CTL), SRI International; School of Education, University of Cincinnati; Mathematics and Computer Science Department, La Salle University; Computer Science, North Carolina State Univ; Computer Science, University of Florida; Dept. of Sociology and Anthropology, College of New Jersey; School of Information, San Jose State University; School of Communication and Information, Rutgers, State University of New Jersey; San Diego Supercomputer Center and Department of Chemistry and Biochemistry, University of California; Northern Illinois University; O'Neill Middle School; Illinois Institute of Technology; Department of Electrical Engineering and Computer Science and Department of Communication Studies, Loyola Marymount University; Ohio Supercomputer Center; University of California, Berkeley; Illinois Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education Initiative, University of Illinois at Urbana-Champaign; Reese Construction Management Program, Lamar Univ; Materials Systems Laboratory, Massachusetts Institute of Technology; Dept. of Computer Science, Cornell University</p> <p><u>Suiza:</u> University of Applied Sciences; Applied Computing and Mechanics Laboratory (IMAC), Civil Engineering Institute, School of Architecture, Civil and Environmental Engineering (ENAC), Swiss Federal Institute of Technology (EPFL); Swedish Business School of Informatics, Orebro; University of Applied Sciences, Northwestern Switzerland; Zurich University of Applied Sciences</p> <p><u>España:</u> Telecomunicaciones, Universidad de Deusto, Bilbao; Computer Engineering Department, Universitat Politècnica de Valencia; National Polytechnic School, Department of Software and Computing Systems, University of Alicante; University College of Engineering of Vitoria-Gasteiz, UPV/EHU; Department of Systems Engineering and Automatic Control, Faculty of Engineering of Bilbao, UPV/EHU; Department of Mechanical Engineering, University of la Rioja; Department of Industrial Engineering, Business Administration and Statistics, Polytechnic University of Madrid; Department of Mechanical, Computing and Aerospace Engineerings, University of Leon</p> <p><u>China:</u> Media Lab, Dept. of Computer Science, Wenzhou-Kean University; Collaborative and Innovative Center for</p>

Educational Technology, **Central China Normal University**; Guizhou Radio Film and Television School; School of Electrical Engineering and LIESMARS, **Wuhan University**; School of Computer Science and Technology, **Wuhan University of Technology**; School of Mechanical Engineering, **Hubei University of Technology**; Collaborative Innovation Center for Talent Cultivating Mode in Basic Education, School of Education Science, **Nanjing Normal University**

Taiwán:

Department of Software Engineering and Management, **National Kaohsiung Normal University**; Department of Computer Science and Information Engineering, **Cheng Shiu University**; Department of Electronic Engineering, **Lunghwa University of Science and Technology**; Department of Information and Learning Technology, **National University of Tainan**; **Graduate Institute of Digital**; Department of Information Management, **National Taichung University of Science and Technology**; Department of Information Management, **Southern Taiwan University of Science and Technology**; Learning and Education, **National Taiwan University of Science and Technology**

Japón:

Data Science Research Center, **Hiroshima Institute of Technology**; Dept. of Global Information and Management, **Kanazawa Technical College**; Project Education Center and Yumekobo, Project Education Center, **Kanazawa Institute of Technology**, Kanazawa

Reino Unido:

Ulster University; **University of the West of Scotland**; **University of Sunderland**, **Manchester Metropolitan University**; Faculty of Engineering and Environment, **Northumbria University**; ISG

Irlanda:

ISCN Ltd; **Centre for Research in IT in Education (CRITE)**, School of Education, School of Computer Science and Statistics, Trinity College Dublin, **University of Dublin**

Australia:

Edith Cowan University; SoIS and Curtin Teaching and Learning, **Curtin University**; School of Computer Science, **University of Adelaide**; **University of Melbourne**; Department of Mechanical and Product Design Engineering, **Swinburne University of Technology**

Alemania:

Mobile Autonomous Systems and Cognitive Robotics Institute, **FH Aachen University of Applied Sciences**; Knowledge-Based Systems Group, **RWTH Aachen University**

India:

Acropolis Institute of Technology & Research; **Sri Aurobindo Institute of Technology**; **Mahatma Gandhi Chitrakoot Gramodaya Vishwavidyalaya**; Faculty of Technology, **CEPT University**

Suráfrica:

Robotics and Agents Research Laboratory, **University of Cape Town**; **University of KwaZulu-Natal**; Department of Physiotherapy, **University of the Western Cape**

Nueva Zelanda:

School of Engineering and Advanced Technology, **Massey University**; Faculty of Education, **University of Auckland**; School of Computing, **Eastern Institute of Technology**

México: Computer Science Department, **CICESE**; Centro de Innovación e Investigación, **LANIA**; Departamento de Ciencias Computacionales, **Instituto Nacional de Astrofísica óptica y Electrónica**

Colombia: Departamento de Arquitectura de la **Universidad de Los Andes**

Ecuador: Department of Informatics and Computer Science, **National Polytechnic School**; Information Technology Center CTI-ESPOL; **Escuela Superior Politécnica del Litoral**

Francia: **Sorbonne University**; EMIRacle AISBL **Grenoble Institute of Technology**

Senegal: Department Infrastructures and Information Systems, **Virtual University of Senegal**; Laboratory LIRT, Ecole Supérieure Polytechnique, **Université Cheikh Anta DIOP (U.C.A.D.)**

Dinamarca: Aalborg Centre for PBL, **Aalborg University**

<p>Eslovenia: University of Maribor, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science</p> <p>Corea del Sur: Department of Computer Science and Engineering, Korea University</p> <p>Singapur: National Institute of Education, Nanyang Technological University</p> <p>Turquía: Department of Computer Education and Instructional Technology, Firat University</p> <p>Chipre: Computer Education and Instructional Technology Department, Faculty of Education/Societal Research and Development Center, Near East University</p> <p>Tailandia: Department of Educational Technology and Communications, Chulalongkorn University; Office of Educational Technology, Sukhothai Thammathirat Open University; Chiang Mai University</p> <p>Algeria: Computer Science Department, LabSTIC Laboratory, Guelma; Departement d'Informatique, Universitat Ferhat Abbas</p> <p>Croacia: University of Zagreb, Faculty of Textile Technology</p> <p>Canada: Carleton University</p> <p>Grecia: Department of Product and Systems Design Engineering, University of the Aegean; Hellenic Open University</p> <p>Malasia: Faculty of Education and Department of Educational Sciences, Maths and Creative Multimedia, Universiti Teknologi Malaysia</p>
<p>Noruega: Aalesund University College</p> <p>Macau: Macau University of Science and Technology</p> <p>Austria: IICM and Institute of Technical Informatics, Graz University of Technology</p> <p>Grecia: Department of Informatics, Aristotle University</p> <p>Xipre: Department of Education, University of Cyprus</p> <p>Rusia: ITMO University</p> <p>Republica Checa: Technical University of Ostrava, VSB, Department of Computer Science</p> <p>Eslovaquia: Comenius University in Bratislava</p> <p>Finlandia: University of Jyväskylä</p>
<p>Project-based learning</p>
<p>España: Telecommunications and Multimedia Applications Institute and Department of Applied Mathematics, Universitat Politècnica de Valencia; UNESCO Chair of Higher Education Management and Department of Management, Universitat Politècnica de Catalunya; Technical University of Madrid, School of Building, Architectural Construction and Their Control Department and Organizational Engineering, Business Administration and Statistics Department; Empresarios Agrupados, Engineering Company, Electrical Department; Dpt. Ingeniería Electronica y Comunicaciones, Universidad Zaragoza; Dpt. Electrónica y Tecnología de Computadores, Universidad de Granada; University College of Engineering of Vitoria-Gasteiz, UPV/EHU; IES Conselleria - Generalitat Valenciana; Faculty of Engineering of Bilbao, UPV/EHU; Department of Economy and Business Organization, Universitat Internacional de Catalunya</p> <p>Estados Unidos: Brigham Young University; San Francisco State University; O'Neill Middle School; Northern Illinois University; Illinois Institute of Technology; Dept. of Civil and Environmental Engineering, Univ. of Delaware; Department of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Central Florida; Department of Electrical and Computer Systems Engineering, Rensselaer Polytechnic Institute; Department of Electrical and Computer Engineering, University of New Mexico; Department of Construction Management, California State University</p> <p>Japón: Fundamental Science and Engineering, Waseda University; Tokyo Institute of Technology; Research Faculty of Engineering and Institute for the Advancement of Higher Education and Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University; NOIZ Architects; NEC Management Partner; National Institute of Technology, Sendai; Keio University; Electrical Engineering and Computer Science, Ehime University; Dept. of Media Architecture, Future University Hakodate; AnS Studio, Tokyo</p> <p>China: LIESMARS Wuhan University; School of Mechanical Engineering, Hubei University of Technology; School of</p>

Electrical Engineering, **Wuhan University**; School of Computer Science and Technology, **Wuhan University of Technology**

Taiwán:

Department of Information Management, **Southern Taiwan University of Sci and Technology**; Department of Information Management, **National Taichung University of Sci and Technology**

Francia: Polytech Lille, CRISTAL Laboratory, **University of Lille**; LISIC, **University of Littoral Cote d'Opale**; LAMIH, **University of Valenciennes**

Portugal:

University of Coimbra; Department of Informatica/ HASLAB and School of Engineering and Centre of Chemistry, Chemistry Department, School of Sciences, **University of Minho**

Indonesia:

Informatics/Computer Science Study Program, School of Electrical Engineering and Informatics and Data and Software Engineering Research Group **Institut Teknologi Bandung**

Algeria: **University of Tiaret**; **University of Abou bekr Belkaid of Tlemcen**

Eslovenia: **University of Maribor**, Faculty of Arts, Department of Pedagogy Maribor

Panamá: **Universidad Tecnológica de Panamá**, Santiago de Veraguas

Perú: **Universidad de Ingeniería y Tecnología**

Colombia: Occupational Therapy Program, Biomedical Engineering Program, School of Medicine and Health Sciences, **Universidad Del Rosario**

Rusia: **National Research Tomsk State University**; **National Research Tomsk Polytechnic University**

Bahrain: Integrated Sciences Department and Educational Development Center, College of Health Sciences,

University of Bahrain

Canada: Faculty of Rehabilitation Medicine, **University of Alberta**

Eslovaquia: Faculty of Management Science and Informatics, University of Zilina

Israel: **Ben-Gurion University of the Negev**, Beer Sheva

Bulgaria: Department of Interior and Furniture Design, **University of Forestry**

Finlandia: Computer Science Dept., **Aalto University**; **Business Information Technology**, Helsinki

Malasia: Computer Engineering, Faculty of Engineering, **Universiti Malaysia Sabah**

Classroom environment

Estados Unidos:

University Of Washington Tacoma, Writing Studies, Interdisciplinary Arts and Sciences; **University of North Carolina** at Chapel Hill; University Libraries, **Ohio State University**; STAR Laboratory and CTL, **SRI International**; **Indiana University**; **Pennsylvania College of Technology**; Graduate Studies in Secondary Education, **Texas State University**; Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, **Colorado School of Mines**; Dept. of Education and Dept. of Computer Science, **Winston-Salem State Uni**; Dept. of CST, **North Carolina State University**; **DePaul University**, College of Computing and Digital Media; CYBER-ShARE Center of Excellence, **University of Texas at El Paso**; Computer Science and Engineering, **Ohio State University**

China:

Systems Engineering Research Institute; School of English and International Studies and Information Technology Center, **Beijing Foreign Studies University**; Department of Biological Engineering, **Huanghuai University**; College of Education, Zhejiang University

Taiwán:

Graduate Institute of Digital Learning and Education, **National Taiwan University of Science and Tecnology**; Department of Education, **National Taiwan Normal University**; Department of Computer Science and Degree Program of E-Learning, College of Science, **National Chiao Tung University**; Center for General Education, **National Taichung University of Science and Technology**

Nueva Zelanda:

School of Language and Culture and Centre for Learning and Teaching (CfLAT) and Institute of Culture, Discourse and Communication, **Auckland University of Technology**; College of Education, **University of Canterbury**;

Australia:

School of Information Technology and School of Engineering VIC, **Federation University**; School of Computing and Mathematics, **Charles Sturt University**; **RMIT University**; Occupational Therapy Program, Biomedical Engineering Program, School of Medicine and Health Sciences; **Monash University**

Turquía:

Hacettepe University, Department of Computer Education and Instructional Technology; Faculty of Education, Department of Computer Education and Instructional Technology, **Bartın University**

Irlanda: **University of Limerick**, Department of Mechanical, Aeronautical and Biomedical Engineering

España: **Universitat Politècnica de Catalunya**; **Universitat Oberta de Catalunya**

Croacia: **University of Split**, Faculty of Science, Department of Computer Science; Primary School Prof. Filip Lukas; **Primary School Petra Klis**

Reino Unido: **University of South Wales**, School of Engineering

Portugal: **University of Lisbon**

Alemania: **University of Applied Sciences**

Republica Checa: **Technical University in Prague**

India: **Indian Institute of Technology**, Guwahati

Japón: General Education and Department of Architecture, Sasebo College and Gifu College, **National Institute of Technology**

Colombia: **Universidad Del Rosario**

Rusia: **National Research Tomsk Polytechnic University**

Kenya: **Kenyatta University**, Nairobi

Canadá: Faculty of Rehabilitation Medicine, **University of Alberta**

Malasia: Faculty of Education, Universiti Teknologi

Dinamarca: Department of Technology and Innovation and Center for Teaching and Learning, **University of Southern Denmark**

Países Bajos: **Delft University of Technology**

Problem solving skills

Estados Unidos:

Department of Mechanical Engineering, Mississippi State University; Dept. of Education and Dept. of Computer Science, **Winston-Salem State University**; Computer Science and Dept. of CST, **North Carolina State University**; Dept. of Civil and Environmental Engineering, **Univ. of Delaware**; **University of North Florida**; **SRI International**; School of Information Technology and School of Education, **University of Cincinnati**; **Future Problem Solving International**; Department of Electrical Engineering and Computer Science and Department of Communication Studies, **Loyola Marymount University**; Computer Science, **University of Florida**; **Brigham Young University**

España:

Pontifical University of Salamanca; Laboratori de Aplicacions Multimedia, **Universitat Politècnica de Catalunya**; Department of Computer Science and Control and Department of Applied Mathematics, **University of Salamanca**; Alarcos Research Group, **University of Castilla-La Mancha**; aDeNu Research Group, Artificial Intelligence Depto, Computer Science School, **UNED**

Japón:

Yumekobo, Project Education Center, **Kanazawa Institute of Technology**; English Language Program, **Kanazawa Institute of Technology**; Dept. of Global Information and Management and Dept. of English, **Kanazawa Technical**

College; Dept. of Electrical and Computer Engineering, **National Institute of Technology**

Malasia:

Department of Software Engineering, Faculty of Computer Science and Information Technology, **University of Malaya**; Centre of Postgraduate Studies, Faculty of Art and Design and Faculty of Chemical Engineering, **Universiti Teknologi MARA (UiTM)**; Center of Systems and Machines Intelligence, College of Engineering, **Universiti Tenaga Nasional**; Faculty of Education, **Universiti Teknologi Malaysia, UTM**; Software Engineering Section, Malaysian Institute of Information Technology, **Universiti Kuala Lumpur**; **Multimedia University**

Reino Unido:

School of Planning, Architecture and Civil Engineering, **Queens University of Belfast**; School of Chemical Engineering, **The University of Birmingham**; Construction IT and Architectural Technology, School of Civil and Building Engineering, **Loughborough University**

China:

Xi'an International University; LIESMARS and School of Electrical Engineering, **Wuhan University**; School of Mechanical Engineering, **Hubei University of Technology**

Taiwán:

Department of Mathematics and Information Education, **National Taipei University of Education**; Department of Computer Science and Information Engineering, **National Taiwan University of Science and Technology**

India:

Interdisciplinary Program in Educational Technology, **Indian Institute of Technology Bombay**; Information Science and Engineering and Dept. of Computer Science and Engineering, **B v Bhoomaraddi College of Engineering and Technology**; Dept. of IT, **GMRIT**

Irlanda:

School of Food and Nutritional Sciences, **University College Cork**; Centre for Research in IT in Education, School of Education, School of Computer Science and Statistics, Trinity College Dublin, **University of Dublin**

Países Bajos: Food Process Engineering, WU Agrotechnology and Food Sciences; Department of Media, Communication and Organisation, **University of Twente**

Dinamarca: Department of Planning, **Aalborg University**; Engineering Science and Sustainability, **Aalborg Centre for PBL**

Croacia: **University of Split**, Faculty of Science, Department of Computer Science; **Primary School Prof. Filip Lukas**

Finlandia: **University of Jyvaskyla**

Portugal: **Universidade de Aveiro**, CcTICua; **Academia de Código**

Suiza: **Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETH)**

Suecia: School of Education, Culture, and Communication, **Malardalen University**

Austria: **Practical Robotics Institute Austria**

Filipinas: Office of Research Coordination, College of Arts and Sciences, **University of the East**; Research and Development Unit, College of Computer Studies and Systems (CCSS), **University of the East**, Manila

Bélgica: Leuven Institute for Research on Information Systems (LIRIS), **KU Leuven**

Alemania: **Karlsruhe Institute of Technology**; Fachgebiet Lebensmittelbiotechnologie und prozesstechnik, Institut for Lebensmitteltechnologie und chemie, **Technische Universität Berlin**

Francia: **AgroParisTech**

Australia: **University of Melbourne**

Hong Kong: Hong Kong Community College, **Hong Kong Polytechnic University**

Egipto: Faculty of Engineering, **Ain Shams University**

Canadá: Faculty of Education, **University of Toronto**

Cora del Sur: Dept. of Human ICT Convergence, **Sungkyunkwan University**; Department of Computer Science and Engineering, **Korea University**

Hong Kong: Centre for Enhanced Learning and Teaching, **Hong Kong University of Science and Technology**

Israel: Department of Science and Technology Education, **Ben-Gurion University of the Negev**

Sudáfrica: Department of Electrical Engineering, **Walter Sisulu University of Technology**

Chile: Departamento de Lenguas y Escuela de Ingeniería Informática, **Universidad Católica de Temuco**

Brasil: Federal University of Alagoas-UFAL, Institute of Computing; **Federal Institute of Alagoas-IFAL**

México: Department of Mathematics, **University of Sonora**

Argentina: **ISISTAN**, Research Institute

Colombia: **District University Francisco José de Caldas**

Gamificación

España: Department of Telematics Engineering, E.I. Telecomunicación, **UVigo**; **Pontifical University of Salamanca**; Facultad de Ciencias, **University of Salamanca**; Robotics Group, **University of León**

Indonesia: School of Electrical Engineering and Informatics, **Bandung Institute of Technology**

Corea del Sur: Dept. of Human ICT Convergence, **Sungkyunkwan University**

Brasil: Department of Science Computer, **Federal University of Sao Carlos - UFSCar**

Tabla 14. Variables priorizadas por el análisis MICMAC.

Descripción de las variables
1. Responsabilidad Social de las Empresas - RSE
2. Cobertura
3. Articulación entre políticas públicas
4. Vinculación universidad – empresa
5. Carreras pedagógicas
6. TIC
7. Habilidades blandas
8. Gestión administrativa
9. Formación técnica
10. Políticas Públicas
11. Automatización de procesos
12. Planes de gobierno
13. Movilidad académica
14. Sinergias en el tejido social
15. Nuevas legislaciones
16. Atención infantil
17. Diversidad cultural
18. Marco legal de educación
19. Competencias digitales
20. Aprendizaje digital
21. Líderes de excelencia
22. Rol del docente
23. Espacios pedagógicos
24. Programas de inclusión
25. Formación integral
26. Ambiente escolar
27. Sistema educativo
28. Bachillerato internacional
29. Educación consensuada
30. Familia

MATERIAL SUPLEMENTARIO-FIGURAS

Figura 1. Metodología general.

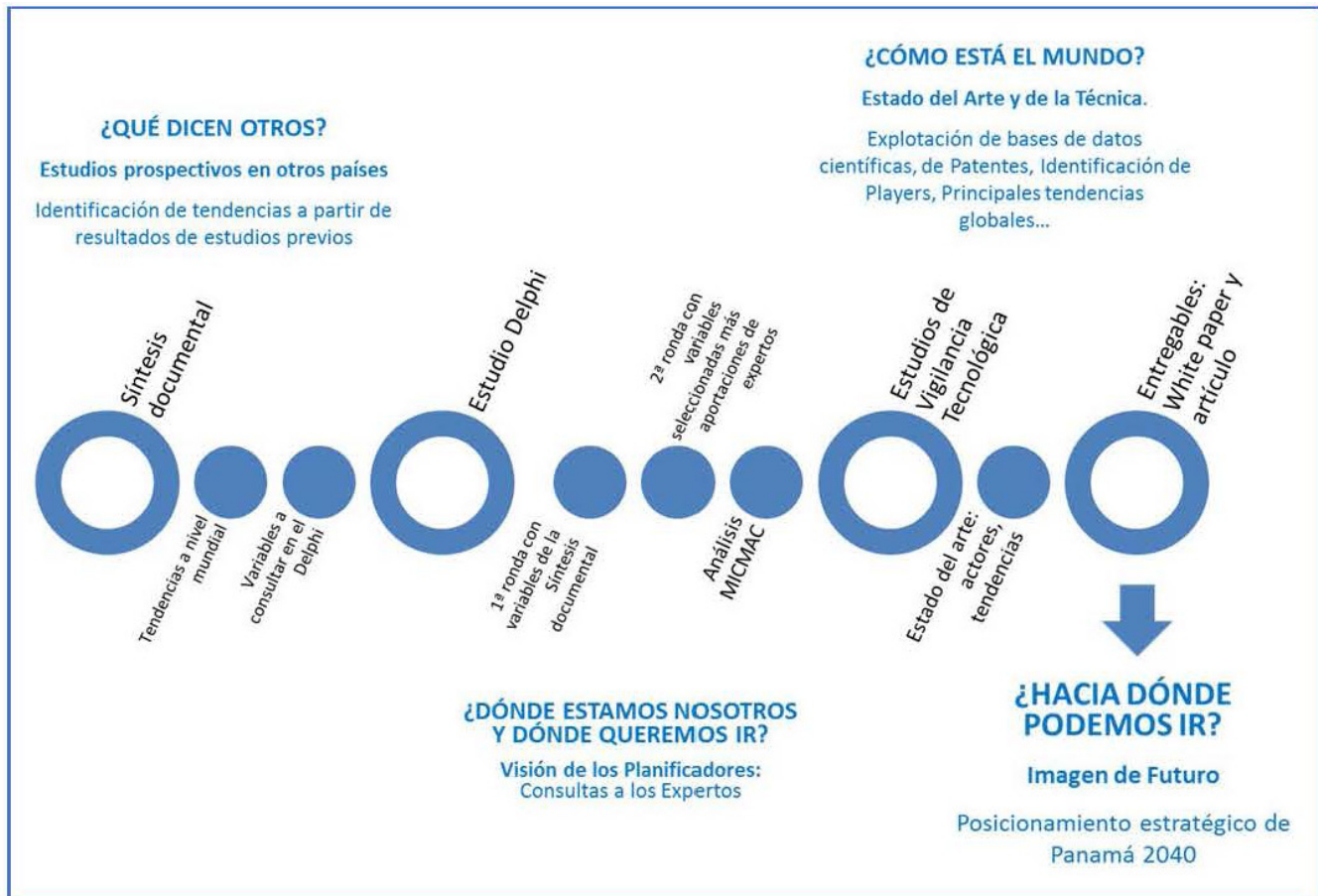


Figura 2. Hiper Ciclo para tecnologías emergentes.
 Fuente: Gardner (2014), citada por Press (2014)

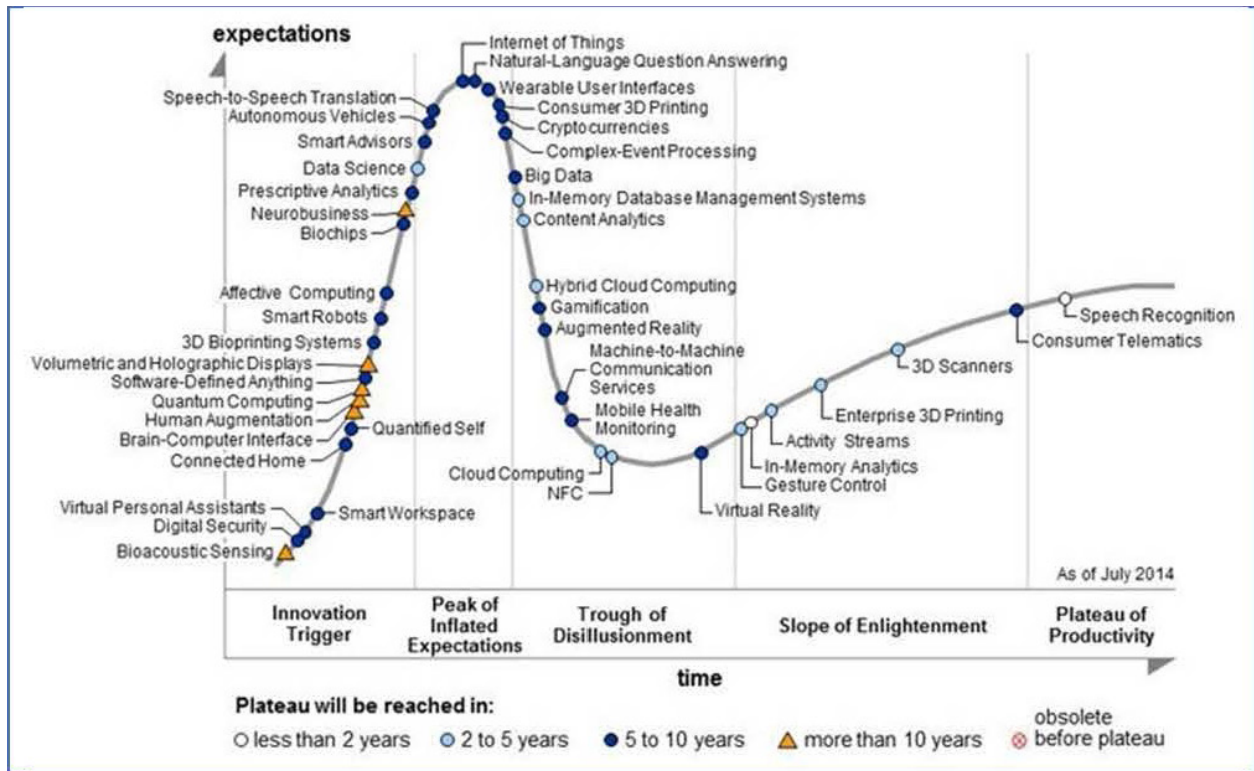


Figura 4. Criterios para la selección de temas prioritarios en el estudio Delphi.

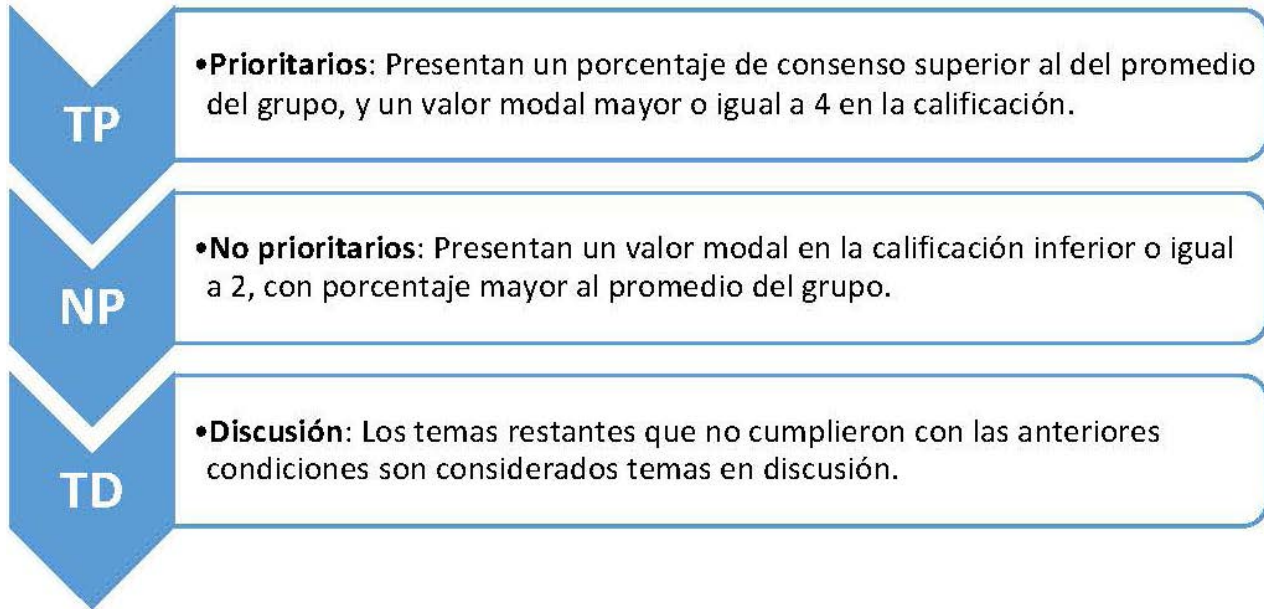
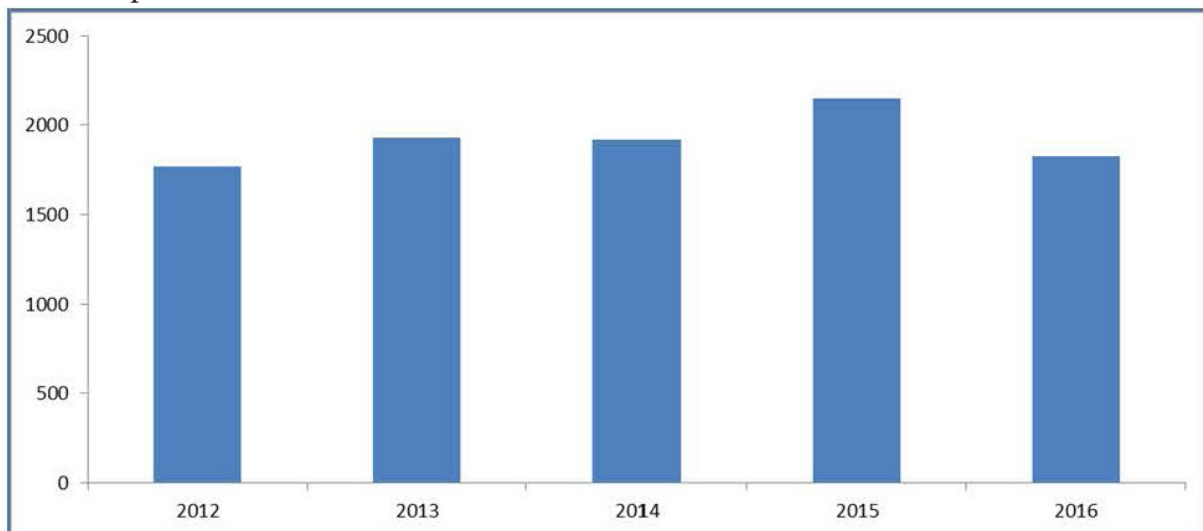


Figura 5. Evolución de las publicaciones en el periodo 2012-2016.

Fuente: Scopus



**EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR EDUCACIÓN
PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO
ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS
Y DE INNOVACIÓN**

Figura 8. Relaciones de términos clave.

Fuente: IALE Tecnología, elaborado con Matheo Analyzer con datos de Scopus.

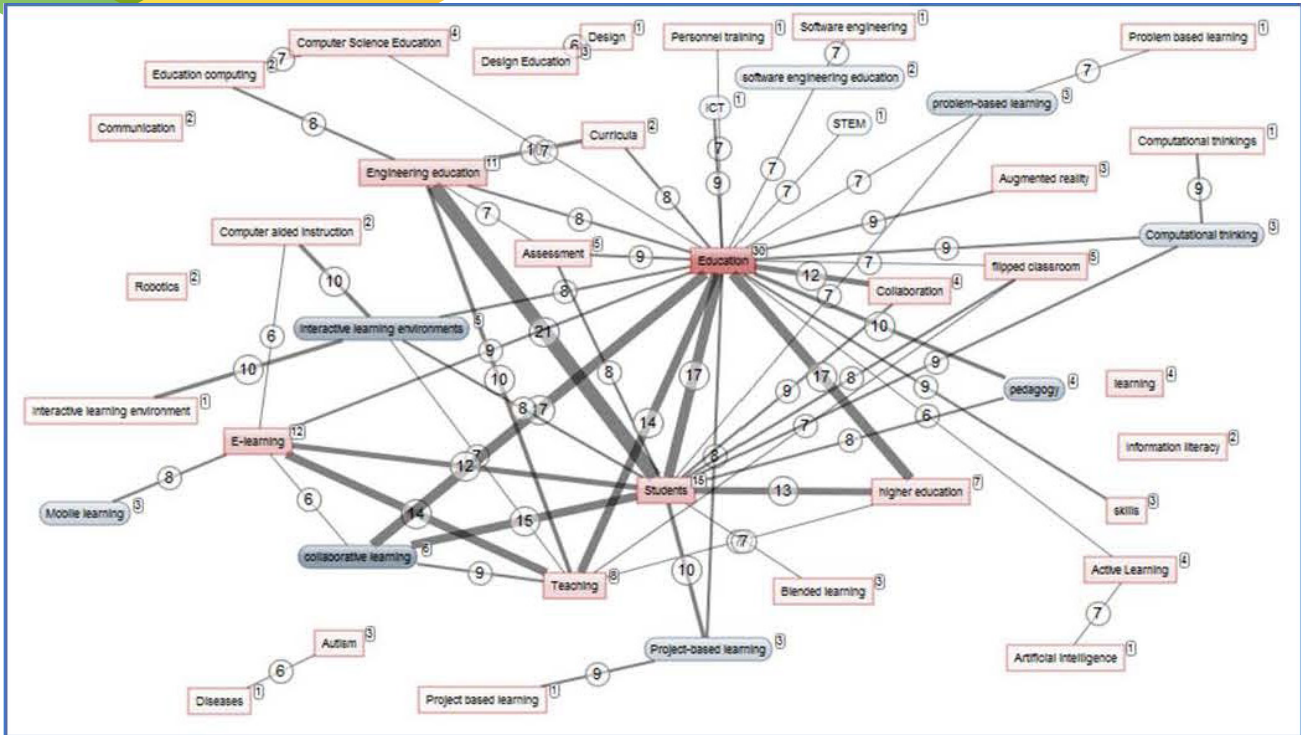
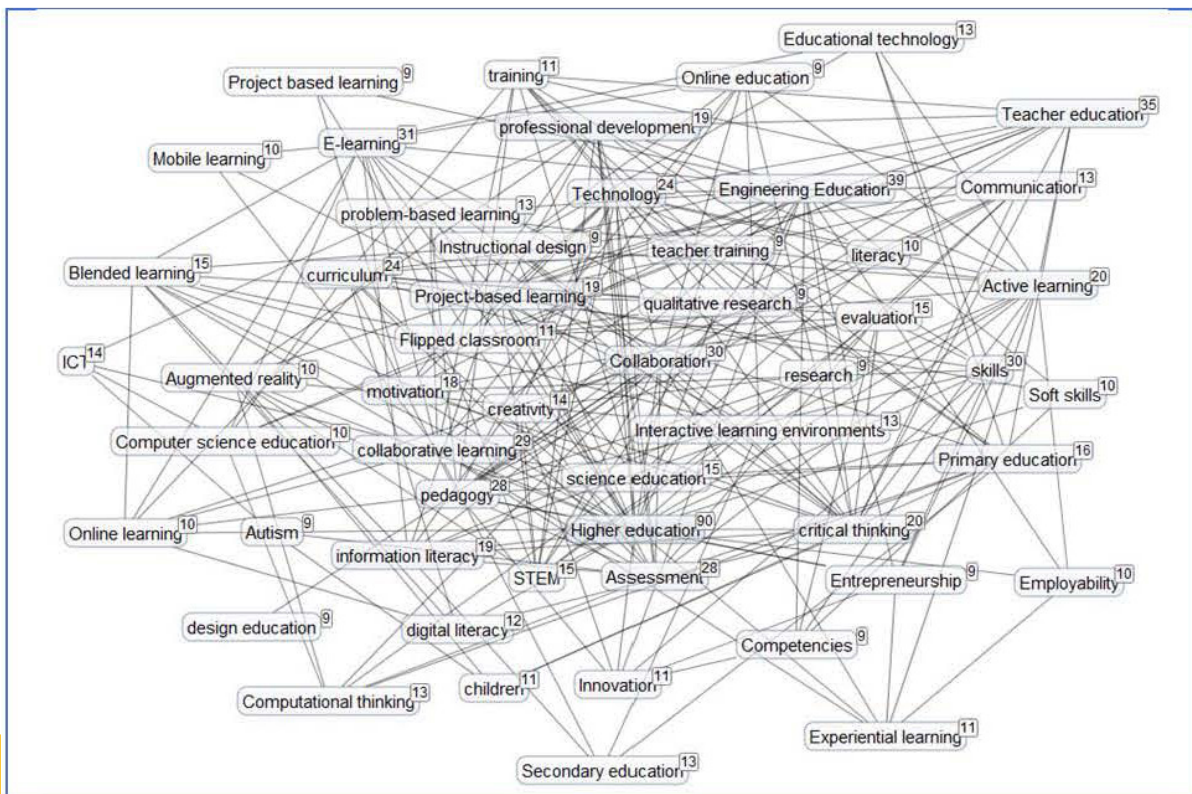


Figura 9. Conceptos clave de las publicaciones de 2016.

Fuente: IALE Tecnología, elaborada con Matheo Analyzer con datos de Scopus.



**EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR EDUCACIÓN
PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO
ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS
Y DE INNOVACIÓN**

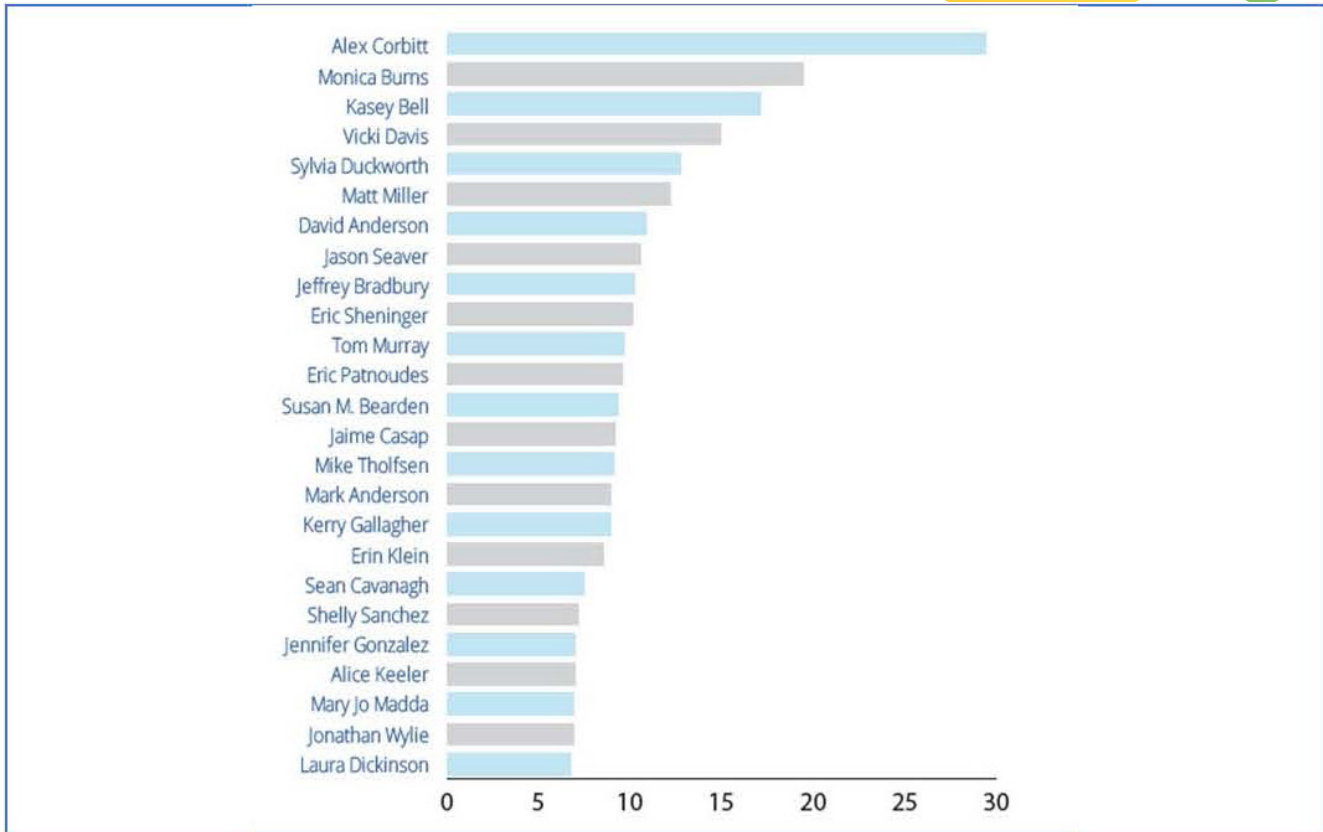
Figura 11. Principales redes de colaboración entre instituciones de investigación en temas de Educación y tecnologías de la información y la comunicación (2016).

Fuente: IALE Tecnología, elaborado con Matheo Analyzer con datos de Scopus.



Figura 12. Personas más influyentes en Edtech en Twitter.

Fuente: Analytica.



EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR EDUCACIÓN
PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO
ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS
Y DE INNOVACIÓN

Figura 13. Instituciones más influyentes en Edtech en Twitter

Fuente: Analytica

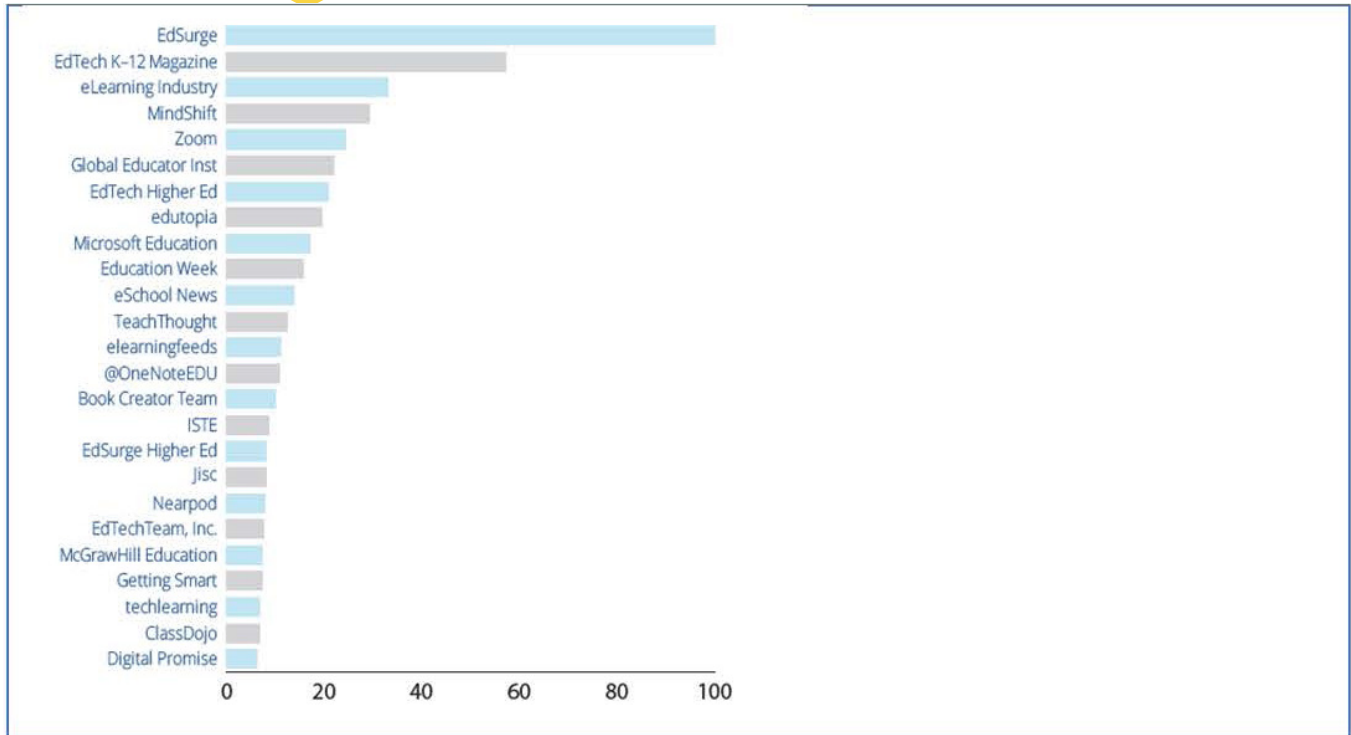


Figura 14. Variables identificadas en la revisión documental, utilizadas en la primera ronda Delphi.

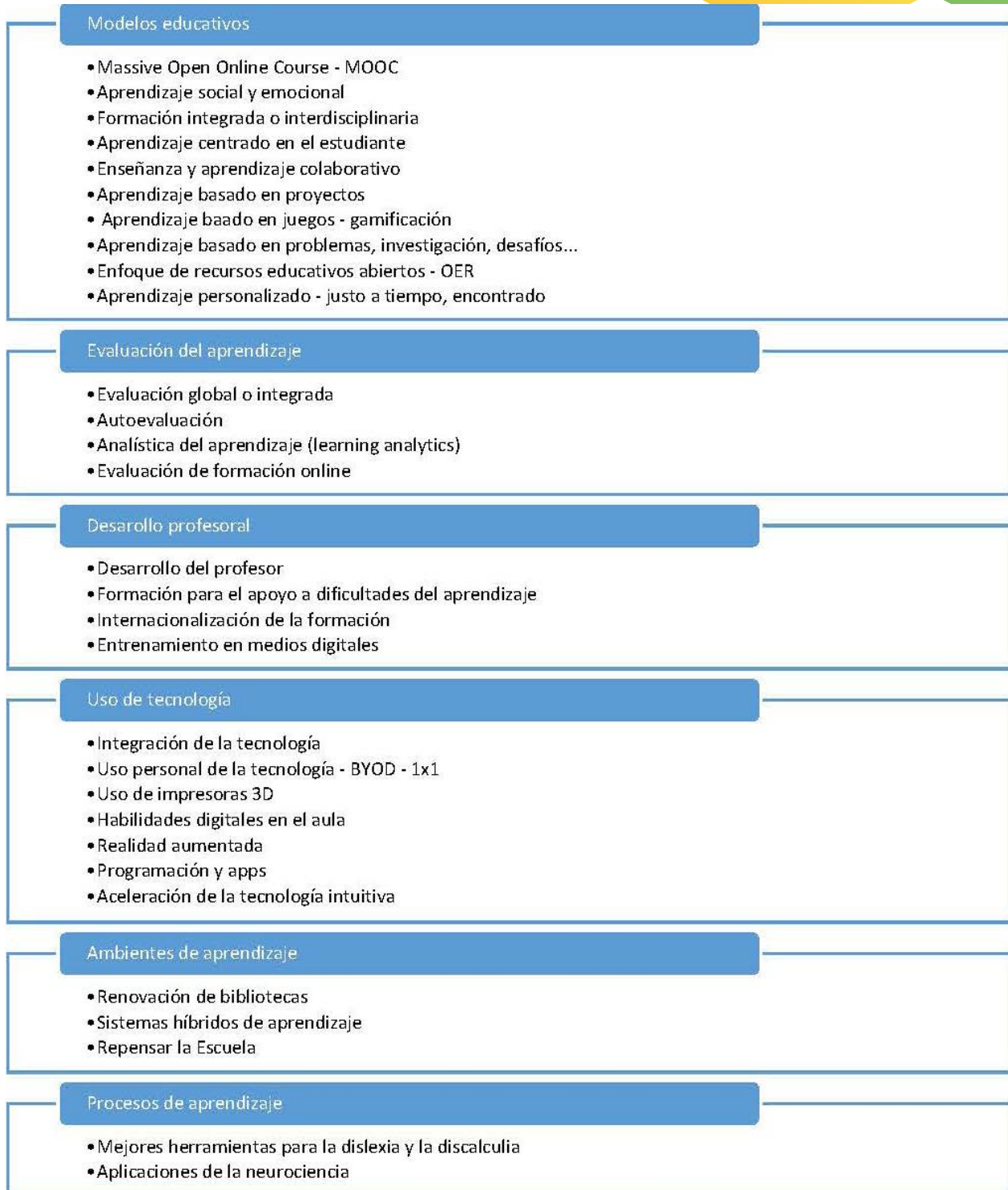


Figura 15. Variables seleccionadas como prioritarias por los expertos en la primera ronda Delphi.



Figura 16. Temas ganadores del estudio Delphi.



Figura 17. Sistema-modelo educativo para Panamá 2040.



EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR SALUD PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS Y DE INNOVACIÓN

AUTORES



Pere ESCORSA Castells
escorsa@iale.es
IALE Tecnología



Enric ESCORSA O'Callaghan
enric@ialetecnologia.com
IALE Tecnología



Gabino AYARZA Sánchez
gayarza@cdspanama.org
Fundación Ciudad del Saber
*Autor correspondiente en:
Fundación Ciudad del Saber,
Clayton, Apartado Postal 0843-03081, Panamá
Correo Electrónico; gayarza@cdspanama.org (G. Ayarza).



Jairo CHAUR Bernal
jchaur@gmail.com
IALE Tecnología

RESUMEN EJECUTIVO

El Plan Estratégico de Gobierno de Panamá (PEG-2015 2019) se concreta en “poner las riquezas del país al servicio de todos los panameños con equidad y transparencia, respaldando al sector privado y a la inversión extranjera, para mejorar la calidad de vida de todos los panameños y que el Panamá que crece, crezca para todos”.

En este contexto, el MINSA tiene el reto de lograr garantizar un sistema de salud y modelos de atención sostenibles para Panamá. Para ello es necesario conformar un marco de gobernanza que permita dirigir de forma coordinada las acciones en cada uno de los numerosos proyectos e iniciativas de atención a las necesidades actuales y futuras de la población, involucrando a todos los agentes e instituciones que conforman el sistema de salud nacional, incluyendo los centros de investigación, el sector productivo y la sociedad civil. Es por ello que es necesaria una reflexión colectiva por parte de todos estos actores que se concrete en una visión de futuro compartida para el sistema de salud de.

Para contribuir a esta reflexión sobre la orientación a futuro de Panamá en temas de Salud, la Fundación Ciudad del Saber contrató la prestación de servicios profesionales de consultoría de la empresa IALE Tecnología que contó con la colaboración de expertos de otras reconocidas instituciones como son la Universidad de Medellín y la Universidad Pontificia Bolivariana de Colombia.

El proyecto se realizó durante el mes de noviembre de 2016 en Ciudad del Saber, en la República de Panamá. Los Términos de Referencia del proyecto fueron:

- Proveer a la Fundación Ciudad del Saber servicios generales de prospectiva científica y tecnológica en las áreas prioritarias de desarrollo del proyecto Ciudad del Saber.
- Contribuir al debate nacional sobre los riesgos globales que impactarán a Panamá y al mundo.
- Propiciar iniciativas en materia de los retos globales que amenazan el futuro de la humanidad para identificar áreas estratégicas de investigación y tecnologías emergentes en las que concentrar los esfuerzos de inversión y así obtener los mayores beneficios económicos o sociales.
- Acumular inteligencia futura y construcción de una visión a medio y largo plazo, para la toma de decisiones actual y de acciones conjuntas.
- Plantear una visión a largo plazo, analizar las tendencias de ruptura y articular reflexiones a futuro, con orientación hacia la acción en el presente.
- Proponer alternativas y rutas de solución que se requerirán en el futuro.

El proyecto se ha desarrollado en las etapas siguientes:

1. Síntesis documental de estudios tendenciales o prospectivos internacionales existentes. Los principales temas tratados o mencionados en los principales estudios de referencia del sector fueron identificados y agrupados según los distintos enfoques.
2. Consulta a expertos tipo Delphi. Los temas seleccionados en la fase anterior se sometieron a los expertos en un Taller celebrado el día 28 de noviembre de 2016 en Panamá, con objeto de identificar los temas más relevantes. Como es habitual en la metodología Delphi, las preguntas fueron enviadas a los expertos en dos rondas; los resultados obtenidos tras la segunda ronda son los mostrados en las Tablas 2 y 3.

En resumen, a partir de los resultados obtenidos en las dos rondas del estudio prospectivo y teniendo como criterio un alto porcentaje de consenso, se obtuvieron los siguientes agrupadores prioritarios para Panamá asociados a la temática de la Salud:

- **GESTIÓN DE LA SALUD:** Gestión centrada en el paciente; Seguridad del paciente; Atención a población desprotegida; Zonas rurales y no atendidas; Prevención de enfermedades; Prácticas saludables; Historia clínica electrónica; Tratamientos de enfermedades crónicas; Recursos (estrategias optimizadas para la atención de pacientes); Responsabilidad en los sistemas de salud; Integridad en los sistemas de salud; Transparencia en los sistemas de salud; Intercambio de información en materia de investigaciones en salud; Gobernanza de la investigación en salud.
- **CONSULTAS – VISITAS:** Telemedicina, Telesistencia
- **PRUEBAS DIAGNÓSTICAS - ANÁLISIS CLÍNICOS:** Biotecnología / tecnología ómica e informática (diagnóstico - pronóstico de enfermedades); Diagnósticos moleculares; Tratamientos personalizados
- **DIAGNÓSTICO POR IMAGEN:** Técnicas PET para diagnóstico temprano de patologías neurodegenerativas (Alzheimer); Nanocámaras (diagnóstico de enfermedades o el estado de órganos)
- **TRATAMIENTOS FARMACÉUTICOS:** Fármacos cardiovasculares de última generación; Medicina personalizada (administración del medicamento adecuado);
- **INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS:** Cirugía mínimamente invasiva; Telecirugía (uso de microrobots, sensores, fibra óptica)
- **REHABILITACIÓN:** Marcapasos de última generación (implantados sin cirugía); Biomateriales y Nanomateriales (prótesis); Compensación de discapacidad motora; Compensación de discapacidad cognitiva

La consulta Delphi se complementó con un análisis estructural usando el método MICMAC, en el cual los expertos señalaron en cada uno de los subsistemas propuestos, problemáticas específicas (tales como la cultura, la pobreza, la acreditación de servicios público-privado, etc.). Este ejercicio permitió definir la visión holística del sector en estudio (a nivel político, económico, social, tecnológico), con el fin de determinar las interacciones entre las variables y los grados de dependencia mutua.

Con todos estos insumos fue posible realizar una matriz DAFO que reflejara la situación actual.

3. Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre los temas priorizados

Con el objetivo de aportar un panorama general de los actores líderes a nivel global y de los principales desarrollos y soluciones tecnológicas que se están proponiendo en cada uno de los temas priorizados en relación a la gestión de la Salud se desarrolló un estudio de vigilancia tecnológica.

La Vigilancia Tecnológica es un proceso sistemático de captura, procesamiento y valorización de la información, que toma como base fuentes de información primarias (publicaciones científicas, proyectos, patentes; etc.). En combinación con el estudio documental y de tendencias permite conocer el estado del arte en relación a un sector o ámbito de interés y caracterizarlo a nivel científico, tecnológico, competitivo y/o de mercado.

La investigación se centró en la identificación, compilación y análisis de publicaciones científicas a partir de una búsqueda general en la base de datos Medline y de patentes de invención en bases de datos de patentes de cobertura mundial.

En el Área de la Gestión de la Salud con énfasis en los sistemas integrados de salud centrados en el paciente, la atención a los problemas de la población en zonas rurales y las enfermedades crónicas, se encontraron como instituciones referentes en investigación la OMS, la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos, el Veterans Health Administration, la Universidad australiana de Monash o la Canadiense de Toronto. Estados Unidos es claramente el país líder en producción científica (numerosos hospitales y centros de investigación de Boston, Memphis, Dallas, Atlanta, Ann Arbor, etc.), aunque también destacan Canadá, Australia, Alemania y Reino Unido. A nivel de desarrollos patentados Estados Unidos sigue siendo líder, seguido por China, Alemania y Japón. Compañías como Philips, Medtronic-Covidien, Siemens, GE y Boston Scientific destacan en nuevos desarrollos en esta área. Las principales líneas de innovación se relacionan con métodos de detección/diagnóstico, siendo otras áreas relevantes el desarrollo de ingredientes activos para medicamentos, los instrumentos quirúrgicos, la electroterapia y los equipos digitales de procesamiento de datos.

En Telemedicina y teleasistencia Estados Unidos es el principal país en cuanto a producción científica. Son instituciones destacadas la Asociación americana de Telemedicina, el Hospital de Cleveland y numerosos centros de Boston, Nueva York, Baltimore, Washington, Seattle y Pittsburg, entre otros. Las grandes empresas tecnológicas (Google, Facebook, Microsoft, Skype) están cada vez más presentes en el área de la telemedicina. En Australia la Universidad de Queensland es otro centro de referencia mundial. A nivel de desarrollos tecnológicos (patentes) a parte de Estados Unidos, los países asiáticos (China, Corea, Japón Taiwán) son potencias en desarrollo de nuevos métodos de teleasistencia. En Europa destacan las instituciones francesas. Las principales áreas tecnológicas son la electroterapia, las tecnologías de detección, los equipos de procesamiento de datos y los sensores. Boston Scientific, 3M, Hello, Globus Medical, Philips o Medtronic son los principales titulares de patentes en ámbitos tales como sistemas estetoscópicos o de neuromodulación remota, sensores de sueño, antenas implantables para marcapasos, etc. Otras áreas crecientes son los aparatos para testeo ocular y análisis de imagen, los instrumentos de examen médico interior y los métodos de lectura y reconocimiento de patrones.

En el área de las Pruebas diagnósticas basadas en tratamientos de medicina personalizados que involucran tecnologías ómicas destaca como institución de referencia mundial la clínica Mayo de Minnesota, así como Institutos Nacionales de Salud como el NIH. Otros países destacados son Alemania, Reino Unido, China y Japón. A nivel de desarrollo tecnológico son titulares relevantes las compañías asiáticas Shen Bioinfo y Oncotherapy, así como Amgen o Ganymed. Las principales áreas de desarrollo se relacionan con el análisis de materiales, métodos de medida y testeo de procesos que involucran enzimas, oligonucleótidos, inmunoglobulinas, entre otros.

Específicamente en investigación sobre Diagnóstico por imagen Estados Unidos es, de nuevo, líder indiscutible a gran distancia en cuanto a dinámica de generación de artículos científicos con respecto a los demás países. Entre las instituciones destacadas figura la SNMMI, especializada en imagen molecular y centros de Nueva York, Boston, Philadelphia, Los Angeles, Baltimore o Houston entre otros. Con altos niveles de producción científica se encuentran representantes de la industria como Philips o GE o farmacéuticas como UCB Pharma o Genentech. En cuanto a patentes, Estados Unidos, Japón, China y Alemania son países líderes. Como principales titulares aparecen empresas del ámbito tecnológico y de la fotografía, fuertes en tecnologías ópticas como Toshiba, Siemens, Samsung, Philips, Fujifilm, Canon, general Electric, Olympus o Covidien. Las áreas principales se relacionan con tecnologías de detección, aparatos de diagnóstico por radiación e instrumentos quirúrgicos. Un área creciente es la relacionada con esquemas de indexación para análisis de imágenes.

Liderando la investigación en el área de los tratamientos farmacéuticos **personalizados** se encuentran las grandes multinacionales farmacéuticas como Pfizer, Eli Lilly, Glaxo, Amgen, Bristol-Myers, entre otras. EE.UU. -con centros de referencia de Boston, Nueva York y Los Angeles, Houston, Philadelphia, entre otros- es el país que genera mayores volúmenes de investigación sobre medicinas personalizadas. En cuanto a principales desarrollos tecnológicos, se patenta principalmente en formulaciones y entrega de medicamentos contra el cáncer, medicamentos cardiovasculares p.ej. contra la hipertensión o contra la diabetes. La multinacional suiza Roche es el principal titular.

La investigación actual en intervenciones quirúrgicas mínimamente invasivas es intensiva a nivel global y liderada por varios centros localizados en Nueva York. La Laparoscopia y las endoscopias son las técnicas más mencionadas. La mayoría de los desarrollos novedosos e invenciones se producen en Estados Unidos, seguido de Japón, China, Rusia y Alemania. Destacan como principales titulares compañías como Abbot (Opti-medica, Amo Dev) y Alcon (Lensx Inc, Wavelight), Zeiss Carl Meditec, Clear Guide Medical, Intuitive Surgical (robot DaVinci), Covidien, Symetis, Nidek KK, Biedermann o Avatera. Entre las áreas más tratadas destacan los métodos y dispositivos para testeo y tratamiento ocular.

Por último, en cuanto a Rehabilitación (Marcapasos de última generación implantados sin cirugía); Prótesis y biomateriales, etc.) son líderes en producción científica las universidades la de Pittsburgh y Illinois en EE.UU., la de Toronto en Canadá, la de South Australia y en Europa la Universidad de Oslo. En este ámbito proponen tecnologías novedosas en los últimos años compañías como Allergan, Boston Scientific, Neuromodulation, Medivation. En tecnologías relacionadas con marcapasos son líderes tecnológicos Medtronic, Cardiac Pacemakers, Biotronik o Hon Hai Precision. En prótesis con nuevos materiales destacan compañías como Zimmer, Cook Medical o Depuy Products-J&J. Estos resultados, ampliamente detallados en el Informe, pueden ser de gran interés tanto para la definición como para la ejecución de políticas públicas de salud; el mapa resultante puede constituir un referente para la comprar tecnologías o el establecimiento de alianzas con los centros de investigación o empresas más destacadas a nivel mundial.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir de la consulta a expertos del sector productivo, sector académico y gobierno panameño, mediante el Método Delphi y el análisis estructural como estudios de futuro, complementados con la vigilancia tecnológica, han permitido obtener información de valor para la identificación de oportunidades tecnológicas y de innovación para un horizonte 2040 asociados a un tema prioritario para la sociedad panameña como es la Salud.

Tanto los temas que surgieron como priorizados en la consulta Delphi, dentro de cada una de las áreas temáticas o agrupadores (Gestión de la salud; Consultas – Visitas; Pruebas diagnósticas – Análisis clínicos ; Diagnósticos por imagen; Tratamientos farmacéuticos; Intervenciones quirúrgicas y Rehabilitación), como la información sobre tendencias tecnológicas globales, desarrollos novedosos recientes y principales actores en cada uno de ellos aportada por la vigilancia tecnológica, así como las variables identificadas como estratégicas, mediante el análisis estructural, se constituyen como una base en la construcción de información de valor para la toma de decisiones estratégicas alrededor de los temas Salud.

Según el presente trabajo, los siguientes agrupadores asociados a la temática de la Salud son prioritarios para Panamá:

- **GESTIÓN DE LA SALUD:** Gestión centrada en el paciente; Seguridad del paciente; Atención a población desprotegida; Zonas rurales y no atendidas; Prevención de enfermedades; Prácticas saludables; Historia clínica electrónica; Tratamientos de enfermedades crónicas; Recursos (estrategias optimizadas para la atención de pacientes); Responsabilidad en los sistemas de salud; Integridad en los sistemas de salud; Transparencia en los sistemas de salud; Intercambio de información en materia de investigaciones en salud; Gobernanza de la investigación en salud
- **CONSULTAS – VISITAS:** Telemedicina, Teleasistencia
- **PRUEBAS DIAGNÓSTICAS - ANÁLISIS CLÍNICOS:** Biotecnología / tecnología óptica e informática (diagnóstico - pronóstico de enfermedades); Diagnósticos moleculares; Tratamientos personalizados
- **DIAGNÓSTICO POR IMAGEN:** Técnicas PET para diagnóstico temprano de patologías neurodegenerativas (Alzheimer); Nanocámaras (diagnóstico de enfermedades o el estado de órganos)
- **TRATAMIENTOS FARMACÉUTICOS:** Fármacos cardiovasculares de última generación; Medicina personalizada (administración del medicamento adecuado);

- INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS: Cirugía mínimamente invasiva; Telecirugía (uso de microrobots, sensores, fibra óptica)
- REHABILITACIÓN: Marcapasos de última generación (implantados sin cirugía); Biomateriales y Nanomateriales (prótesis); Compensación de discapacidad motora; Compensación de discapacidad cognitiva.

Asimismo, 31 variables han sido consideradas como estratégicas, según el análisis estructural:

1. Cultura
2. Pobreza
3. Acreditación servicios público - privado
4. Unificación del sistema
5. Certificación de los profesionales en Salud
6. Gobernabilidad
7. Crecimiento regional
8. Procesos burocráticos
9. Capacitación Prospectiva en Salud
10. Acceso a servicios de salud
11. Agendas de ministerios
12. Cobertura
13. Dotación de RRHH
14. Recurso tecnológico
15. Normatividad
16. Planificación a largo plazo
17. Salud en zonas indígenas
18. Recurso humano en políticas de estado
19. Protocolos de proceso
20. Política de estado
21. Investigación en Salud
22. Recurso financiero
23. Análisis de causa raíz
24. Programas de prevención
25. Equidad en la Atención
26. Medicina basada en la evidencia
27. Monitorización de los Sistemas de Gestión de Calidad

4.2. Recomendaciones

La intersección entre el relevamiento de información global actual y el aporte de conocimientos desde el contexto local, han permitido determinar unos ámbitos prioritarios y unas variables estratégicas para la gestión de la Salud en Panamá en un horizonte 2040. Se recomienda, pues, que éstos sean tomados en cuenta como marco orientativo en la definición de las políticas de acción y en la medida que éstas definan, para poder organizar mejor los nuevos requerimientos informativos necesarios en cada ámbito.

En este sentido, una primera recomendación que se pueden derivar es la conveniencia de implantar un sistema de información que permita al sistema de Salud de Panamá mantenerse actualizado con respecto a los temas de mayor preocupación global en relación a la gestión de la salud. El material compilado en el presente estudio puede servir de base para la conformación de un observatorio estratégico para Panamá en temas Salud.

4.3. Imagen de Futuro

Se vislumbra una imagen de futuro para Panamá en el año 2040 en el tema de gestión de la Salud como un sistema complejo cuyas variables e interconexiones estratégicas se pueden entender como cuatro capas superpuestas e interconectadas: políticas, estrategias, actores y tecnologías.

La política del Estado a largo plazo en materia de Salud se basará en un aumento progresivo del porcentaje del PIB destinado a la Salud, permitiendo mejorar las carencias señaladas en el DAFO, tales como el mal estado de los hospitales, la ampliación de los servicios de urgencia y atención primaria, la reducción en la demora de las operaciones o la creación de hospitales especializados en ciertas patologías y ampliar el sistema sanitario para cubrir las zonas menos favorecidas.

Estas políticas estarán acompañadas por una asignación de recursos e inversiones en los elementos del sistema necesarios para poderlas aplicar. Para ello, un porcentaje de los ingresos netos de la operación del Canal serán destinados de manera específica a financiar estas políticas de la Salud dentro de los Planes de Desarrollo del Estado. Además, dentro de este conjunto de políticas se potenciará la gestión de datos y de información, mediante el estímulo de actores del sistema que definan indicadores estandarizados para compartir la información entre ellos, con vistas a tomar decisiones coherentes y bien informadas.

Panamá dispondrá de capacidades a través de sus universidades de mayor prestigio para el desarrollo de modelos matemáticos para la predicción del comportamiento de variables significativas. La red de toma de datos, además, estará en condiciones de detectar riesgos (epidemias, diabetes, sida, dengue. etc.)

para paliar o corregir situaciones peligrosas. Las acciones preventivas serán en el 2040, priorizadas, antes que las correctivas.

Una estrategia fundamental será la articulación de un modelo “tripe hélice” (universidad-estado- empresa), que tenga en cuenta los actores y beneficiarios (“redes de innovación” para el aprendizaje e intercambio, programas estratégicos aplicados en áreas y sectores prioritarios, infraestructura institucional de investigación y servicios tecnológicos y financiamiento de la innovación). Panamá logrará armar una sólida red nacional de innovación, que involucrará aspectos relacionados con la investigación aplicada, la negociación tecnológica y el desarrollo de servicios innovadores para la gestión de la Salud.

A nivel de actores el Sistema de Salud de Panamá en el 2040 tendrá en cuenta: las Entidades del Sistema de Salud (hospitales, centros de asistencia primaria, proveedores y fabricantes de medicamentos y de material sanitario, distribuidores, etc.), las Instituciones gubernamentales (universidades, centros de investigación, autoridades reguladoras, incluyendo las instituciones del sistema de ciencia y tecnología) y los clientes y usuarios.

Se aplicarán las políticas de estímulo y de participación ciudadana, incluyendo la información clara y transparente, la educación, los mecanismos de control ciudadano, la divulgación de políticas y planes estratégicos en los que los diferentes niveles de actores sean realmente actores. A esto se suman los estímulos fiscales, así como la legislación y regulación clara y aplicada de manera eficaz.

Las entidades de la Salud asumirán en Panamá en el año 2040 un papel activo teniendo en cuenta no solamente factores de inmediatez económica sino con una perspectiva económica de largo plazo, en la que la utilización de insumos más eficientes, procesos de tratamiento de última tecnología y distribuciones, oportunas sean las formas eficaces de competir con calidad. El Estado tendrá en cuenta legislaciones claras y objetivas que impidan la entrada en el mercado de insumos de baja calidad de proveedores no homologados o no contrastados técnicamente.

Por su parte, las instituciones gubernamentales harán parte de un Estado moderno, transparente y eficiente. Con planes de fidelización de sus activos más valiosos, como lo son los funcionarios, que serán bien preparados, que ingresarán y se mantendrán de acuerdo con sus méritos y que serán remunerados de manera adecuada. Las instituciones no solaparán sus funciones, sino que cada una tendrá y aplicará planes estratégicos alineados con las estrategias nacionales y cumpliendo políticas coherentemente diseñadas. Los responsables de estas instituciones no serán políticos, sino funcionarios capacitados para cumplir sus funciones de manera eficiente. La permanente capacitación de los técnicos será un elemento característico del sistema.

Finalmente, Panamá en el año 2040 estará actualizado tecnológicamente para la gestión de la Salud. Ello implicará la aplicación de políticas y estrategias que le permitan posicionarse como un país de vanguardia en la utilización de tecnologías avanzadas (transplantes, robots de cirugía, telemedicina, cirugía de mínima invasión, etc.), mediante instrumentos que le faciliten mantenerse al corriente sobre los avances tecnológicos, sus protagonistas y players más relevantes. Para ello mantendrá un sistema de vigilancia tecnológica de primer nivel, que permita hacer un seguimiento de aquellas tecnologías que son tendencia a nivel global. En ese sentido, ese sistema de vigilancia hará seguimiento de los desarrollos asociados a las tres tecnologías transversales que son la que revolucionarán el mundo, como son la biotecnología, la nanotecnología y las TIC. Los resultados del ejercicio de Vigilancia presentados en este informe muestran los principales actores internacionales (investigadores, centros de investigación, etc.) en las diferentes áreas estudiadas.

De otra parte, Panamá en el 2040, tendrá conocimientos adquiridos suficientes para la negociación con países de vanguardia en los temas considerados prioritarios. Las TIC, para el año 2040, serán muy comunes para realizar simulaciones de condiciones adversas que faciliten la toma de decisiones a los gestores. Pero además, serán utilizadas en Panamá, para la adquisición de datos de interés para las diferentes instituciones y grupos de investigación en sus funciones. Así, las tecnologías serán consideradas como elementos clave dentro de todo el sistema de gestión de la Salud, pero siempre acompañado de los otros componentes, es decir, de las políticas, las estrategias y los actores del sistema.

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento describe el Ejercicio de Prospectiva realizado por un equipo internacional compuesto por expertos consultores de Colombia, España y Chile en relación al sector de la Salud, para la Fundación Ciudad del Saber (FCDS) de Panamá.

El trabajo realizado tiene como finalidad dar respuesta a los Términos de Referencia publicados por la vicepresidencia de investigación y formación de la Fundación Ciudad del Saber (FCDS), en los cuales se marcaron los siguientes objetivos:

- Proveer a la Fundación Ciudad del Saber servicios generales de prospectiva científica y tecnológica en las áreas prioritarias de desarrollo del proyecto Ciudad del Saber.
- Contribuir al debate nacional sobre los riesgos globales que impactarán a Panamá y al mundo.
- Propiciar iniciativas en materia de los retos globales que amenazan el futuro de la humanidad para identificar áreas estratégicas de investigación y tecnologías emergentes en las que concentrar los esfuerzos de inversión y así obtener los mayores beneficios económicos o sociales.
- Acumular inteligencia futura y construcción de una visión a medio y largo plazo, para la toma de decisiones actual y de acciones conjuntas.
- Plantear una visión a largo plazo, analizar las tendencias de ruptura y articular reflexiones a futuro, con orientación hacia la acción en el presente.
- Proponer alternativas y rutas de solución que se requerirán en el futuro.

El estudio se realizó durante el mes de Noviembre de 2016 e incluyó la materialización de estudios documentales y tendenciales en el sector del Salud, el desarrollo de un taller de consulta prospectiva con expertos nacionales en la sede de la FCDS de Panamá y un estudio de vigilancia tecnológica sobre el estado del arte de las principales líneas de investigación, iniciativas y proyectos a nivel mundial del sector.

El trabajo realizado ha permitido de forma específica, identificar aquellas aplicaciones tecnológicas innovadoras más relevantes para Panamá en las que las tecnologías convergentes NBIC (y aquí especialmente las TIC y las Ciencias Cognitivas) inciden de manera especial. Conjugando la situación actual a nivel mundial - constatada en base a los estudios tendenciales y a la vigilancia tecnológica- y los obstáculos y potencialidades locales -constatados en base al taller realizado con los expertos nacionales- se ha tratado de proporcionar una imagen de futuro para el país de cara al año 2040 así como unas recomendaciones de acción.

1.1 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la realización del presente estudio incluye:

1. Estudio documental y de tendencias: en el que se identificaron áreas promisorias relevantes en cada uno de los temas. La síntesis documental fue el insumo de partida para el diseño de la consulta Delphi.
2. Consulta Prospectiva: en la que se sometió a criterio de expertos temáticos las áreas promisorias identificadas y estructuradas de manera adecuada para que los expertos pudieran realizar sus valoraciones y proyecciones.
3. Estudio de vigilancia tecnológica: que permitió construir el estado del arte correspondiente a cada uno de los temas priorizados por los expertos.
4. Elaboración de un White paper y un artículo: a partir de los resultados obtenidos en la consulta prospectiva y del tratamiento estadístico respectivo, se elabora un informe conclusivo del tema abordado con los resultados obtenidos, incluyendo unas conclusiones en forma de una imagen de futuro y recomendaciones para Panamá.

Representada gráficamente, la metodología propuesta se representa según se indica en la Figura 2.

2 SÍNTESIS DOCUMENTAL

Se realizó una síntesis documental de estudios tendenciales o prospectivos internacionales que permitiera tener una primera perspectiva de lo que está pasando en el mundo y que sirviera como insumo para la elaboración de los formularios para las consultas prospectivas. Se preseleccionaron estudios recientes y de organizaciones o instituciones reconocidas. En este capítulo se presentan los principales hallazgos de esta fase del proyecto.

1 – CONFERENCIA E-HEALTH 2016 – Barcelona

La Universidad de Barcelona a través del Instituto de formación continua, participó como anfitriona de la II Conferencia sobre E-Health realizada el 22 de Junio de 2016 (Universitat de Barcelona, 2016), como un encuentro para descubrir las últimas tendencias, metodologías y herramientas que permiten hacer realidad la creación de entornos de atención integral sanitaria y social innovadores a través de la aplicación de las nuevas tecnologías. En esta conferencia, los expositores han identificado los siguientes temas como tendencias actuales a nivel global:

- Envejecimiento

- Atención integrada social y sanitaria
- Apoyo para la gestión autónoma de la salud
- Expediente electrónico o Historia clínica electrónica
- Teleasistencia

2 – TICSALUD

La Fundación Tic Salud de la Generalitat de Catalunya en su boletín Flash informativo presentó una edición especial sobre mapa de tendencias en el sector salud asociadas con las TIC (TicSalut, 2014). Se trata de cinco tendencias en las que los datos y los modelos asistenciales centrados en el paciente son los ejes de desarrollo. Estas son:

- **Prescripción tecnológica:** usar un nuevo canal para la relación paciente/profesional médico. Se busca mejorar los resultados clínicos y asegurar la sostenibilidad del sistema sanitario, sobre la base de un seguimiento del paciente en todo momento en su entorno natural (hogar, escuela, trabajo, etc.).
- **Comunicación abierta low cost en los entornos sanitarios:** La OMS desde hace años habla de la comunicación en salud como una estrategia clave. No tiene que ver solo con las notificaciones clínicas, sino en temas de la concienciación de hábitos saludables, campañas de prevención, comunicación de crisis. Aquí juegan papel importante las redes sociales, el gobierno abierto, la inteligencia de negocios, etc.
- **La revolución del *Big Data*:** En el ámbito sanitario Big Data tiene que ver con analizar datos para tomar medidas y extraer conclusiones para los tratamientos y la prevención de enfermedades. También se citan los modelos de predicción a partir del Big Data.
- **Nuevos modelos de gestión. Colaboración público-privada:** Se espera que la colaboración entre lo público y lo privado vuelvan a ser relevantes. Compartir riesgos y responsabilidades, a la vez que oportunidades y conocimientos.
- **Organizaciones activadas por pacientes:** Mayor interacción social – digital, que permita considerar los datos como un activo estratégico, de co-crear con los ciudadanos y la revolución móvil. Aquí también se pueden citar las llamadas “comunidades virtuales de pacientes”.

4 – Menntun: e-learning en Salud

Menntun es una plataforma de información sobre la salud humana a través de la educación (Menntun,

2015), presentó las once tendencias tecnológicas en materia de salud que se señalan a continuación:

- **Wearables.** Internet de las cosas
- **Diseño empático:** dispositivos empáticos e intuitivos
- **Seguridad**
- **Control de sobreinformación.** Filtrado de información a la que pueda acceder el paciente.
- **La genética como herramienta:** para predecir enfermedades y crear medicamentos específicos para cada paciente.
- **La incidencia de la salud a la hora de elegir vivienda:** el contar con servicios médicos de calidad en la zona, determinará la elección de la vivienda.
- **Nutrición digital:** acceso a información sobre nutrición personalizada
- **Marginalidad tecnológica:** la implantación de nuevas tecnologías puede generar ruptura social entre quienes tienen acceso a ellas y quienes no, repercutiendo en su salud.
- **Ensayos clínicos digitales:** para búsqueda de voluntarios para ensayos clínicos
- **Big Data:** para predicción de problemas de salud
- **Medicina natural:** cada vez mayor acceso a información relacionada con medios naturales para tratamiento de enfermedades.

5 – Visión de Futuro para el Sector de la Salud-2025

El Observatorio de Prospectiva Tecnológica industrial (OPTI) ha publicado un informe sobre las tendencias del sector salud con una visión a mediano plazo (Morato, s.f.), que se resumen a continuación:

- **Transformación del modelo de gestión en salud:** estandarización e interoperabilidad. Integración y centralización en el usuario. Usuario mejor informado. Implantación plena de la e-Salud, para mejorar la eficiencia de la medicina preventiva y el desarrollo de pacientes responsables de su propio cuidado. Especialización de centros de atención. Uso de sistemas RFID para localización de pacientes en tiempo real y para transmisión inalámbrica de datos clínicos. Telemonitorización, uso de tarjetas inteligentes con toda la información del historial médico de los pacientes. Centros operativos 24h para soporte al paciente.
- **Técnicas de diagnóstico y prevención:** imágenes digitales, sistemas o plataformas de transmisión de imágenes de alta resolución. Nuevos agentes de contraste y trazadores más eficaces y más inocuos. Instrumentos híbridos (PET-TC, SPECT/TC, PET /RM) para estudios pre-clínicos. Biopsia guiada por imagen. Técnicas PET para diagnóstico temprano de Alzheimer y otras patologías neurodegenerativas. Imágenes 3D.

Técnicas de imagen para guiar intervenciones y para activación de fármacos y terapias locales, para destrucción de lesiones de manera no invasiva. También se utilizan técnicas de imagen para la dosificación de radioterapia guiada.

También se habla de uso de modelos de simulación para toma de decisiones respecto a tratamientos, y modelos virtuales para evaluar comportamiento de tejidos en una intervención quirúrgica.

- **Biomateriales:** para fabricación de prótesis y una amplia variedad de dispositivos médicos. Aquí se incluyen también los nanomateriales. Biosensores implantados que pueden monitorizar el estado del paciente en tiempo real y dispensar las dosis precisas del fármaco y de una manera precisa en el sitio u órgano que lo requiere. La bioprótesis fabricadas a partir de células madre del paciente.

Microdispositivos implantables que permiten la interacción neurona-microsistema para corregir enfermedades, antes incurables. Implantes de microchips inteligentes y biocompatibles para controlar enfermedades como el Parkinson, la epilepsia y trastornos del dolor. Reparación y regeneración de tejidos y órganos del cuerpo humano, tanto ex vivo como in vitro, a partir de la ingeniería de tejidos y la nanotecnología.

Uso de biomateriales como soporte a la terapia celular, tisular y orgánica.

- **Biotecnología y tecnología ómica e informática:** para el diagnóstico y pronóstico de enfermedades, el desarrollo de nuevas terapias, medicina regenerativa y preventiva. Uso de marcadores genéticos, proteicos, epigenético y metabólico.

El uso de biomarcadores para terapias personalizadas y para predicción del metabolismo y los efectos secundarios en pacientes.

Nuevas moléculas biológicas para el desarrollo de terapias, así como para descubrimiento o desarrollo de fármacos y vacunas.

La medicina regenerativa celular para la regeneración funcional orgánica, la reprogramación celular.

- **Cirugía menos invasiva:** Cirugía mínimamente invasiva. Se usa en cirugía cardíaca, en extirpación de tumores de próstata, pecho, hígado y pulmón. No hay necesidad de incisión. En el caso de corazón, no hace falta abrir el esternón ni parar el corazón y el paciente sigue con su propia circulación pulmonar y cardíaca. Para la aplicación de este tipo de cirugía, el entrenamiento es vital. Se hace en ambientes de simulación interactivos en 3D.

Desarrollo de instrumental altamente especializado y tecnológico: microfuentes de luz, comunicación inalámbrica, etc. También aquí se puede hablar de la telecirugía, que mediante uso de microrobots, sensores y fibra óptica, permite que un cirujano que se encuentre en otro país o ciudad, pueda realizar una cirugía.

- **Desarrollo farmacológico hacia la personalización:** la farmacogenómica permite diseñar tratamientos individualizados basados en criterios de eficacia y toxicidad, ensayos clínicos mejor diseñados, descubrimiento de nuevas dianas. La medicina personalizada permite la administración a cada individuo del

medicamento adecuado para la patología que padece, en la dosis adecuada para salvaguardar la eficacia y seguridad del mismo. Es, así, un cambio de paradigma.

6 - Global health care Outlook

La consultora internacional Deloitte ha publicado un informe sobre la perspectiva de las ciencias de la salud, identificando los drivers más relevantes que impulsaran los cambios y la adopción de tecnologías en los próximos años (Deloitte, 2015). Estos son:

- **Los costos sanitarios.** Crecen sin parar. El reto es cómo aumentar la oferta de servicios de salud y reducir el crecimiento de los costos de tales servicios.
- **Demografía:** envejecimiento de la población y lo que significa esto para los sistemas de salud. Por ejemplo, enfermedades crónicas: se dice que el 68% de las muertes en 2008 fueron de enfermedades nunca diagnosticadas; las muertes por diabetes crecerán un 50% los próximos 10 años; en 2020, el tabaco matará a 7,5 millones de personas por año, es decir el 10% de todas las muertes en el mundo.
- **Transformación & Innovación Digital:**
 - Mobile Health (mHealth): plataforma que busca una transformación a un modelo centrado en el paciente, que agrega valor al paciente. Tiene un alto potencial para mejorar la eficiencia del trabajo en salud, aumentar la seguridad del paciente, mejorar la coordinación en la atención médica, facilitar los pagos, atender a poblaciones desprotegida de las zonas rurales y de zonas no atendidas.
 - Telemedicina: facilita la atención de pacientes en áreas remotas por la transmisión de información vía internet. India es un ejemplo en este sentido, ya que muchos hospitales han adoptado servicios de telemedicina en una asociación pública-privada.
 - Manufactura aditiva (Additive manufacturing – AM), mencionada frecuentemente como Impresión 3D. Sus beneficios potenciales son numerosos: mejora el acceso a dispositivos, simplifica y acelera los procesos productivos de dispositivos médicos e implantes.
 - Inteligencia artificial: que permite la gestión de datos que crecen de manera exponencial. Acelera el desarrollo de la próxima generación de “dispositivos médicos inteligentes”
 - Dispositivos de diagnóstico: que permiten la detección y el diagnóstico rápido. Ejemplos: LifeQ: usa sensores ópticos no invasivos para medir los datos médicos clave de un paciente.
 - Wearable technologies
 - Big Data: que facilitan mediante la compilación, acceso y compartición de información, y la aplicación de análisis, la toma de decisiones robusta. Elimina la necesidad de repetir pruebas innecesarias y

compartir la información en el sistema, medir la eficacia de tratamientos y de medicamentos, etc.

- **Regulación:** La regulación en salud es compleja e involucra muchos actores. El driver es el la salud del paciente, la seguridad y la privacidad. Pero los enfoques de protección del paciente cambian de un país a otro. A esto hay que sumar el rápido cambio tecnológico, los medios sociales, los consumidores, técnicas de monitorización de riesgos más sofisticadas y la coordinación entre agencias. Un foco principal de atención de la regulación tiene que ver con los medicamentos y la seguridad del paciente. Hay múltiples agencias reguladoras en cada país (FDA en EE.UU. las GVP en Europa, etc.).

7 – Health Catalyst

Otra consultora especializada en temas de salud, Health-Catalyst, bajo la óptica de expertos económicos, ha publicado un artículo sobre las siete principales tendencias y retos que enfrentarán los sistemas de salud a nivel global (Brown, 2015). Estos son:

- **Disminución de ingresos:** los médicos comienza a sentirse el efecto en sus ingresos, por las regulaciones de calidad del servicio de salud de la CMS
- **Dispositivos wearables:** que permiten medir la actividad física, consumo de calorías, patrones de movimiento, etc. Todo ello facilitará el autocuidado de la salud.
- **Cuidados centrados en el paciente:** el objetivo es mejorar la satisfacción del paciente. El sector se mueve buscando cómo lograr la fidelización más allá de las visitas médicas tradicionales. Muchos han buscado presencia a través de los medios sociales para mantener la relación con pacientes. Ahora los pacientes tienen mayor conocimiento y poder de decisión.
- **Incremento de la demanda de datos.** Tanto los médicos como los administradores están cada vez más ávidos de datos que les permita tomar decisiones y guiar la planificación de los sistemas de salud. Cuando faltan datos, las decisiones se hacen sobre suposiciones, con los consecuentes riesgos implicados. Aquí los prestadores de servicios asociados con la gestión de datos (Enterprise data warehouse – EDW) tendrán un papel relevante para suministrar datos de alta calidad, así como herramientas para su procesamiento y análisis.
- **Seguridad de la información:** la privacidad de datos de pacientes continuará siendo un aspecto muy relevante para todos los involucrados en el desarrollo de aplicaciones.
- **Preocupación creciente por la viabilidad financiera en el sector de la salud:**
- **Creciente interés en la gestión de los sistemas de salud.** Se puede decir que el éxito en la gestión de la salud depende de la combinación de tres sistemas: tecnología (datos implementación (ejecución de

estrategia) y contenido (conocimiento clínico). Un centro de atención en salud debe utilizar este enfoque para mejorar la atención preventiva de salud de su población, lo cual reduce costos y mejora la calidad de vida de las personas.

8 – Emerging trends in healthcare

La consultora PWC encargada de estudios de tipos prospectivos en múltiples sectores, ha identificado algunos dinamizadores de los cambios o tendencias en salud que comienzan a verse con cada vez mayor fuerza (PWC, 2016). Son los siguientes:

- **Cambios demográficos:** el aumento de la población mundial, y el envejecimiento creciente de la población ejercen una gran presión sobre los sistemas de salud. También habrá un crecimiento de la clase media que demandará mucha tecnología, dispositivos, artefactos, etc. Relacionados con el cuidado de la salud. Un ejemplo de esta demanda creciente es la llamada mHealth (mobile health): innovaciones en soluciones de salud por el móvil. Entrarán a escena muchos otros protagonistas de sectores tales como telecomunicaciones, gimnasios, etc.
- **Enfermedades y condiciones crónicas:** Las enfermedades crónicas se incrementarán hasta el 57% en 2020, y el 60% ocurrirán en mercados emergentes. Los nuevos modelos y avances en detección y diagnóstico precisos de enfermedades ayudarán a minimizar los costos de tratamiento de condiciones crónicas. Los cambios de estilos de vida de una sociedad cada vez más urbanizada, está significando un aumento alarmante de enfermedades tales como la diabetes, la obesidad, etc. Además aquí también se deben tener en cuenta las pandemias, que exigen respuestas rápidas y coordinadas a nivel global. En este punto el surgimiento de: nuevos modelos de dispensación de fármacos que demandan estas enfermedades crónicas; la tecnología aquí juega un factor clave. Los avances en la detección precisa y el diagnóstico de enfermedades, minimizarán los costos de tratamientos de condiciones crónicas. Nuevos conocimientos de la secuenciación del genoma y diagnósticos moleculares permitirán una mejor comprensión de la naturaleza de tales enfermedades y marcarán el camino hacia el desarrollo de tratamientos personalizados.
- **Disminución de recursos:** ejercen una enorme presión sobre los sistemas de salud, lo cual, visto desde la perspectiva positiva, está llevando a una optimización de los recursos humanos y adopción de avances en procesos, procedimientos estandarizados, innovaciones tecnológicas para reducción de costos y mejora de la calidad. El reto para los sistemas de salud y los Estados es cómo reducir costos sin impactar la calidad y el acceso de los servicios de salud. Otro aspecto asociado a este factor es la disminución de

profesionales de salud, que en el mediano plazo será crítico (la OMS estima que para el año 2035 habrá un déficit de 12.9 millones de profesionales de la salud en el mundo). Alguno de los efectos que este factor está produciendo es el aumento de atención de pacientes desde casa, utilizando diferentes sistemas, desde la monitorización remota, la telemedicina, dispositivos móviles. La colaboración público-privada seguirá creciendo. En este aspecto una ventaja es que los partners privados son más eficaces a la hora de incorporar innovaciones tecnológicas.

- **Consumidor desconfiado:** Los consumidores están demostrando falta de confianza en los sistemas de salud tradicionales; están cada vez más dispuestos a confiar sus servicios de salud a actores no tradicionales; la tecnología ubicua está dándoles las herramientas para hacerlo. Los pacientes son cada vez más demandantes de información, de tratamientos alternativos y de mejores resultados. Con mayor conocimiento, su búsqueda de opciones para el cuidado de su salud, se incrementa.
- **Consumidor empoderado:** Está muy relacionado con el punto anterior. Los consumidores están aprovechando un acceso sin precedentes a la información, para ser más diligentes e informados sobre su salud. El creciente poder del paciente como consumidor exigente presiona para la creación de nuevos mercados globales y nuevos modelos de atención. Además, este nuevo perfil de consumidores informados, exigirá mayor responsabilidad, integridad y transparencia de sus sistemas de salud.

9 – Interben Consulting

La consultora Interben Consulting ha realizado un informe que muestra las tendencias en el campo de la Electromedicina en Catalunya (Interben Consulting, 2006), agrupadas en cuatro grandes bloques, como son:

- **Facilitar la vida de los pacientes:** Posibilidad de monitorizar constantemente, incluso a distancia. Facilitar la recuperación y disminuir el tiempo de convalecencia del paciente. Algunos ejemplos son: el control de la diabetes en casa, la telemedicina, y el cuidado en casa (In-house healthcare)
- **Facilitar la labor sanitaria de los profesionales de la salud:** Suministrar al médico la mejor tecnología posible, permitir la interacción médico-paciente a distancia. Aquí caben ejemplos como el suministro de equipos avanzados de diagnóstico, la robótica médica, etc.
- **Prolongar la esperanza y calidad de vida de la población:** Aumentar la eficacia de los diagnósticos, reducir el riesgo y molestias del paciente, reducir la necesidad de tratamientos crónicos.
- **Reducción de costos de salud:** Mejora del servicio asistencial, ahorro en tratamientos farmacológicos, disminución del uso de la red sanitaria. Uso de la telemedicina, equipos de autodiagnóstico.

10 – Otros

Aquí se citan otras tendencias que se reportan en diferentes fuentes consultadas:

- Órganos-en-un-chip: ejemplo, un corazón impreso en 3D (organs-on-chip; Instrumented cardiac microphysiological devices via multimaterial three-dimensional printing): <http://www.nature.com/nmat/journal/vaop/ncurrent/full/nmat4782.html>
- Impresión en 3D de órganos y tejidos y hasta células madre embrionarias (Three-dimensional bio-printing of embryonic stem cells directs highly uniform embryoid body formation), en: <http://iop-science.iop.org/article/10.1088/1758-5090/7/4/044101/meta>
- Nanocámaras: útiles para implantar en el cuerpo y diagnosticar enfermedades o el estado de órganos. Ejemplo: Two-photon direct laser writing of ultracompact multi-lens objectives (<http://www.nature.com/nphoton/journal/v10/n8/full/nphoton.2016.121.html>)
- Realidad virtual y realidad aumentada: para planificación de tratamientos y cirugías y, también, para tratamiento y rehabilitación cognitiva y motora, así como para tratamiento de fobias, autismos, etc. (<http://aunclidelastic.blogthinkbig.com/siete-tendencias-que-van-a-cambiar-el-sector-salud-para-siempre/>)
- Turismo médico: tratamientos, cirugías, etc. En otros países (<http://congresos-medicos.com/congreso/nuevas-tendencias-tecnologicas-en-salud-y-turismo-medico-1491>)
- Intercambio de información en materia de investigaciones en salud. Es una prioridad según la OMS. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/85763/1/9789240691223_spa.pdf Ver también: www.healthresearchweb.org proporciona datos, cuadros y gráficos para el seguimiento y evaluación de las inversiones en investigación a nivel nacional o institucional. La plataforma utiliza un formato de tipo wiki que se puede editar, de modo que las instituciones y organismos pueden personalizar las entradas conforme a sus necesidades. La información presentada abarca políticas, prioridades, proyectos, capacidades y productos de investigación.
- Gobernanza de la investigación en salud: Cabe preguntarse si el sistema de investigaciones sanitarias de un país se ajusta a un régimen de gobierno y gestión, es decir si todas las funciones esenciales se llevan a cabo con un alto nivel de exigencia. Las evaluaciones sistemáticas de la gobernanza de la investigación son valiosas pero poco frecuentes. En uno de los pocos ejemplos que pueden darse se utilizaron ocho indicadores de gobernanza y gestión para evaluar los sistemas nacionales de investigación sanitaria de 10 países de la Región del Mediterráneo Oriental de la OMS. Los indicadores utilizados en esta evaluación de la gobernanza son: Prioridades sanitarias nacionales; declaración sobre objetivos del SNIS; estructura oficial de gobernanza del SNIS; Estructura oficial de gestión del SNIS; Prioridades nacionales en materia de investigación sanitaria; Política, plan o estrategia nacionales de salud; Declaración sobre los valores del

SNIS; Sistemas de monitoreo y evaluación del SNIS (OMS, 2013).

Con base en los resultados obtenidos en esta síntesis documental prospectiva, se proponen los conceptos clave siguientes, agrupados según la estructura de clasificación Nomenclátor¹, con el fin de facilitar la elaboración de los formularios Delphi que se utilizan en la siguiente fase del proyecto.

Estos son:

1 – GESTIÓN DE LA SALUD

- Gestión centrada en el paciente
- E-Salud: mejora de la eficiencia de los cuidados y la medicina preventiva
- Mobile Health –mHealth: Tiene un alto potencial para mejorar la eficiencia del trabajo en salud, aumentar la seguridad del paciente, mejorar la coordinación en la atención médica, facilitar los pagos, atender a poblaciones desprotegida de las zonas rurales y de zonas no atendidas
- Especialización de los centros de atención. Externalización
- Envejecimiento de la población: autonomía, enfermedades crónicas y situaciones crónicas
- Enfoque centrado en la prevención de enfermedades y prácticas saludables.
- Atención integradas socio-sanitaria
- Apoyo a la gestión autónoma de la salud
- Expediente o historia clínica electrónica
- Comunicación abierta. Incluyendo aspectos de concienciación de hábitos saludables, campañas de prevención personalizadas, comunicación de crisis. Uso de redes sociales
- Revolución el Big Data: analizar datos para toma de decisiones y extracción de conclusiones para los tratamientos y la prevención de enfermedades. Desarrollo de modelos de predicción. Elimina la necesidad de repetir pruebas innecesarias y compartir la información en el sistema, medir la eficacia de tratamientos y de medicamentos, etc.
- Enterprises Data Warehouse – EDW: prestadores de servicios asociados a la gestión de datos de calidad y herramientas para su procesamiento y análisis.
- Nuevos modelos de gestión: colaboración público-privada.
- Organizaciones activadas por pacientes: mayor interacción social – digital que permita considerar los datos como activo estratégico, para co-crear con los ciudadanos y aprovechar la revolución móvil.
- Comunidades virtuales de pacientes: facilita el intercambio de experiencias y la recuperación
- Ciberseguridad de historial clínico. Privacidad de la información. Seguridad informática.
- Control de sobreinformación. Filtrado de información a la que pueda acceder el paciente

- Nutrición digital: acceso a información sobre nutrición personalizada
- Tarjetas inteligentes: con toda la información médica.
- Modelos de simulación para toma de decisiones respecto a tratamientos
- Entrenamiento especializado para aplicación de técnicas innovadoras en tratamientos y cirugías: por ejemplo, simuladores interactivos 3D para las cirugías mínimamente invasivas o para el uso de robots cirujanos.
- Gestión de sistemas de salud orientados al envejecimiento de la población. Tratamientos de cronicidad de enfermedades (delayed aging).
- Regulación flexible: seguridad, privacidad y eficiencia en la atención al paciente. Establecimiento de estándares universales que permitan la coordinación entre sistemas de salud de diferentes localizaciones.
- Disminución de recursos y presión sobre los sistemas de salud. Conducirán a estrategias optimizadas para la atención de pacientes, reducción de horas de hospitalización, monitorización remota, y un fuerte énfasis en la prevención de enfermedades y hábitos de vida saludables, en medio de una sociedad cada vez más urbanizada.
- Reducción de ingresos de los médicos y otros profesionales de la salud: desestimulará la provisión de recursos humanos en el futuro. Habrá escases de cuadros médicos y asistenciales, mientras que la demanda va en aumento.
- Consumidor desconfiado: Los consumidores están demostrando falta de confianza en los sistemas de salud tradicionales; están cada vez más dispuestos a confiar sus servicios de salud a actores no tradicionales; la tecnología ubicua está dándoles las herramientas para hacerlo. Los pacientes son cada vez más demandantes de información, de tratamientos alternativos y de mejores resultados. Con mayor conocimiento, su búsqueda de opciones para el cuidado de su salud, se incrementa.
- Consumidor empoderado: Está muy relacionado con el punto anterior. Los consumidores están aprovechando un acceso sin precedentes a la información, para ser más diligentes e informados sobre su salud. El creciente poder del paciente como consumidor exigente presiona para la creación de nuevos mercados globales y nuevos modelos de atención. Además, este nuevo perfil de consumidores informados, exigirá mayor responsabilidad, integridad y transparencia de sus sistemas de salud.
- Turismo médico: tratamientos, cirugías, etc.
- Intercambio de información en materia de investigaciones en salud. Es una prioridad según la OMS. Por ejemplo: www.healthresearchweb.org. Proporciona datos, cuadros y gráficos para el seguimiento y evaluación de las inversiones en investigación a nivel nacional o institucional. La plataforma utiliza un formato de tipo wiki que se puede editar, de modo que las instituciones y organismos pueden personalizar las entradas conforme a sus necesidades. La información presentada abarca políticas, prioridades, proyectos, capacidades y productos de investigación.

- Gobernanza de la investigación en salud. Alto nivel de exigencia en la investigación. Evaluaciones sistemáticas de la gobernanza de la investigación. Hay pocos ejemplos. En uno de ellos se utilizaron ocho indicadores de gobernanza y gestión para evaluar los sistemas de investigación en salud de 10 países. Esos indicadores fueron: Prioridades sanitarias nacionales; declaración sobre objetivos del SNIS; estructura oficial de gobernanza del SNIS; Estructura oficial de gestión del SNIS; Prioridades nacionales en materia de investigación sanitaria; Política, plan o estrategia nacionales de salud; Declaración sobre los valores del SNIS; Sistemas de monitoreo y evaluación del SNIS.
- Vida en el hogar: soluciones para la autonomía, seguridad y calidad de vida de personas mayores y dependientes. Robótica asistencial.

2 – CONSULTAS Y VISITAS

- Telemedicina, Teleasistencia y telemonitorización: seguimiento del paciente en todo momento, en su entorno natural. RFID para el seguimiento y localización de pacientes. Facilita la atención de pacientes en áreas remotas por la transmisión de información vía internet. India es un ejemplo en este sentido, ya que muchos hospitales han adoptado servicios de telemedicina en una asociación pública-privada
- Prescripción tecnológica: utilizar nuevos canales para la relación paciente – médico. Se busca mejorar los resultados clínicos y asegurar la sostenibilidad del sistema sanitario.
- Wearables (internet de las cosas): dispositivos de recolección de datos sobre estado de salud. Control o monitorización permanente de signos de salud. Sensores Wearables
- Manufactura aditiva (Additive manufacturing – AM), mencionada frecuentemente como Impresión 3D. Sus beneficios potenciales son numerosos: mejora el acceso a dispositivos, simplifica y acelera los procesos productivos de dispositivos médicos e implantes.
- Inteligencia artificial: que permite la gestión de datos que crecen de manera exponencial. Acelera el desarrollo de la próxima generación de “dispositivos médicos inteligentes”

3 – PRUEBAS DIAGNÓSTICAS Y ANÁLISIS CLÍNICOS:

- Biotecnología y tecnología ómica e informática: para el diagnóstico y pronóstico de enfermedades, el desarrollo de nuevas terapias, medicina regenerativa y preventiva.
- Uso de marcadores genéticos, proteicos, epigenético y metabólico.
- Aumento en el conocimiento de la secuenciación del genoma y diagnósticos moleculares permitirán

una mejor comprensión de la naturaleza de tales enfermedades y marcarán el camino hacia el desarrollo de tratamientos personalizados

- Desarrollo de kits de autodiagnóstico altamente confiables.
- Unidades de ictus móviles: ambulancias equipadas con unidades especiales para el diagnóstico y tratamiento rápido del ictus

4 – DIAGNÓSTICO POR IMAGEN:

- Tomografía computarizada espectral, que facilita la definición de contraste entre tejido y tejido blando.
- Imágenes digitales y plataformas de transmisión de imágenes de alta resolución.
- Nuevos agentes de contraste y trazadores más eficaces y más inocuos.
- Instrumentos híbridos (PET-TC, SPECT/TC, PET /RM) para estudios pre-clínicos.
- Técnicas PET para diagnóstico temprano del Alzheimer y otras patologías neurodegenerativas
- Imágenes 3D
- Nanocámaras: útiles para implantar en el cuerpo y diagnosticar enfermedades o el estado de órganos
- Técnicas de imagen para la dosificación de radioterapia guiada

5 – TRATAMIENTOS FARMACÉUTICOS

- Fármacos cardiovasculares de última generación: inhibidores de la PCSk9e inhibidores de la neprilisina y del receptor de angiotensina (insuficiencia cardíaca)
- Hidrogeles bioabsorbibles inyectables: Por ejemplo, el SpaceOAR System, para tratamiento del cáncer de próstata, que elimina el riesgo de lesión rectal por radioterapia
- Medicina natural: cada vez mayor acceso a información relacionada con medios naturales para tratamiento de enfermedades
- Técnicas de imagen para activación de fármacos y terapias localizadas y para destrucción de lesiones de manera no invasiva.
- Biosensores implantados que pueden monitorizar el estado del paciente en tiempo real y dispensar las dosis precisas del fármaco y de una manera precisa en el sitio u órgano que lo requiere.
- Biomarcadores para terapias personalizadas y para predicción del metabolismo y los efectos secundarios en pacientes
- Nuevas moléculas biológicas para el desarrollo de terapias, así como para descubrimiento o desarrollo de

fármacos y vacunas

- Desarrollo farmacológico hacia la personalización: la farmacogenómica permite diseñar tratamientos individualizados basados en criterios de eficacia y toxicidad, ensayos clínicos mejor diseñados, descubrimiento de nuevas dianas.
- La medicina personalizada permite la administración a cada individuo del medicamento adecuado para la patología que padece, en la dosis adecuada para salvaguardar la eficacia y seguridad del mismo.
- Transportadores de fármacos (drug delivery) sofisticados y precisos: para dosificación exacta en el lugar indicado de la medicina.

6 – INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS

- Ciberseguridad: de dispositivos médicos implantados en los pacientes, que deben ser seguros para evitar intervenciones en el funcionamiento por personas no autorizadas
- Robots desinfectantes: utilizan luz ultravioleta con led, para desinfectar continuamente el medioambiente, destruir bacterias, en salas de cirugías.
- Cirugía robótica o robotizada: ejemplo, el robot Da Vinci.
- Sistemas de perfusión para mejorar la recepción de órganos donantes. Perfusión cálida que mantiene la viabilidad de órganos donados
- Técnicas de imagen para guiar intervenciones.
- Modelos virtuales para evaluar comportamiento de tejidos en una intervención quirúrgica
- Cirugía menos invasiva y Cirugía mínimamente invasiva. Se usa en cirugía cardíaca, en extirpación de tumores de próstata, pecho, hígado y pulmón. No hay necesidad de incisión. En el caso de corazón, no hace falta abrir el esternón ni parar el corazón y el paciente sigue con su propia circulación pulmonar y cardíaca
- Telecirugía, que mediante uso de microrobots, sensores y fibra óptica, permite que un cirujano que se encuentre en otro país o ciudad, pueda realizar una cirugía
- Desarrollo de instrumental altamente especializado y tecnológico: microfuentes de luz, comunicación inalámbrica, etc.
- Realidad virtual y realidad aumentada: para planificación de tratamientos y cirugías.

7 – ANATOMÍA PATOLÓGICA:

- Hidrogeles bioabsorbibles inyectables: Por ejemplo, el SpaceOAR System, para tratamiento del cáncer de próstata, que elimina el riesgo de lesión rectal por radioterapia.
- Fármacos cardiovasculares de última generación: inhibidores de la PCSk9e inhibidores de la neprilisina y del receptor de angiotensina (insuficiencia cardíaca)
- Biopsia guiada por imagen.

8 – REHABILITACIÓN:

- Marcapasos de última generación: más pequeños y ligeros, implantables sin cirugía.
- Biomateriales y Nanomateriales: para fabricación de prótesis y una amplia variedad de dispositivos médicos.
- La bioprótesis fabricadas a partir de células madre del paciente
- Mircodispositivos implantables que permiten la interacción neurona-microsistema para corregir enfermedades, antes incurables
- Implantes de microchips inteligentes y biocompatibles para controlar enfermedades como el Parkinson, la epilepsia y trastornos del dolor
- Reparación y regeneración de tejidos y órganos del cuerpo humano, tanto ex vivo como in vitro, a partir de la ingeniería de tejidos y la nanotecnología.
- Uso de biomateriales como soporte a la terapia celular, tisular y orgánica.
- La medicina regenerativa celular para la regeneración funcional orgánica, la reprogramación celular.
- Órganos-en-un-chip: ejemplo, un corazón impreso en 3D
- Impresión en 3D de órganos y tejidos y hasta células madre embrionarias
- Realidad virtual y realidad aumentada: para tratamiento y rehabilitación cognitiva y motora, así como para tratamiento de fobias, autismos, etc.
- Rehabilitación y compensación de discapacidad motora: prótesis inteligentes, exoesqueletos y órtesis activas, robótica móvil, robótica terapéutica, neurobótica.
- Rehabilitación y compensación de discapacidad cognitiva: dispositivos mecatrónicos para rehabilitación acelerada después de un accidente cerebrovascular, neurobótica (funciones neuromotoras y robótica).

3 CONSULTA PROSPECTIVA

El método Delphi consiste en una consulta estructurada a un número de expertos de los sectores o temas específicos elegidos para el ejercicio prospectivo, sobre la base de un cuestionario, preparado por paneles o comisiones de expertos, que se responde anónimamente y en dos rondas. Según diferentes expertos de la escuela anglosajona en el mundo, el Delphi tiene cuatro características claves: anonimato, iteración, retroalimentación controlada y agregación estadística de un grupo de respuestas.

El término Delphi hace referencia a un pueblo en la antigua Grecia en el que las predicciones del Dios Apolo fueron transmitidas a los futurólogos en la tierra; como resultado el Delphi siempre ha sido asociado al pronóstico (Landeta 2006; Wakefield y Watson 2013). Por otra parte, (León y Montero 2004, citados por Cabero 2013, pág 117), definen el método como "técnica de recogida de datos que se utiliza para poner de acuerdo a un grupo de expertos dispersos geográficamente sobre un tema de interés para el investigador".

El método Delphi es aplicado dentro de las organizaciones, instituciones y países con el fin de reducir la incertidumbre en la toma de decisiones de ciertas áreas estratégicas, logrando de esta forma la identificación de factores claves.

Al momento de realizar un estudio de prospectiva mediante el método Delphi se deben realizar los siguientes pasos:

Construcción del árbol tecnológico, construcción del perfil de expertos, selección de agrupadores, cuestionario primera ronda, envío de la primera ronda a expertos, análisis estadístico de la primera ronda, construcción y envío de la segunda ronda Delphi, análisis de la segunda ronda y por último la socialización de los resultados.

Esta metodología se aplicó durante el Taller llevado a cabo en la Fundación Ciudad del Saber. Se contó con una participación de 23 expertos de universidades, instituciones públicas y sector privado, que participaron todos ellos de forma efectiva y, por tanto, se obtuvo un total de 23 respuestas.

3.1 RESULTADOS DE LA PRIMERA RONDA DELPHI

Con el fin de poder llegar a resultados confiables el equipo consultor internacional definió una hoja de ruta que contempló la construcción, en primera instancia, de un árbol tecnológico, el cual hace referencia al conglomerado de temas resultantes de la síntesis documental realizada por IALE en el tema de la Salud a partir de la revisión y análisis de documentación existente, tal como estudios prospectivos o tendenciales, hojas de ruta sectoriales, etc. elaborados por instituciones y think tanks de referencia en el ámbito de la salud a nivel mundial y permitió la extracción de una clasificación y agrupación de las líneas temáticas subyacentes en el conjunto documental. Esta etapa es de vital importancia en un estudio Delphi debido a que es el primer acercamiento que se tiene de los temas de interés en el estudio, permitiendo así a analizar toda la información científico-tecnológica que sirve de apoyo en los procesos de toma de decisiones.

Estos agrupadores propuestos por IALE a partir de la revisión documental fueron validados por personal de la Fundación Ciudad del Saber previamente a la realización del taller.

Los expertos participantes en los talleres fueron invitados por la Fundación Ciudad del Saber. Teniendo en cuenta que debía haber representación de universidades, empresas y entidades gubernamentales, para este ejercicio se contó con la participación de 23 expertos.

La construcción del cuestionario, se realizó con base en el árbol de temas, tecnologías, innovaciones para cada agrupador. Este cuestionario tiene los siguientes elementos:

Título, Logo(s), Objetivo del estudio, Fecha de diligenciamiento, Información general del experto, la escala de calificación utilizada fue Likert.

Después de recibir la primera ronda Delphi debidamente diligenciada, se procedió a realizar el análisis estadístico donde se utilizaron diferentes técnicas estadísticas tales como: moda, frecuencia modal, porcentaje de consenso, promedio de consenso, esto con el fin de identificar los temas prioritarios, no prioritarios y en discusión.

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en la primera ronda Delphi, donde los expertos seleccionaron inicialmente los temas prioritarios y en discusión, en los temas y agrupadores propuestos inicialmente a partir de la síntesis documental. Los no prioritarios no están incluidos en la tabla.

El criterio de selección para que un tema sea prioritario, no prioritario y discusión se observa en la Figura 4.

Después de obtener los temas prioritarios de la primera ronda se procedió, en el marco del taller a la construcción y envío de la segunda ronda Delphi la cual buscó retroalimentar los resultados obtenidos en la primera ronda, debido a que en esta etapa se le pidió al experto que al momento de diligenciar la encuesta argumentara los temas que él consideraba prioritarios o no prioritarios.

En este caso en particular los expertos aportaron 18 nuevos para ser tenidos en cuenta en la segunda ronda, de esta forma se enriquece el proceso y análisis a partir de las opiniones de los expertos que participaron en el taller, se presenta la Tabla 2. Estos temas fueron incluidos en el segundo cuestionario o ronda.

Después de recibir la segunda ronda Delphi debidamente diligenciada, se procedió a realizar el análisis estadístico donde se utilizaron las técnicas estadísticas descritas para la primera ronda. En este caso, se calculó la frecuencia modal 2 (Fm2), permitiendo de esta forma obtener los temas prioritarios, la ecuación utilizada fue la siguiente:

$$Fm2 = Fm1 + Er2 - Sr2$$

Fm1: Frecuencia modal alcanzado en la primera ronda por tema

Er2: Número de expertos que entran al consenso de la segunda ronda por tema

Sr2: Número de expertos que salen del consenso de la segunda ronda por tema

3.1 RESULTADOS DE LA SEGUNDA RONDA DELPHI

Los resultados obtenidos en la segunda ronda son mostrados en la Tabla 3, allí se encuentran los temas que fueron ganadores para el método Delphi. Los temas nuevos propuestos por los expertos para la segunda ronda (en la tabla 3) fueron calificados por los expertos en la Tabla 4.

De acuerdo con lo anterior sobre estos nuevos temas se resaltan: Investigación en salud pública, Profesionales en Competencias en Gestión de Salud, Sistemas de información e investigación para la salud, Métodos de financiamiento de los sistemas de salud, Bioética.

En conclusión de acuerdo con el análisis de moda, frecuencia modal y porcentaje de consenso en las dos rondas los temas considerados como prioritarios aparecen en la Tabla 5. Los temas prioritarios resultado del análisis de la segunda ronda Delphi son importantes al momento de generar una imagen de futuro ya que nos permite encaminar la trayectoria para la misma.

3.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

A partir de la matriz de problemáticas, fueron seleccionadas 77 variables para realizar el análisis estructural por el método MICMAC. El MICMAC o Matriz de Impacto Cruzado – Multiplicación Aplicada a una Clasificación- tiene como objetivo el poder identificar las variables clave más motrices y más dependientes, mediante clasificaciones directas, indirectas y potenciales. Las variables priorizadas al aplicar el método MICMAC son listadas en la Tabla 6.

3.4 ANÁLISIS TIPO DAFO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Con todos los insumos generados -incluyendo las diversas problemáticas de tipo Político, Económico, Social o Tecnológico que afectan a la Salud en Panamá, tales la pobreza, los procesos burocráticos, el acceso a los servicios de salud, etc. señaladas por los expertos durante el taller- se realiza una matriz DAFO que refleja la situación actual (figura 4).

4 ESTADO DEL ARTE/TENDENCIAS EN LOS TEMAS PRIORIZADOS

La Vigilancia Tecnológica es un proceso sistemático de transformación de la información que comienza con la captura, continúa con el procesamiento y termina con la valorización de información, y que toma como base fuentes de información primarias (publicaciones, proyectos, patentes, etc.) En combinación con el estudio documental y de tendencias permite conocer el estado del arte en relación a un sector o ámbito de interés y caracterizarlo a nivel científico, tecnológico, competitivo y/o de mercado.

En este caso el estudio de vigilancia tecnológica se basó en el análisis de fuentes de información científica a nivel mundial. Se realizaron búsquedas en bases de datos de publicaciones científicas y bases de datos de patentes, con el fin de poder construir el estado del arte en relación con las principales tendencias tecnológicas en cada uno de los temas priorizados por los expertos en el taller:

- **GESTIÓN DE LA SALUD:** Gestión centrada en el paciente; Seguridad del paciente; Atención a población desprotegida; Zonas rurales y no atendidas; Prevención de enfermedades; Prácticas saludables; Historia clínica electrónica; Tratamientos de enfermedades crónicas; Recursos (estrategias optimizadas para la atención de pacientes); responsabilidad en los sistemas de salud; Integridad en los sistemas de salud;

responsabilidad en los sistemas de salud; Integridad en los sistemas de salud; Transparencia en los sistemas de salud; Intercambio de información en materia de investigaciones en salud; Gobernanza de la investigación en salud

- **CONSULTAS – VISITAS:** Telemedicina, Teleasistencia
- **PRUEBAS DIAGNÓSTICAS - ANÁLISIS CLÍNICOS:** Biotecnología / tecnología ómica e informática (diagnóstico - pronóstico de enfermedades); Diagnósticos moleculares; Tratamientos personalizados
- **DIAGNÓSTICO POR IMAGEN:** Técnicas PET para diagnóstico temprano de patologías neurodegenerativas (Alzheimer); Nanocámaras (diagnóstico de enfermedades o el estado de órganos)
- **TRATAMIENTOS FARMACÉUTICOS:** Fármacos cardiovasculares de última generación; Medicina personalizada (administración del medicamento adecuado);
- **INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS:** Cirugía mínimamente invasiva; Telecirugía (uso de microrobots, sensores, fibra óptica)
- **REHABILITACIÓN:** Marcapasos de última generación (implantados sin cirugía); Biomateriales y Nanomateriales (prótesis); Compensación de discapacidad motora; Compensación de discapacidad cognitiva

La investigación se centró en la identificación, compilación y análisis de publicaciones científicas a partir de una búsqueda general en la base de datos Medline y de patentes tecnológicas a partir de una búsqueda en bases de datos de patentes (Espacenet, USPTO y WIPO), con el fin de determinar los principales líneas de investigación y su evolución, los principales actores tanto a nivel de investigación como a nivel de desarrollos tecnológicos, las tecnologías protegidas y emergentes, entre otros resultados que se presentan a continuación.

4.1 ÁREA 1: GESTIÓN DE LA SALUD

Las búsquedas se realizaron en base a los temas priorizados durante el taller Delphi, expresados a través de palabras clave (keywords), según se indica a continuación.²

Temas priorizados:

Gestión centrada en el paciente; Seguridad del paciente; Atención a población desprotegida; Zonas rurales y no atendidas; Prevención de enfermedades; Prácticas saludables; Historia clínica electrónica; Tratamientos de enfermedades crónicas; Recursos (estrategias optimizadas para la atención de pacientes); Responsabilidad en los sistemas de salud; Integridad en los sistemas de salud; Transparencia en los sistemas de salud; Intercambio de información en materia de investigaciones en salud; Gobernanza de la investigación en salud

Keywords consideradas:

Patient AND ("Health management" OR "health system plans" OR system OR "patient-centered" OR "patient centered" OR "patient care management" OR "comprehensive health care" OR "patient care planning" OR "critical pathways" OR security OR rural OR "unattended areas" OR prevention OR control OR "healthy practices" OR prevention OR "electronic clinical history" OR "medical record" OR chronic OR health OR disease OR disease OR responsibility OR "medical ethics" OR "genetics discrimination" OR integrity OR transparency OR "information management" OR information OR governance) AND A61

El área de la gestión de la salud es un área de gran amplitud e intensidad de investigación. Los volúmenes de conocimiento científico generados en los últimos cinco años para cada uno de los temas priorizados son sumamente vastos. A partir de la consulta a las fuentes científicas de cobertura mundial se obtuvo una gran cantidad de resultados. A fin de delimitarlos se realizaron varias búsquedas por cada uno de los temas priorizados, usando para ello herramientas de apoyo que facilitan la visualización rápida de resultados y que permiten aportar una visión indicativa del alcance temático.

4.1.1 PRINCIPALES TEMAS DE INVESTIGACIÓN

Una búsqueda general en la base de datos Pubmed de las principales keywords asociadas al ámbito priorizado, nos aporta una visión indicativa de volúmenes de publicaciones en cada uno de los temas, así como de su evolución general a lo largo de los últimos 5 años (figura 5).

Constatamos de este modo, por ejemplo, la altísima cantidad de publicaciones –casi alcanzando las 60.000 en el año 2015- donde se mencionan enfermedades crónicas o la gran cantidad de publicaciones -más de 12.000 al año- que tratan la visión integral de la salud (comprehensive health care), o el interés creciente por un sistema de salud centrado en el paciente, o por resolver los problemas de la población en zonas rurales (alrededor de 9.000 publicaciones en 2015), o por la implementación y gestión de historiales clínicos electrónico (tema incluido en alrededor de 2.200 publicaciones en 2012 y que ha pasado a tratarse en 4.600 publicaciones en 2012).

Utilizando el buscador GoPubmed3 y tomando en consideración el vocabulario controlado MeSH “Health Systems Plans”, que puede describirse –según MeSH- como "Statements of goals for the delivery of health services pertaining to the Health Systems Agency service area, established under PL 93-641, and consistent with national guidelines for health planning." e incluye como sinónimos keywords tales como: *Plan,*

Health Systems, Comprehensive Health Plans, Local, Health Systems Plan, Plans y Health Systems, se encuentran alrededor de 270 registros de artículos científicos relacionados en goPubmed, en los últimos 5 años.

Específicamente conteniendo el concepto de “**Electronic Health Records**” entendido según MeSH como “Media that facilitate transportability of pertinent information concerning patient's illness across varied providers and geographic locations. Some versions include direct linkages to online consumer health information that is relevant to the health conditions and treatments related to a specific patient.” y con sinónimos tales como: *Health Record, Electronic, Medical Records, Electronic, Records, Electronic Medical, Electronic Medical Record, Electronic Health Record, Health Records, Electronic, Record, Electronic Health, Records, Electronic Health, Electronic Medical Records, Record, Electronic Medical, Medical Record, Electronic*, se recupera en Go-Pubmed un mayor número de publicaciones en los últimos 5 años: alrededor de 7.700.

- Algunas publicaciones recientes destacadas

Ente las numerosas publicaciones científicas sobre sistemas de gestión de la salud centrados en el paciente, se destacan solamente a modo de muestra, las siguientes como recientes y de alto impacto:

- Daaleman TP1, Hay S, Prentice A, Gwynne MD. *Embedding care management in the medical home: a case study. J Prim Care Community Health*. 2014 Apr 1;5(2):97-100. DOI: 10.1177/2150131913519128. Epub 2014 Jan 10.
- Lindpaintner LS, Gasser JT, Schramm MS, Cina-Tschumi B, Müller B, Beer JH. *Discharge intervention pilot improves satisfaction for patients and professionals*. Eur J Intern Med. 2013 Dec;24(8):756-62. doi: 10.1016/j.ejim.2013.08.703. Epub 2013 Sep 26.
- Johnston SE, Liddy CE, Ives SM. *Self-management support: a new approach still anchored in an old model of health care*. Can J Public Health. 2011 Jan-Feb;102(1):68-72.
- Melanie Jay, Sumana Chintapalli, Allison Squires, Katrina F. Mateo, Scott E. Sherman and Adina L. Kalet *Barriers and facilitators to providing primary care-based weight management services in a patient centered medical home for Veterans: a qualitative study* BMC Family Practice 2015;16:167 DOI: 10.1186/s12875-015-0383-x
- Jin B, Zhao Y, Hao S, Shin AY, Wang Y, Zhu C, Hu Z, Fu C, Ji J, Wang Y, Zhao Y, Jiang Y, Dai D, Culver DS, Alfreds ST, Rogow T, Stearns F, Sylvester KG, Widen E, Ling XB *Prospective stratification of patients at risk for emergency department revisit: resource utilization and population management strategy implications*. BMC Emerg Med 2016 DOI: 10.1186/s12873-016-0074-5

- Wu RR, Myers RA, McCarty CA, Dimmock D, Farrell M, Cross D, Chinevere TD, Ginsburg GS, Orlando LA *Protocol for the "Implementation , adoption, and utility of family history in diverse care settings " study*. Implement Sci 2015 DOI: 10.1186/s13012-015-0352-8
- Li YC, Yen JC, Chiu WT, Jian WS, Syed-Abdul S, Hsu MH *Building a national electronic medical record exchange system - experiences in Taiwan*. Comput Methods Programs Biomed 2015. DOI: 10.1016/j.cmpb.2015.04.013

4.1.2 PRINCIPALES ACTORES GLOBALES EN INVESTIGACIÓN SOBRE SISTEMAS DE SALUD Y ATENCIÓN CENTRADA EN EL PACIENTE

La Figura 6 (abajo) pretende aportar una visión de los principales actores en la investigación sobre sistemas de salud llevada a cabo en los últimos 5 años. Las búsquedas se realizaron en la base de datos Pubmed.

En este ámbito es destacable la labor de la Organización Mundial de la Salud (WHO) y también la actividad de instituciones nacionales de salud de países como el Reino Unido, la Agencia de Protección Medioambiental (EPA) de los Estados Unidos, operando en el ámbito de la regulación de los sistemas de salud o el cuerpo asesor en temas de salud y medicina Veterans Health Administration⁴. Otras instituciones relevantes son la Universidad australiana de Monash por ejemplo, que tiene experiencia en el mantenimiento de base de datos de registros clínicos⁵, o la universidad canadiense de Toronto con su instituto de política sanitaria IHPME. En temas de desarrollo rural, destacan instituciones como la UNICEF, la OECD o instituciones de investigación de algunos países como la Makerere University de Uganda, uno de los centros de investigación en salud más importantes del África subsahariana. El Centro para la prevención y control de enfermedades (CDC)⁶ se centra en temas de monitoreo global de enfermedades y ha tratado los aspectos crónicos. Como institución de ámbito público-privado destacada aparece el consorcio sanitario Kaiser Permanente que hace énfasis, entre otros aspectos, en la medicina preventiva. Estos son solamente algunas de entre las muchas instituciones que más investigan en el mundo en el ámbito de los sistemas de salud. El principal país de origen de las publicaciones es Estados Unidos con una productividad científica considerable mayor que cualquier otro país y destacando los centros de investigación de Boston, Memphis, Dallas, Atlanta, Ann Arbor, Baltimore o Nueva York; Es también remarcable el foco de Canadá (Toronto) en investigación sobre sistemas de salud. Otros países con actividad científica en esta área son Irán, Australia, Alemania, Reino Unido, Suiza y Etiopía.

En cuanto a principales investigadores cabe mencionar la actividad en los últimos 5 años, del personal del Parkland Health and Hospital System de Dallas, Anderson, R., Pikens, S., Boumbulian, P. y Larigan-ia, que han colaborado en más de una ocasión en publicaciones sobre establecimiento de prioridades en sistemas de salud.

En cuanto a publicaciones que tratan aspectos relacionados con Historial Clínico electrónico son líderes los hospitales y centros de investigación estadounidenses de Boston, Nueva York, Chicago, Rochester, Philadelphia, Seattle, Nashville, Houston, Atlanta y Nashville, entre otros.

Otros países destacados en investigación sobre Manejo del Historial Clínico Electrónico son el Reino Unido, Canadá, Alemania, China, Australia, Holanda, Corea del Sur, Japón, España, Francia e Italia.

- Principales revistas científicas

Entre las revistas en las que más se publica en relación a Sistemas de Salud se pueden destacar:

- American Journal of Health-System Pharmacy (Am J Health Syst Pharm) www.ajhp.org
- The International Journal of Health Planning and Management (An J Health Plann),
- Health Policy Planning (Health Policy Plan) <http://heapol.oxfordjournals.org/>
- Health Management Forum (Health Manage Forum) <http://journals.sagepub.com/home/hmf>
- Global Journal OG Health Science (Glob J Health Sci) <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/gjhs>
- Medicina Clinica (Med Clin Barcelona) <http://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2>
- Iranian Journal of Public Health (Iran J Public Health) <http://ijph.tums.ac.ir/>
- PLoS Medicine (Plos Med), <http://journals.plos.org/plosmedicine/>
- Modern Healthcare (Mod Healthc), <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/journals/mod-healthc/>
- Journal of Urban Health (J Urban Health), <http://link.springer.com/journal/11524>
- American Psychologist (Am Psicol) <http://www.apa.org/pubs/journals/amp/>
- World Health Forum <http://www.worldcat.org/title/world-health-forum/oclc/6812919>

Son revistas relevantes en relación a historiales clínicos electrónicos algunas tales como las de la asociación de informática médica estadounidense (AMIA)⁷ entre otras:

- Amia Annual Symposium Archive (Amia Annu Symp Proc) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/journals/362/>
- Journal of the American Medical Informatics Association (J Am Med Inform Assoc) <http://www.jamia.oxfordjournals.org>

- **Studies in Health Technology and Informatics (Stud Health Technol Inform)** <http://www.iospress.nl/bookserie/studies-in-health-technology-and-informatics>

4.1.3 PANORAMA GENERAL DE LOS DESARROLLOS TECNOLÓGICOS

Para complementar la visión general de los temas relacionados con la gestión y los sistemas de salud, se realiza una búsqueda de invenciones protegidas en esta vasta área. El resultado de la búsqueda en la base de datos de Espacenet⁸, según la taxonomía definida, permite recuperar un total de **68.240 documentos de patentes**.

- **Evolución de la patentabilidad:**

La figura 10 muestra la evolución general de la patentabilidad en este ámbito, que muestra un comportamiento estable, levemente creciente⁹.

- **Principales temas patentados:**

Entre los principales temas patentados se percibe el interés por los tratamientos y terapias centradas en el paciente.

- **Principales Países:** El mapa de la Figura 12 muestra los países de los titulares de las patentes en este ámbito. Estados Unidos (con casi 24.000 documentos de patentes publicadas) es país líder, seguido de China (6968), Alemania (1974), Japón (1853), Rusia (1588) y Corea del Sur (1550).

- **Actores líderes de mayor productividad tecnológica:**

Como actores destacados en el registro de invenciones en el ámbito general de la gestión y los sistemas de salud destacan empresas tales como Philips, Medtronic-Covidien¹⁰, Siemens, General Electric, Boston Scientific Neuromodulation¹¹, líder en tecnologías microelectrónicas implantables para el dolor crónico y las enfermedades neurológicas junto con su subsidiaria Cardiac Pacemakers inc, que manufactura dispositivos implantables para el corazón tales como marcapasos y desfibriladores, así como la multinacional fabricante de productos de diagnóstico Resmed Ltd¹², entre otros.

Específicamente en invenciones relacionadas con historial clínico electrónico destacan titulares como la empresa Arc Devices¹³, Hill-Room Services¹⁴, o la coreana Ajou University Industry Academy Cooperation Foundation,

que patenta en métodos para detectar reacciones adversas a medicamentos en base al historial clínico, o en el ámbito del control de la visión, titulares como Ocular Prognosis o Welsh Allyn Inc¹⁵.

La evolución en el tiempo de estos grandes jugadores que dominan la actividad de I+D en la actualidad es por lo general continuada. La visualización de la figura 14 nos permite identificar actores de creciente relevancia, esto es, cuya intensidad de desarrollos tecnológicos protegidos se evidencia en los últimos años, como por ejemplo, la china Fourth Military Medical University (FMMU)¹⁶.

- **Inventores destacados:**

En cuanto a principales inventores, destacan los inventores del Reino Unido, Brian Locke Christopher¹⁷ y Mark Robinson Timothy, de la empresa KCI-Acelity, líder en cuidado de heridas, con patentes sobre métodos para reducir la presión y facilitar la intervención en los tratamientos.

4.1.4 PRINCIPALES TENDENCIAS TECNOLÓGICAS Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES:

El estudio de los principales códigos de la clasificación internacional de las patentes (CIP) permite identificar dentro de esta gran área, las principales líneas de desarrollo o ámbitos diferenciados de interés en los que se protegen invenciones.

El principal código se relaciona con métodos de detección/diagnóstico (A61B5/00).

Otros códigos de clasificación representativos de las invenciones publicadas en el periodo y que presentan una evolución continuada a lo largo de los últimos años, son los relacionados con preparaciones medicinales que contienen ingredientes activos (A61K31/00), los instrumentos quirúrgicos (A61B17), determinadas características de aparatos (A61M2205), la electroterapia (A61N1) y los equipos digitales de procesamiento de datos (G06F19).

- **Tecnologías emergentes:**

Finalmente se ilustran (figura 18) algunas de las áreas tecnológicas con una tendencia creciente en los últimos años. Entre ellas aparecen las tecnologías laser, los sistemas auditivos, aspectos relacionados con la desinfección, sistemas de computación basados en modelos biológicos, despliegues específicos para monitoreo, características de partículas, entre otros.

4.2 ÁREA 2: CONSULTAS – VISITAS

La búsqueda en el área de Consultas-Visitas tuvo en cuenta los temas priorizados durante el taller Delphi, expresados a través de palabras clave (keywords), según se indica a continuación:

Temas priorizados:

Telemedicina; Teleasistencia

Keywords considerados:

Telemedicine OR teleassistance OR telemetry OR “remote consultation” OR telepathology OR teleradiology OR telerahabilitation,...

A partir de la consulta general a las fuentes científicas de cobertura mundial, se encontraron alrededor de 9.100 publicaciones científicas en los últimos 5 años.

4.2.1 PRINCIPALES TEMAS DE INVESTIGACIÓN

Una búsqueda de los principales términos asociados a telemedicina en Pubmed genera los siguientes gráficos (figura 19) indicativos de la evolución de cada uno de ellos a lo largo de los últimos 5 años.

La búsqueda en el buscador GoPubmed utilizando el vocabulario controlado de MeSH “**Telemedicine**”, descrito como “*Delivery of Health Services via remote telecommunications including interactive consultative and diagnostic services*” que incluye sinónimos como: *Telehealth, eHealth y Mobile Health* produce 4.542 resultados publicados en los últimos 5 años.

La revisión del estado del arte permite constatar como la Telesalud ha pasado de usarse originariamente para acercar los servicios de salud dónde no había acceso, a constituirse como una herramienta para brindar servicios de conveniencia que reduzcan demoras y costes en la accesibilidad a consultas profesionales, ya no solo para el tratamiento de condiciones agudas sino también episódicas y crónicas e implantándose cada vez más ubicuamente en los hogares mediante los dispositivos móviles.

4.2.2 ACTORES DESTACADOS EN INVESTIGACIÓN SOBRE TELEMEDICINA Y TELEASISTENCIA

Estados Unidos es el principal país en cuanto a producción científica en Telemedicina, originada en centros de Boston, Nueva York, Baltimore, Washington, Seattle y Pittsburg, entre otros. Reino Unido es otra de las potencias investigadoras en Telemedicina, así como Canadá y Australia. En Europa destacan asimismo con volúmenes significativos de publicaciones en esta área centros de investigación de Alemania, Italia, Francia y España.

Entre los principales actores que en la actualidad están llevando a cabo investigación en estas áreas puede destacarse la Universidad australiana de Queensland que tiene un sistema de telesalud a nivel estatal¹⁸, la Asociación americana de Telemedicina (ATA)¹⁹, el hospital Clevelan Clinic²⁰, y la ONG Médicos Sin fronteras²¹

Asimismo, cabe mencionar la incursión en el área de la telemedicina de las grandes empresas tecnológicas (Google, Facebook, Microsoft, Skype).

- **Algunas publicaciones científicas recientes destacadas:**

Entre las numerosas publicaciones, destacamos las siguientes publicaciones recientes (dos últimos años):

- E. Ray Dorsey, M.D., M.B.A., and Eric J. Topol, M.D. *“State of Telehealth”* N Engl J Med 2016; 375:154-161 DOI: 10.1056/NEJMra1601705
- Flodgren G, Rachas A, Farm er AJ, Inzitari M, Shepperd S. *Interactive telemedicine: effects on professional practice and health care outcomes*. Cochrane Database of Systematic Reviews 2015, Issue 9. Art. No.: CD002098. DOI: 10.1002/14651858.CD002098.pub2.
- Bittner AK, Wykstra SL, Yoshinaga PD, Li T. *Telerehabilitation for people with low vision*. Cochrane Database of Systematic Reviews 2015, Issue 8. Art. No.: CD011019. DOI: 10.1002/14651858.CD011019.pub2.
- Wayne N, Perez DF, Kaplan DM, Ritvo P *Health Coaching Reduces HbA1c in Type 2 Diabetic Patients From a Lower-Socioeconomic Status Community: A Randomized Controlled Trial* J Med Internet Res 2015;17(10):e224 DOI: 10.2196/jmir.4871
- Hanna Hopia, Mari Punna, Teemu Laitinen, Eila Latvala *A patient as a self-manager of their personal data on health and disease with new technology – challenges for nursing education* Nurse Educ Today 2015 DOI: 10.1016/j.nedt.2015.08.017

Las revistas más destacadas son:

- Journal of Telemedicine and Telecare (J Telemed Telecare) <http://journals.sagepub.com/home/jtt>
- Telemedicine and eHealth (Telemed J E Health) <http://online.liebertpub.com/loi/TMJ>
- Studies in Health Technology and Informatics (Stud Health Technol Inform) <http://www.iospress.nl/bookserie/studies-in-health-technology-and-informatics/>
- Conference proceedings : Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (Conf Proc ieee Eng Med Biol Soc)
- Journal of Medical Internet Research (J Med Internet Res) <https://www.jmir.org/>

Asimismo, la conferencia Europea ERRIN²² es un foro de referencia en la región en temas de telemedicina.

4.2.3 EVOLUCIÓN DE LAS INVENCIONES ROTEGIDAS EN EL ÁMBITO DE LA TELEMEDICINA

La exploración de los desarrollos tecnológicos recientes en el ámbito de la telemedicina permitió recuperar un total de 580 patentes publicadas en el período 2012-2016.

La tendencia general en el patentamiento aparece como muy estable en los últimos años, lo cual puede ser indicativo de la madurez de la tecnología.

- **Principales temas patentados:**

La nube de la gráfica mostrada abajo representa los principales temas tratados en las patentes sobre telemedicina registradas en los últimos años.

- **Países destacados:**

Estados Unidos aparece claramente como el principal país de patentes de invenciones relacionadas con la telemedicina y teleasistencia (433 patentes). Le siguen a considerable distancia los países asiáticos encabezados por China (89), Corea, Japón y Taiwán. A nivel europeo Francia es una potencia en I+D el ámbito de la Telemedicina (12). También son fuertes en esta área Alemania, Rusia, Suiza, Holanda, México e Israel.

- **Inventores destacados:**

Jordi Parramon²³, director de R+D de Boston Scientific, junto con sus colegas de grupo Daniel Aghasian y Rahman Mizanur, son los inventores que más cantidad de patentes registran en el periodo. Lo hacen en el ámbito de la neuromodulación remota. Otro inventor destacado es James Proud, de la empresa Hello Inc²⁴, especializada en tecnologías de telemetría, monitoreo del paciente y sensores de sueño. Keith Mail de Cardiac Pacemakers, patenta invenciones relacionadas con antenas implantables para marcapasos.

Por su parte, William Bedingham²⁵, afiliado a la empresa 3M, junto con otros inventores destacados de 3M - Thomas Schmidt y Daniel J Rogers y Craig D Oster- registran patentes relacionadas varios dispositivos y sistemas estetoscópicos para aplicaciones de telemedicina.

- **Principales titulares solicitantes:**

Entre los actores más activos en el ámbito de la telemedicina destacan las compañías norteamericanas Boston Scientific y su filial Cardiac Pacemaker, así como Hello Inc.

Son asimismo remarcables Medtronic²⁶, líder tecnologías para el monitoreo de pacientes con diabetes, la empresa líder en implantes muscoesqueléticos Globus Medical²⁷ y la china Taimai Technology. 3M es otra de las compañías líderes en dispositivos y servicios de telemedicina. Otros solicitantes importantes son Eyenuk²⁸, empresa que ha desarrollado una tecnología innovadora de escaneo ocular y los servicios del departamento de Veteranos de EE.UU.²⁹ suministradores de servicios de Telehealth.

- **Evolución de la actividad de los solicitantes:**

La observación de la evolución en el tiempo de la patentabilidad (figura 27) permite la identificación de actores que patentan en los últimos años, tanto grandes dominadores en el mercado como Boston Scientific o Medtronic, así como otros actores como Pacesetter Systems, empresa de dispositivos implantables con orígenes en la Johns Hopkins University, hoy adquirida por Merry X-Ray³⁰, o la Universidad de Bruselas, la universidad china de Fuzhou, o el mexicano Pablo José escalona que patenta para Philips, un sistema de telemedicina para servicios de consulta, diagnóstico y tratamiento médico a distancia.³¹

4.2.4 PRINCIPALES ÁREAS TECNOLÓGICAS:

Entre las áreas tecnológicas más representativas de las patentes sobre telemedicina destacan la electroterapia (A61N1) y las tecnologías de detección (A61B5). Asimismo, otras invenciones (79) se asocian a equipos de procesamiento de datos y otros accesorios, así como a sensores (A61B2560).

La figura 29 muestra la evolución de las principales áreas tecnológicas (CIPs) asociadas a telemedicina a lo largo de los últimos años.

- **Áreas emergentes:**

Otras áreas tecnológicas que presentan comportamiento creciente en los últimos años a tener en cuenta en el ámbito de la telemedicina, se relacionan con aparatos para testeo ocular (A61B3), análisis de imagen (G06T2207), instrumentos de examen médico interior (A61B1), y métodos de lectura y reconocimiento de patrones (G06k9).

4.3 ÁREA 3: PRUEBAS DIAGNÓSTICAS – ANÁLISIS CLÍNICOS

La estrategia de búsqueda utilizada en el área de Pruebas diagnósticas - Análisis clínicos tuvo en cuenta los temas priorizados durante el taller Delphi, expresados a través de palabras clave (keywords), según se indica a continuación:

Temas priorizados:

Biotechnología / tecnología ómica e informática (diagnóstico - pronóstico de enfermedades); Diagnósticos moleculares; Tratamientos personalizados

Keywords considerados:

(Diagnosis Or diagnostic OR clinical analysis) AND (proteomics OR Biotechnology OR molecular OR personalized OR tailored OR DNA OR gene),...

4.3.1 PRINCIPALES TEMAS DE INVESTIGACIÓN

La búsqueda de publicaciones científicas en Pubmed relacionada con diagnóstico y análisis clínicos y tratamientos de medicina personalizados que involucran tecnologías ómicas, arrojó una gran cantidad de registros de artículos publicados en los últimos 5 años (alrededor de 54.000).

La figura 31 muestra la evolución del número de publicaciones que contienen las principales palabras clave asociadas a este ámbito. La tendencia creciente de los tratamientos personalizados y centrados en el estudio genético es evidente.

Asimismo realizamos una búsqueda por medio de vocabulario controlado (MeSH) en GoPubmed en relación a “**Pathology, Molecular**” entendido como: *“A subspecialty of pathology concerned with the molecular basis (e.g., mutations) of various diseases.”* Y que incluye los sinónimos: Diagnostics, Molecular, Diagnostic Molecular Pathology, Molecular Pathology, Pathologies, Diagnostic Molecular, Diagnostic, Molecular, Pathologies, Molecular, Diagnostic Molecular Pathologies, Molecular Diagnostic, Pathology, Diagnostic Molecular, Molecular Pathology, Diagnostic, Molecular Diagnostics, Molecular Pathologies, Molecular Pathologies, Diagnostic.

La búsqueda arroja como resultado 2.077 publicaciones asociadas en los últimos 5 años (2012-2016).

4.3.2 ACTORES DESTACADOS EN INVESTIGACIÓN SOBRE ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICOS PERSONALIZADOS

La nube de la figura 32 sintetiza las afiliaciones de los autores más representativas.

Entre las instituciones activas en cuanto a número de publicaciones generadas en el periodo se encuentra la clínica Mayo de Minnesota, que cuenta con un centro de investigación de referencia en proteómica (Proteomics Core).³² Asimismo, Institutos Nacionales de Salud como el National Human Genome research Institute (NIH)³³ han desarrollado bases de datos sobre el genoma humano que permiten el fomento de la investigación biométrica.

En cuanto a la representabilidad por países, Estados Unidos es el principal foco de investigación a nivel mundial (además de la Clínica Mayo, otros centros de investigación punteros son el Brigham & Women's Hospital y numeroso otros centros y hospitales de Boston, Nueva York, Houston, la Universidad de Pennsylvania o el Laboratorio de Biología Molecular de Bethesda³⁴, Maryland entre muchos otros). En segunda posición en el ranking de países en cuanto a número de publicaciones, se sitúa Alemania (con centros como la Universidad de Würzburg), seguida de Reino Unido (St Thomas Hospital), China y Japón.

Como investigadores líderes en esta área destacan Lo, Y, del Departamento de Patología Química de la universidad de Hong Kong, Jain de la Suiza PharmaBiotech³⁵ o Ray K, del Chittaranjan National Cancer Institute, Calcutta de la India.

- **Algunas publicaciones recientes destacadas**

Entre las numerosas publicaciones, destacamos las siguientes publicaciones de alto impacto recientes:

- Peterson TA, Doughty E, Kann MG *Towards precision medicine: advances in computational approaches for the analysis of human variants*. J Mol Biol 2013 DOI: 10.1016/j.jmb.2013.08.008
- Kato Y, Nishihara H, Yuzawa S, Mohri H, Kanno H, Hatanaka Y, Kimura T, Tanino M, Tanaka S *Immunohistochemical molecular gene expression profile of metastatic brain tumor as a potent personalized medicine*. Brain Tumor Pathol 2012 DOI: 10.1007/s10014-012-0124-y
- Razzouk S *Translational genomics and head and neck cancer : toward precision medicine*. Clin Genet 2014 DOI: 10.1111/cge.12487
- Gillespie RL, O'Sullivan J, Ashworth J, Bhaskar S, Williams S, Biswas S, Kehdi E, Ramsden SC, Clayton-Smith J, Black GC, Lloyd IC *Personalized diagnosis and management of congenital cataract by next-generation sequencing*. Ophthalmology 2014. DOI: 10.1016/j.ophtha.2014.06.006
- Yun JM, Hwang SJ, Anh SY, Lee SM, Kang P, Lee JE, Yoon ES, Choi JW, Park SH, Seo JW, Park P *Development of biomarker positivity analysis system for cancer diagnosis based on clinical data*. Biomed Mater Eng 2015. DOI: 10.3233/BME-151516
- Sprangers MA, Hall P, Morisky DE, Narrow WE, Daputo J *Using patient -reported measurement to pave the path towards personalized medicine*. Qual Life Res 2013 DOI: 10.1007/s11136-013-0425-6

Entre las principales revistas esta área destacan:

- Expert Review of Molecular Diagnostics (Expert Rev Mol Diagn) <http://www.tandfonline.com/toc/iero20/current>
- La publicación open access Plos One www.plosone.org
- Journal of Molecular Diagnostics (J Mol Diagn) <http://jmd.amjpathol.org/>
- Journal of Clinical Microbiology (J Clin Microbiol) <http://jcm.asm.org/>
- Archives of Pathology & Laboratory medicine (Arch Pathol Lab Med) <http://www.archivesofpathology.org>
- Methods in Molecular Biology (Methods Mol Biol) <http://www.springer.com/series/7651>

4.3.3 EVOLUCIÓN DE LAS INVENCIONES PROTEGIDAS EN ESTE ÁMBITO

La búsqueda de patentes tecnológicas en este ámbito permitió la obtención de 1.854 documentos de patentes.

- **Principales temas patentados:**

En los temas del texto de las patentes se evidencian los ámbitos relacionados con las ciencias ómicas (genes, secuenciación, biomarcadores, proteínas, DNA y RNA y péptidos), por ejemplo para diagnóstico de tumores cancerígenos, etc.

La representación de los países de los titulares da cuentas de las potencias productivas y estratégicas de Estados Unidos (520 patentes), China (328) y Japón (145). El mapa muestra asimismo la actividad remarcable de países latinoamericanos como Argentina, Brasil, México y Chile.

Principales titulares:

La observación de la titularidad de los documentos de patentes nos revela los principales titulares en el ámbito del diagnóstico y análisis clínico por medio de la biotecnología y la proteómica. Encontramos como a titulares destacados la firma asiática Shen Bioinfo Co Ltd. (con más de 40 patentes registradas en China); la japonesa Oncotherapy Science Inc³⁶, la alemana Ganymed Pharmaceuticals³⁷, o la multinacional norteamericana Amgen³⁸, así como centros de investigación activos en generación de propiedad industrial tales como la Universidad de Virginia, entre otros.

En cuanto a la evolución de la patentabilidad, se observa el impulso de las empresas chinas (principalmente Shen Bioinfo y también Shanghai GeneChem Co, Ltd) en los últimos años.

- **Principales inventores:**

Entre los inventores más productivos en este ámbito destaca Yang Cheng-gang, principal investigador de Shen Bioinfo.

4.3.4 PRINCIPALES ÁREAS TECNOLÓGICAS:

Las principales áreas de desarrollo se relacionan con la investigación y análisis de materiales (G01N33), los métodos de medida y testeo de procesos que involucran enzimas (C12Q1), oligonucleótidos (C12Q26), inmunoglobulinas (C07K16), entre otros.

La evolución a través del tiempo de esas principales áreas tecnológicas, se muestra en la Figura 42.

4.4 ÁREA 4: DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

La estrategia de búsqueda utilizada en el área de Diagnóstico por imagen tuvo en cuenta los temas priorizados durante el taller Delphi, expresados a través de palabras clave (keywords), según se indica a continuación:

Temas priorizados:

Técnicas PET para diagnóstico temprano de patologías neurodegenerativas (Alzheimer); Nanocámaras (diagnóstico de enfermedades o el estado de órganos)

Keywords considerados:

(Image diagnosis OR “diagnostic imaging”) AND (PET OR “Positron emission tomography” early OR neurodegenerative OR Alzheimer OR Nanocameras OR organs)

La búsqueda de publicaciones en Pubmed sobre temas relacionados con tecnologías de imagen para el diagnóstico de patologías neurodegenerativas, permitió obtener alrededor de 8.500 publicaciones científicas en el periodo (2012-2016).

4.4.1 PRINCIPALES TEMAS DE INVESTIGACIÓN

El diagnóstico por imagen aparece en una media de más de 15.000 publicaciones científicas al año, y de entre ellas se habla de PET en alrededor de 6.000 publicaciones por año. La figura 43 muestra la evolución del número de publicaciones que contienen las principales palabras clave asociadas a este ámbito.

La búsqueda de publicaciones por vocabulario controlado atendiendo a “**Diagnostic Imaging**” entendida como *“Any visual display of structural or functional patterns of organs or tissues for diagnostic evaluation. It includes measuring physiologic and metabolic responses to physical and chemical stimuli, as well as ultra-microscopy.”* e incluyendo los sinonimos: *Imaging, Diagnostic, Medical Imaging, Imaging, Medical* arroja altos volúmenes de productividad científica en los últimos 5 años (de alrededor de 230.000 publicaciones).

4.4.2 ACTORES DESTACADOS EN INVESTIGACIÓN SOBRE DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

A continuación se representan de modo sintético los principales actores (afiliaciones) de las publicaciones en esta temática. Muchas instituciones en el mundo realizan actualmente investigación en temas de imagen médica.

Estados Unidos, una vez más, es líder indiscutible en diagnóstico por imagen a mucha distancia cuanto a

dinámica de generación de artículos científicos con respecto a los demás países. Entre las instituciones destacadas figura la SNMMI³⁹ especializada en imagen molecular y centros de nueva York, Boston, Philadelphia, Los Angeles, Baltimore o Houston entre otros.

Japón aparece segundo en el ranking mundial y Alemania tercero (destacando el Centro Médico de Hamburgo-Eppendorf y el German Research Foundation que abrió este año un nuevo centro de investigación y formación en imagen médica en Berlín⁴⁰, etc.)

Aparecen también con niveles altos de producción científica instituciones privadas de tipo industrial como Philips o General Electric o farmacéuticas como UCB Pharma o Genentech.

• **Algunas publicaciones recientes destacadas:**

Entre las numerosas publicaciones, destacamos las siguientes publicaciones de alto impacto recientes:

- Chhabra A, Ong LT, Kuk D, Ku G, Ilson D, Janjigian YY, Wu A, Schöder H, Goodman KA *Prognostic significance of PET assessment of metabolic response to therapy in oesophageal squamous cell carcinoma* . Br J Cancer 2015. DOI: 10.1038/bjc.2015.416
- Kang CM, Lee SH, Hwang HK, Yun M, Lee WJ *Preoperative Volume -Based PET Parameter , MTV2.5, as a Potential Surrogate Marker for Tumor Biology and Recurrence in Resected Pancreatic Cancer* . Medicine (Baltimore) 2016. DOI: 10.1097/MD.0000000000002595
- Nakajo M, Nakajo M, Nakayama H, Jinguji M, Nakabeppu Y, Higashi M, Nakamura Y, Sato M, Yoshiura T *Dexamethasone Suppression FDG PET/CT for Differentiating between True- and False-Positive Pulmonary and Mediastinal Lymph Node Metastases in Non-Small Cell Lung Cancer : A Pilot Study of FDG PET/CT after Oral Administration of Dexamethasone*. Radiology 2015. DOI: 10.1148/radiol.2015150883
- Fujii T, Yajima R, Tatsuki H, Oosone K, Kuwano H *Implication of ¹⁸F-Fluorodeoxyglucose Uptake of Affected Axillary Lymph Nodes in Cases with Breast Cancer* . Anticancer Res 2016. PubMed PMID: 26722071

Entre las principales revistas de referencia en el área de la imagen médica destacan:

- Radiology <http://pubs.rsna.org/journal/radiology>
- La revista de acceso abierto Plos One <http://www.plosone.org>
- The Journal of Biological Chemistry (J Biol Chem) <http://www.jbc.org/>

- American Journal of Roentgenology (Am J roentgenol) <http://www.ajronline.org/>
- American Journal of Cardiology (Am J Cardiol) <http://www.ajconline.org/>

4.4.3 PANORAMA DE LOS DESARROLLOS TECNOLÓGICOS ACTUALES EN ESTE ÁMBITO

El diagnóstico por imagen es un área de alto nivel de desarrollo e intensidad competitiva. La búsqueda de patentes revela altos volúmenes de solicitudes de patentes de invención registradas en el período comprendido entre el año 2012 y el presente 2016 (13.456)

- **Principales países:**

Los principales países en generación de patentes sobre diagnóstico por imagen son, tal y como muestra la figura 40, Estados Unidos (2991), Japón (2007), China (1552), Alemania (939), Corea del Sur (734), Rusia (716), Ucrania (396), Israel (276), Holanda (261). Otros países relevantes son Francia, Taiwán, Canadá, Suiza y Reino Unido.

- **Principales titulares de las patentes:**

Entre los principales titulares destacan empresas del ámbito tecnológico y de la fotografía, fuertes en tecnologías ópticas: Toshiba, Siemens, Samsung, Philips, Fujifilm, Canon, general Electric, Olympus, Covidien.

Otros de los actores con actividad intensiva en los últimos años a tener en cuenta es la empresa israelita Biosense Webster⁴¹, que es hoy parte de Johnson & Johnson y que proporciona diversos sistemas electro-fisiológicos para el mapeo cardíaco en 3D.

Principales inventores:

Qiao Tie aparece como principal inventor de la empresa de dispositivos médicos china GUANGZHOU BAO-DAN MEDICAL INSTRUMENT.

- **Principales temas patentados:**

La nube de etiquetas de la figura 51 permite una apreciación general acerca de los temas tratados en las patentes registradas sobre imagen médica en los últimos años.

4.4.4 PRINCIPALES ÁREAS TECNOLÓGICAS:

El recuento de las frecuencias de los códigos de la clasificación internacional de patentes (CIP) en el corpus de patentes estudiado nos apunta hacia las áreas principales que se relacionan con tecnologías de detección, aparatos de diagnóstico por radiación, instrumentos quirúrgicos, etc.

Además de las principales áreas tecnológicas, el análisis por imagen (G06T7) y los esquema de indexación para análisis de imágenes (G06T2207) son áreas que crecen ligeramente, tal y como muestra la figura 46 de la evolución de las áreas en el periodo.

- **Áreas emergentes:**

Finalmente, se muestran aquéllas áreas no tan representativas dentro del conjunto, pero que muestran un comportamiento creciente. Entre ellas cabe mencionar las relacionadas con características especiales de prótesis (A61F2250) o con otros aparatos o sistemas ópticos (G02B27), entre otras.

4.5 ÁREA 5: TRATAMIENTOS FARMACÉUTICOS

En el área de los tratamientos farmacéuticos la estrategia de búsqueda utilizada tuvo en cuenta los temas priorizados durante el taller Delphi, expresados a través de palabras clave (keywords), según se indica a continuación:

Temas priorizados:

Fármacos cardiovasculares de última generación; Medicina personalizada (administración del medicamento adecuado)

Keywords considerados:

"personalized medicine" OR ((Pharmaceutical OR drug OR) AND (cardiovascular OR personalized OR delivery)),...

4.5.1 PRINCIPALES ÁMBITOS DE INVESTIGACIÓN

La búsqueda de publicaciones científicas en Pubmed sobre tratamientos farmacéuticos de medicina personalizada también genera un vasto número de resultados (alrededor de 24.800) de 2012 a 2016. El volumen de publicaciones que tratan sobre fármacos cardiovasculares es considerable (más de 30.000 artículos científicos al año). El concepto de medicación personalizada (personalized drug) es creciente en los últimos años.

La búsqueda mediante vocabulario controlado MeSH en relación a "Individualized Medicine" entendida como *"Therapeutic approach tailoring therapy for genetically defined subgroups of patients."* e incluyendo

como sinónimos: *Medicine, Personalized, Personalized Medicine, Medicine, Individualized, Medicines, Personalized o Personalized Medicines* genera 2.645 artículos en los últimos 5 años, según GoPubMed.

4.5.2 ACTORES DESTACADOS EN INVESTIGACIÓN SOBRE TRATAMIENTOS FARMACÉUTICOS PERSONALIZADOS

En la figura 56 se representan los principales actores de la producción científica. Encontramos las grandes multinacionales farmacéuticas como Pfizer, Eli Lilly, Glaxo, Amgen, Bristol-Myers, etc.

A nivel de países, Estados Unidos líder indiscutible en cuanto a producción científica. Numerosos centros de Boston, Nueva York y Los Angeles, Houston, Philadelphia, entre otros investigan en el desarrollo de medicinas personalizadas.

China es el segundo país, seguida de cerca por países europeos como Alemania, Reino Unido e Italia. También es destacable la investigación en el ámbito de la medicina personalizada de los centros Canadienses.

Como principales investigadores destacan Printz del Nacional Cancer Institute (NCI), con trabajos de medicina personalizada en el ámbito de la genómica del cáncer, los israelitas Gurwitz D y Rehavi de la Universidad de Tel Aviv⁴², Jain K de Pharmabiotec y Scheen A. de la Universidad de Liège, investigando en el ámbito de la diabetes, entre otros.

• Algunas publicaciones recientes destacadas:

Entre las numerosas publicaciones en tratamientos farmacéuticos personalizados y sistemas de drug delivery, destacamos las siguientes publicaciones de alto impacto recientes:

- Pene F, Courtine E, Cariou A, Mira JP Toward theragnostics. Crit Care Med 2009 DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181921349
- Mukherjee B Nanosize drug delivery system . Curr Pharm Biotechnol 2014
- Bielinski SJ, Olson JE, Pathak J, Weinshilboum RM, Wang L, Lyke KJ, Ryu E, Targonski PV, Van Norstrand MD, Hathcock MA, Takahashi PY, McCormick JB, Johnson KJ, Maschke KJ, Rohrer Vitek CR, Ellingson MS, Wieben ED, Farrugia G, Morrisette JA, Kruckeberg KJ, Bruflat JK, Peterson LM, Blommel JH, Skierka JM, Ferber MJ, Black JL, Baudhuin LM, Klee EW, Ross JL, Veldhuizen TL, Schultz CG, Caraballo PJ, Freimuth RR, Chute CG, Kullo IJ Preemptive genotyping for personalized medicine: design of the right

drug , right dose, right time-using genomic data to individualize treatment protocol . Mayo Clin Proc. 2014 DOI: 10.1016/j.mayocp.2013.10.021

- Mestroni L, Begay RL, Graw SL, Taylor MR Pharmacogenetics of heart failure. Curr Opin Cardiol 2014 DOI: 10.1097/HCO.0000000000000056

En cuanto a revistas de referencia destacan:

- La revista de acceso abierto Plos One plosone.org
- Pharmacogenomics <http://www.nature.com/tpj/index.html>
- Methods in Molecular Biology (Methods Mol Biol) <http://www.springer.com/series/7651>

4.5.3 EVOLUCIÓN DE LAS INVENCIONES PROTEGIDAS EN ESTE ÁMBITO

Por lo que respecta a desarrollos tecnológicos y patentes de invención, se recuperaron un total de 2.151 documentos de patentes en el ámbito de los tratamientos farmacéuticos para enfermedades cardiovasculares y los tratamientos personalizados en el periodo considerado.

- **Principales temas patentados:**

Se observan entre los principales temas patentados, los que tienen que ver con formulaciones y entrega de medicamentos contra el cáncer, contra la hipertensión o contra la diabetes u otras enfermedades y desórdenes.

- **Principales países:**

Estados Unidos es el país líder en productividad de patentes sobre medicamentos cardiovasculares y medicina personalizada, seguido de China y en tercer lugar se encuentra Alemania.

- **Inventores destacados:**

Son inventores prolíficos en la actualidad, tal y como muestra la nube de etiquetas de la figura siguiente, Roger Norcross, Philippe Pflieger, Guido Galley, Jakob-Roetne Roland y Ravi Jagasia, todos ellos de la multinacional farmacéutica Roche.

- **Principales solicitantes:**

La multinacional suiza Roche es el principal titular, seguido de otras farmacéuticas como Novartis, la biofarmacéutica norteamericana Gilead Sciences Inc, la alemana Bayer, Curemark⁴³, focalizada en tratamientos de desórdenes neuronales y la canadiense con base en Quebec Endorecherche (llamada en Estados Unidos Endoceutics)⁴⁴.

La evolución de la actividad de los principales solicitantes en el tiempo nos permite identificar aquéllos más activos en los últimos años, como por ejemplo Naurex Inc, desarrolladora de terapias para el tratamiento de enfermedades del sistema nervioso (tales como la depresión), recientemente adquirida por Allergan⁴⁵ o la belga Galapagos Nv⁴⁶, que desarrolla terapias genéticas innovadoras para la curación de diversas enfermedades.

4.5.4 PRINCIPALES ÁREAS TECNOLÓGICAS:

Los principales códigos IPC tienen que ver con preparaciones medicinales que contienen ingredientes activos, o caracterizadas por su forma física, o caracterizados por ingredientes no activos usados, así como mezclas o combinaciones de ingredientes activos, o preparaciones que contienen péptidos, entre otros.

Las áreas en que se clasifican las patentes en este ámbito no varían mucho a lo largo de los años, según muestra la figura de su evolución en el tiempo (figura 66).

- **Áreas emergentes:**

Como áreas tecnológicas de potencial interés se resalta, en particular, los péptidos que contienen 5 o 10 aminoácidos en una secuencia totalmente definida (C07K7). También los esteroides conteniendo átomos de azufre (C07J31).

4.6 ÁREA 6: INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS

Dentro de las intervenciones quirúrgicas la estrategia de búsqueda que se usó incluyó los temas priorizados durante el taller Delphi, expresados a través de palabras clave (keywords), según se indica a continuación:

Temas priorizados:

Cirugía mínimamente invasiva; Telecirugía (uso de microrobots, sensores, fibra óptica)

Keywords considerados:

Surgery AND ("non invasive" OR uninvasive OR minimally invasive OR Tele OR remote OR microrobot OR sensor OR optic fiber)*

4.6.1 PRINCIPALES TEMAS DE INVESTIGACIÓN

La búsqueda de los keywords asociados a las intervenciones quirúrgicas remotas y con técnicas no invasivas genera una tendencia de resultados creciente a lo largo de los últimos 5 años (figura 68).

Se realiza una búsqueda por medio de vocabulario controlado (MeSH) en relación a *"Surgical Procedures, Minimally Invasive"*, entendido como *"Procedures that avoid use of open, invasive surgery in favor of closed or local surgery. These generally involve use of laparoscopic devices and remote-control manipulation of instruments with indirect observation of the surgical field through an endoscope or similar device."* e incluyendo los sinónimos: *Surgical Procedures, Minimal, Surgical Procedure, Minimal, Procedures, Minimal Surgical, Minimal Surgical Procedure, Minimally Invasive Surgical Procedures, Procedures, Minimal Access Surgical, Surgical Procedures, Minimal Access, Surgeries, Minimally Invasive, Minimally Invasive Surgeries, Surgery, Minimally Invasive, Procedure, Minimal Surgical, Minimally Invasive Surgery, Minimal Surgical Procedures, Minimal Access Surgical Procedures, Procedures, Minimally Invasive Surgical.*

La búsqueda genera como resultado más de 94.000 publicaciones científicas en el periodo (últimos 5 años). Entre las técnicas mencionadas parece la Laparoscopia y las endoscopias.

4.6.2 ACTORES DESTACADOS EN INVESTIGACIÓN SOBRE INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS

La nube de etiquetas de la figura 69 ilustra los actores más representativos de la producción científica, obtenidos a partir de una búsqueda general de artículos publicados -alrededor de 10.000- en el periodo estudiado.

Se observa la presencia de algunas instituciones que trabajan en el ámbito de la robótica (aprendizaje automático, inteligencia artificial).

En cuanto a las regiones de referencia en investigación científica actual en este ámbito, Estados Unidos

Unidos es el país referente. Varios centros localizados de Nueva York figuran entre los que más publican. Otros países que en la actualidad están investigando en técnicas de mínima invasión, son centros de Japón, Alemania, Reino Unido, Italia, China, Francia, Canadá, Corea del Sur y España.

- **Algunas publicaciones científicas recientes destacadas**

Ente las numerosas publicaciones sobre intervenciones quirúrgicas, destacamos las siguientes publicaciones de alto impacto recientes:

- Gueli Alletti S, Bottoni C, Fanfani F, Gallotta V, Chiantera V, Costantini B, Cosentino F, Ercoli A, Scambia G, Fagotti A *Minimally invasive interval debulking surgery in ovarian neoplasm (MISSION trial - NCT02324595): a feasibility study*. Am J Obstet Gynecol 2015. DOI: 10.1016/j.ajog.2015.10.922
- Velez-Cubian FO, Ng EP, Fontaine JP, Toloza EM *Robotic-Assisted Videothoroscopic Surgery of the Lung*. Cancer Control 2015. PubMed PMID: 26351887
- Saadi JM, Perrotta M, Orti R, Salvo G, Giavedoni ME, Gogorza S, Testa R *Laparoscopic radical trachelectomy: technique , feasibility , and outcomes* . JSLS 2015. DOI: 10.4293/JSLS.2013.00248
- Keller DS, Ibarra S, Flores-Gonzalez JR, Ponte OM, Madhoun N, Pickron TB, Haas EM *Outcomes for single-incision laparoscopic colectomy surgery in obese patients : a case -matched study*. Surg Endosc 2015. DOI: 10.1007/s00464-015-4268-9
- Abhilash RH, Chauhan S *Empirical modeling of renal motion for improved targeting during focused ultrasound surgery*. Comput Biol Med 2013. DOI: 10.1016/j.combiomed.2012.11.006

De entre las revistas en las que más se publica en este ámbito figuran:

- Gastrointestinal Endoscopy (Gastrointest Endosc) <http://www.giejournal.org/>
- Surgical Endoscopy (Surg Endosc) <http://link.springer.com/journal/464>
- Endoscopy <http://endoscopy.thieme.com/>
- American Journal of Cardiology (Am J Cardiol) <http://www.ajconline.org/>
- The Annals of Thoracic Surgery (Ann Thorac Surg) <http://www.annalsthoracicsurgery.org/>

4.6.3 EVOLUCIÓN DE LAS INVENCIONES PROTEGIDAS EN ESTE ÁMBITO

Por lo que respecta al análisis de la actividad de desarrollo tecnológico, se encontraron 709 patentes de invenciones, dispositivos, etc. asociados a intervenciones quirúrgicas en los ámbitos delimitados.

A continuación se muestra la evolución general de la patentabilidad en este ámbito a lo largo de los últimos 5 años.

- **Principales temas patentados:**

Tal y como se muestra en la figura 72 en el texto de las patentes sobre cirugía no invasiva aparecen términos relacionados con rayos laser, lentes, fibras y tejidos, escáneres, endoscopia y tomografía, entre otros.

- **Principales países:**

El análisis del número de patentes por país del titular nos habla del origen de las tecnologías. La mayoría de las invenciones tiene su origen en los Estados Unidos, seguido de Japón, China, Rusia y Alemania.

- **Principales titulares:**

Principales solicitantes de patentes en el ámbito de la cirugía no invasiva en los últimos años son la empresa Optimedica Corp adquirida recientemente por Abbot⁴⁷, Alcon Lensx Inc⁴⁸, especializada en la operación quirúrgica de cataratas.

Otros titulares destacados son Wavelight GmbH⁴⁹ (hoy Alcon), Amo Dev LLC⁵⁰ (hoy Abbot), Zeiss Carl Meditec Ag⁵¹ y la multinacional japonesa Nidek KK.⁵²

La actividad de patentamiento de Optimedica hasta su adquisición por Abbot en los últimos años se intensificó, tal y como muestra la figura 65 de la evolución de la actividad de los principales titulares. Otro entrante a tener en cuenta es Clear Guide Medical⁵³ que trabaja en tecnologías de ultrasonido y fusión de imagen.

Otras empresas importantes actualmente realizando I+D en este ámbito son Intuitive Surgical Operations⁵⁴, especializada en robots quirúrgicos (DaVinci), Covidien (la rama de Medtronic especializada en terapias mínimamente invasivas), Symetis SA⁵⁵ que desarrolla tecnologías no invasivas para cirugías que involucran catéteres, la alemana Biedermann Technologies, u otras compañías que desarrollan robots como Avateramedical⁵⁶, entre otras.

- **Inventores destacados:**

Ferenc Raksi, ingeniero óptico de Lensx Lasers es el principal inventor. Otros inventores destacados son Klaus Vogler y Christof Donitzky de la alemana Wavelight con invenciones sobre dispositivos de monitoreo de las propiedades biométricas oculares y Phillip Gooding y Jesse Buck de Abbott.

4.6.4 PRINCIPALES ÁREAS TECNOLÓGICAS:

Las patentes de los últimos años de métodos de cirugía no invasiva cubren áreas tales como los métodos o dispositivos para el tratamiento de los ojos, aparatos para testeo ocular, instrumentos quirúrgicos, instrumentos para realizar exámenes médicos en el interior de cavidades del cuerpo por medio de inspección visual o fotográfica, la cirugía apoyada por computador (robots especialmente adaptados), filtros implantables en vasos sanguíneos, prótesis, dispositivos ópticos que usan elementos ópticos móviles, microscopios, telescopios, diagnóstico por ultrasonidos, etc.

El área tecnológica asociada a los métodos o dispositivos para el tratamiento de los ojos (A61F9) es la de mayor nivel de desarrollo sostenido durante los últimos 5 años. El uso de instrumentos de testeo (A61B90) y específicamente focalizados en sistemas de detección (A61B5), son asimismo áreas crecientes.

- **Tecnologías emergentes:**

Aparecen como tecnologías crecientes dentro del ámbito de la cirugía no invasiva las relacionadas con instrumentos (A61B19, A61B90).

4.7 ÁREA 7: REHABILITACIÓN

La estrategia de búsqueda que se usó en el área de la Rehabilitación incluyó los temas priorizados durante el taller Delphi, expresados a través de palabras clave (keywords), según se indica a continuación:

Temas priorizados:

Marcapasos de última generación (implantados sin cirugía); Biomateriales y Nanomateriales (prótesis); Compensación de discapacidad motora; Compensación de discapacidad cognitiva

Keywords considerados:

(Rehabilit* OR therapeutic OR “self care” OR care OR “chronic limitation” OR “limitation of activity”)

AND (pacemaker OR implanted OR biomaterial OR nanomaterial OR prosthesis OR motric* OR cognitive)

4.7.1 PRINCIPALES TEMAS DE INVESTIGACIÓN

Se encontraron un total de 7.800 publicaciones científicas a partir de una búsqueda en la base de datos Medline. Se ha buscado la aparición de los keywords generales asociados (prótesis, marcapasos y prótesis con bio y nano materiales). Los resultados obtenidos se muestran en la figura 80.

La búsqueda por vocabulario controlado en relación a “**Rehabilitation**” (MeSH), entendido como “*Restoration of human functions to the maximum degree possible in a person or persons suffering from disease or injury.*” Produce alrededor de 27.000 artículos en los últimos 5 años.

Estados Unidos sigue siendo el actual líder indiscutible con un volumen de producción científica muy por encima de los demás países. Reino Unido, Alemania, Canadá y Australia, Japón, Italia, China, Holanda, Francia y Suecia, siguen las posiciones del ranking de países; Brasil es el primer país latinoamericano y en posición cercana se encuentra España.

Entre las numerosas publicaciones, destacamos las siguientes publicaciones de alto impacto recientes:

- Proclemer A, Zecchin M, D'Onofrio A, Botto GL, Facchin D, Rebellato L, Ghidina M, Bianco G, Bernardelli E, Pucher E, Gregori D [The Pacemaker and Implantable Cardioverter-Defibrillator Registry of the Italian Association of Arrhythmology and Cardiac Pacing--Annual report 2014]. *G Ital Cardiol (Rome)* 2016. DOI: 10.1714/2174.23494
- Israel CW, Ekosso-Ejangue L, Sheta MK [Device therapy of chronic heart failure : Update 2015]. *Herz* 2015. DOI: 10.1007/s00059-015-4375-3
- Polyzos KA, Konstantelias AA, Falagas *ME Risk factors for cardiac implantable electronic device infection: a systematic review and meta-analysis.* *Europace* 2015 DOI: 10.1093/europace/euv053

Entre las principales revistas sobre Rehabilitación se pueden destacar:

- American Journal of Occupational Therapy (Am J Occup The) <http://ajot.aota.org/>
- Archives of Medicine and Rehabilitation (Arch Phys Med Rehab) <http://www.archives-pmr.org>

- Disability and Rehabilitation (Disabil Rehabil) <http://www.tandfonline.com/loi/idre20>
- Journal of American Geriatrics Society (J AM Geriatri Soc) [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1532-5415](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1532-5415)

4.7.2 PRINCIPALES ACTORES DE INVESTIGACIÓN SOBRE REHABILITACIÓN (MARCAPASOS DE ÚLTIMA GENERACIÓN Y PRÓTESIS DE NUEVOS MATERIALES)

Son instituciones destacadas en investigación sobre temas cardiovasculares universidades la de Pittsburgh y Illinois en EE.UU. la de Toronto en Canadá, la de South Australia y en Europa la Universidad de Oslo, entre muchas otras.

4.7.3 EVOLUCIÓN DE LAS INVENCIONES PROTEGIDAS EN ESTE ÁMBITO

La búsqueda de patentes relacionadas con la rehabilitación produjo 2347 resultados. A nivel de evolución general del patentamiento en este ámbito, se observa un ligero receso.

- **Principales temas patentados:**

Una indicación de los principales temas reivindicados en las patentes se muestra en la nube de etiquetas de la figura 84.

En cuanto a los países de titularidad de las invenciones, EE.UU con 1465 invenciones, una vez más, líder claro. Se han recuperado 112 patentes de empresas/titulares Japoneses. A continuación se sitúan las europeas Suiza (84) y Alemana (76).

Inventores destacados:

Son inventores destacados Eugene de Juan Jr de la empresa de tecnologías para el cuidado ocular Foresight Vision (recientemente adquirida -el pasado mes de noviembre de 2016- por Allergan)⁵⁷.

- **Principales titulares de patentes:**

La multinacional farmacéutica Allergan es un titular líder, reforzado por la reciente adquisición de Foresight

Vision4. Otros titulares representativos del entorno competitivo son Boston Scientific Neuromodulation, Medtronic o Medivation⁵⁸, desarrolladora de terapias novedosas para enfermedades serias derivadas de tumores cancerígenos, entre otras.

Específicamente desarrollando en la actualidad tecnologías relacionadas con marcapasos de última generación se encuentran empresas como Medtronic, Cardiac Pacemakers (como se vio anteriormente), Nanostim Inc (St. Jude Medical)⁵⁹, la alemana Biotronik o la electrónica taiwanesa Hon Hai Precision Ind Co.

Por su parte, actores fuertes en I+D en el ámbito del desarrollo de prótesis con nuevos materiales son, por ejemplo, compañías estadounidenses del estado de Indiana tales como Zimmer⁶⁰ y Cook Medical⁶¹ o Depuy Products⁶² (parte de Johnson&Johnson), entre otras.

Como activos en la actualidad a nivel de nuevos desarrollos aparecen Cordis Corp, que ha entrado en litigios de infracción por patentes con Boston Scientific⁶³, así como la Universidad de California.

4.7.4 PRINCIPALES ÁREAS TECNOLÓGICAS

Las principales áreas tecnológicas de las invenciones protegidas en el ámbito de la rehabilitación, según los términos priorizados (rehabilitación y marcapasos, prótesis, etc.), se relacionan con preparaciones medicinales, circuitos de electroterapia, vendajes biológicamente activos, filtros implantables en vasos sanguíneos, métodos o dispositivos para el tratamiento ocular, prótesis, dispositivos para introducir medios en el cuerpo humano vía subcutánea, etc. La evolución de las principales áreas tecnológicas puede apreciarse en la figura 79.

- **Algunas áreas potencialmente emergentes:**

Las preparaciones que contienen sustancias radioactivas usadas en terapia son un área creciente en el último año (A1K51). Otras son Ketonas (C07C49) y los derivados de ácido tiocianico de ácido isotiocianico (C07C331).

Se ha presentado un panorama -forzosamente general debido a la gran amplitud temática abarcada- de las principales líneas de investigación y de desarrollo tecnológico, así como de algunos de los actores más relevantes a nivel internacional (tanto centros de investigación de alta productividad científica como instituciones más intensivas en I+D y generación de invenciones patentadas), en relación a cada una de las grandes áreas priorizadas dentro de la gestión de la salud.

Este panorama debe servir como un primer mapa orientativo a la hora de contextualizar y contrastar la realidad presente de Panamá con el estado del arte de las principales líneas de investigación y desarrollo y con las instituciones referentes a nivel global.

A la hora de enfocar las políticas orientadas a la acción en cada una de las áreas será en todo caso necesario la realización de estudios más detallados en cada una de ellas.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones del presente estudio se pueden encuadrar en los puntos siguientes:

- a. La actividad inicial de síntesis documental realizada a partir de la revisión y análisis de documentación existente -estudios prospectivos o tendenciales, hojas de ruta sectoriales, etc.- en el ámbito de la Salud, ha permitido seleccionar una serie de temas relevantes de partida y clasificarlos según ocho ámbito de aplicación generales de alta incidencia: Sistemas de gestión de la salud, consultas/visitas, pruebas diagnósticas/ análisis clínicos (con tecnologías ómicas), diagnóstico por Imagen, tratamientos farmacéuticos, intervenciones quirúrgicas, anatomía patológica y rehabilitación. Ver Tabla 7
- b. Estas variables identificadas y agrupadores propuestos fueron presentadas a un grupo de 23 expertos provenientes del sector productivo, del gobierno y de la academia, en la primera ronda de la encuesta Delphi en el taller realizado en la FCDS, con el propósito de valorarlas y establecer así un nivel de priorización de cada una de ellas. Complementariamente, los expertos aportaron 18 nuevos temas para ser tenidos en cuenta en la segunda ronda, enriqueciendo el espectro de análisis contemplado. A continuación se presenta la lista de los temas adicionales sugeridos por los expertos locales. Estos temas fueron incluidos en el segundo cuestionario o ronda del Delphi. Ver Tabla 8
- c. Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos al finalizar las dos rondas del estudio prospectivo y teniendo como criterio un porcentaje de consenso superior al promedio del grupo y el valor modal con calificación de 4 o 5 (calificación que más se repite dentro del número de respuestas), los agrupadores prioritarios para Panamá al año 2040 asociados a la temática de la Salud que permiten identificar oportunidades tecnológicas y de innovación. Ver Figura 92
- d. Paralelamente, la realización del análisis estructural permitió definir la visión holística del sector en estudio

(político, económico, social, tecnológico), con el fin de determinar las interacciones entre ellas y los grados de dependencia mutua. Las variables que resultaron más relevantes según el análisis MICMAC y que son consideradas como estratégicas, son las siguientes:

1. Cultura
2. Pobreza
3. Acreditación servicios público - privado
4. Unificación del sistema
5. Certificación de los profesionales en Salud
6. Gobernabilidad
7. Crecimiento regional
8. Procesos burocráticos
9. Capacitación Prospectiva en Salud
10. Acceso a servicios de salud
11. Agendas de ministerios
12. Cobertura
13. Dotación de RRHH
14. Recurso tecnológico
15. Normatividad
16. Planificación a largo plazo
17. Salud en zonas indígenas
18. Recurso humano en políticas de estado
19. Protocolos de proceso
20. Política de estado
21. Investigación en Salud
22. Recurso financiero
23. Análisis de causa raíz
24. Programas de prevención
25. Equidad en la Atención
26. Medicina basada en la evidencia
27. Monitorización de los Sistemas de Gestión de Calidad
28. Roles de trabajo
29. Sostenibilidad
30. Personal Idóneo
31. Comunicación interinstitucional

5.2 RECOMENDACIONES

La intersección entre el relevamiento de información global actual y el aporte de conocimientos desde el contexto local, han permitido determinar unos ámbitos prioritarios y unas variables estratégicas para la gestión de la Salud en Panamá en un horizonte 2040. Se recomienda, pues, que éstos sean tomados en cuenta como marco orientativo en la definición de las políticas de acción y en la medida que éstas definan, para poder organizar mejor los nuevos requerimientos informativos necesarios en cada ámbito.

En este sentido, una primera recomendación que se pueden derivar es la conveniencia de implantar un sistema de información que permita al sistema de Salud de Panamá mantenerse actualizado con respecto a los temas de mayor preocupación global en relación a la gestión de la salud.

El material compilado en el presente estudio puede servir de base para la identificación y caracterización de éstos temas y por tanto para sentar las bases para la conformación de un observatorio estratégico para panamá en temas Salud.

En este sentido, se pueden destacar como relevantes los siguientes aspectos generales de entre los resultados obtenidos en cada uno de los ámbitos estudiados:

- ✓ Los grandes temas que más preocupan a la comunidad científica internacional en relación a la Salud se relacionan con:
 - a. Enfermedades crónicas (más de 50.000 publicaciones científicas al año)
 - b. Fármacos cardiovasculares (una media de 30.000 publicaciones científicas por año).
 - c. Cirugía mínimamente invasiva (una media de 18.000 publicaciones científicas por año)
 - d. Gestión integral de la salud (más de 12.000 al año).
 - e. Pruebas diagnósticas basadas en tratamientos de medicina personalizados que involucran tecnologías ómicas (más de 10.000 publicaciones al año).
 - f. El Diagnóstico por imagen (apareciendo en más de 15.000 publicaciones al año, más de un 25% de las cuales tratando técnicas PET).

- ✓ En el ámbito general de la gestión de salud las principales líneas de innovación se relacionan con métodos de detección/diagnóstico, siendo otras áreas relevantes el desarrollo de ingredientes activos para medicamentos, los instrumentos quirúrgicos, la electroterapia y los equipos digitales de procesamiento de datos. Entre las principales tendencias tecnológicas crecientes se encuentran las tecnologías laser, los sistemas auditivos, aspectos relacionados con la desinfección, sistemas de computación basados en modelos biológicos o despliegues específicos para monitoreo.

- ✓ Específicamente en Telemedicina, las principales áreas tecnológicas son la electroterapia, las tecnologías de detección, los equipos de procesado de datos y los sensores. Otras áreas crecientes son los aparatos para testeo ocular y análisis de imagen, los instrumentos de examen médico interior y los métodos de lectura y reconocimiento de patrones.
- ✓ Se constata como la Telesalud ha pasado de usarse originariamente para acercar los servicios de salud dónde no había acceso, a constituirse como una herramienta para brindar servicios de conveniencia que reduzcan demoras y costes en la accesibilidad a consultas profesionales, ya no solo para el tratamiento de condiciones agudas sino también episódicas y crónicas e implantándose cada vez más ubicuamente en los hogares mediante los dispositivos móviles.
- ✓ En Pruebas diagnósticas/tratamientos personalizados las principales áreas de desarrollo se relacionan con el análisis de materiales, métodos de medida y testeo de procesos que involucran enzimas, oligonucleótidos, inmunoglobulinas, entre otros.
- ✓ En Diagnóstico por imagen las principales áreas innovación se relacionan con tecnologías de detección, aparatos de diagnóstico por radiación e instrumentos quirúrgicos. Un área creciente es la relacionada con esquemas de indexación para análisis de imágenes.
- ✓ En Fármacos personalizados, formulaciones y entrega de medicamentos contra el cáncer, medicamentos cardiovasculares p.ej. contra la hipertensión o contra la diabetes.
- ✓ Entre las áreas de mayor desarrollo tecnológico en el área de la cirugía no invasiva destacan los métodos y dispositivos para testeo y tratamiento ocular.
- ✓ En Rehabilitación, las preparaciones medicinales, los circuitos de electroterápica, vendajes biológicamente activos, filtros implantables en vasos sanguíneos, los métodos o dispositivos para el tratamiento ocular, las prótesis, los dispositivos para introducir medios en el cuerpo humano vía subcutánea, y más recientemente las preparaciones que contienen sustancias radioactivas usadas en terapia, Ketonas y los derivados de ácido tiocianico de ácido isotiocianico.
- ✓ De forma general, los métodos avanzados de gestión/procesamiento/análisis de grandes datos aparecen como ámbito de interés subyacente en la mayoría de áreas temáticas priorizadas.

5.3 IMÁGENES DE FUTURO PARA PANAMÁ

El sistema de Salud panameño en el año 2040 será un sistema complejo cuyas variables e interconexiones estratégicas se pueden entender como una serie de cuatro capas superpuestas e interconectadas: políticas, estrategias, actores y tecnologías, tal como se representa en la Figura 93.

5.3.1 POLÍTICAS

Panamá en el año 2040 tendrá unas políticas en materia de la gestión de la Salud, coherentes e innovadoras, que le situarán entre los países más avanzados. La política del Estado en materia de Salud habrá consistido en aumentar progresivamente el porcentaje del PIB destinado a la Salud dentro de un Plan a largo plazo. Estas inversiones habrán permitido mejorar notablemente, o eliminar totalmente, las carencias señaladas en el DAFO, tales como el mal estado de los hospitales, la ampliación de los servicios de urgencia, la ampliación de la atención primaria (APS), la reducción en la demora de las operaciones o la creación de hospitales especializados en ciertas patologías (cáncer, enfermedades cardiovasculares). También se habrá ampliado el sistema sanitario para cubrir las zonas menos favorecidas (como Darién). El resultado de estas inversiones ocasionará un aumento considerable de la esperanza de vida de los panameños. Serán políticas consensuadas y de largo plazo ajenas a las influencias económicas de corto plazo y particulares.

Dentro de estas políticas se evitará el solapamiento de funciones entre las diferentes instituciones relacionadas con la Salud, evitando contradicciones entre ellas o duplicidad de acciones. No obstante, entre ellas habrá una articulación adecuada facilitada por el intercambio de datos y de información, de manera que cada una, en su rol, ejecute las acciones que le corresponda. En esta dirección, la descentralización de las políticas será un instrumento valioso. Pero tal descentralización no se entenderá como una autonomía absoluta, sino como la ejecución de las actuaciones que correspondan de una manera responsable y a la vez respetuosa con los otros actores del sistema. Se hará, por lo tanto, de una manera perfectamente articulada.

Como se ha dicho, las políticas puestas en marcha estarán acompañadas por las asignaciones de recursos necesarios, así como las inversiones en los elementos del sistema necesarios para poderlas aplicar. Es por esta razón, que la definición de las políticas sobre la gestión de la Salud, no se hará unilateralmente, sino que deberán ser consistentes con las políticas presupuestarias y de financiamiento del Estado. Para ello, un porcentaje de los ingresos netos de la operación del Canal serán destinados de manera específica a financiar estas políticas de la Salud, y esto quedará contemplado en los Planes de Desarrollo del Estado. Además, dentro de este conjunto de políticas se potenciará la gestión de datos y de información, mediante el estímulo de actores del sistema que definan indicadores estandarizados para compartir la información entre ellos, con vistas a tomar decisiones coherentes y bien informadas.

En resumen, las políticas del Estado en el ámbito de la salud formarán parte de la Agenda de los ministerios y velarán permanentemente para garantizar un sistema que sea sostenible y que garantice la salud y el bienestar de toda la población panameña.

5.3.2 ESTRATEGIAS

Bajo las consideraciones enunciadas en las recomendaciones, se requiere potenciar el desarrollo de la relación Universidad – Empresa - Estado con miras a la construcción de un escenario deseado para Panamá al año 2040, teniendo en cuenta como mínimo los siguientes componentes básicos:

- Los actores y beneficiarios
- Las “redes de innovación” para el aprendizaje e intercambio
- Los programas estratégicos aplicados en las áreas prioritarias.
- La infraestructura institucional de investigación y servicios tecnológicos
- El financiamiento de la innovación

Está claro que la “tripe hélice” (universidad-estado-empresa) es la articulación que se requiere para potenciar una transformación significativa en cualquier sector productivo. Esto es más cierto que nunca para el caso de la gestión de la Salud.

Para el año 2040 Panamá habrá tejido una sólida red de innovación, que involucrará aspectos relacionados con la investigación aplicada, la negociación tecnológica y el desarrollo de servicios innovadores para la gestión de la Salud. En cada una de estos aspectos, la universidad jugará un papel preponderante, capacitando personal idóneo para la gestión de la Salud, pero a su vez, potenciando la investigación aplicada mediante la creación y fortalecimiento de grupos de investigación contrastables internacionalmente. El Estado invertirá recursos para la formación de doctores en países de vanguardia, para lo cual serán de gran utilidad los resultados del estudio de Vigilancia expuesto anteriormente. Es conveniente que las universidades y los centros de investigación se asocien con hospitales, para lograr una mayor relación entre la investigación y su aplicación en la práctica.

Como estrategia social, Panamá tendrá una población joven a la que habrá formado desde la escuela primaria en temas de buenos hábitos y prácticas saludables.

Esto significa que los planes educativos a nivel de primaria y secundaria incluirán aspectos relacionados con estas materias. En esta misma línea, las instituciones públicas aplicarán estrategias para la concientización sobre la Salud, mediante programas de prevención, campañas publicitarias y otras formas de llegar a esta población.

La infraestructura para la I+D+i en materia de Salud debe ser una de las prioridades estratégicas de Panamá en 2040. Ya se mencionó la importancia de la formación de profesionales investigadores y desarrolladores en este tema, pero la experiencia indica que es importante acompañar esos procesos de formación con el desarrollo de capacidades institucionales para hacer investigación, desarrollo e innovación. Esto implica disponer de una red de instituciones de investigación bien dotadas de infraestructura para sus funciones, no burocratizadas sino apoyándose mutuamente, compartiendo recursos humanos, infraestructura y capacidades para desarrollar proyectos de gran calado y de impacto en materia de Salud.

El conocimiento para la toma de decisiones en el ámbito de la salud tiene una fuente fundamental en los datos estadísticos consistentes y tomados con la frecuencia necesaria para que sean fiables y permitan una medicina basada en la evidencia. Es por ello estratégico para Panamá 2040, el disponer de un sistema de información estadística de alto nivel en materia de Salud. Esto significa que la infraestructura para toma de datos debe ser potente. Esta información distribuida en redes será abierta a todas las instituciones del sector, así como a los entes del gobierno que toman decisiones, y a los grupos de investigación y desarrollo, con el fin de disponer de información oportuna sobre la Salud y permitir asimismo una monitorización de los sistemas de calidad. Panamá dispondrá de capacidades a través de sus universidades de mayor prestigio para el desarrollo de modelos matemáticos para la predicción del comportamiento de variables significativas (tales como los datos genéticos para las ciencias ómicas). La red de toma de datos, además, estará en condiciones de detectar riesgos (epidemias, diabetes, sida, dengue, etc.) para paliar o corregir situaciones peligrosas. Las acciones preventivas serán en el 2040, priorizadas, antes que las correctivas.

5.3.3 ACTORES

Los actores que serán tenidos en cuenta dentro del sistema de gestión de la Salud en Panamá en el año 2040 son:

- Entidades del Sistema de Salud: hospitales, centros de asistencia primaria, proveedores y fabricantes de medicamentos y de material sanitario, distribuidores, etc.
- Instituciones gubernamentales: universidades, centros de investigación, autoridades reguladoras. Aquí se incluyen las instituciones del sistema de ciencia y tecnología.

- Sociedad civil; clientes y usuarios.

Cada uno de estos actores asumirá sus roles respectivos de acuerdo con la estrategia que pone en práctica las políticas del Estado para lograr que Panamá disponga de un sistema de Salud de calidad, eficiente y sostenible. Esto es posible si se aplican los necesarios recursos financieros y se hace un esfuerzo por unificar protocolos de proceso.

Por su parte, las instituciones gubernamentales harán parte de un Estado moderno, transparente y eficiente. Con planes de fidelización de sus activos más valiosos, como lo son los funcionarios, que serán bien preparados, que ingresarán y se mantendrán de acuerdo con sus méritos y que serán remunerados de manera adecuada. Se hará un esfuerzo por acreditar los servicios público - privado y conformar un sistema de certificación de los profesionales de la Salud. Las instituciones no serán entes burocráticos que solaparán sus funciones, sino que cada una tendrá y aplicará planes estratégicos alineados con las estrategias nacionales y cumpliendo políticas coherentemente diseñadas, con un enfoque holístico y no compartimentado. Los responsables de estas instituciones no serán políticos, sino funcionarios capacitados para cumplir sus funciones de manera eficiente. La permanente capacitación de los técnicos será un elemento característico del sistema.

Por último, como ya se mencionó, la ciudadanía representada en los usuarios del Sistema, que son todos, tendrá un papel protagónico con voz a través de participación ciudadana y otros medios de comunicación, pero también con responsabilidades compartidas, en el sentido de ser protagonistas de una gestión total del Sistema de Salud y de su uso responsable y eficiente y de la adopción de tecnologías innovadoras.

5.3.4 TECNOLOGÍAS

Panamá en el año 2040 estará actualizado tecnológicamente para la gestión de la Salud. Esto implicará la aplicación de políticas y estrategias que le permitan posicionarse como un país de vanguardia en la utilización de tecnologías avanzadas (trasplantes, robots de cirugía, telemedicina, cirugía de mínima invasión, etc.), mediante instrumentos que le faciliten mantenerse al corriente sobre los avances tecnológicos, sus protagonistas y players más relevantes. Para ello tendrá un sistema de vigilancia tecnológica de primer nivel, que permita hacer un seguimiento de aquellas tecnologías que son tendencia a nivel global. En ese sentido, ese sistema de vigilancia hará seguimiento de los desarrollos asociados a las tres tecnologías transversales que son la que revolucionarán el mundo, como son la biotecnología, la nanotecnología y las TIC. Los resultados del ejercicio de Vigilancia presentados en este informe muestran los principales actores internacionales

(investigadores, centros de investigación, etc.) en las diferentes áreas estudiadas.

De otra parte, Panamá en el 2040, tendrá conocimientos adquiridos suficientes para la negociación con países de vanguardia en los temas considerados prioritarios. Las TIC, para el año 2040, serán muy comunes para realizar simulaciones de condiciones adversas que faciliten la toma de decisiones a los gestores. Pero además, serán utilizadas en Panamá, para la adquisición de datos de interés para las diferentes instituciones y grupos de investigación en sus funciones.

Así, las tecnologías serán consideradas como elementos clave dentro de todo el sistema de gestión de la Salud, pero siempre acompañado de los otros componentes, es decir, de las políticas, las estrategias y los actores del sistema.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a: PhD Juan Manuel Montes, PhD Bibiana Arango, PhD Jhon Wilder Zartha, Raúl Hernández Z. y John Fredy Moreno S. por los aportes en el desarrollo y aplicación del método Delphi en el marco de los talleres realizados a la Fundación Ciudad del Saber.

REFERENCIAS

1. Organización médica colegial. (2017). Clasificación terminológica y codificación de actos y técnicas médicas. Recuperado de <http://www.cgcom.es/sites/default/files/nomenclator.pdf>
2. MeSH. Medical Subject Headings. (2017). Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh>
3. GoPubMed. (2017). Recuperado de <http://www.gopubmed.com/web/gopubmed/>
4. Veterans Health Administration. (2017). Recuperado de: <http://www.va.gov/health/>
5. Monash Clinical Registries. (2017). Recuperado de <https://www.monash.edu/medicine/sphpm/registries>
6. CDC. Centers for Disease Control and Prevention. (2017). holiday road safety. Recuperado de <https://www.cdc.gov/>
7. AMIA. Informatics Professionals. Leading the Way. (2017). Recuperado de <https://www.amia.org/>
8. Espacenet Patent search. (2017). Espacenet: free access to over 100 million patent documents Recuperado de <https://worldwide.espacenet.com/>
9. Medtronic. (2017). Cardinal Health Acquisition. Recuperado de <http://www.medtronic.com/covidien/>
10. Boston Scientific. (2017). Neuromodulation. Recuperado de <http://www.bostonscientific.com/en-US/about-us/core-businesses/neuromodulation.html>
11. ResMed. Changing lives with every breath. (2017). Recuperado de <http://www.resmed.com>
12. ARC Connected Health. (2017). Recuperado de <http://www.arcdevices.com/>
13. Hill-Rom. (2017). Enhancing outcomes for patients and their caregivers. Recuperado <https://www.hill-rom.com/usa/>
14. Welch Allyn Home. (2017). Recuperado de <https://www.welchallyn.com/en.html>
15. FMMU. (2017). Fourth Military Medical University Recuperado de <https://en.fmmu.edu.cn/>
16. Freshpatents. (2017). Christopher Brian Locke patents. <http://www.freshpatents.com/Christopher-Brian-Locke-Bournemouth-invdxl.php>
17. Queensland Government Queensland Health. Statewide Telehealth Services Telehealth Support Unit. Recuperado de <https://www.health.qld.gov.au/telehealth>
18. American Telemedicine Association. (2017). Recuperado de <http://www.americantelemed.org/home>
19. Cleveland Clinic. (2017). Recuperado de <http://my.clevelandclinic.org/>
20. Doctors With out Borders. (2017). Medical aid where it is needed most. Independent. Neutral. Impartial.
21. Jordi, P. (2017). Director, Medical Devices Verily-Google Life Sciences. LinkedIn. Recuperado de <https://www.linkedin.com/in/jordi-parramon-50b2158>
22. Hello. (2017). Recuperado de <https://hello.is/about>
23. Freshpatents. (2017). William Bedingham patents. Recuperado de <http://www.freshpatents.com/William-Bedingham-Woodbury-invdxl.php>
24. Medtronic. (2017). Let's go Further, Together. Recuperado de <http://www.medtronic.com/us-en/index.html>
25. Globus Medical. (2017). Recuperado de www.globusmedical.com

26. EYENUK. (2017). Automated Point Of Care DR Screening. <http://www.eyenuk.com/>
27. U.S. Department of Veterans Affairs. (2017). VA Telehealth Services. Recuperado de <https://www.telehealth.va.gov/>
28. Pacesetter Medical Imaging. (2017). Pacesetter Medical Imaging - Now Part of the Merry X-Ray Family. Recuperado de <http://corporate.merryxray.com/pacesetter-medical-imaging.php>
29. Patents. (200). System and method for presentation of computerized patient records across a network. Recuperado de <https://www.google.com/patents/WO2000057339A2?cl=de>
30. MAYO Clinic. (2017). CORE RESOURCES PROTEOMICS CORE. Recuperado de <http://www.mayo.edu/research/core-resources/proteomics-core/overview>
31. NHGRI. National Human Genome Research Institute. Highlights. Recuperado de <https://www.genome.gov/>
32. NCI. National Cancer Institute. (2017). Laboratory of Molecular Biology. Recuperado de <https://ccr.cancer.gov/Laboratory-of-Molecular-Biology>
33. About Jain PharmaBiotech. (2017). Recuperado de <http://pharmabiotech.ch/>
34. OncoTherapy Science, Inc. (2017). Breakthrough by Genome-Based Drug Discovery. Recuperado de <http://www.oncotherapy.co.jp/en/>
35. Ganymed Pharmaceuticals. (2017). Recuperado <http://www.ganymed-pharmaceuticals.com/>
36. Amgen. (2017). Recent News. Recuperado de <http://www.amgen.com/>
37. SNMMI. Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. (2017). SNMMI NEWS. Recuperado de <http://www.snmmi.org/>
38. AuntMinnieEurope. (2016). New imaging research facility to open in Berlin. Recuperado de <http://www.auntminnieeurope.com/index.aspx?sec=ser&sub=def&pag=dis&ItemID=613734>
39. Biosense Webster. (2017). Recuperado de <https://www.biosensewebster.com/WorldWide/>
40. the laboratory of Moshe Rehavi. (2017). Selected List of publications. Recuperado de <http://medicine.mytau.org/rehavi/manuscripts/>
41. Curemark. (2017). Recuperado de <http://curemark.com/>
42. Endoceutics. (2017). Recuperado de <http://www.endoceutics.com/>
43. naturex INC. a neuropharmaceutical Company. (2015). Allergan Successfully Completes Naurex Acquisition. Recuperado de <https://www.allergan.com/news/news/allergan-successfully-completes-naurex-acquisition>
44. Galápagos. (2017). Welcome to Galapagos. Recuperado de <http://www.glp.com/>
45. the business of photonics. (2017). Healthcare giant goes up against heavily backed rivals in femtosecond laser cataract surgery. Recuperado de <http://optics.org/news/4/8/21>
46. Surgical for us professionals. (2017). Lensx laser: the complete anterior segment cataract surgical experience. Recuperado de <https://www.myalcon.com/products/surgical/lensx-laser/>
47. alcon a novartis división. (2017). Recuperado de <https://www.wavelight.de/>

48. johnson & johnson visión (2017). Vision-enhancing innovation. Recuperado de <http://www.abbottmedicaloptics.com/>
49. ZEISS. (2017). Medical Technology made by ZEISS. Recuperado de <https://www.zeiss.com/meditec/us/home.html>
50. Nidek. (2017). The art of eye care. Recuperado de <https://www.nidek-intl.com/>
51. Clear guide medical. (2017). Image fusion made simple. Recuperado de <http://www.clearguidemedical.com/>
52. Intuitive Surgical. (2017). Recuperado de <http://www.intuitivesurgical.com/>
53. Symetis. (2017). Boston Scientific & Symetis. Recuperado de <https://www.symetis.com/>
54. Avatera. (2017). Time to Explore New Options. Recuperado de <http://www.avatera.eu/start/>
55. Allergan. (2016). Allergan to Acquire Eye Care Company ForSight VISION5 Adding Peri-Ocular Ring Technology to Company's Leading Portfolio of Innovative Eye Health Products. Recuperado de <http://www.allergan.com/NEWS/News/Thomson-Reuters/Allergan-to-Acquire-Eye-Care-Company-ForSight-VISI>
56. Pfizer. (2017). Counterfeit medicines - Is the threat real or fake. Recuperado de <http://www.medivation.com/>
57. st jude medical. Recuperado de <https://www.sjmglobal.com/>
58. Zimmer y Biomet. Recuperado de <http://www.zimmerbiomet.com/es>
59. Cook Medical. Recuperado de <https://www.cookmedical.com/>
60. Depuy synthes. (2017). We are inspired by the opportunity to work together to advance patient care Recuperado de <http://emea.depuySynthes.com/>
61. Finnegan. (2017). Recuperado de <http://www.finnegan.com/Publications/federalcircuit/FCCDetail.aspx?pub=2d22ffa9-4f04-4a53-8e12-01e4138e716d>
62. Nature Materials (2017). Instrumented cardiac microphysiological devices via multimaterial three-dimensional printing. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/nmat4782>
63. IOP Science. (2017) Three-dimensional bioprinting of embryonic stem cells directs highly uniform embryoid body formation. Recuperado de <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1758-5090/7/4/044101/meta>

MATERIAL SUPLEMENTARIO-TABLAS

Tabla 1. Resultados de la primera ronda Delphi.

GESTIÓN DE LA SALUD	% CONSENSO	DECISIÓN
Gestión centrada en el paciente	57%	Prioritario
E-Salud	43%	Discusión
Seguridad del paciente	70%	Prioritario
Coordinación en la atención médica	43%	Discusión
Facilidad de pago del paciente	30%	Discusión
Atención a población desprotegida	52%	Prioritario
Zonas rurales	57%	Prioritario
Zonas no atendidas	57%	Prioritario
Especialización de los centros de atención	39%	Discusión
Externalización	35%	Discusión
Envejecimiento de la población	48%	Prioritario
Prevención de enfermedades	78%	Prioritario
Prácticas saludables	52%	Prioritario
Atención integradas socio-sanitaria	30%	Discusión
Gestión autónoma de la salud	35%	Discusión
Historia clínica electrónica	52%	Prioritario
Campañas de prevención personalizadas	39%	Discusión
Redes sociales	39%	Discusión
Big Data	48%	Prioritario
Desarrollo de modelos de predicción	48%	Prioritario
Enterprises Data Warehouse – EDW	30%	Discusión
Nuevos modelos de gestión (colaboración público-privada)	35%	Discusión
Organizaciones activadas por pacientes (mayor interacción social – digital)	39%	Discusión
Comunidades virtuales de pacientes	30%	Discusión
Ciberseguridad de historial clínico	48%	Prioritario
Control de sobreinformación (filtrado de información a la que pueda acceder el paciente)	30%	Discusión

Nutrición digital	30%	Discusión
Tarjetas inteligentes	35%	Discusión
Modelos de simulación para toma de decisiones respecto a tratamientos	39%	Discusión
Simuladores interactivos 3D para las cirugías mínimamente invasivas	43%	Discusión
Robots cirujanos	35%	Discusión
Tratamientos de enfermedades crónicas	52%	Prioritario
Estándares universales (para la coordinación entre sistemas de salud de diferentes localizaciones)	39%	Discusión
Recursos (estrategias optimizadas para la atención de pacientes)	61%	Prioritario
Ingresos de los médicos y otros profesionales de la salud (provisión de recursos humanos)	39%	Discusión
Tratamientos alternativos	52%	Prioritario
Servicios de salud a actores no tradicionales	35%	Discusión
Responsabilidad en los sistemas de salud	61%	Prioritario
Integridad en los sistemas de salud	65%	Prioritario
Transparencia en los sistemas de salud	70%	Prioritario
Turismo médico	26%	Discusión
Intercambio de información en materia de investigaciones en salud	70%	Prioritario
Gobernanza de la investigación en salud	52%	Prioritario
Vida en el hogar (robótica asistencial)	43%	Discusión
	CONSULTAS - VISITAS	% CONSENSO
		DECISIÓN
Telemedicina	52%	Prioritario
Teleasistencia	48%	Prioritario
Telemonitorización	43%	Prioritario
RFID para el seguimiento - localización de pacientes	35%	Discusión
Prescripción tecnológica (utilizar nuevos canales para la relación paciente – médico)	39%	Discusión
Dispositivos de recolección de datos sobre estado de salud (sensores Wearables)	39%	Discusión
Manufactura aditiva (procesos productivos de dispositivos médicos e implantes)	30%	Discusión
Inteligencia artificial (gestión de datos que crecen de manera exponencial)	35%	Discusión

PRUEBAS DIAGNÓSTICAS - ANÁLISIS CLÍNICOS	% CONSENSO	DECISIÓN
Bioteología / tecnología ómica e informática (diagnóstico - pronóstico de enfermedades)	57%	Prioritario
Marcadores genéticos	43%	Discusión
Marcadores proteicos	39%	Discusión
Marcadores epigenéticos	39%	Discusión
Marcadores metabólicos	48%	Prioritario
Diagnósticos moleculares	61%	Prioritario
Tratamientos personalizados	57%	Prioritario
Kits de autodiagnóstico	43%	Discusión
Unidades de ictus móviles	30%	Discusión
DIAGNOSTICO POR IMAGEN	% CONSENSO	DECISIÓN
Tomografía computarizada espectral	43%	Discusión
Plataformas de transmisión de imágenes de alta resolución	52%	Prioritario
Nuevos agentes de contraste	43%	Discusión
Trazadores más eficaces e inocuos	43%	Discusión
Instrumentos híbridos (PET-TC, SPECT/TC, PET /RM) para estudios pre-clínicos	35%	Discusión
Técnicas PET para diagnóstico temprano de patologías neurodegenerativas (Alzheimer)	52%	Prioritario
Imágenes 3D	48%	Prioritario
Nanocámaras (diagnóstico de enfermedades o el estado de órganos)	48%	Prioritario
TRATAMIENTOS FARMACÉUTICOS	% CONSENSO	DECISIÓN
Fármacos cardiovasculares de última generación	61%	Prioritario
Hidrogeles bioabsorbibles inyectables	43%	Discusión
Medicina natural	35%	Discusión
Técnicas de imagen para activación de fármacos/terapias localizadas	57%	Prioritario
Biosensores implantados	39%	Discusión
Biomarcadores	43%	Discusión
Moléculas biológicas para el desarrollo de terapias	35%	Discusión
Farmacogenómica	39%	Discusión
Medicina personalizada (administración del medicamento adecuado)	57%	Prioritario
Transportadores de fármacos (drug delivery)	35%	Discusión

INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS	% CONSENSO	DECISIÓN
Ciberseguridad	52%	Prioritario
Robots desinfectantes (luz ultravioleta con led, para desinfectar)	35%	Discusión
Cirugía robótica o robotizada	35%	Discusión
Sistemas de perfusión para mejorar la recepción de órganos donantes	52%	Prioritario
Técnicas de imagen para guiar intervenciones	48%	Prioritario
Modelos virtuales para evaluar comportamiento de tejidos en una intervención quirúrgica	39%	Discusión
Cirugía mínimamente invasiva	70%	Prioritario
Telecirugía (uso de microrobots, sensores, fibra óptica)	52%	Prioritario
Instrumentos altamente especializados - tecnológicos	43%	Discusión
Realidad virtual	35%	Discusión
Realidad aumentada	35%	Discusión
Biopsia guiada por imagen	43%	Discusión
REHABILITACIÓN	% CONSENSO	DECISIÓN
Marcapasos de última generación (implantados sin cirugía)	61%	Prioritario
Biomateriales y Nanomateriales (prótesis)	65%	Prioritario
Bioprótesis a partir de células madre	48%	Discusión
Microdispositivos implantables (interacción neurona-microsistema)	48%	Discusión
Implantes de microchips inteligentes (biocompatibles)	43%	Discusión
Ingeniería de tejidos (nanotecnología)	48%	Discusión
Biomateriales (soporte a la terapia celular, tisular y orgánica)	43%	Discusión
Reprogramación celular	39%	Discusión
Órganos en un chip (ejemplo, un corazón impreso en 3D)	39%	Discusión
Impresión en 3D (órganos, tejidos, células madre embrionarias)	35%	Discusión
Compensación de discapacidad motora	57%	Prioritario
Compensación de discapacidad cognitiva	52%	Prioritario

Tabla 2. Temas nuevos propuestos por los expertos en el taller.

GESTIÓN DE LA SALUD
Investigación en salud pública
Fuga de recursos
Trazabilidad metrológica en las investigaciones
Profesionales en Competencias en Gestión de Salud
Cobertura de atención
Sistemas de información e investigación para la salud
Métodos de financiamiento de los sistemas de salud
CONSULTAS – VISITAS
Entrenamiento al personal
Sistemas Públicos
Recursos Humanos
PRUEBAS DIAGNÓSTICAS - ANÁLISIS CLÍNICOS
Bioética
Instrumentos calibrados con real trazabilidad
Pruebas de Rutina
TRATAMIENTOS FARMACÉUTICOS
Interculturalidad de intervenciones naturales
Trazabilidad metrológica garantizada
Casas Farmacéuticas del Estado
INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS
Medición de impacto de estas tecnologías (Investigación)
REHABILITACIÓN
Tratamiento alternativo para pacientes con dificultad respiratoria post entubamiento

Tabla 3. Temas ganadores en el método Delphi.

GESTIÓN DE LA SALUD	1ª Ronda	2ª Ronda
Gestión centrada en el paciente	Prioritario	Prioritario
E-Salud	Discusión	Prioritario
Seguridad del paciente	Prioritario	Prioritario
Coordinación en la atención médica	Discusión	Prioritario
Facilidad de pago del paciente	Discusión	Discusión
Atención a población desprotegida	Prioritario	Prioritario
Zonas rurales	Prioritario	Prioritario
Zonas no atendidas	Prioritario	Prioritario
Especialización de los centros de atención	Discusión	Discusión
Externalización	Discusión	Discusión
Envejecimiento de la población	Prioritario	Discusión
Prevención de enfermedades	Prioritario	Prioritario
Prácticas saludables	Prioritario	Prioritario
Atención integradas socio-sanitaria	Discusión	Discusión
Gestión autónoma de la salud	Discusión	Discusión
Historia clínica electrónica	Prioritario	Prioritario
Campañas de prevención personalizadas	Discusión	Discusión
Redes sociales	Discusión	Discusión
Big Data	Prioritario	Discusión
Desarrollo de modelos de predicción	Prioritario	Discusión
Enterprises Data Warehouse – EDW	Discusión	Discusión
Nuevos modelos de gestión (colaboración público-privada)	Discusión	Prioritario
Organizaciones activadas por pacientes (mayor interacción social – digital)	Discusión	Discusión
Comunidades virtuales de pacientes	Discusión	Discusión
Ciberseguridad de historial clínico	Prioritario	Discusión
Control de sobreinformación (filtrado de información a la que pueda acceder el paciente)	Discusión	Discusión
Nutrición digital	Discusión	Discusión
Tarjetas inteligentes	Discusión	Discusión

Modelos de simulación para toma de decisiones respecto a tratamientos	Discusión	Discusión
Simuladores interactivos 3D para las cirugías mínimamente invasivas	Discusión	Discusión
Robots cirujanos	Discusión	Discusión
Tratamientos de enfermedades crónicas	Prioritario	Prioritario
Estándares universales (para la coordinación entre sistemas de salud de diferentes localizaciones)	Discusión	Prioritario
Recursos (estrategias optimizadas para la atención de pacientes)	Prioritario	Prioritario
Ingresos de los médicos y otros profesionales de la salud (provisión de recursos humanos)	Discusión	Prioritario
Tratamientos alternativos	Prioritario	Discusión
Servicios de salud a actores no tradicionales	Discusión	Discusión
Responsabilidad en los sistemas de salud	Prioritario	Prioritario
Integridad en los sistemas de salud	Prioritario	Prioritario
Transparencia en los sistemas de salud	Prioritario	Prioritario
Turismo médico	Discusión	Discusión
Intercambio de información en materia de investigaciones en salud	Prioritario	Prioritario
Gobernanza de la investigación en salud	Prioritario	Prioritario
Vida en el hogar (robótica asistencial)	Discusión	Discusión
Investigación en salud pública		14
Fuga de recursos		4
Trazabilidad metrológica en las investigaciones		4
Profesionales en Competencias en Gestión de Salud		8
Cobertura de atención		3
Sistemas de información e investigación para la salud		9
Métodos de financiamiento de los sistemas de salud		11
CONSULTAS - VISITAS	1ª Ronda	2ª Ronda
Telemedicina	Prioritario	Prioritario
Teleasistencia	Prioritario	Prioritario
Telemonitorización	Prioritario	Discusión
RFID para el seguimiento - localización de pacientes	Discusión	Discusión
Prescripción tecnológica (utilizar nuevos canales para la relación paciente – médico)	Discusión	Prioritario
Dispositivos de recolección de datos sobre estado de salud (sensores Wearables)	Discusión	Prioritario

Manufactura aditiva (procesos productivos de dispositivos médicos e implantes)	Discusión	Discusión
Inteligencia artificial (gestión de datos que crecen de manera exponencial)	Discusión	Discusión
Entrenamiento al personal		5
Sistemas Públicos		2
Recursos Humanos		0
PRUEBAS DIAGNÓSTICAS - ANÁLISIS CLÍNICOS	1ª Ronda	2ª Ronda
Biotecnología / tecnología ómica e informática (diagnóstico - pronóstico de enfermedades)	Prioritario	Prioritario
Marcadores genéticos	Discusión	Prioritario
Marcadores proteicos	Discusión	Discusión
Marcadores epigenéticos	Discusión	Discusión
Marcadores metabólicos	Prioritario	Discusión
Diagnósticos moleculares	Prioritario	Prioritario
Tratamientos personalizados	Prioritario	Prioritario
Kits de autodiagnóstico	Discusión	Discusión
Unidades de ictus móviles	Discusión	Discusión
Bioética		8
Instrumentos calibrados con real trazabilidad		4
Pruebas de Rutina		0
DIAGNÓSTICO POR IMAGEN	1ª Ronda	2ª Ronda
Tomografía computarizada espectral	Discusión	Prioritario
Plataformas de transmisión de imágenes de alta resolución	Prioritario	Discusión
Nuevos agentes de contraste	Discusión	Prioritario
Trazadores más eficaces e inocuos	Discusión	Prioritario
Instrumentos híbridos (PET-TC, SPECT/TC, PET /RM) para estudios pre-clínicos	Discusión	Discusión

Técnicas PET para diagnóstico temprano de patologías neurodegenerativas (Alzheimer)	Prioritario	Prioritario
Imágenes 3D	Prioritario	Discusión
Nanocámaras (diagnóstico de enfermedades o el estado de órganos)	Prioritario	Prioritario
TRATAMIENTOS FARMACÉUTICOS	1ª Ronda	2ª Ronda
Fármacos cardiovasculares de última generación	Prioritario	Prioritario
Hidrogeles bioabsorbibles inyectables	Discusión	Prioritario
Medicina natural	Discusión	Discusión
Técnicas de imagen para activación de fármacos/terapias localizadas	Prioritario	Prioritario
Biosensores implantados	Discusión	Prioritario
Biomarcadores	Discusión	Prioritario
Moléculas biológicas para el desarrollo de terapias	Discusión	Discusión
Farmacogenómica	Discusión	Discusión
Medicina personalizada (administración del medicamento adecuado)	Prioritario	Prioritario
Transportadores de fármacos (drug delivery)	Discusión	Discusión
Interculturalidad de intervenciones naturales		2
Trazabilidad metrológica garantizada		3
Casas Farmacéuticas del Estado		1
INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS	1ª Ronda	2ª Ronda
Ciberseguridad	Prioritario	Discusión
Robots desinfectantes (luz ultravioleta con led, para desinfectar)	Discusión	Discusión
Cirugía robótica o robotizada	Discusión	Discusión
Sistemas de perfusión para mejorar la recepción de órganos donantes	Prioritario	Discusión
Técnicas de imagen para guiar intervenciones	Prioritario	Discusión
Modelos virtuales para evaluar comportamiento de tejidos en una intervención quirúrgica	Discusión	Discusión
Cirugía mínimamente invasiva	Prioritario	Prioritario
Telecirugía (uso de microrobots, sensores, fibra óptica)	Prioritario	Prioritario
Instrumentos altamente especializados - tecnológicos	Discusión	Prioritario
Realidad virtual	Discusión	Discusión
Realidad aumentada	Discusión	Discusión
Biopsia guiada por imagen	Discusión	Discusión

Medición de impacto de estas tecnologías (Investigación)		5
REHABILITACIÓN	1ª Ronda	2ª Ronda
Marcapasos de última generación (implantados sin cirugía)	Prioritario	Prioritario
Biomateriales y Nanomateriales (prótesis)	Prioritario	Prioritario
Bioprótesis a partir de células madre	Discusión	Prioritario
Microdispositivos implantables (interacción neurona-microsistema)	Discusión	Discusión
Implantes de microchips inteligentes (biocompatibles)	Discusión	Discusión
Ingeniería de tejidos (nanotecnología)	Discusión	Prioritario
Biomateriales (soporte a la terapia celular, tisular y orgánica)	Discusión	Discusión
Reprogramación celular	Discusión	Discusión
Órganos en un chip (ejemplo, un corazón impreso en 3D)	Discusión	Discusión
Impresión en 3D (órganos, tejidos, células madre embrionarias)	Discusión	Discusión
Compensación de discapacidad motora	Prioritario	Prioritario
Compensación de discapacidad cognitiva	Prioritario	Prioritario
Tratamiento alternativo para pacientes con dificultad respiratoria post entubamiento		2

Tabla 4. Nuevos temas sugeridos por los expertos.

GESTIÓN DE LA SALUD	Nº expertos*
Investigación en salud pública	14
Fuga de recursos	4
Trazabilidad metrológica en las investigaciones	4
Profesionales en Competencias en Gestión de Salud	8
Cobertura de atención	3
Sistemas de información e investigación para la salud	9
Métodos de financiamiento de los sistemas de salud	11
CONSULTAS - VISITAS	Nº expertos*
Entrenamiento al personal	5
Sistemas Públicos	2
Recursos Humanos	0
PRUEBAS DIAGNÓSTICAS - ANÁLISIS CLÍNICOS	Nº expertos*
Bioética	8
Instrumentos calibrados con real trazabilidad	4
Pruebas de Rutina	0
TRATAMIENTOS FARMACÉUTICOS	Nº expertos*
Interculturalidad de intervenciones naturales	2
Trazabilidad metrológica garantizada	3
Casas Farmacéuticas del Estado	1
INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS	Nº expertos*
Medición de impacto de estas tecnologías (Investigación)	5
REHABILITACIÓN	Nº expertos*
Tratamiento alternativo para pacientes con dificultad respiratoria post entubamiento	2

* Número de expertos que calificaron como prioritarios los temas sugeridos

Tabla 5. Temas prioritarios.

GESTIÓN DE LA SALUD	1ª Ronda	2ª Ronda
Gestión centrada en el paciente	Prioritario	Prioritario
Seguridad del paciente	Prioritario	Prioritario
Atención a población desprotegida	Prioritario	Prioritario
Zonas rurales	Prioritario	Prioritario
Zonas no atendidas	Prioritario	Prioritario
Prevención de enfermedades	Prioritario	Prioritario
Prácticas saludables	Prioritario	Prioritario
Historia clínica electrónica	Prioritario	Prioritario
Tratamientos de enfermedades crónicas	Prioritario	Prioritario
Recursos (estrategias optimizadas para la atención de pacientes)	Prioritario	Prioritario
Responsabilidad en los sistemas de salud	Prioritario	Prioritario
Integridad en los sistemas de salud	Prioritario	Prioritario
Transparencia en los sistemas de salud	Prioritario	Prioritario
Intercambio de información en materia de investigaciones en salud	Prioritario	Prioritario
Gobernanza de la investigación en salud	Prioritario	Prioritario
CONSULTAS - VISITAS	1ª Ronda	2ª Ronda
Telemedicina	Prioritario	Prioritario
Teleasistencia	Prioritario	Prioritario
PRUEBAS DIAGNÓSTICAS - ANÁLISIS CLÍNICOS	1ª Ronda	2ª Ronda
Bioteología / tecnología ómica e informática (diagnóstico - pronóstico de enfermedades)	Prioritario	Prioritario
Diagnósticos moleculares	Prioritario	Prioritario
Tratamientos personalizados	Prioritario	Prioritario
DIAGNOSTICO POR IMAGEN	1ª Ronda	2ª Ronda
Técnicas PET para diagnóstico temprano de patologías neurodegenerativas (Alzheimer)	Prioritario	Prioritario
Nanocámaras (diagnóstico de enfermedades o el estado de órganos)	Prioritario	Prioritario
TRATAMIENTOS FARMACÉUTICOS	1ª Ronda	2ª Ronda
Fármacos cardiovasculares de última generación	Prioritario	Prioritario
Medicina personalizada (administración del medicamento adecuado)	Prioritario	Prioritario
INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS	1ª Ronda	2ª Ronda
Cirugía mínimamente invasiva	Prioritario	Prioritario
Telecirugía (uso de microrobots, sensores, fibra óptica)	Prioritario	Prioritario
REHABILITACIÓN	1ª Ronda	2ª Ronda
Marcapasos de última generación (implantados sin cirugía)	Prioritario	Prioritario
Biomateriales y Nanomateriales (prótesis)	Prioritario	Prioritario
Compensación de discapacidad motora	Prioritario	Prioritario
Compensación de discapacidad cognitiva	Prioritario	Prioritario

Tabla 6. Lista de variables en los cuatro planos.

Descripción de las variables
1. Cultura
2. Pobreza
3. Acreditación servicios público - privado
4. Unificación del sistema
5. Certificación de los profesionales en Salud
6. Gobernabilidad
7. Crecimiento regional
8. Procesos burocráticos
9. Capacitación Prospectiva en Salud
10. Acceso a servicios de salud
11. Agendas de ministerios
12. Cobertura
13. Dotación de RRHH
14. Recurso tecnológico
15. Normatividad
16. Planificación a largo plazo
17. Salud en zonas indígenas
18. Recurso humano en políticas de estado
19. Protocolos de proceso
20. Política de estado
21. Investigación en Salud
22. Recurso financiero
23. Análisis de causa raíz
24. Programas de prevención
25. Equidad en la Atención
26. Medicina basada en la evidencia
27. Monitorización de los Sistemas de Gestión de Calidad
28. Roles de trabajo
29. Sostenibilidad
30. Personal Idóneo
31. Comunicación interinstitucional

Tabla 7. Temas iniciales propuestos para la consulta.

<p>Gestión de la Salud:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestión centrada en el paciente • E-Salud • Mobile Health –mHealth • Especialización de los centros de atención. Externalización • Envejecimiento de la población • Enfoque centrado en la prevención de enfermedades y prácticas saludables. • Atención integradas socio-sanitaria • Apoyo a la gestión autónoma de la salud • Expediente o historia clínica electrónica • Comunicación abierta • Revolución el Big Data • Enterprises Data Warehouse – EDW • Nuevos modelos de gestión: colaboración público-privada. • Organizaciones activadas por pacientes • Comunidades virtuales de pacientes • Ciberseguridad de historial clínico. Privacidad de la información. Anonimización de datos. • Control de sobreinformación • Nutrición digital: acceso a información sobre nutrición personalizada • Tarjetas inteligentes: con toda la información médica. • Modelos de simulación para toma de decisiones respecto a tratamientos 	<p>Consultas y Visitas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Telemedicina, Teleasistencia y telemonitorización • Prescripción tecnológica • Woreables (internet de las cosas) • Manufactura aditiva • Inteligencia artificial <p>Pruebas Diagnósticas y análisis clínicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biotecnología y tecnología ómica e informática • Uso de marcadores genéticos, proteicos, epigenético y metabólico. • Aumento en el conocimiento de la secuenciación del genoma y diagnósticos moleculares • Desarrollo de kits de autodiagnóstico altamente confiables. • Unidades de ictus móviles
---	---

- Entrenamiento especializado para aplicación de técnicas innovadoras en tratamientos y cirugías
- Gestión de sistemas de salud orientados al envejecimiento de la población. Tratamientos de cronicidad de enfermedades.
- Regulación flexible
- Establecimiento de estándares universales
- Disminución de recursos y presión sobre los sistemas de salud.
- Reducción de ingresos de los médicos y otros profesionales de la salud
- Consumidor desconfiado
- Consumidor empoderado
- Turismo médico: tratamientos, cirugías, etc.
- Intercambio de información en materia de investigaciones en salud.
- Gobernanza de la investigación en salud.
- Vida en el hogar

Diagnóstico por imagen

- Tomografía computarizada espectral, que facilita la definición de contraste entre tejido y tejido blando.
- Imágenes digitales y plataformas de transmisión de imágenes de alta resolución.
- Nuevos agentes de contraste y trazadores más eficaces y más inocuos.
- Instrumentos híbridos (PET-TC, SPECT/TC, PET /RM) para estudios pre-clínicos.
- Técnicas PET para diagnóstico temprano del Alzheimer y otras patologías neurodegenerativas
- Imágenes 3D
- Nanocámaras
- Técnicas de imagen para la dosificación de radioterapia guiada

Tratamientos farmacéuticos

- Fármacos cardiovasculares de última generación
- Hidrogeles bioabsorbibles inyectables
- Medicina natural
- Técnicas de imagen para activación de fármacos y terapias localizadas y para destrucción de lesiones de manera no invasiva.
- Biosensores implantados que pueden monitorizar el estado del paciente en tiempo real y dispensar las dosis precisas del fármaco y de una manera precisa en el sitio u órgano que lo requiere.
- Biomarcadores para terapias personalizadas y para predicción del metabolismo y los efectos secundarios en pacientes
- Nuevas moléculas biológicas para el desarrollo de terapias, así como para descubrimiento o desarrollo de fármacos y vacunas
- Desarrollo farmacológico hacia la personalización
- Transportadores de fármacos (drug delivery) sofisticados y precisos.

Intervenciones quirúrgicas

- Ciberseguridad
- Robots desinfectantes
- Cirugía robótica o robotizada
- Sistemas de perfusión para mejorar la recepción de órganos donantes. Perfusión cálida que mantiene la viabilidad de órganos donados
- Técnicas de imagen para guiar intervenciones.
- Modelos virtuales para evaluar comportamiento de tejidos en una intervención quirúrgica
- Cirugía menos invasiva y Cirugía mínimamente invasiva.
- Telecirugía
- Desarrollo de instrumental altamente especializado y tecnológico: microfuentes de luz, comunicación inalámbrica, etc.
- Realidad virtual y realidad aumentada: para planificación de tratamientos y cirugías

<p>Anatomía patológica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hidrogeles bioabsorbibles inyectables • Fármacos cardiovasculares de última generación: inhibidores de la PCSk9e inhibidores de la neprilisina y del receptor de agiotensina (insuficiencia cardíaca) • Biopsia guiada por imagen. 	<p>Rehabilitación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marcapasos de última generación • Biomateriales y Nanomateriales • Bioprótesis fabricadas a partir de células madre del paciente • Mircodispositivos implantables que permiten la interacción neurona-microsistema para corregir enfermedades, antes incurables • Implantes de microchips inteligentes y biocompatibles para controlar enfermedades como el Parkinson, la epilepsia y trastornos del dolor • Reparación y regeneración de tejidos y órganos del cuerpo humano, tanto exvivo como in vitro, a partir de la ingeniería de tejidos y la nanotecnología. • Uso de biomateriales como soporte a la terapia celular, tisular y orgánica.
	<ul style="list-style-type: none"> • La medicina regenerativa celular para la regeneración funcional orgánica, la reprogramación celular. • Órganos-en-un-chip • Impresión en 3D de órganos y tejidos y hasta células madre embrionarias • Realidad virtual y realidad aumentada • Rehabilitación y compensación de discapacidad motora: prótesis inteligentes, exoesqueletos y órtesis activas, robótica móvil, robótica terapéutica, neurobótica. • Rehabilitación y compensación de discapacidad cognitiva: dispositivos mecatrónicos para rehabilitación acelerada después de un accidente cerebrovascular, neurobótica (funciones neuromotoras y robótica).

Tabla 8. Temas nuevos propuestos por los expertos en el taller.

<p>Gestión de la Salud:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigación en salud pública • Fuga de recursos • Trazabilidad metrológica en las investigaciones • Profesionales en Competencias en Gestión de Salud • Cobertura de atención • Sistemas de información e investigación para la salud • Métodos de financiamiento de los sistemas de salud 	<p>Consultas y Visitas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento al personal • Sistemas Públicos • Recursos Humanos
<p>Tratamientos farmacéuticos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interculturalidad de intervenciones naturales • Trazabilidad metrológica garantizada • Casas Farmacéuticas del Estado 	<p>Intervenciones quirúrgicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medición de impacto de estas tecnologías (Investigación)
<p>Pruebas Diagnósticas y análisis clínicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bioética • Instrumentos calibrados con real trazabilidad • Pruebas de Rutina 	<p>Rehabilitación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento alternativo para pacientes con dificultad respiratoria post entubamiento



MATERIAL SUPLEMENTARIO-FIGURAS

Figura 1. Matriz DAFO de la situación actual en Panamá en relación a la Salud.

Amenazas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> ● Persistencia de enfermedades como el dengue, la malaria, la tuberculosis o el sida, sobre todo en zonas rurales con población indígena. ● Estancamiento en la mejora de la situación sanitaria de Panamá. Estancamiento en la esperanza de vida. ● Estancamiento en la mejora de las principales causas de muerte (tumores, accidentes y homicidios, enfermedades del corazón, enfermedades cerebrovasculares, diabetes) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Aumento de la voluntad del gobierno en la mejora de la Educación ● Fomento de la investigación universitaria en los problemas sanitarios de la sociedad panameña ● Ampliación de la atención primaria (APS) ● Mejor organización de los servicios de Urgencias en los hospitales ● Especialización de los hospitales en ciertas patologías (como cáncer, sida, etc.). Organización del traslado de los pacientes que lo requieran a los hospitales de primer nivel.
Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> ● Elevado crecimiento económico de Panamá en los últimos años ● Disponibilidad de capitales ● Importante esfuerzo realizado por el gobierno en los últimos años (inversión en salud del 8,2% del PIB en 2013) ● Panamá cuenta con buenos análisis y diagnósticos sobre la Salud (como el “Análisis de Situación de Salud, 2015”, Ministerio de Salud) ● Creciente vacunación de la población 	<ul style="list-style-type: none"> ● Desigualdad social, especialmente entre la capital y ciertas provincias (como Darién y Bocas del Toro) ● Mal estado de los hospitales. Falta de medicamentos ● Grandes demoras en las operaciones y en las atenciones con especialistas ● Escasa cultura de investigación y desarrollo ● Nivel mediocre de la enseñanza universitaria

Figura 2. Metodología.

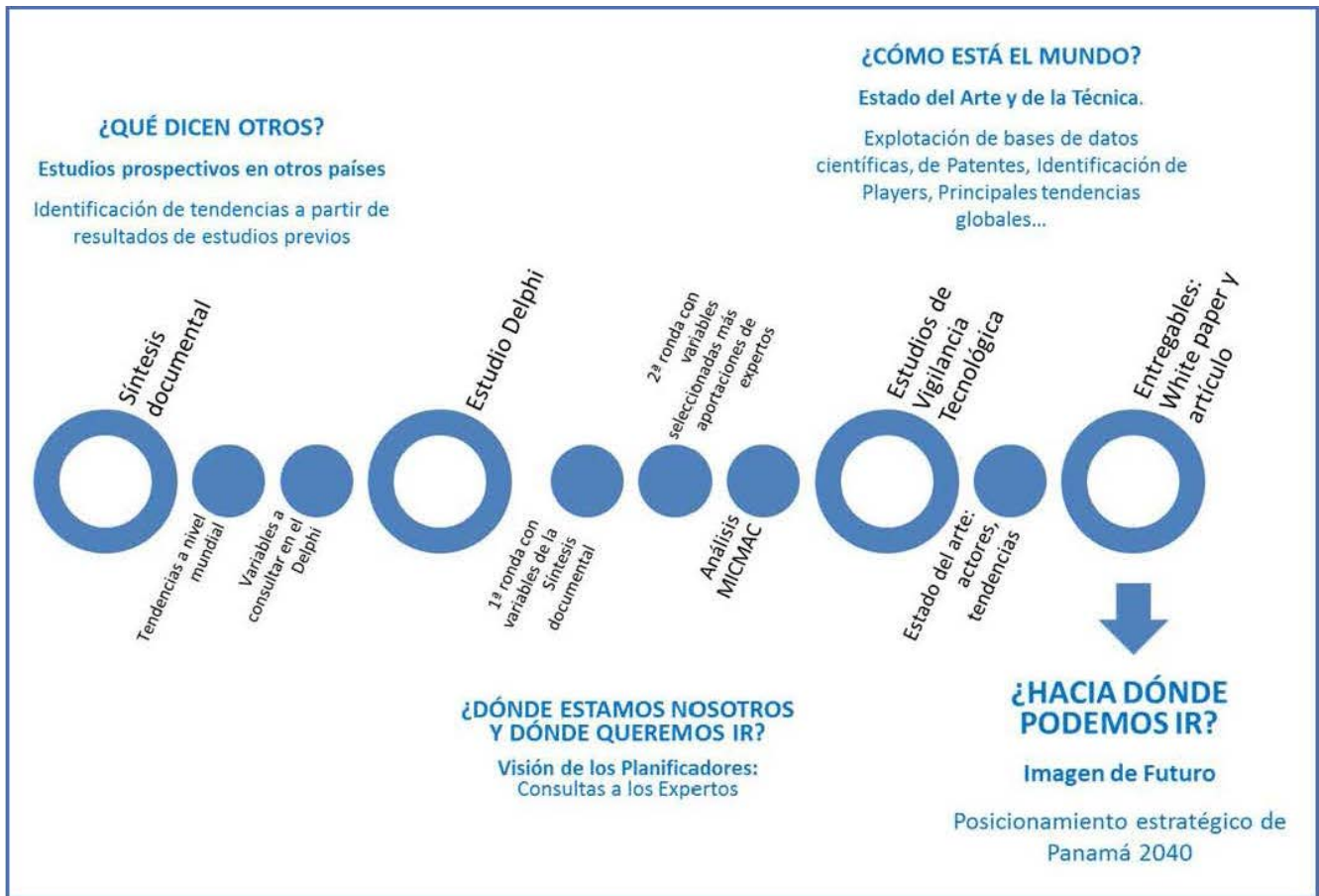


Figura 4. Criterios selección temas prioritarios.

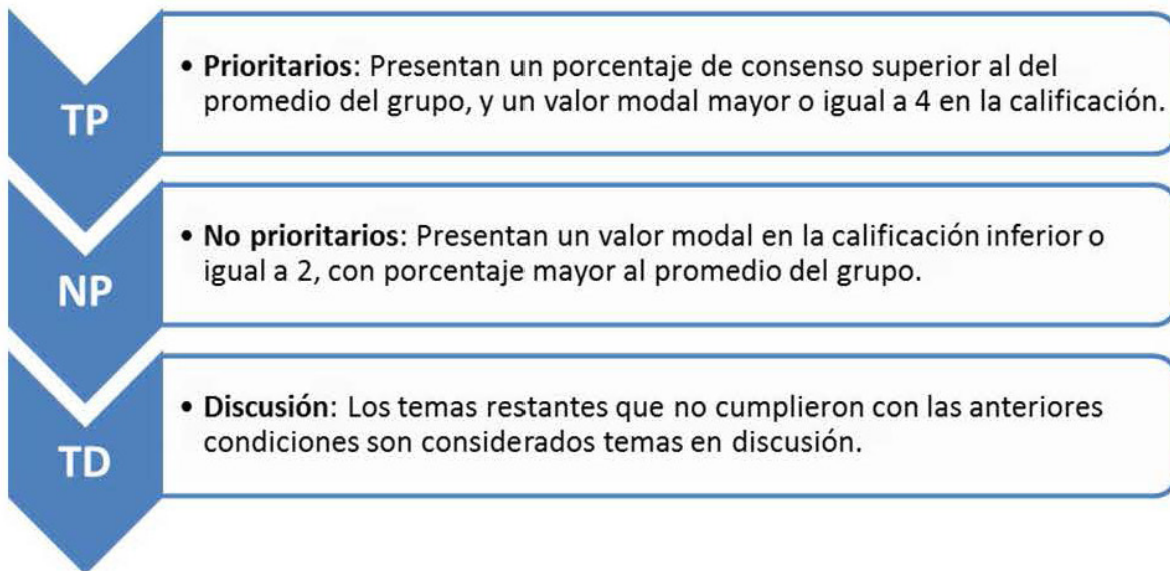


Figura 4. DAFO de la situación actual.

Amenazas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> ● Persistencia de enfermedades como el dengue, la malaria, la tuberculosis o el sida, sobre todo en zonas rurales con población indígena. ● Estancamiento en la mejora de la situación sanitaria de Panamá. Estancamiento en la esperanza de vida. ● Estancamiento en la mejora de las principales causas de muerte (tumores, accidentes y homicidios, enfermedades del corazón, enfermedades cerebrovasculares, diabetes) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Aumento de la voluntad del gobierno en la mejora de la Educación ● Fomento de la investigación universitaria en los problemas sanitarios de la sociedad panameña ● Ampliación de la atención primaria (APS) ● Mejor organización de los servicios de Urgencias en los hospitales ● Especialización de los hospitales en ciertas patologías (como cáncer, sida, etc.). Organización del traslado de los pacientes que lo requieran a los hospitales de primer nivel.
Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> ● Elevado crecimiento económico del Panamá en los últimos años ● Disponibilidad de capitales ● Importante esfuerzo realizado por el gobierno en los últimos años (inversión en salud del 8,2% del PIB en 2013) ● Panamá cuenta con buenos análisis y diagnósticos sobre la Salud (como el “Análisis de Situación de Salud, 2015”, Ministerio de Salud) ● Creciente vacunación de la población 	<ul style="list-style-type: none"> ● Desigualdad social, especialmente entre la capital y ciertas provincias (como Darién y Bocas del Toro) ● Mal estado de los hospitales. Falta de medicamentos ● Grandes demoras en las operaciones y en las atenciones con especialistas ● Escasa cultura de investigación y desarrollo ● Nivel mediocre de la enseñanza universitaria

Figura 5. Evolución del número de publicaciones asociadas a las principales palabras claves (keywords) relacionadas con gestión de sistemas de salud (2012-2016)

Fuente: Pubmed, generado con el software R.

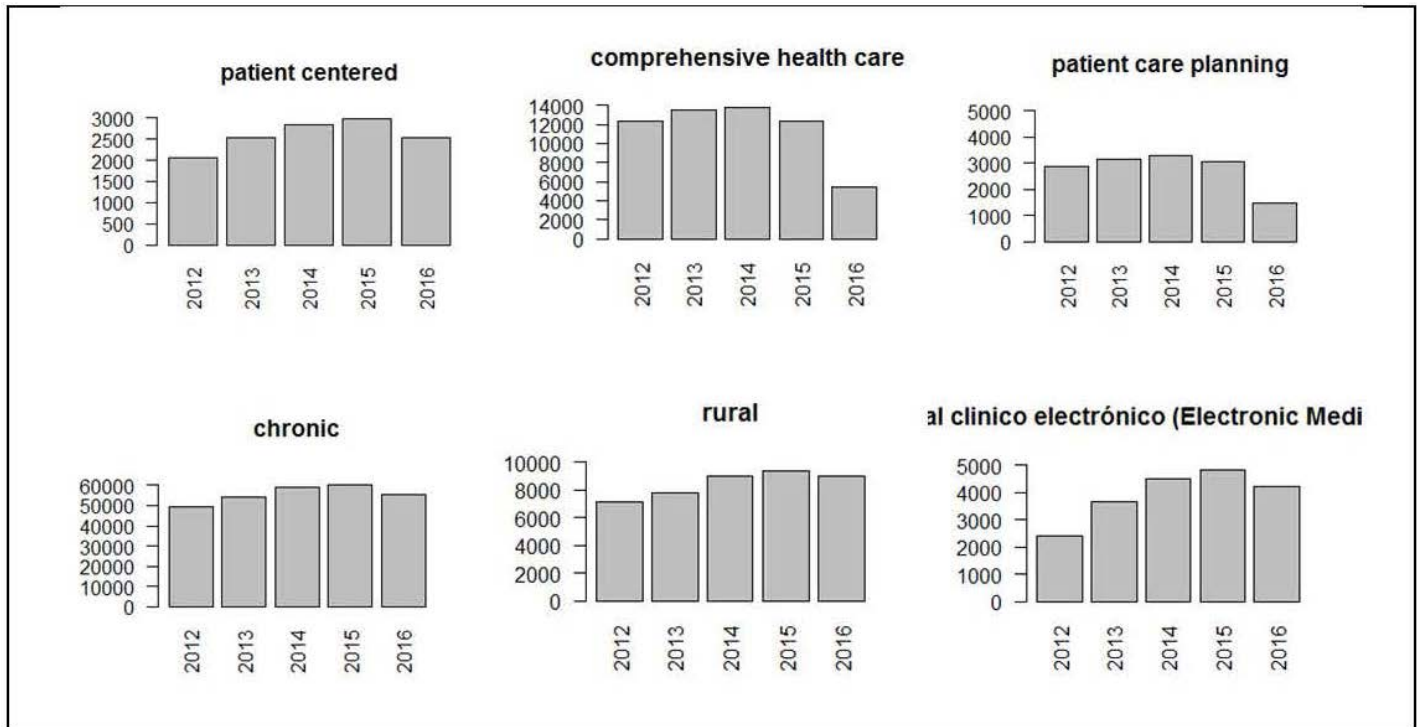


Figura 6. Principales actores en Investigación sobre Sistemas de Salud
 Fuente: Medline



Institute of Medicine
 Department of Health & Human Services
World Health Organization
 Brigham & Womens Hospital-Boston MA
 Mayo Clinic
 University of New South Wales
 University of Melbourne
Food & Drug Administration--FDA
Monash University
 National Institutes of Health

Principales actores en investigación de sistemas de salud centrados en enfermedades crónicas:

National Institute for Health & Clinical Excellence
 American College of Rheumatology
 Environmental Protection Agency--EPA
 Department of Health & Human Services
 University of New South Wales
National Institutes of Health
 University of Melbourne
 Monash University
 American College of Cardiology
 Institute of Medicine
 Congress
 University of Sydney
 United Nations Children's Fund--UNICEF
 University of Alberta
 Internal Revenue Service--IRS
 National Cancer Institute
 University of Toronto
 United Nations--UN
 American Heart Association
Centers for Disease Control & Prevention--CDC

Principales actores en investigación de sistemas de salud centrados en temas de transparencia,
 responsabilidad, integridad:

National Institute for Health & Clinical Excellence
National Institutes of Health
Food & Drug Administration--FDA
World Health Organization

Principales actores en investigación de sistemas de salud centrados en gobernanza:

Advocate Health Care
 Resources Connection
 National Institute for Health & Clinical Excellence
 American Hospital Association
 Health Service Executive-Ireland
 Organization for Economic Cooperation & Development
 National Health Service-UK
 National Institutes of Health
 American Health Association
 GRC
 Monash University
 Department of Health & Human Services
 Presbyterian Healthcare Services
 University of Colorado
 PepsiCo Inc
 American Health Information Management Association
 American Society of Safety Engineers
World Health Organization
 European Union

Figura 7. Origen de las publicaciones sobre “Health Systems Plans”

Fuente: GoPubMed



Figura 8. Principales redes de colaboración científica reciente en relación a “Health Systems Plans”

Fuente: GoPubMed

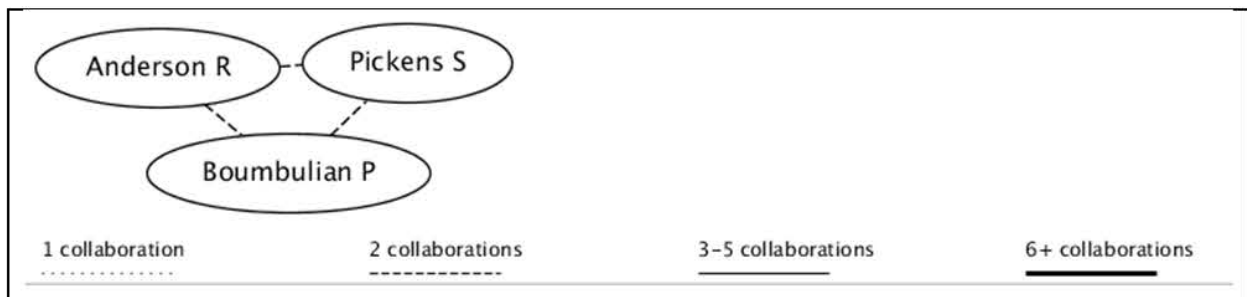


Figura 9. Origen de las publicaciones sobre “Electronic Health Records”

Fuente: GoPubMed

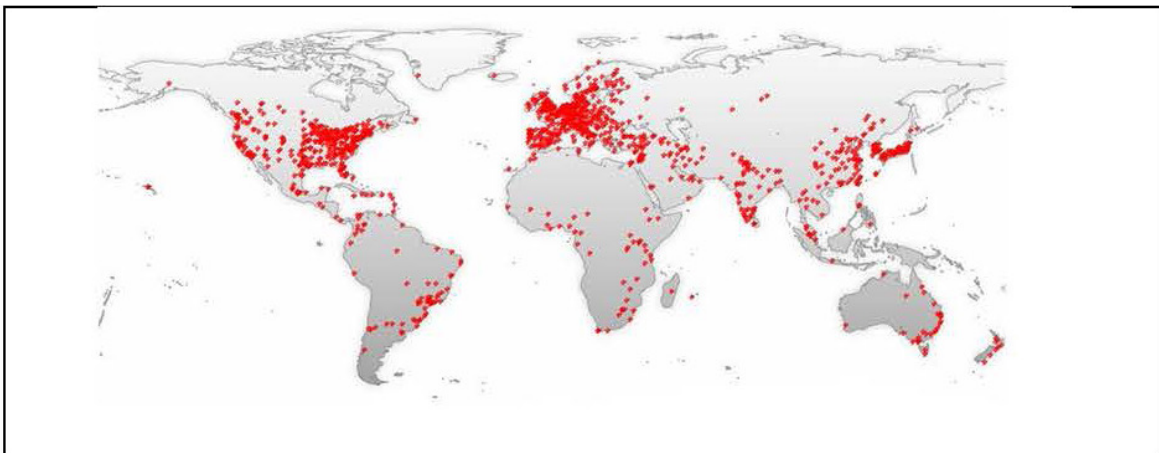


Figura 10. Evolución de la protección por patentes, en el periodo 2012-2016.

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

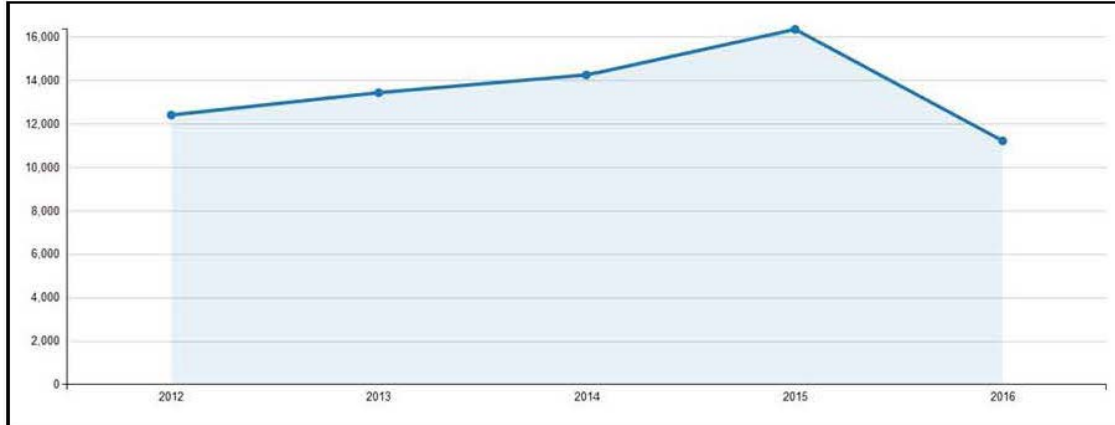


Figura 11. Principales temas Patentados

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

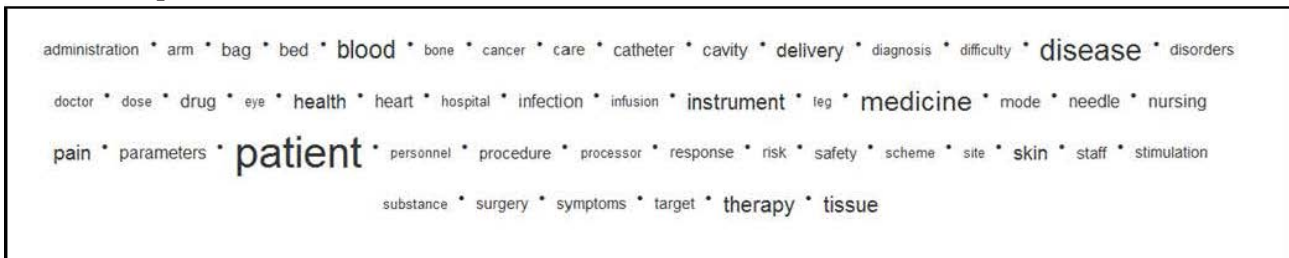


Figura 12. Principales países

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR SALUD
 PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO
 ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
 OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS
 Y DE INNOVACIÓN

Figura 13. Principales solicitantes

Fuente: Espacenet, generado con AULive



Figura 14. Evolución de la productividad por titular de patentes

Fuente: Espacenet, generado con AULive

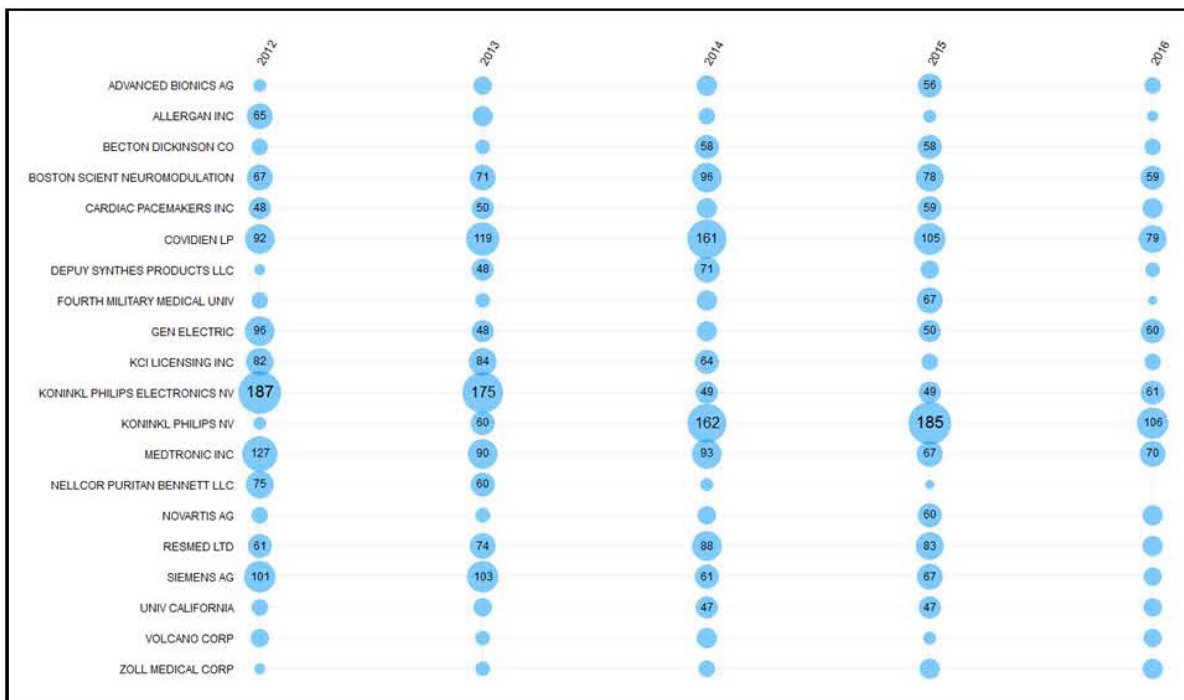


Figura 15. Principales inventores
 Fuente: Espacenet, generado con AULive

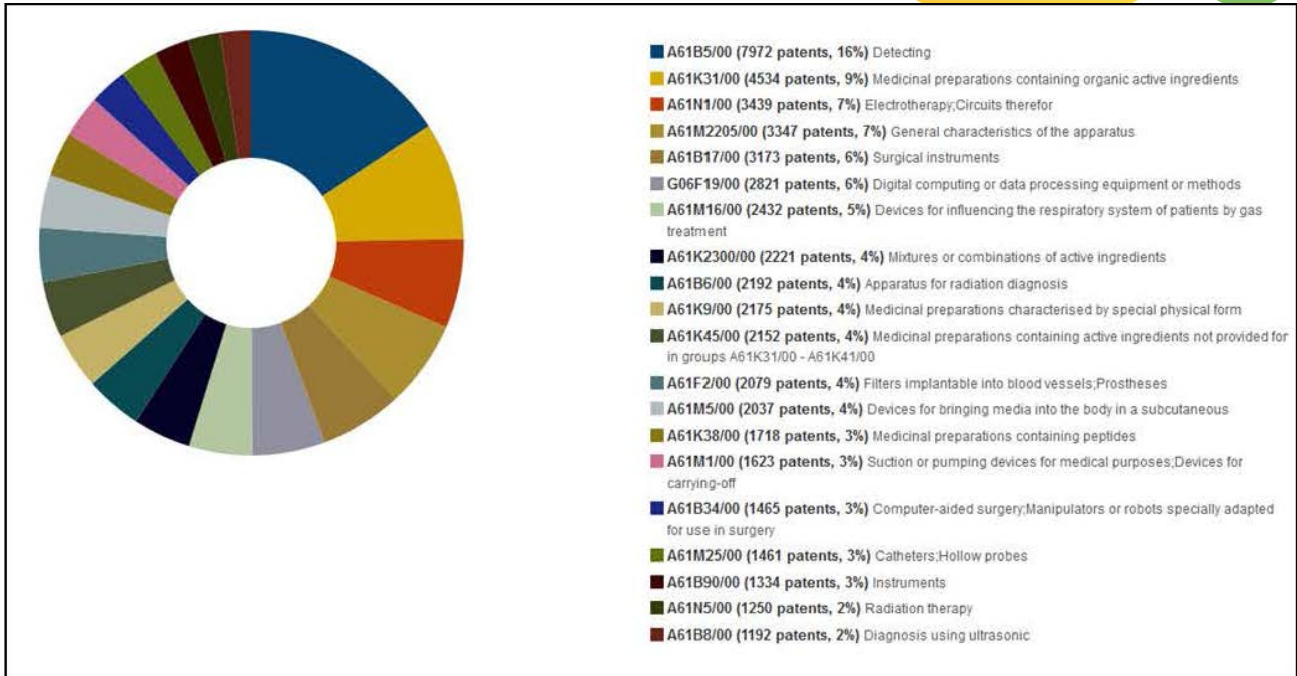


Figura 17. Evolución de las Principales CIPs en los últimos años.
 Fuente: Espacenet, generado con AULive

	2012	2013	2014	2015	2016
A61B17/00	615	662	753	627	516
A61B34/00	284	286	348	308	239
A61B5/00	1503	1678	1950	1526	1315
A61B6/00	443	433	460	430	426
A61B8/00	235	257	271	229	200
A61B90/00	232	273	336	327	166
A61F2/00	390	433	533	373	350
A61K2300/00	475	456	528	455	307
A61K31/00	922	933	1055	912	712
A61K38/00	370	360	384	345	259
A61K45/00	408	439	560	451	294
A61K9/00	412	436	465	473	389
A61M1/00	371	358	389	291	214
A61M16/00	471	548	564	498	351
A61M2205/00	671	684	734	752	506
A61M25/00	293	279	331	322	236
A61M5/00	414	365	495	441	322
A61N1/00	625	700	814	688	612
A61N5/00	207	250	299	281	213
G06F19/00	543	542	640	571	525

Figura 18. Áreas tecnológicas emergentes.
 Fuente: Espacenet, generado con AULive

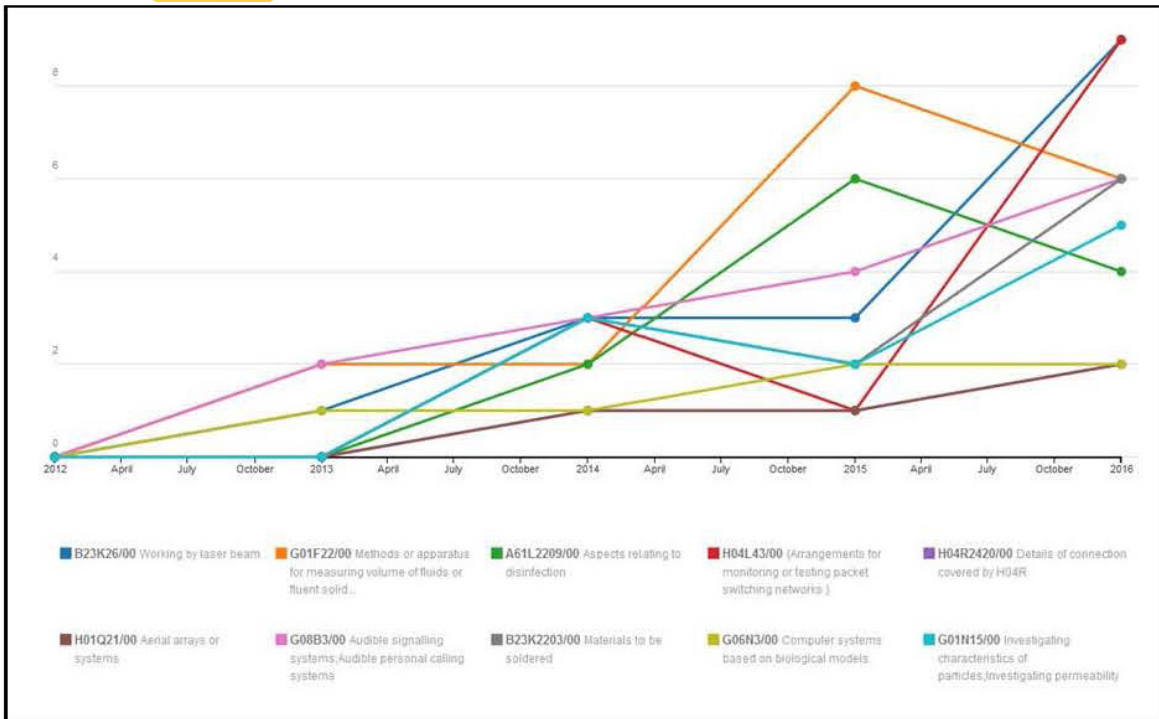


Figura 19. Evolución del número de publicaciones asociadas a los principales keywords (2012-2016)
 Fuente: Pubmed, generados con R

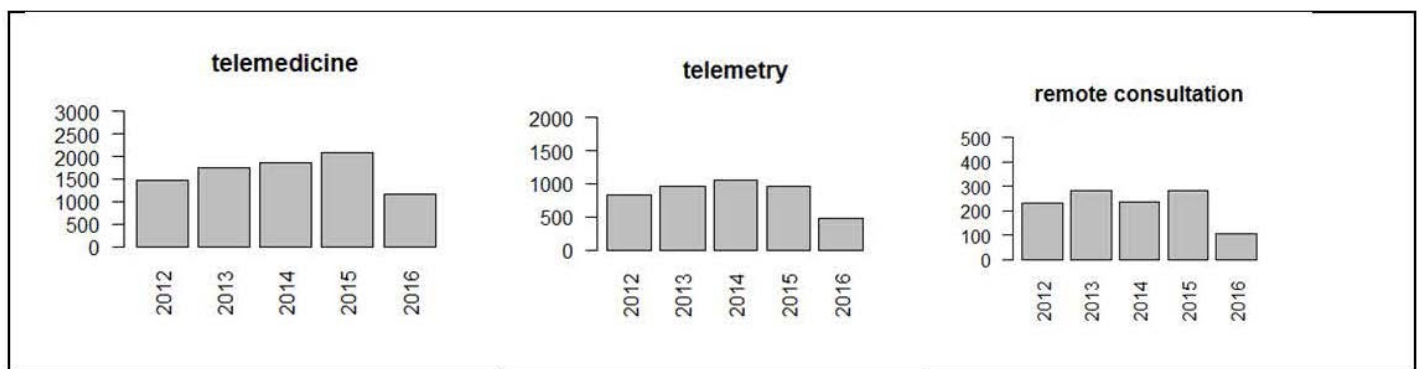


Figura 20. Origen de las publicaciones sobre “Telemedicine”

Fuente: GoPubMed

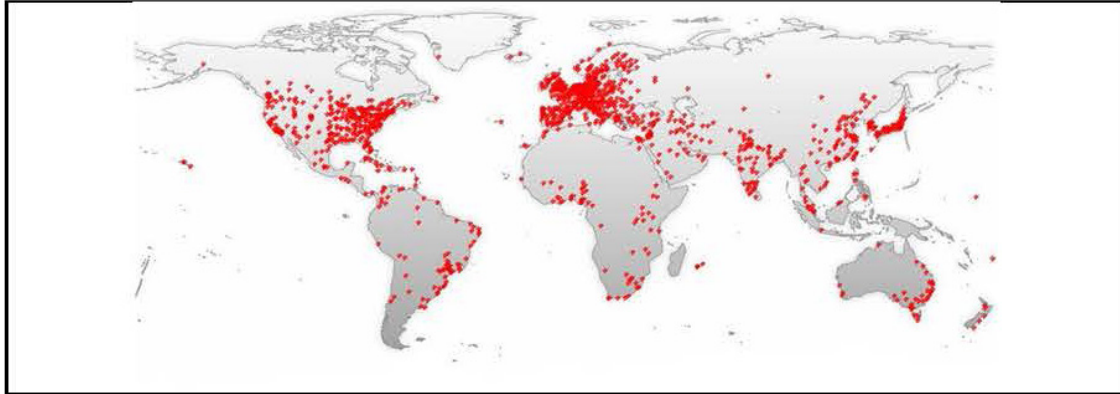
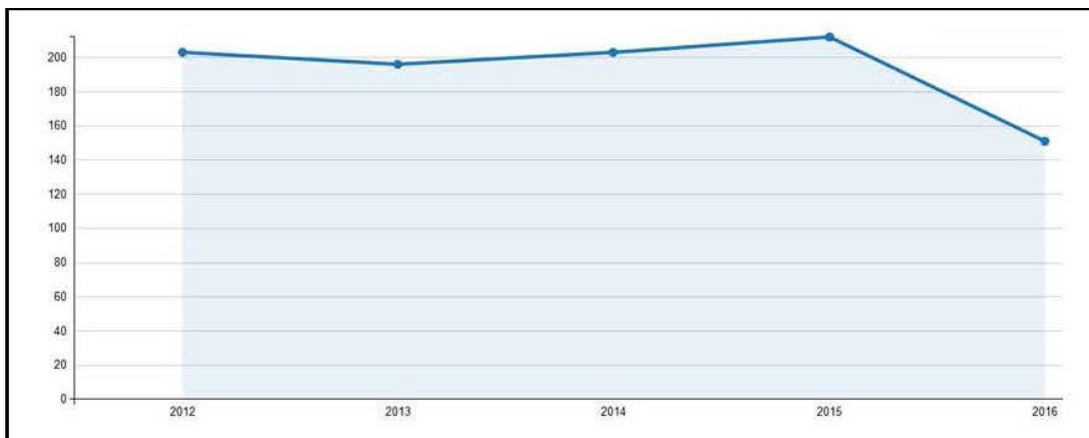


Figura 21. Principales instituciones con actividad de investigación en telemedicina y teleasistencia en el periodo (2012-2016).



Figura 22. Evolución de la protección por patentes, en el periodo 2012-2016.

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR SALUD
PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO
ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS
Y DE INNOVACIÓN

Figura 23. Principales temas Patentados
Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

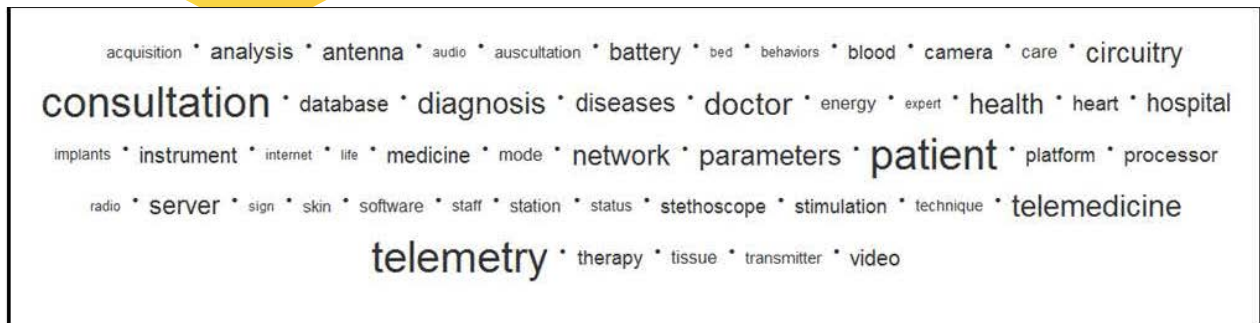


Figura 24. Principales países titulares
Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 25. Principales inventores

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

ACEROS JUAN * **AGHASSIAN DANIEL** * ANGARA RAGHAVENDRA * BEDINGHAM WILLIAM
 BIELE CHRISTOPHER * BORTON DAVID A * BRASE RANDY L * BULL CHRISTOPHER * CAI CIHE * CARBUNARU RAFAEL * CHEN JOEY
 CHIZEK DAVID A * CURTIS MILES * DIAZ SANCHEZ JOEL GERARDO * DRONOV VASILY * EDGELL JOHN M
 FELDMAN EMANUEL * FELLMETH DANIEL * FUNDERBURK JEFFERY V * HAN DONG * HYUN JOONHO * KHALIL SAIF
 LAIWALLA FARAH * LAMONT ROBERT G * LARSON DENNIS E * LI SHUBIN * MAILE KEITH R
 MARNFELDT GORAN N * NIMMAGADDA KIRAN * NORDSTROM MATTHEW D * NURMIKKO ARTO V * OSTER CRAIG D
 OZAWA ROBERT * **PARRAMON JORDI** * PATTERSON WILLIAM R * PHILLIPS WILLIAM C
PROUD JAMES * RAHMAN MD MIZANUR * RAHMAN MIZANUR * ROGERS DANIEL J
 SCHMIDT THOMAS P * SIPPLE GARRETT R * STANCER CHRISTOPHER C * TONG LI * TONG ROBERT R * VAJHA SASIDHAR * WANG YU
 YAN FEI * YIN MING * ZHONGJUN LI

Figura 26. Principales titulares de patentes

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

3M INNOVATIVE PROPERTIES CO * ABBOTT DIABETES CARE INC * ADVANCED BIONICS AG * AGHASSIAN DANIEL
 BERG RICHARD O * **BOSTON SCIENT NEUROMODULATION**
 BOSTON SCIENT NEUROMODULATION CORP * BOUCHER RYAN * CARDIAC PACEMAKERS INC
 CHEN JOEY * CHIZEK DAVID A * COVIDIEN LP * DIAZ SANCHEZ JOEL GERARDO * DRONOV VASILY * EDGELL JOHN M
 EYENUK INC * FINEHEART * GLOBUS MEDICAL INC * GLYSENS INC * HELLO INC * HERMAN GERALD M * JIANG FUKANG
 LARSON DENNIS E * LEE BYUNG HOON * MAILE KEITH R * MANN ALFRED E FOUND SCIENT RES * **MEDTRONIC INC**
 MINDRAY DS USA INC * MINIPUMPS LLC * NELSON LIONEL * NIHON KOHDEN CORP * NIKE INC * OZAWA ROBERT * PACESETTER INC
 RAHMAN MD MIZANUR * SENSEONICS INC * SICHUAN XUKANG MEDICAL ELECTRICAL EQUIPMENT CO LTD * SIPPLE GARRETT R
 SPACELABS HEALTHCARE LLC * SPINAL MODULATION INC * STANCER CHRISTOPHER C * TAIMAI TECHNOLOGY BEIJING CO LTD
 UNIV BROWN RES FOUND * US DEPT VETERANS AFFAIRS * VAJHA SASIDHAR * WANG YU * WENZHOU FANGZHI BIOTECHNOLOGY CO LTD
 WOLF II ERICH W * ZERTUCHE ZUANI JOSE GERARDO * ZOLL MEDICAL CORP

Figura 27. Evolución de la productividad por titular de patentes

Fuente: Espacenet, generado con AULive

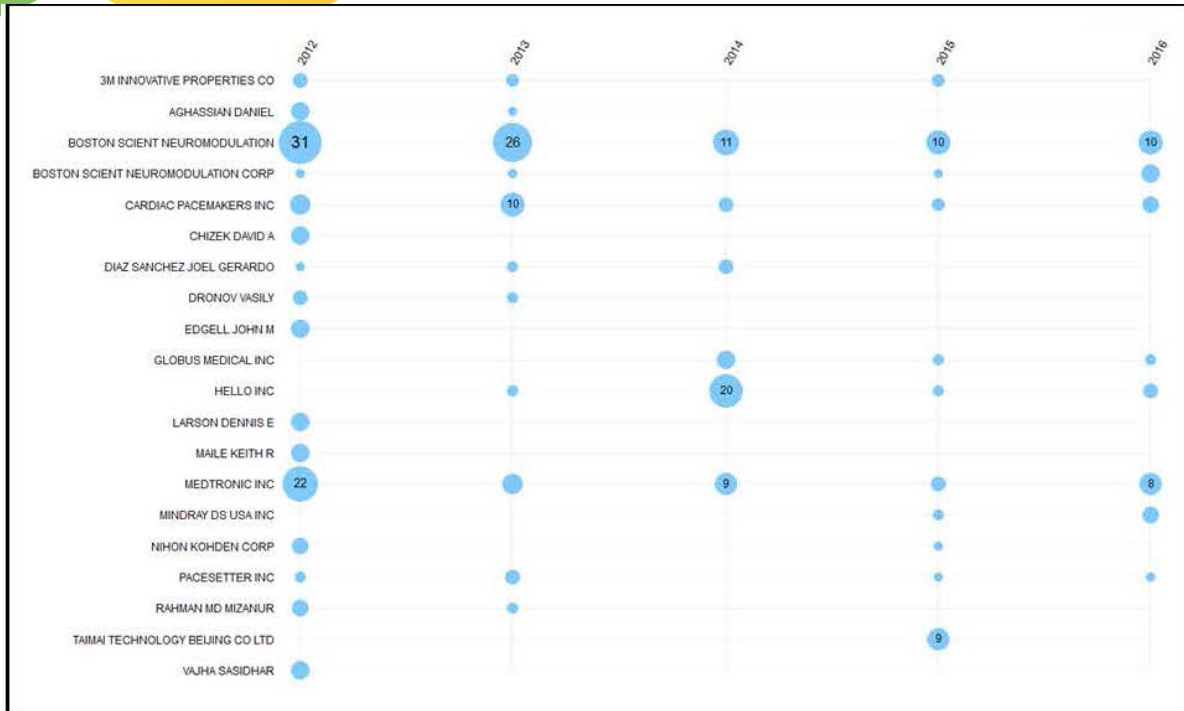


Figura 28. Principales áreas tecnológicas (CIPs)

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

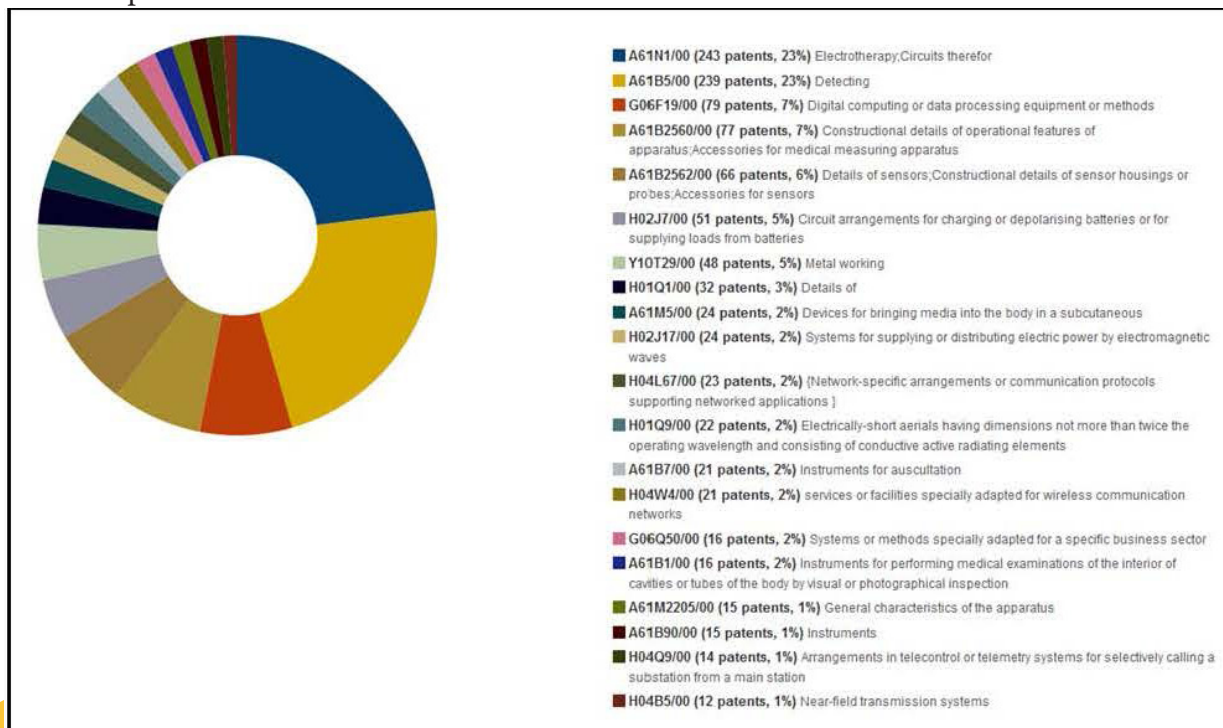


Figura 29. Evolución de las principales áreas tecnológicas (CIPs)

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

	2012	2013	2014	2015	2016
A61B1/00	1	3	7	3	2
A61B2560/00	11	12	29	12	13
A61B2562/00	15	10	28	7	6
A61B5/00	54	44	59	38	34
A61B7/00	4	3	7	6	1
A61B90/00	1	2	7	3	2
A61M2205/00	3		2	5	5
A61M5/00	7	2	5	5	5
A61N1/00	78	57	36	32	40
G06F19/00	22	15	16	11	15
G06Q50/00	3	6	1	5	1
H01Q1/00	13	12	2	2	3
H01Q9/00	9	8	1	1	3
H02J17/00	1	2	17	3	1
H02J7/00	6	6	25	9	5
H04B5/00	5	2	3	1	1
H04L67/00		3	14	4	2
H04Q9/00		4	3	4	3
H04W4/00			13	2	6
Y10T29/00	18	14	6	6	4

Figura 30. Áreas tecnológicas emergentes.

Fuente: Espacenet, generado con AULive

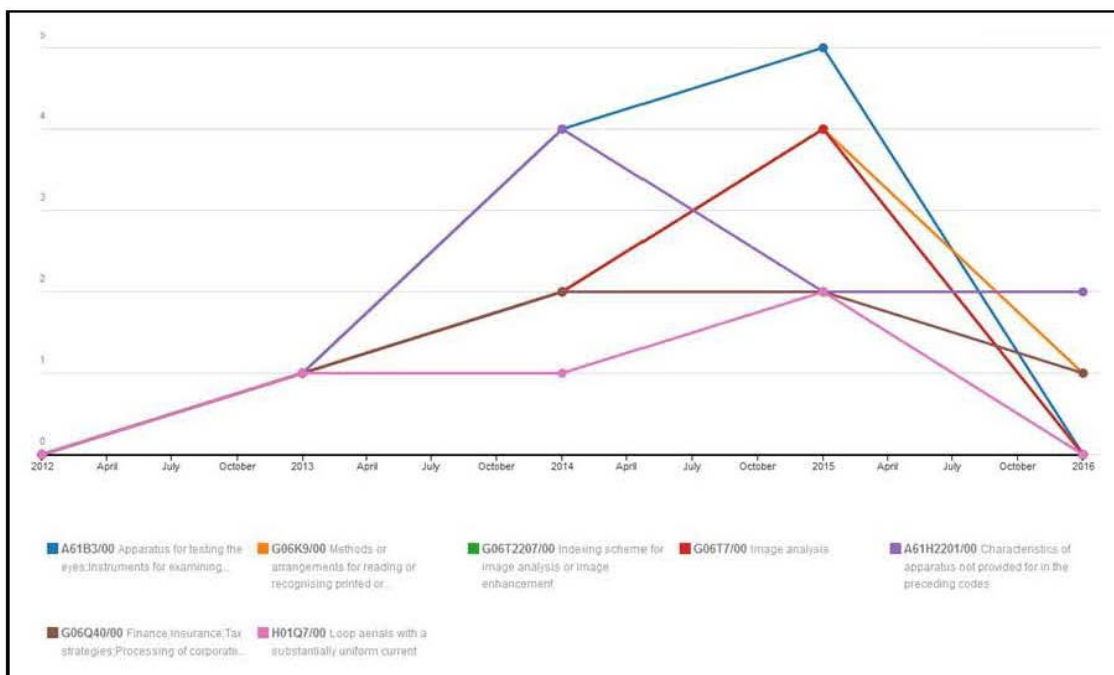


Figura 31. Evolución del número de publicaciones asociadas a los principales keywords asociados (2012-2016)

Fuente: Pubmed, nube de etiquetas generada con R

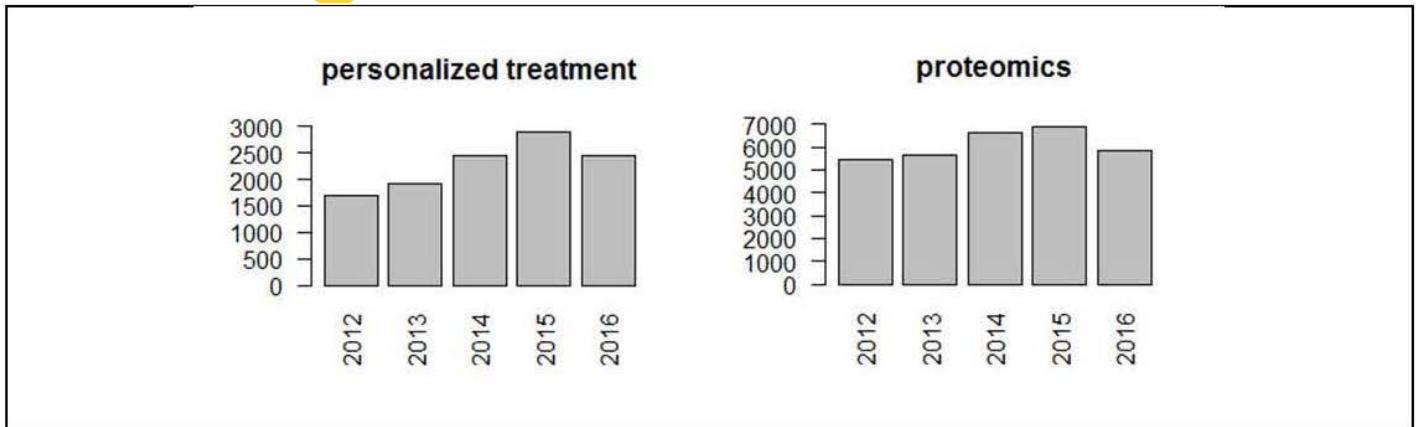


Figura 32. Principales instituciones con actividad de investigación en el periodo (2012-2016)

Fuente: Medline, nube de etiquetas generada con Wordle



Figura 33. Origen de las publicaciones sobre Patologías Moleculares (MesH: “Pathology, Molecular”)

Fuente: GoPubMed

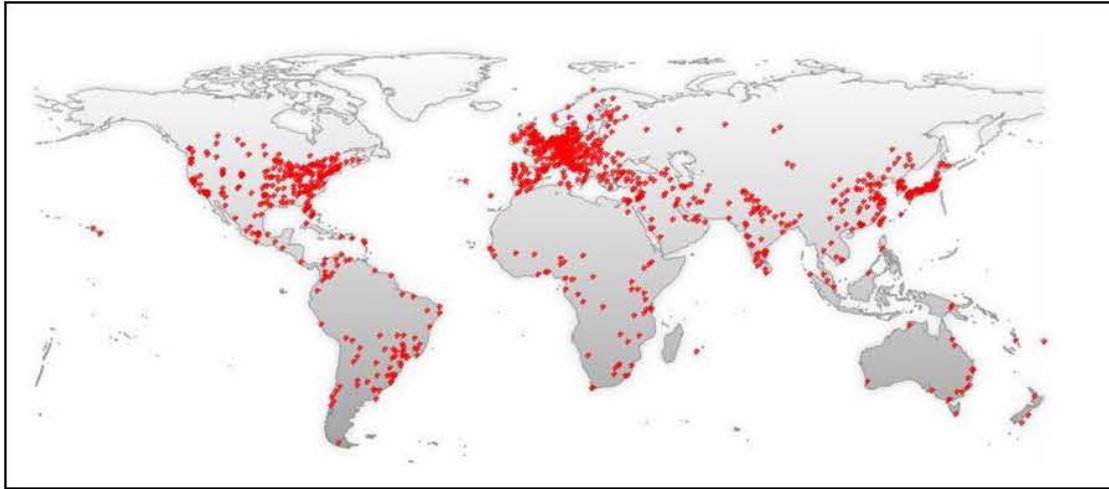


Figura 34. Principales redes de colaboración entre investigadores que trabajan en Patologías Moleculares (MesH: “Pathology, Molecular”)

Fuente: GoPubMed

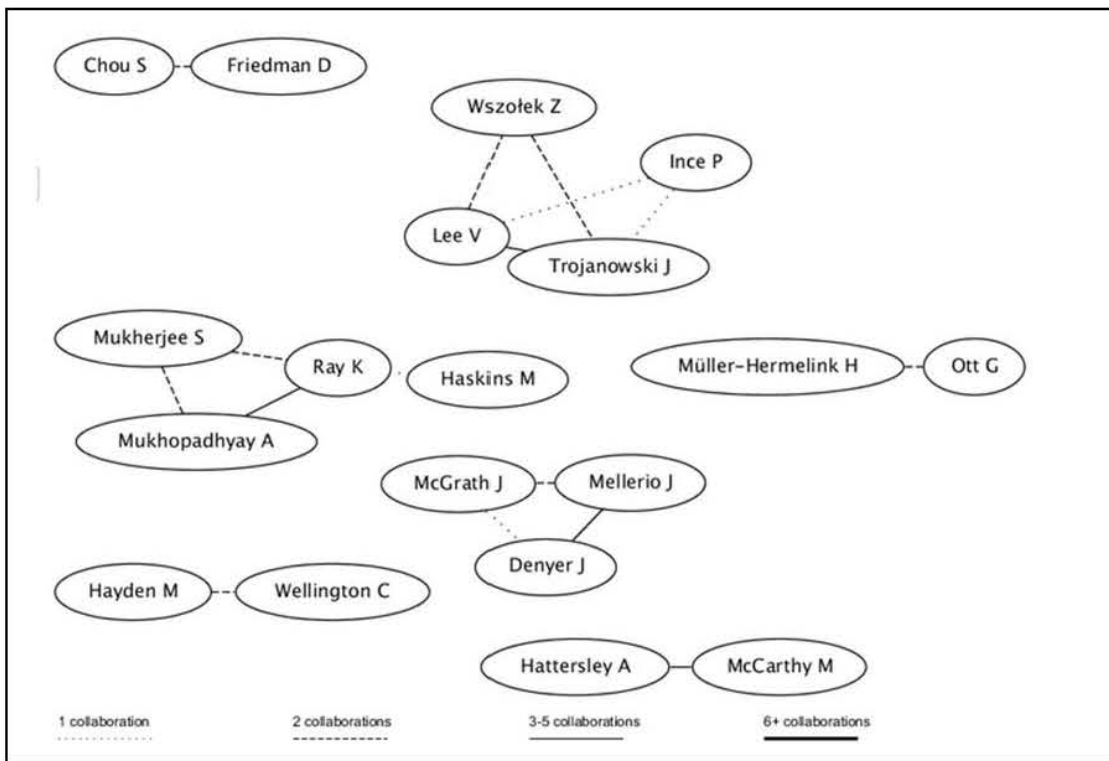


Figura 35. Evolución de la protección por patentes, en el periodo 2012-2016.

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

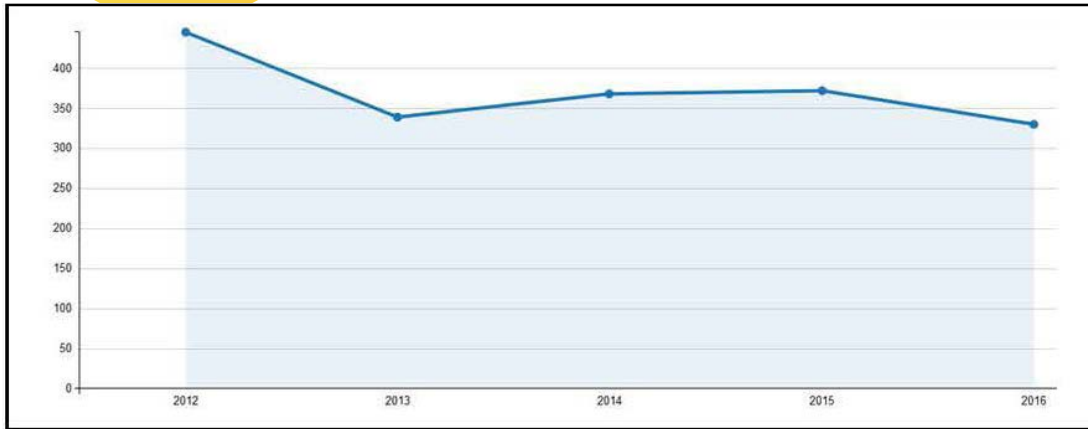


Figura 36. Principales temas Patentados

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

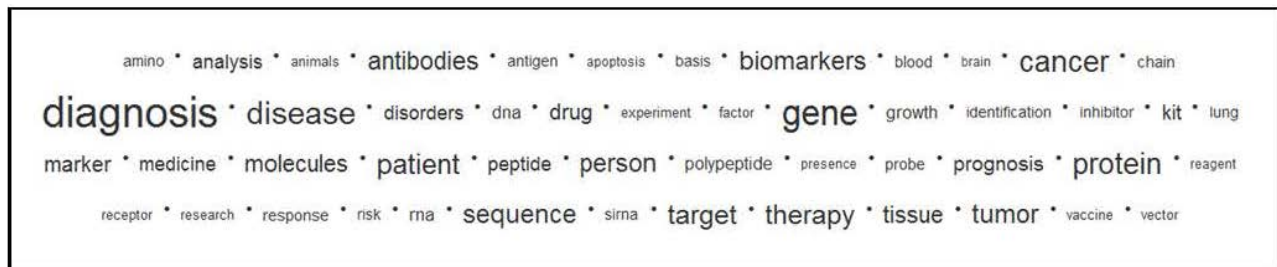


Figura 37. Principales países titulares

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 38. Principales solicitantes de patentes

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 39. Evolución de la productividad por titular de patentes

Fuente: Espacenet, generado con AULive

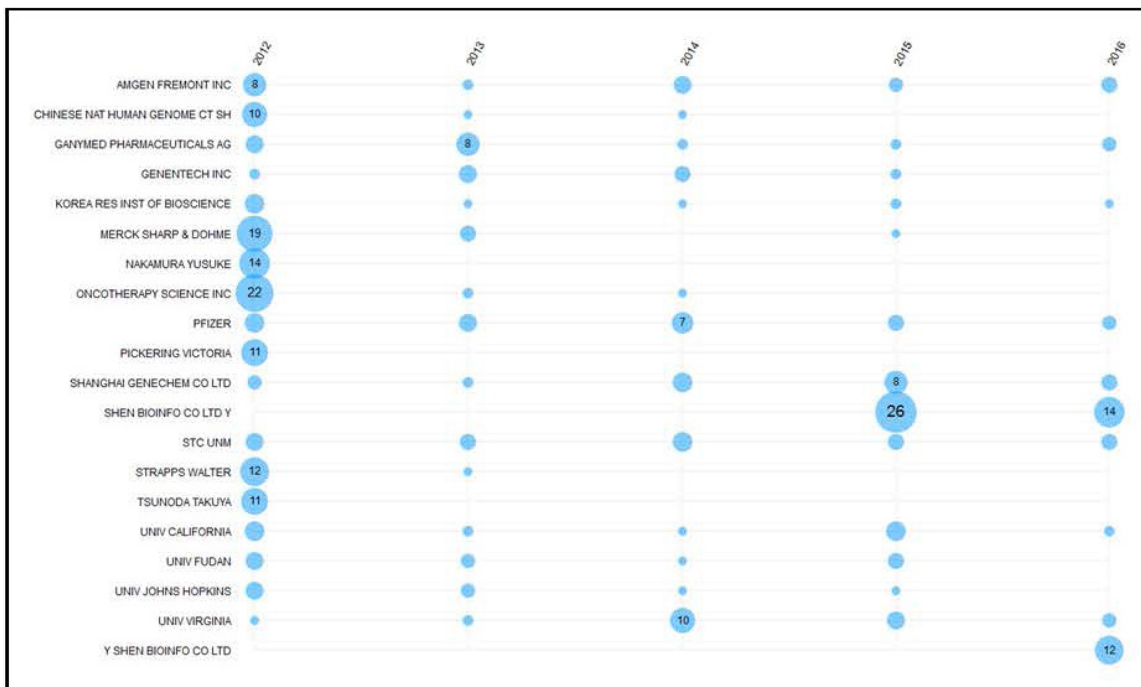


Figura 40. Principales inventores

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 41. Principales áreas tecnológicas (CIPs)

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

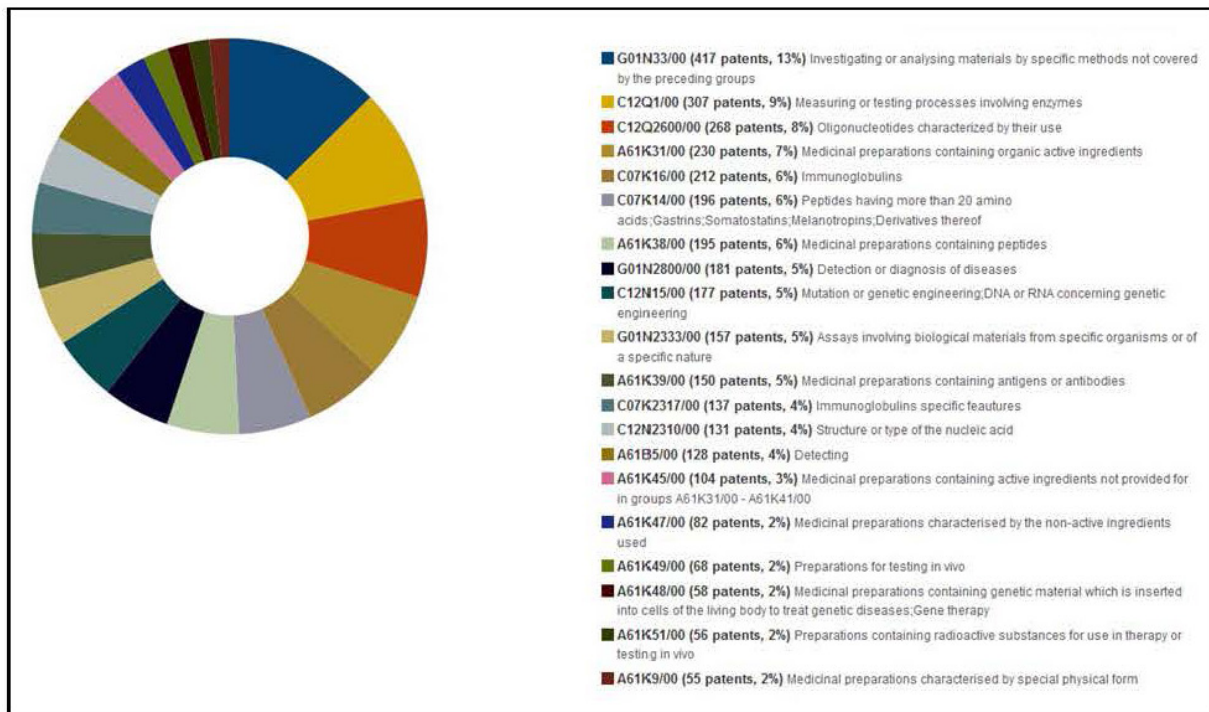


Figura 42. Evolución de las principales áreas tecnológicas (CIPs)

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

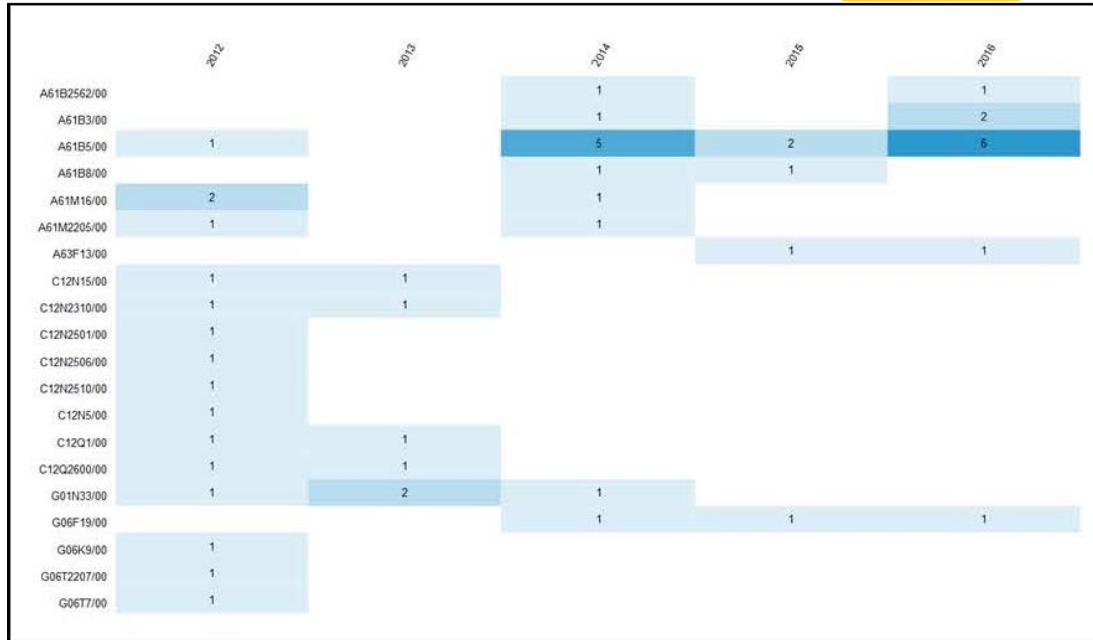


Figura 43. Evolución del número de publicaciones asociadas a los principales keywords asociados (2012-2016)

Fuente: Pubmed, nube de etiquetas generada con R

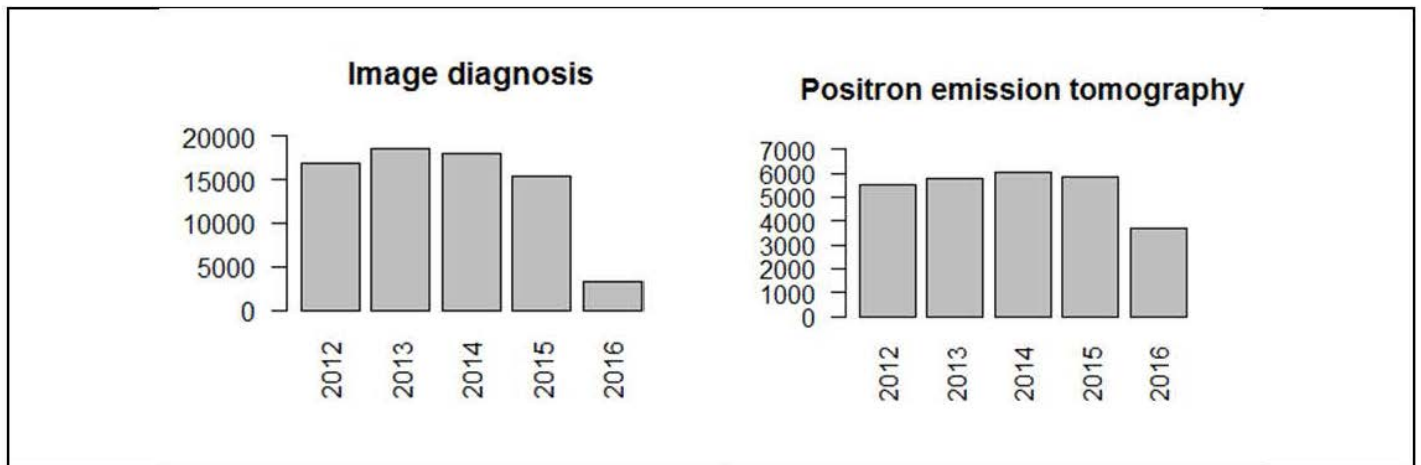


Figura 44. Principales instituciones con actividad de investigación en el periodo (2012-2016)
Fuente: Medline, nube de etiquetas generada con Wordle



Figura 45. Origen de las Publicaciones científicas relacionadas con “Medical Imaging”
Fuente: GoPubMed

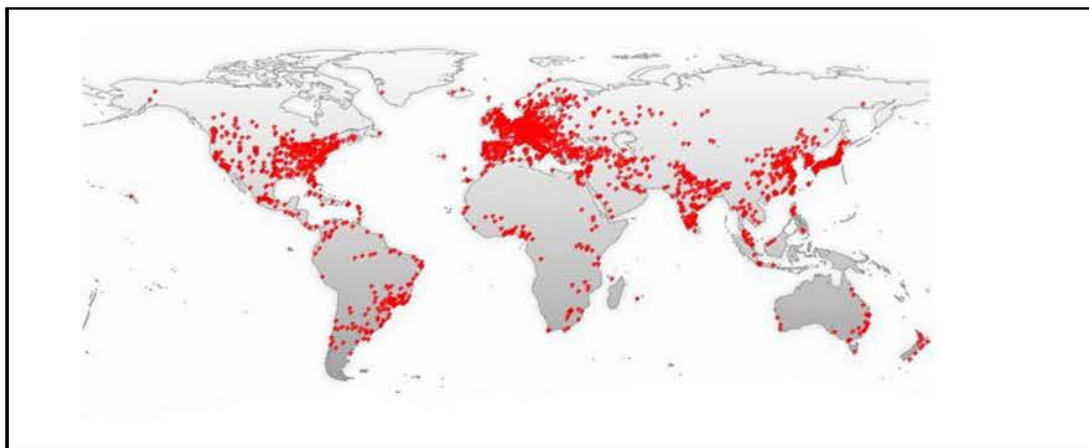


Figura 46. Evolución de la protección por patentes, en el periodo 2012-2016.

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

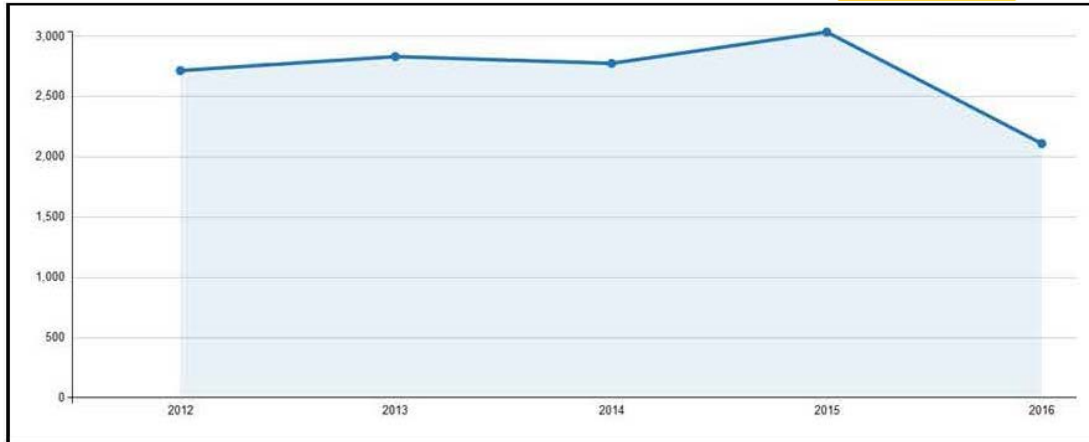
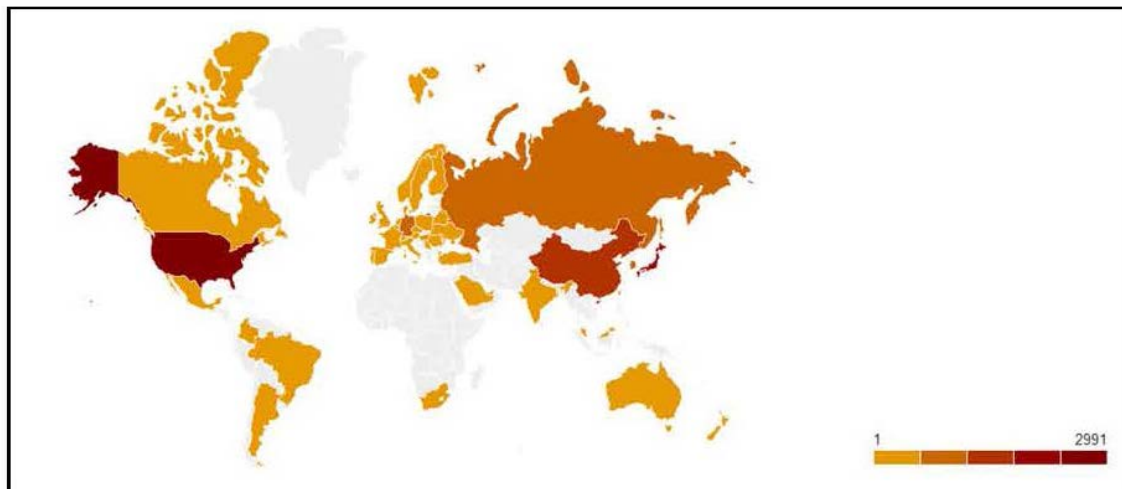


Figura 47. Principales países titulares

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR SALUD
PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO
ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS
Y DE INNOVACIÓN

Figura 48. Principales titulares

Fuente: Espacenet, generado con AULive



Figura 49. Evolución de la productividad por titular de patentes

Fuente: Espacenet, generado con AULive

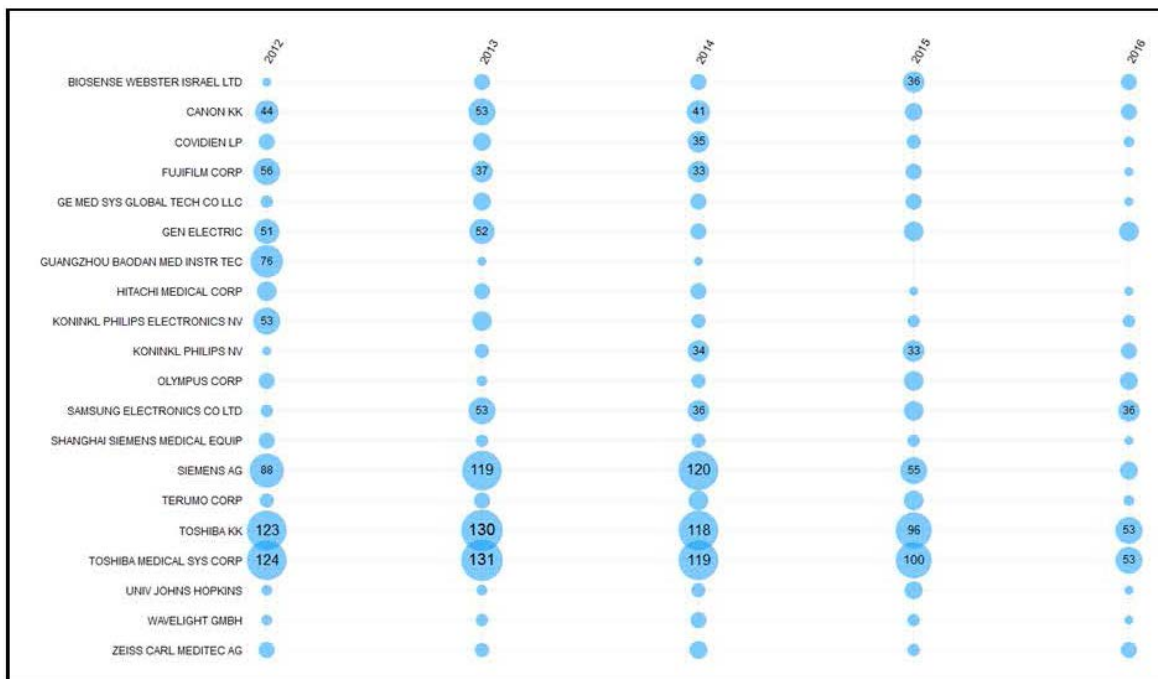


Figura 50. Principales inventores

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

AKIMOTO SYUNYA * BAR-TAL MEIR * BELLOMO STEPHEN F * BEZSMERTNA HALYNA VIKTORIVNA * BIBER STEPHAN
 BUCKLAND ERIC L * BUKHMAN MORDECHAY * BYCHKO MYKHAILO VASYLIOVYCH * CARTER SALLY * CHEN ZHIQIANG
 DONITZKY CHRISTOF * EVERETT MATTHEW J * FENCHEL MATTHIAS * FLOHR THOMAS * FU LINLAI * GRASS MICHAEL * HART ROBERT H
 HUANG DAVID * JANG WOO-YOUNG * JEGLORZ TOBIAS * KASSAB GHASSAN S * KAWAURA MASAKATSU
 KOEHLER THOMAS * LADEBECK RALF * LI MING * MASSOW OLE * MATSUDA SHINYA * NAKANISHI SATORU * ONISHI JUNICHI
 PROKSA ROLAND * **QIAO TIE** * SATAKE NORIMASA * SCHMIDT SEBASTIAN * SCHMITT JOSEPH M
 SHALHEVET DAVID * SIEWERDSEN JEFFREY H * STEVENSON RICHARD P * TEARNEY GUILLERMO J * **TIAN JIE**
 VOGLER KLAUS * WANCHAO HUANG * WANG WEI * WANG XIAOLAN * WISWEH HENNING * XIE HUIKAI * YANG XIN
 YORKSTON JOHN * ZHANG YUEXING * ZHOU YU * ZOU YU

Figura 51. Principales temas Patentados

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

acquisition * analysis * arm * basis * beam * bed * blood * bone * cavity * coherence * detector * diagnosis
 disease * doctor * emission * endoscope * energy * eye * fiber * health * heart * instrument * intensity * interest * laser * medicine * mode
 motion * needle * oct * parameters * path * **patient** * plane * probe * procedure * processor * risk * skin * substance * surgery
 target * technique * **tissue** * **tomography** * tool * ultrasound * vessel * wave * x-ray

Figura 52. Principales áreas tecnológicas (CIPs)

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

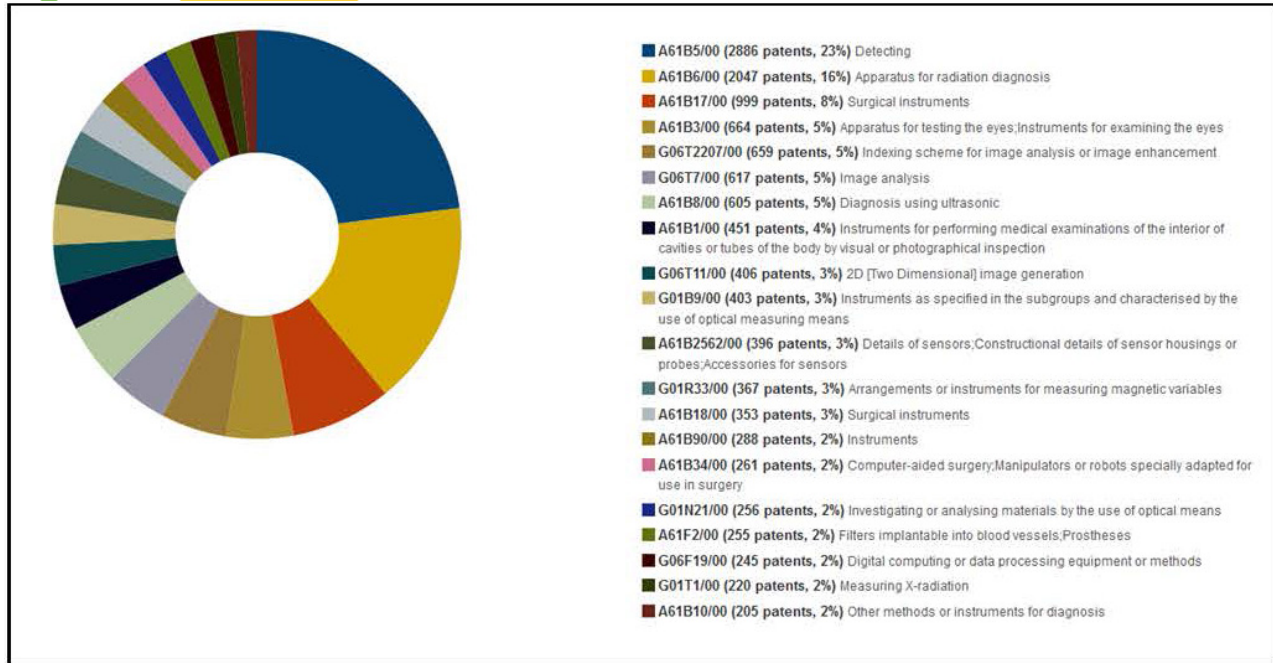


Figura 53. Evolución de las principales áreas tecnológicas (CIPs)

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

	2012	2013	2014	2015	2016
A61B1/00	116	96	93	91	55
A61B10/00	51	40	42	48	24
A61B17/00	201	218	238	213	129
A61B18/00	56	68	76	111	42
A61B2562/00	63	74	84	83	92
A61B3/00	122	142	173	122	105
A61B34/00	40	61	61	63	36
A61B5/00	534	637	739	568	408
A61B6/00	451	477	466	397	256
A61B8/00	137	143	138	112	75
A61B90/00	46	44	83	82	33
A61F2/00	47	64	59	56	29
G01B9/00	71	91	109	69	63
G01N21/00	66	62	61	35	32
G01R33/00	53	91	111	60	52
G01T1/00	43	52	45	49	31
G06F19/00	57	59	54	45	30
G06T11/00	67	89	101	108	41
G06T2207/00	116	104	176	155	108
G06T7/00	108	103	161	143	102

Figura 54. Áreas tecnológicas emergentes.
 Fuente: Espacenet, generado con AULive

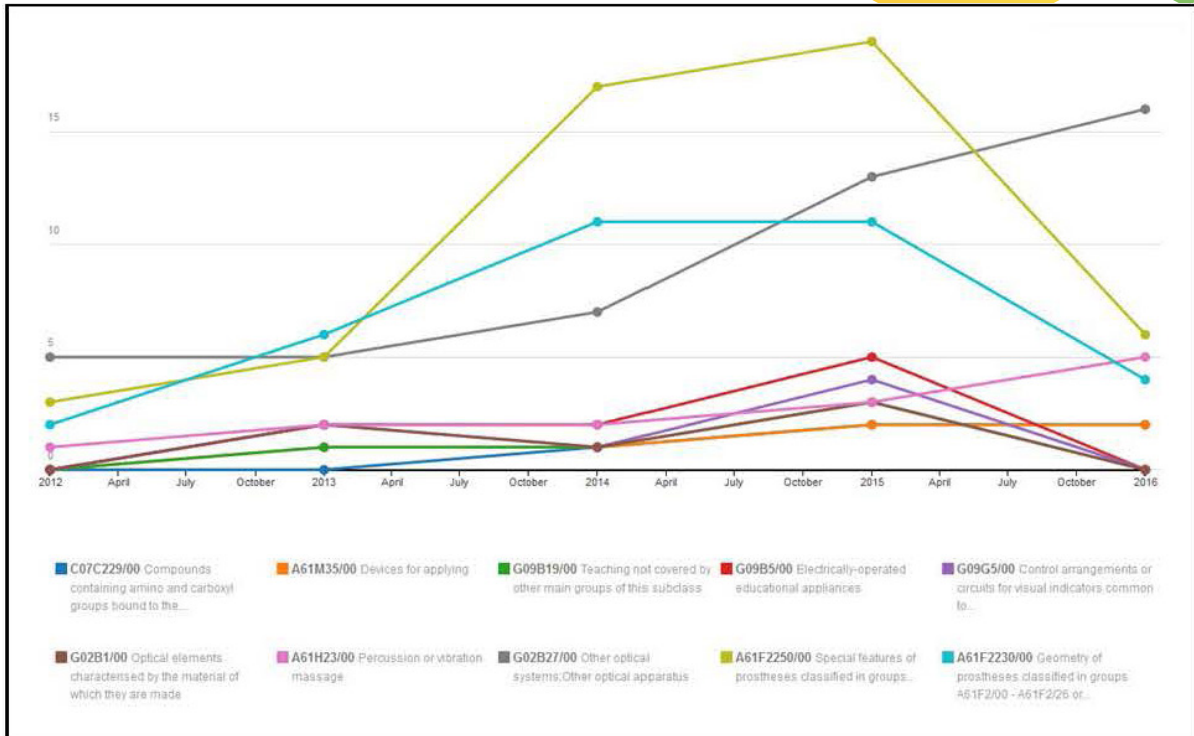
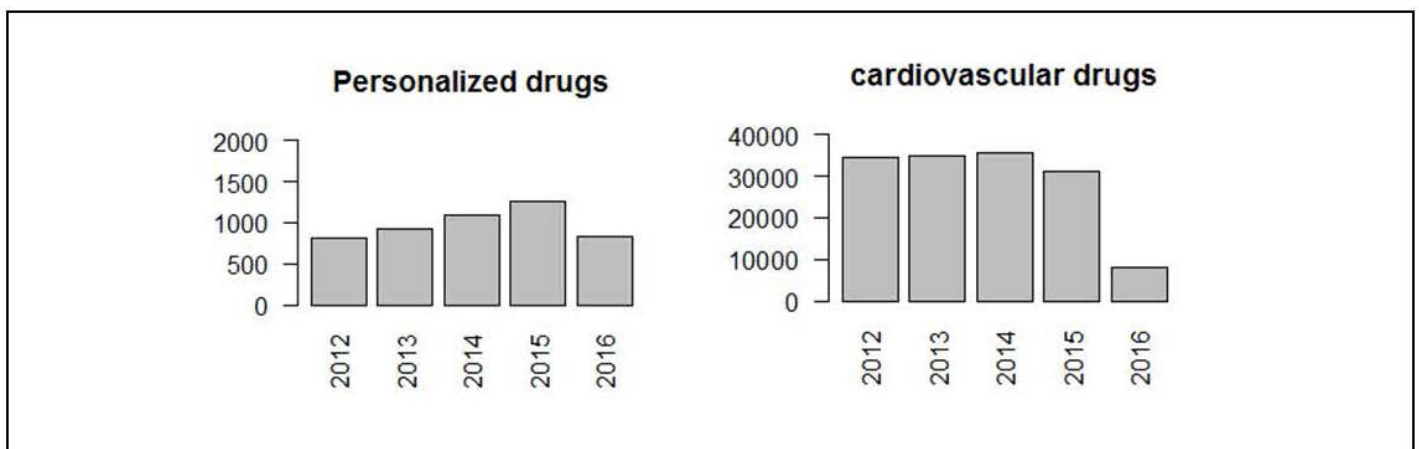


Figura 55. Evolución del número de publicaciones asociadas a los principales keywords asociados (2012-2016)

Fuente: Pubmed, generada con R



EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR SALUD
PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO
ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS
Y DE INNOVACIÓN

Figura 56. Principales instituciones con actividad de investigación en el periodo (2012-2016)

Fuente: Medline, nube de etiquetas generada con Wordle



Figura 57. Origen de las publicaciones sobre “Individualized Medicine”

Fuente: GoPubMed

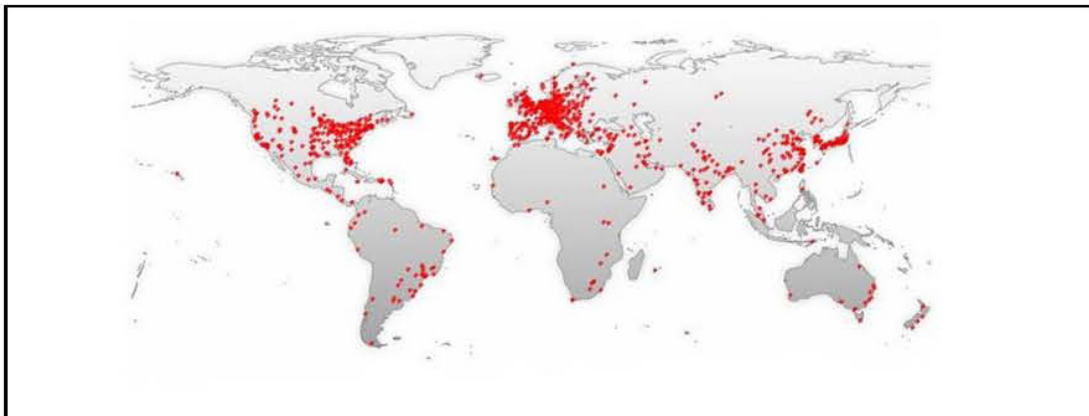


Figura 58. Principales redes de colaboración entre investigadores en el ámbito de la medicina personalizada (“Individualized Medicine” MeSH)

Fuente: GoPubMed

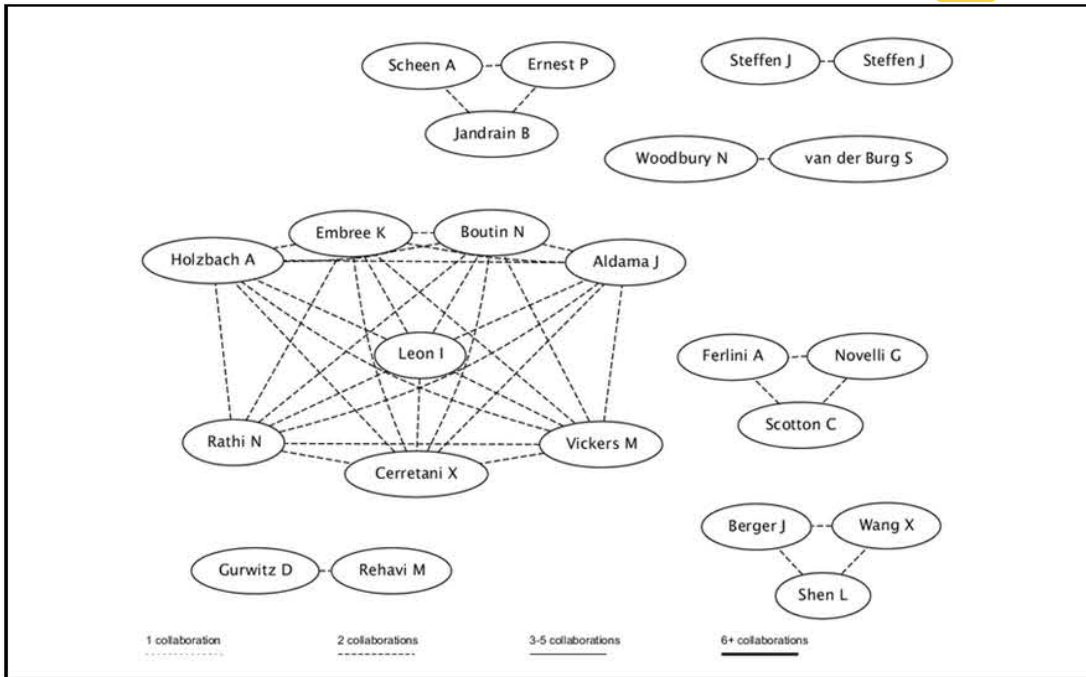


Figura 59. Evolución de la protección por patentes, en el periodo 2012-2016.

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

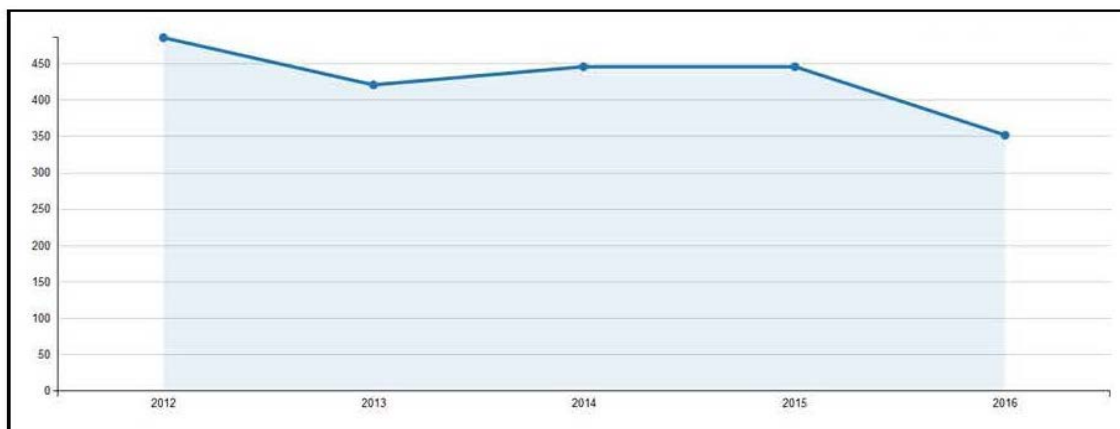


Figura 60. Principales temas Patentados
 Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

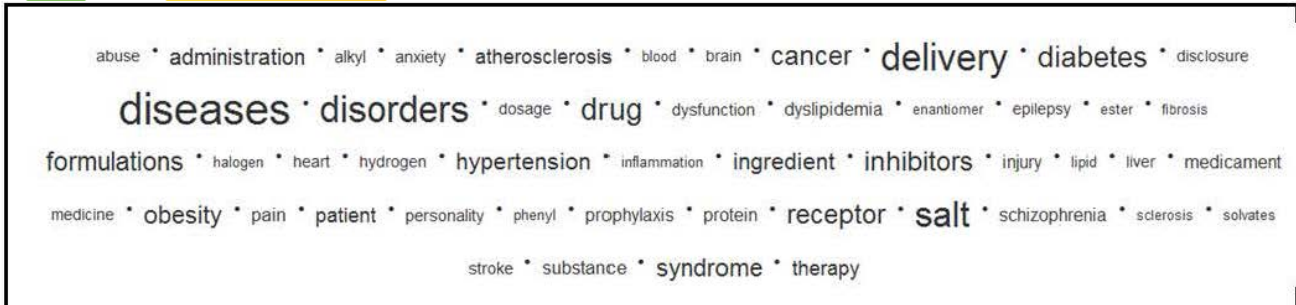


Figura 61. Principales países
 Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 62. Principales inventores
 Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 63. Principales solicitantes

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 64. Evolución de la productividad por titular de patentes

Fuente: Espacenet, generado con AULive

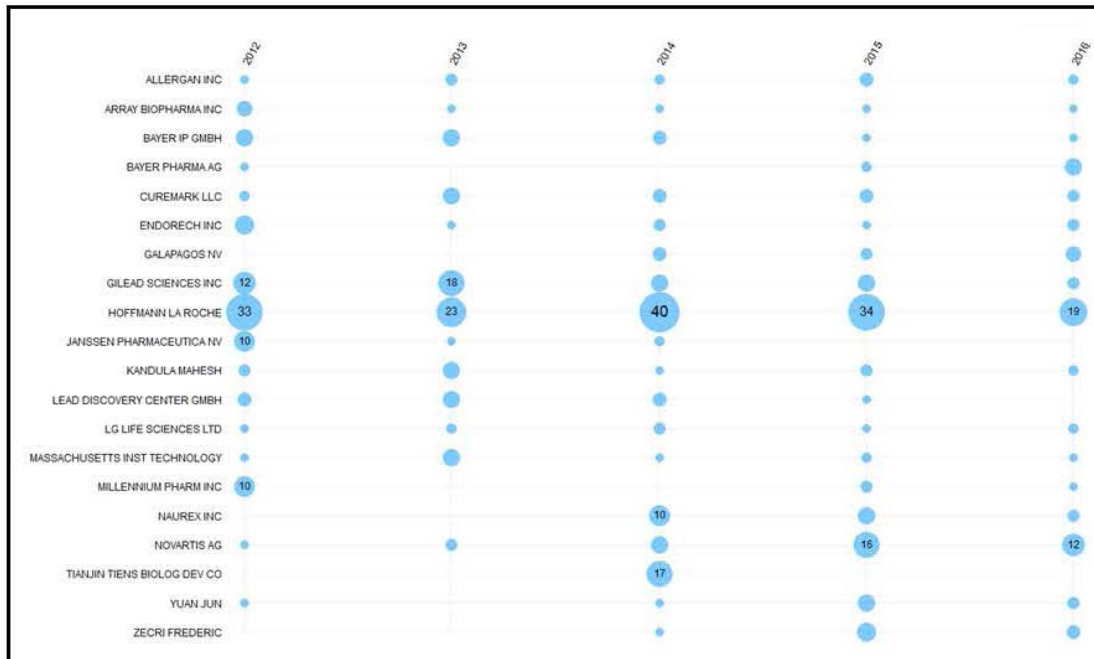


Figura 65. Principales áreas tecnológicas (CIPs)

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

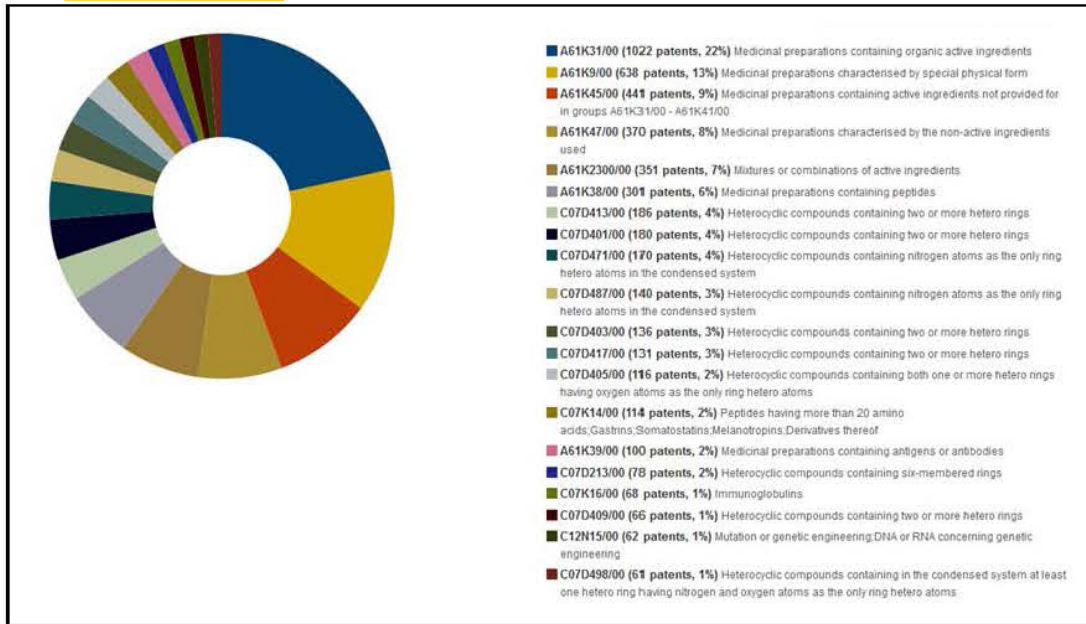


Figura 66. Evolución de las principales áreas tecnológicas (CIPs)

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

	2012	2013	2014	2015	2016
A61K2300/00	85	65	93	61	47
A61K31/00	232	199	226	194	169
A61K38/00	53	57	69	72	60
A61K39/00	11	24	19	25	21
A61K45/00	93	93	103	77	75
A61K47/00	67	78	63	84	78
A61K9/00	127	135	130	127	119
C07D213/00	33	22	14	5	4
C07D401/00	49	38	38	37	18
C07D403/00	32	31	24	28	21
C07D405/00	36	22	19	21	18
C07D409/00	25	15	10	10	6
C07D413/00	54	45	43	30	14
C07D417/00	38	29	24	23	17
C07D471/00	44	36	32	37	21
C07D487/00	26	29	39	25	21
C07D498/00	17	13	10	11	10
C07K14/00	25	17	19	30	23
C07K16/00	11	9	8	19	21
C12N15/00	12	10	13	9	18

Figura 67. Áreas tecnológicas emergentes.

Fuente: Espacenet, generado con AULive

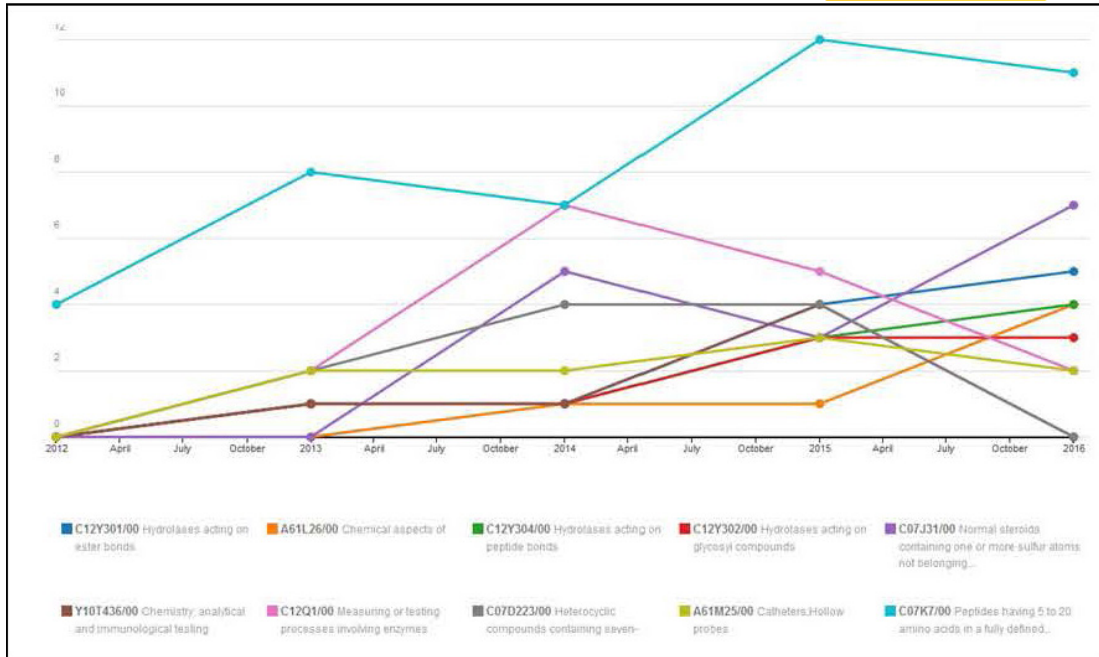


Figura 68. Evolución del número de publicaciones asociadas a los principales keywords asociados (2012-2016)

Fuente: Pubmed, nube de etiquetas generada con R

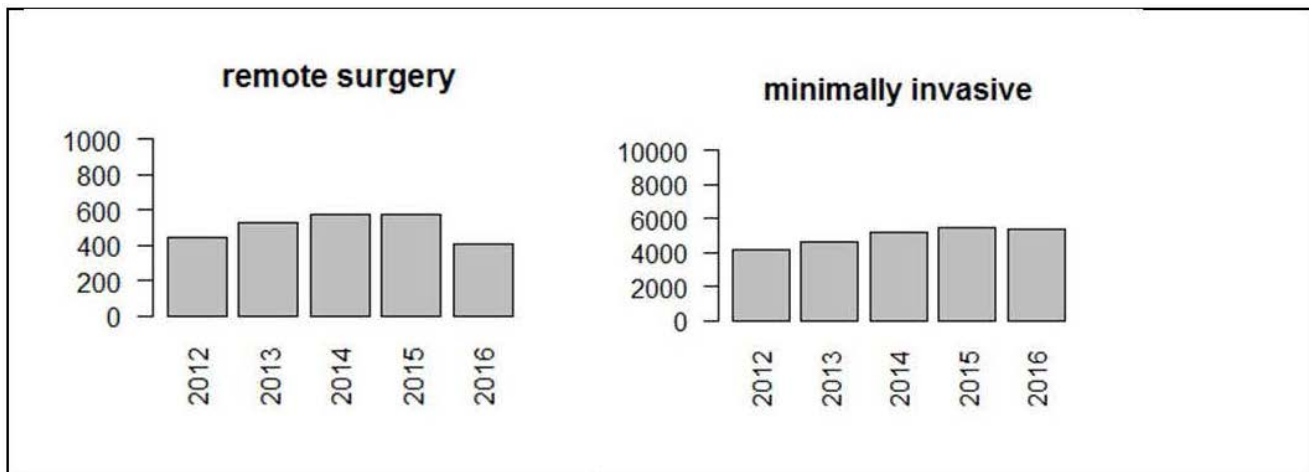


Figura 69. Principales instituciones con actividad de investigación en el periodo (2012-2016)

Fuente: Medline, nube de etiquetas generada con Wordle



Figura 70. Origen de las publicaciones científicas relacionadas con Cirugía de Mínima Invasión

Fuente: GoPubMed

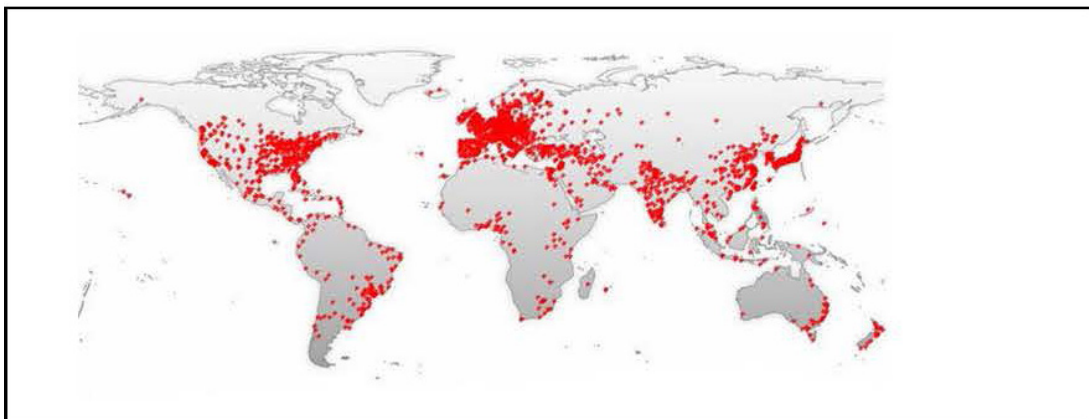


Figura 71. Evolución de la protección por patentes, en el periodo 2012-2016.

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

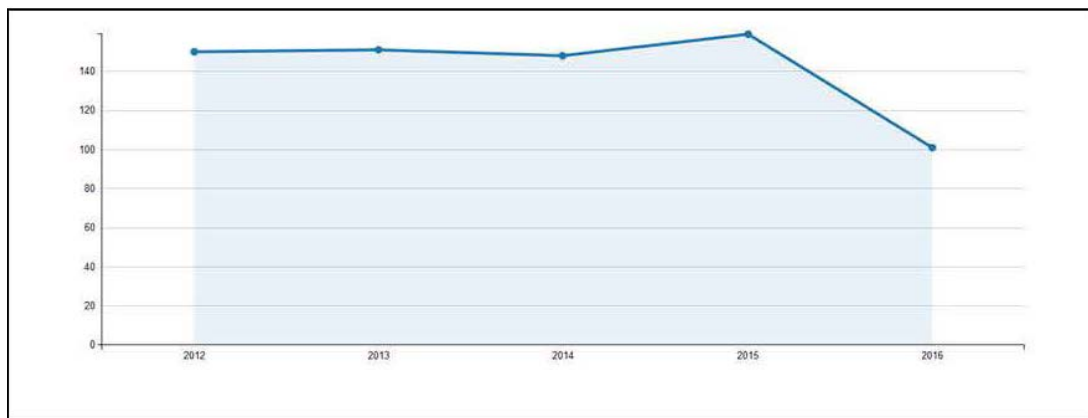


Figura 72. Principales temas Patentados
Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

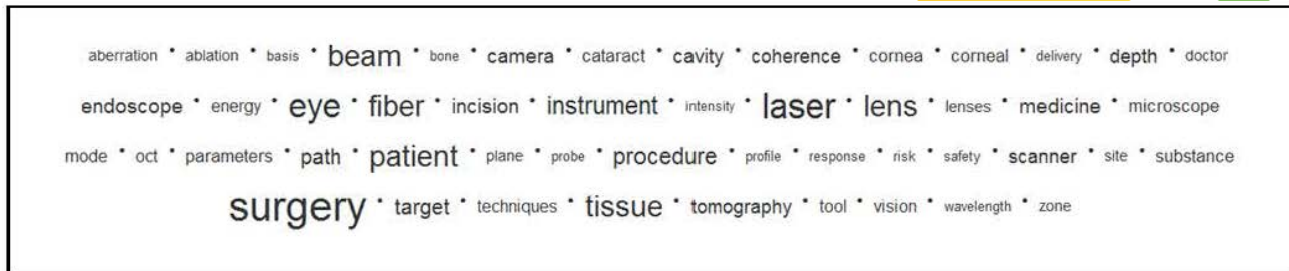


Figura 73. Principales países
Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 74. Principales titulares de patentes
Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR SALUD
 PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO
 ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
 OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS
 Y DE INNOVACIÓN

Figura 75. Evolución de la productividad por titular de patentes
 Fuente: Espacenet, generado con AULive



Figura 76. Principales inventores



Figura 77. Principales áreas tecnológicas (CIPs)

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

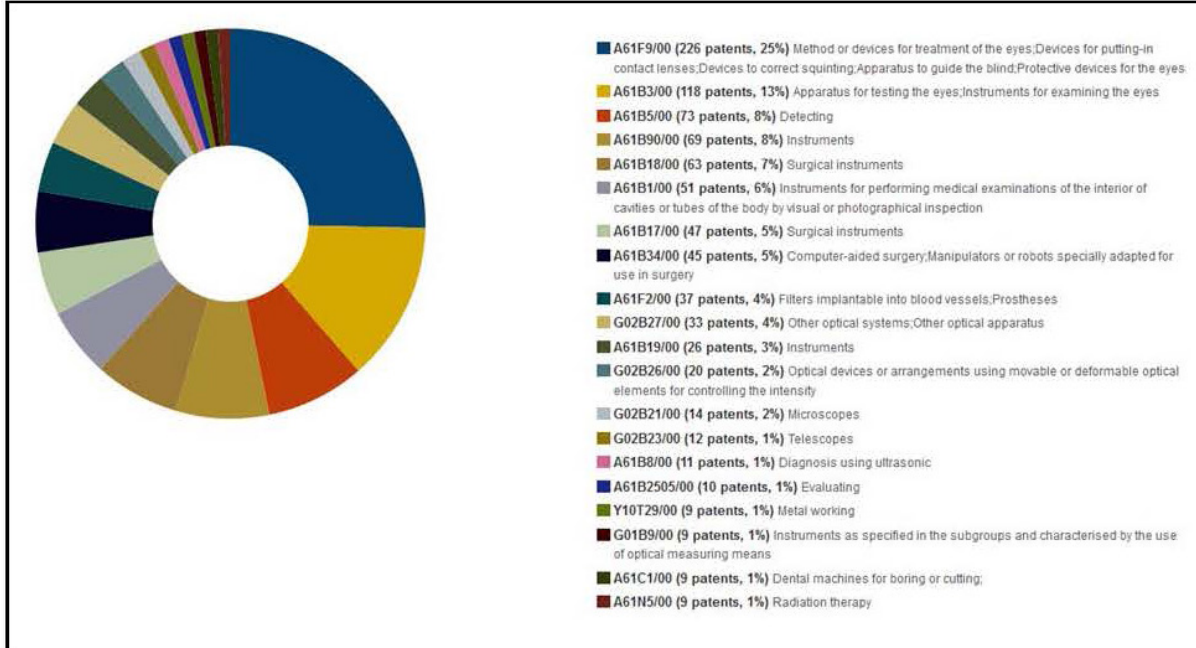


Figura 78. Evolución de las principales áreas tecnológicas (CIPs)

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

CIP	2012	2013	2014	2015	2016
A61B1/00	9	8	12	16	6
A61B17/00	9	6	15	9	8
A61B18/00	16	12	11	11	13
A61B19/00	1	4	9	12	
A61B2505/00		3	3	3	1
A61B3/00	25	29	20	27	17
A61B34/00	7	9	10	13	6
A61B5/00	15	9	14	25	10
A61B8/00	1	1	2	7	
A61B90/00	7	11	15	27	9
A61C1/00	1	3	1	2	2
A61F2/00	5	5	7	10	10
A61F9/00	65	30	47	41	43
A61N5/00	2	2	2	1	2
G01B9/00	5			4	
G02B21/00		9	1	4	
G02B23/00		3	3	5	1
G02B26/00	12	3	1	3	1
G02B27/00	19	3	3	5	3
Y10T29/00	3		4	2	

EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR SALUD
 PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO
 ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
 OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS
 Y DE INNOVACIÓN

Figura 79. Áreas tecnológicas emergentes.
 Fuente: Espacenet, generado con AULive

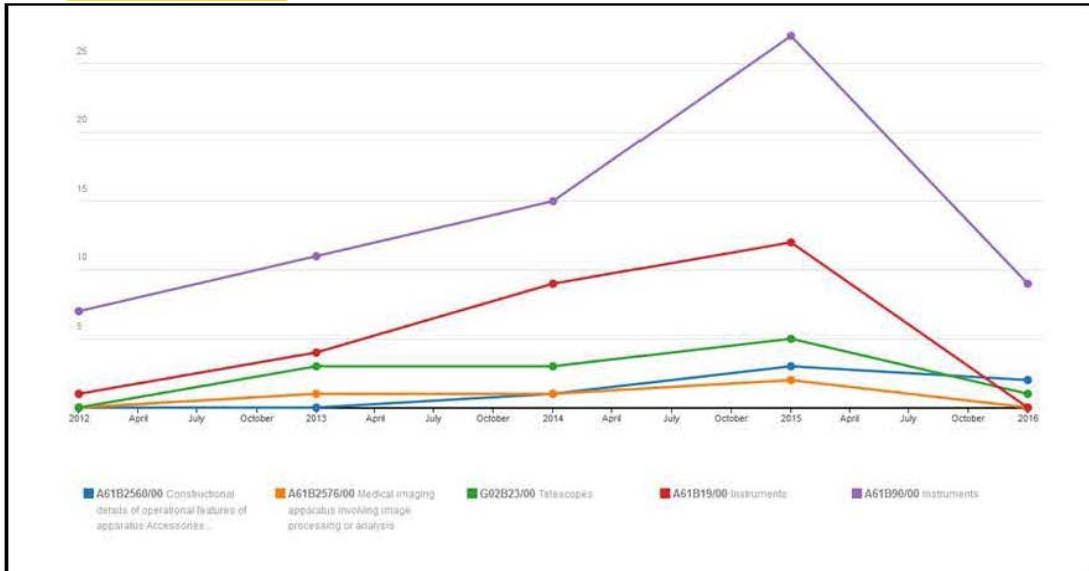


Figura 80. Evolución de la ocurrencia de conceptos generales asociados a los temas priorizados asociados a rehabilitación en las publicaciones científicas de los últimos 5 años (2012-2016)
 Fuente: Pubmed, generada con R

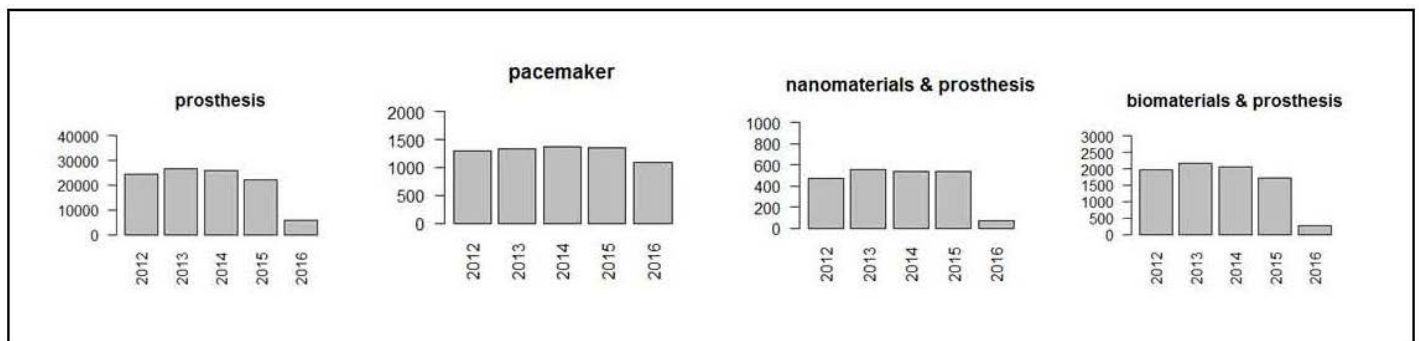


Figura 81. Origen de las publicaciones relacionadas con Rehabilitación

Fuente: GoPubMed

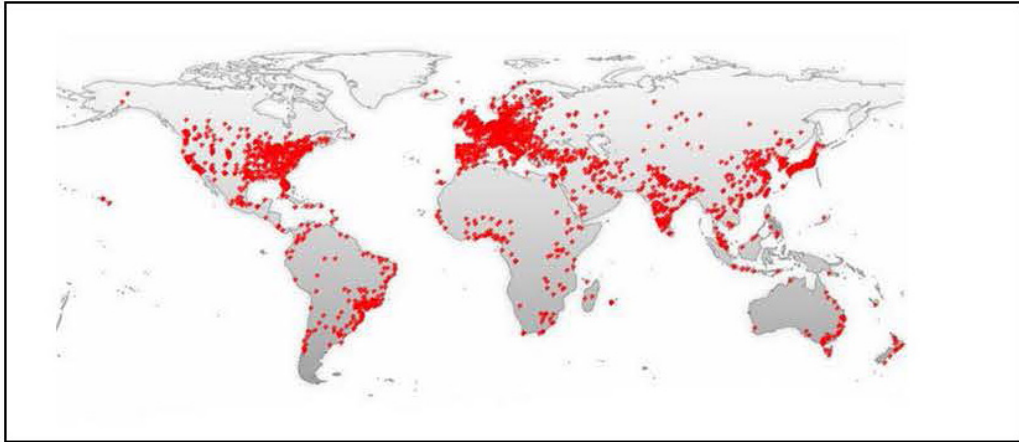


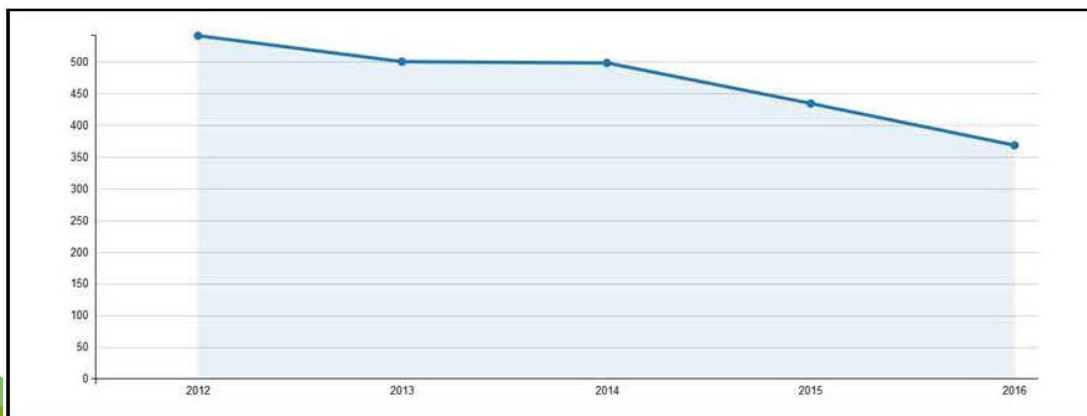
Figura 82. Principales instituciones con actividad de investigación en el periodo (2012-2016)

Fuente: Medline, nube de etiquetas generada con Wordle



Figura 83. Evolución de la protección por patentes, en el periodo 2012-2016.

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



EJERCICIO PROSPECTIVO DEL SECTOR SALUD
 PARA PANAMÁ AL AÑO 2040 COMO
 ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
 OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS
 Y DE INNOVACIÓN

Figura 84. Principales temas Patentados
 Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 85. Principales países
 Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 86. Principales inventores
 Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 87. Principales titulares de patentes

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.



Figura 88. Evolución de la patentabilidad de los principales titulares de patentes

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

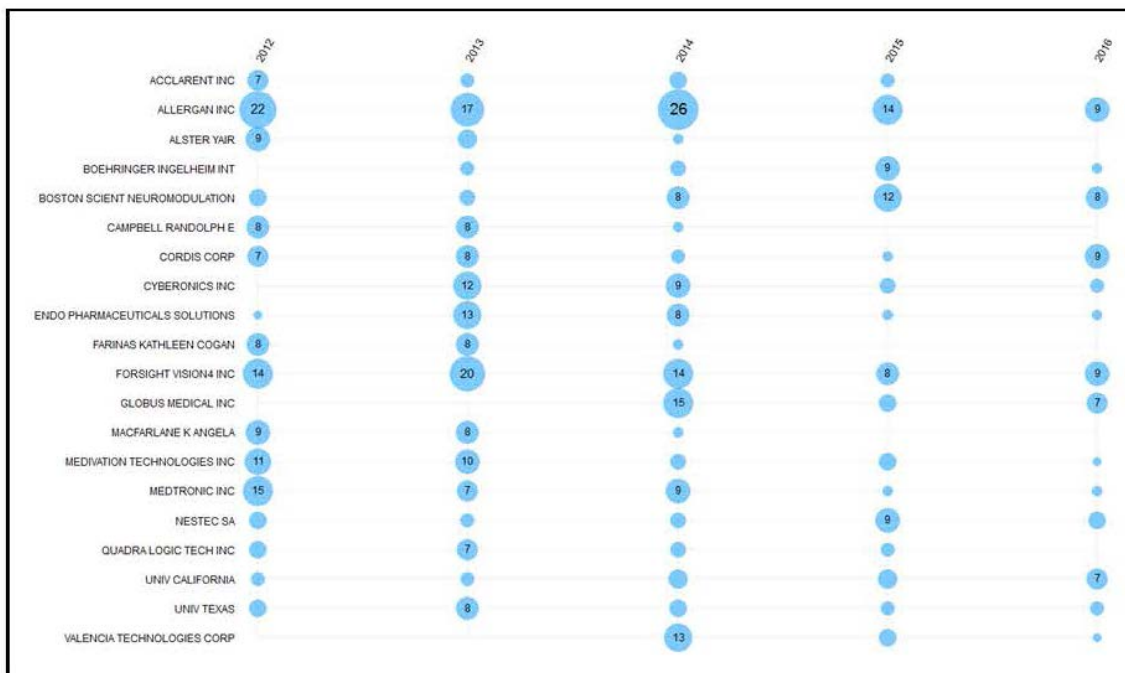


Figura 89. Principales áreas tecnológicas (CIPs)

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

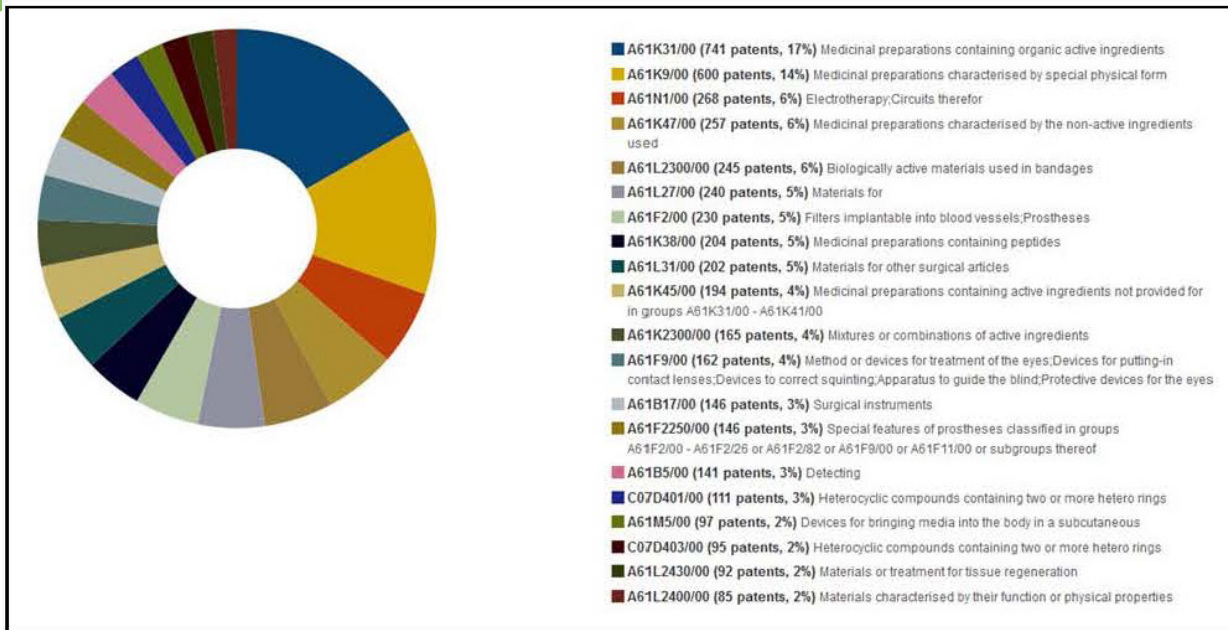


Figura 90. Evolución de las principales áreas tecnológicas (CIPs)

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

	2012	2013	2014	2015	2016
A61B17/00	34	30	40	26	16
A61B5/00	36	21	33	24	27
A61F2/00	47	49	65	37	32
A61F2250/00	38	32	31	21	24
A61F9/00	37	38	36	25	26
A61K2300/00	31	37	29	38	30
A61K31/00	151	171	157	145	117
A61K38/00	41	37	41	45	40
A61K45/00	35	46	36	40	37
A61K47/00	53	70	60	40	34
A61K9/00	128	143	143	108	78
A61L2300/00	48	59	52	46	40
A61L2400/00	13	25	17	18	12
A61L2430/00	18	20	24	13	17
A61L27/00	51	66	44	41	38
A61L31/00	36	55	41	38	32
A61M5/00	20	30	24	11	12
A61N1/00	71	48	71	44	34
C07D401/00	31	29	16	22	13
C07D403/00	24	26	16	18	11

Figura 91. Áreas emergentes

Fuente: Espacenet. Generado con AULive.

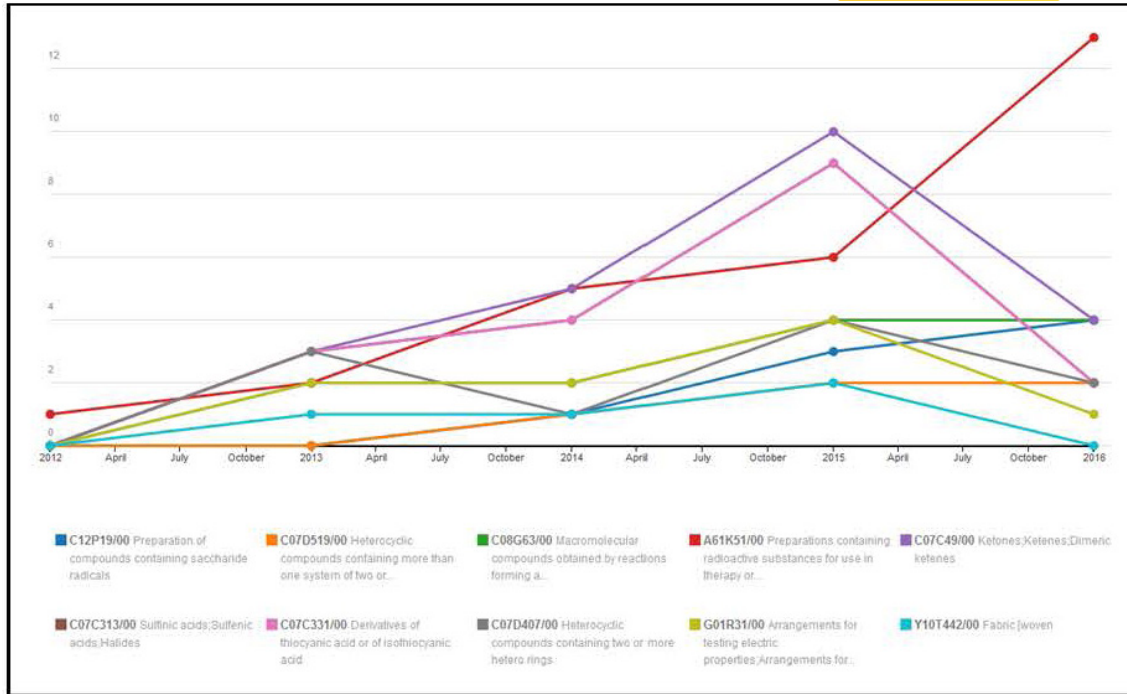


Figura 92. Agrupadores Prioritarios sector Salud para Panamá 2040

GESTIÓN DE LA SALUD <ul style="list-style-type: none">•Soluciones tecnológicas asociadas a Gestión centrada en el paciente;•Seguridad del paciente;•Atención a población desprotegida;•Zonas rurales; Zonas no atendidas;•Prevención de enfermedades;•Prácticas saludables;•Historia clínica electrónica;•Tratamientos de enfermedades crónicas;•Recursos (estrategias optimizadas para la atención de pacientes);•Responsabilidad en los sistemas de salud;•Integridad en los sistemas de salud;•Transparencia en los sistemas de salud;•Intercambio de información en materia de investigaciones en salud;•Gobernanza de la investigación en salud.
CONSULTAS – VISITAS <ul style="list-style-type: none">•Soluciones tecnológicas asociadas a Telemedicina y Teleasistencia.
PRUEBAS DIAGNÓSTICAS – ANÁLISIS CLÍNICOS <ul style="list-style-type: none">•Soluciones tecnológicas asociadas a Biotecnología / tecnología ómica e informática (diagnóstico – pronóstico de enfermedades);•Diagnósticos moleculares;•Tratamientos personalizados.
DIAGNÓSTICOS POR IMAGEN <ul style="list-style-type: none">•Soluciones tecnológicas asociadas a Técnicas PET para diagnóstico temprano de patologías neurodegenerativas (Alzheimer);•Nanocamaras (diagnóstico de enfermedades o el estado de órganos).
TRATAMIENTOS FARMACÉUTICOS <ul style="list-style-type: none">•Soluciones tecnológicas asociadas a Fármacos cardiovasculares de última generación;•Medicina personalizada (administración del medicamento adecuado).
INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS <ul style="list-style-type: none">•Soluciones tecnológicas asociadas a Cirugías mínimamente invasivas;•Telecirugía (uso de microrobots, sensores, fibra óptica).
REHABILITACIÓN <ul style="list-style-type: none">•Soluciones tecnológicas asociadas a Marcapasos de última generación (implantados sin cirugía);•Biomateriales y Nanomateriales (prótesis);•Compensación de discapacidad motora; Compensación de discapacidad cognitiva.

Figura 93. Sistema de variables para la imagen de Futuro Panamá en el año 2040 en Salud.





INDICASAT AIP

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
Y SERVICIOS DE ALTA TECNOLOGÍA AIP

Síguenos:

