



MINISTERIO
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
Y TELECOMUNICACIONES

EDUCACIÓN

ENERGÍA

SALUD

RUTA 2021

CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN
PARA LA COMPETITIVIDAD,
PROSPERIDAD Y BIENESTAR

AMBIENTE

ALIMENTACIÓN

CRÉDITOS

Alejandro Cruz¹

Keilor Rojas-Jiménez¹

Paola Loría¹

Santiago Nuñez¹

Josue Fumero¹

Silvia Argüello¹

Alexander Barquero¹

Raúl Trejos¹

Eliana Ulate¹

Diego Vargas¹

Eduardo Navarro¹

¹ Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones, Avenida Segunda Calles 17-19. San José, Costa Rica.

RESUMEN

El MICITT realizó un ejercicio de prospectiva para definir, junto con los principales actores del sector, los aspectos más relevantes a considerar con miras al 2021. Aproximadamente 100 participantes concordaron en la definición de cinco grandes retos: energía limpia, de bajo costo y amigable con el ambiente; educación personalizada y habilitadora; producción integral de alimentos; agua y ambiente limpios; gestión integral de la salud. Asimismo se identificó la necesidad de priorizar sobre las siguientes cuatro tecnologías para alcanzarlos: tecnologías digitales; biotecnología; nuevos materiales; ingeniería eléctrica y electrónica. También se planteó la necesidad de promover políticas públicas que atiendan elementos habilitadores específicos que incluyen el recurso humano en ciencia y tecnología, incentivos para la investigación y desarrollo, infraestructura, la institucionalidad del sector y el marco legal. Estos esfuerzos del sector deberán contribuir al logro de altos objetivos nacionales, aquí definidos como el incremento de la competitividad, prosperidad y bienestar de los ciudadanos como fines últimos del Estado.

INTRODUCCIÓN

La celebración del bicentenario de independencia del país en el 2021 debería estar asociada al cumplimiento de grandes metas nacionales, una de ellas, convertirse en una sociedad del conocimiento y la innovación que conduzca a trabajos sofisticados, dignos y bien remunerados, así como el disfrute de una vida equilibrada y próspera por parte de la ciudadanía.

Para lograrlo, necesariamente se deberá integrar el conocimiento a la base productiva del país, fortaleciendo el desarrollo tecnológico, promoviendo la innovación empresarial, vinculando los centros de investigación con las empresas y apoyando la cultura del emprendimiento.

Es fundamental considerar esto como un asunto altamente estratégico y que los diversos instrumentos de política pública, fortalecidos por un liderazgo robusto, permitan orientar y articular la acción de la academia, el sector privado, el gobierno y la sociedad civil en torno a estos temas.

Sin embargo, dado que las necesidades son amplias pero los recursos son limitados y considerando que se enfrenta un entorno internacional altamente competitivo, es esencial establecer prioridades y trazar

claramente el camino que debemos transitar a partir de ahora. Así, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones realizó un ejercicio de prospectiva, para que los principales actores del sistema de ciencia, tecnología e innovación del país reflexionaran, discutieran y esbozaran el rumbo a seguir, considerando que las políticas del sector deben ser un tema de Estado, con horizonte de largo plazo y capaz de trascender administraciones.

Como parte de un proceso sistémico, se procuró brindar un espacio para mirar hacia el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad costarricense con el objetivo de identificar los grandes retos, áreas prioritarias y proyectos estratégicos, que tengan el mayor impacto positivo posible sobre la economía, el ambiente y los ciudadanos del país.

Durante el mes de marzo del 2014 se realizaron seis Talleres de Prospectiva de la Ciencia, Tecnología e Innovación con la participación de cerca de 100 expertos en diversas áreas y provenientes de los sectores académicos (investigadores y estudiantes de diferentes áreas del saber), gobierno, empresas y sociedad civil.

Esta iniciativa permitió el intercambio de opiniones sobre el rumbo del sector ciencia,

tecnología e innovación y la identificación de propuestas concretas sobre las áreas estratégicas para Costa Rica. Estas también conllevaron a determinar las tecnologías a impulsar, propuestas de proyectos así como los requerimientos y habilitadores necesarios para que el sistema de ciencia, tecnología e innovación contribuya al logro de esos altos objetivos nacionales.

El resultado de las discusiones y planteamientos fruto de los talleres, así como de otros aportes individuales acerca del futuro del sector en el 2021, se presenta en este

documento. La intención es que estas legítimas propuestas constituyan la base sobre la que se fundamentarán futuros planes, programas y políticas públicas del sector.

Finalmente, es importante señalar que la propia dinámica de un ejercicio de esta naturaleza considera que en principio pueden existir una amplia variedad de futuros posibles que sugieren diferentes hitos. No obstante el futuro verdadero, aquel que se busca materializar, dependerá de las decisiones y acciones que conjuntamente se emprendan hoy.

MATERIALES Y MÉTODOS

La creación de una visión estratégica compartida e inclusiva, que identifique retos puntuales no es una tarea fácil. Este proceso de búsqueda de elementos incluye retos, tecnologías, proyectos y elementos habilitadores del sistema de ciencia, tecnología e innovación, en medio de un ambiente con recursos limitados y una intensa competencia nacional e internacional.

Para la realización del presente ejercicio de prospectiva se seleccionó como metodología de trabajo la organización de grupos focales compuestos por participantes provenientes del sector académico (de diferentes áreas del conocimiento, así como estudiantes e investigadores), del sector institucional público, del sector empresarial y de la sociedad civil.

La principal ventaja de esta técnica es que brinda un espacio de interacción entre los diferentes actores del sector, a quienes de manera concentrada se les solicita mirar hacia el futuro de la ciencia y la tecnología

para crear una visión compartida del camino y los hitos a seguir. Así, la información y las percepciones de los participantes pueden ser registradas durante las discusiones, a la vez que propicia un sentido de compromiso con la implementación de los resultados con el fin de incrementar la probabilidad de una mayor aceptación social de los resultados.

Aproximadamente 100 participantes fueron divididos en seis talleres de cuatro horas cada uno (Figura 1). La asignación de los talleres se efectuó mediante la técnica de Asignación Aleatoria en Grupos, en donde los participantes son distribuidos con igual probabilidad entre grupos focales y se garantiza una cantidad balanceada de miembros intra grupos¹. Los expertos, en grupos de seis a ocho personas, analizaron y respondieron una secuencia de cuatro preguntas generadoras del proceso de prospectiva. A partir de lo anterior, se discutieron las observaciones para presentar resultados grupales en una plenaria. Las preguntas, concretamente, fueron:

1. Bloom, Howard S., Johannes M. Bos, and Suk-Won Lee. (1999). Using Cluster Random Assignment to Measure Program Impacts: Statistical Implications for the Evaluation of Education Programs. *Evaluation Review* 23(4): 445-69.

1. ¿Cuáles son los principales retos a nivel país, con análogos en el contexto internacional, en donde la aplicación de Ciencia, Tecnología e Innovación es crítica para obtener una solución integral que lleve al desarrollo?
2. ¿Qué tecnologías pueden ser aplicadas de manera efectiva para enfrentar estos retos?
3. ¿Qué proyectos específicos a partir de estas tecnologías deben plantearse para atacar los problemas centrales que originan estos retos?
4. ¿Qué recursos son necesarios para alcanzar estas metas. Indique cuáles existen y cuáles faltan?

Los resultados fueron sometidos a un riguroso proceso de depuración y agrupación de acuerdo a su similitud conceptual hasta alcanzar el máximo de convergencias posibles mediante una aproximación al Análisis Formal de Conceptos (AFC)². Por último, los resultados finales fueron validados por un comité de expertos provenientes de las diferentes sesiones de los talleres. Es importante destacar que los resultados del

grupo focal número 6, provenientes de un ejercicio de cine foro del MICITT a través del Club de Talento Joven (Dirección de Capital Humano) fue integrado en la etapa de análisis conceptual.

2. Ganter, Bernhard; Stumme, Gerd; Wille, Rudolf, eds. (2005), *Formal Concept Analysis: Foundations and Applications*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, no. 3626, Springer-Verlag.

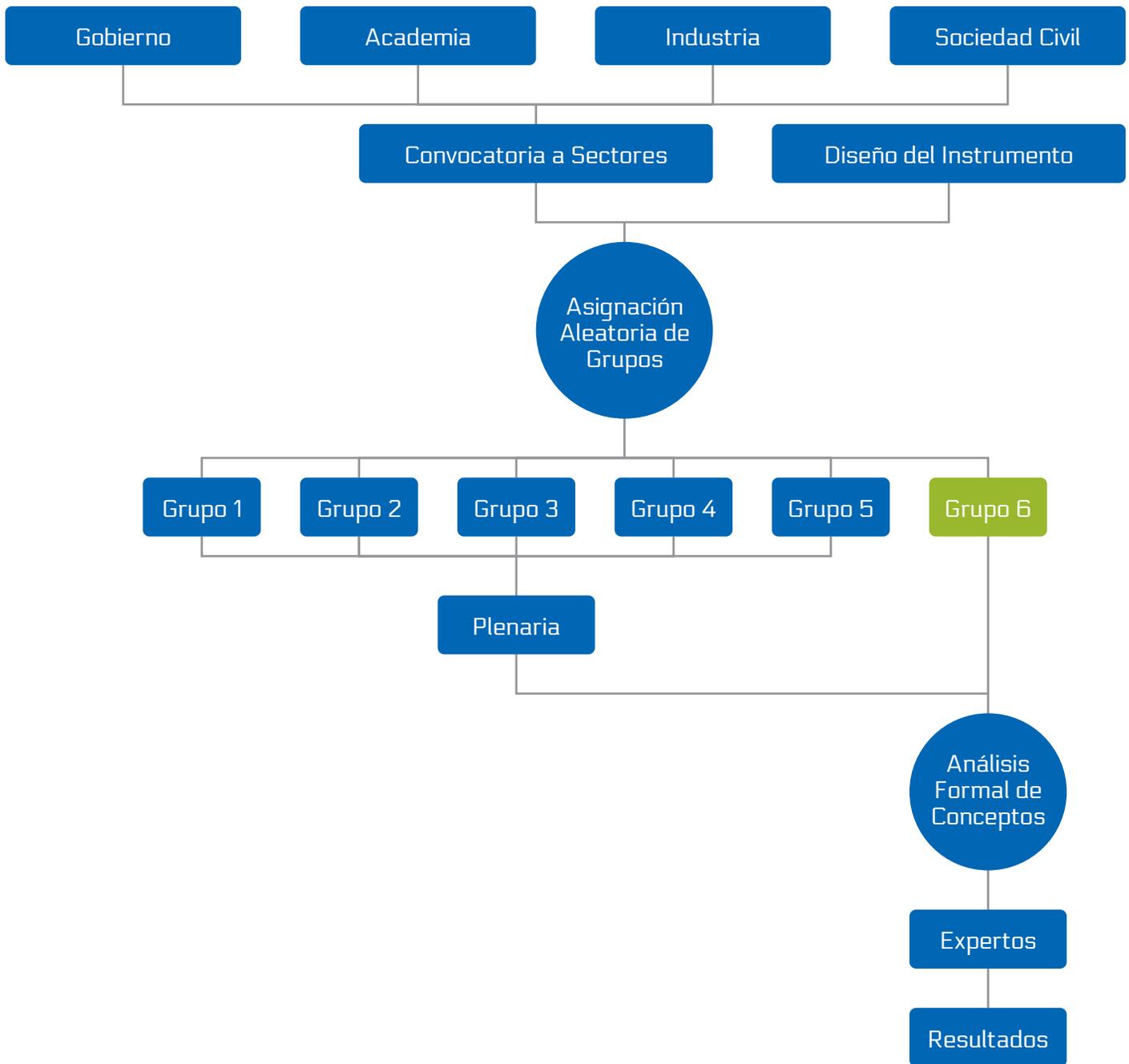


Figura 1. Esquema de los principales aspectos metodológicos del ejercicio de prospectiva. (Nota: palabras completas en el gráfico, grupos)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uno de los principales resultados del presente ejercicio de prospectiva fue el planteamiento de que la ciencia, la tecnología y la innovación constituyen elementos fundamentales de las sociedades del conocimiento modernas. Por tanto, el sector -lejos de aislarse- debe estar plenamente integrado y articulado con otras áreas del quehacer nacional. El diagrama de la Figura 2 resume los principales resultados del presente ejercicio de prospectiva.

Es función primordial del sector ciencia y tecnología contribuir al logro de altos objetivos nacionales, que en este ejercicio fueron definidos como el incremento de la competitividad, la prosperidad y el bienestar de los ciudadanos del país. Se definieron además, cinco grandes retos nacionales, que deberían enfocar la acción del sector ciencia y tecnología en los próximos años para contribuir a alcanzarlos:

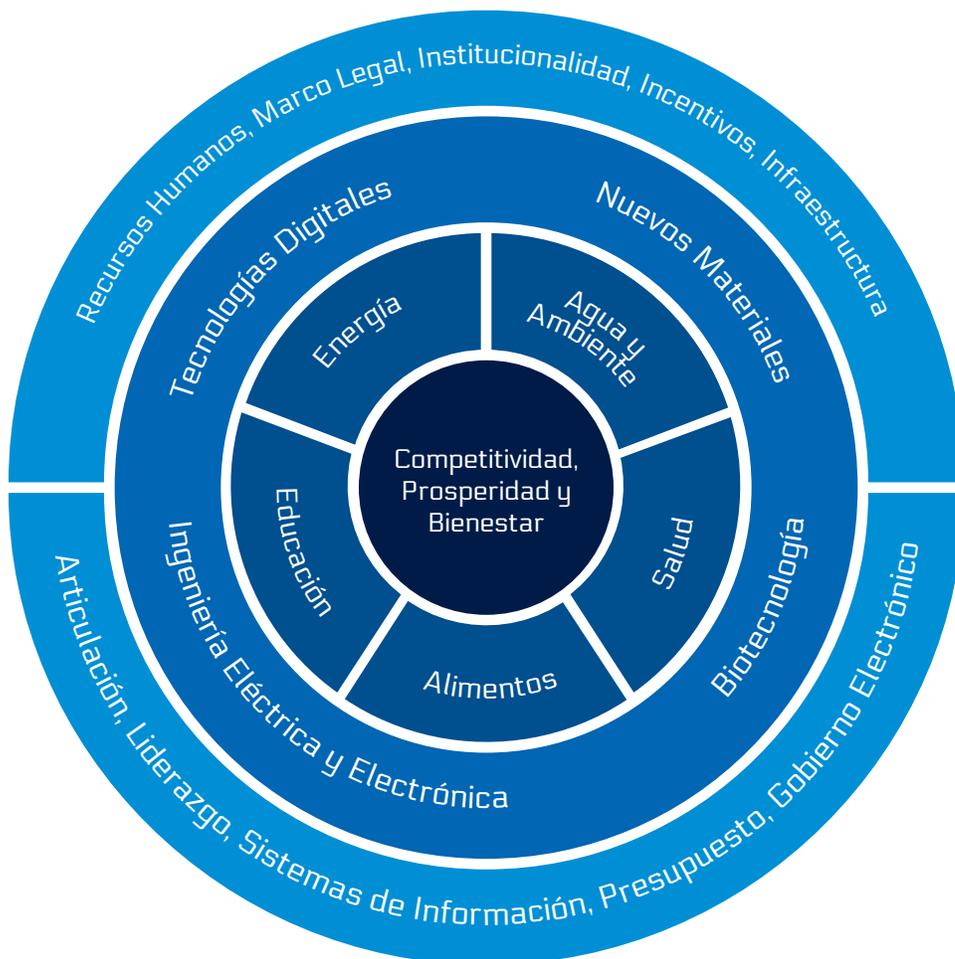


Figura 2.

Esquema resumen de los principales resultados del ejercicio de prospectiva. Del centro hacia afuera, se aprecian en primera instancia fines últimos a los que pretende contribuir la acción del sector, luego los cinco grandes retos donde la ciencia, tecnología e innovación debe impactar positivamente. Transversalmente las cuatro tecnologías coadyuvantes para el cumplimiento de esos retos y por último los habilitadores específicos y generales necesarios para su materialización.

1. Energías limpias, de bajo costo y amigables con el ambiente. Considera la diversificación de fuentes energéticas como medio alternativo a la dependencia del consumo de combustibles fósiles. Debe generarse a precios competitivos y además sin causar impactos dañinos al medio ambiente. Incluye también el establecimiento de redes inteligentes y el uso eficiente por parte de los diferentes sectores de la población.

2. Educación personalizada y habilitadora. Los procesos de enseñanza-aprendizaje deberán adecuarse según las habilidades e inclinaciones cognitivas de cada persona, considerando además el fortalecimiento de las capacidades en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática, la identificación temprana de vocaciones y el desarrollo de habilidades cognitivas superiores como liderazgo, trabajo en equipo, conocimiento de idiomas, resolución de conflictos, pensamiento lógico, asertividad, comunicación, etc.

3. Producción integral de alimentos. Desde el campo hasta el tenedor, teniendo presente temas estratégicos como la seguridad alimentaria, el desarrollo de nuevos y mejores variedades de cultivos así como los

efectos del cambio climático en la agricultura. Considera también asuntos relacionados con el valor nutritivo de los alimentos y los procesos de trazabilidad e inocuidad.

4. Agua y ambiente limpio. Un reto amplio relacionado con la calidad de vida de las personas en función de la calidad ambiental, que incluye temas como la gestión integral de los recursos hídricos, el ordenamiento territorial, el conocimiento y uso sostenible de la biodiversidad, los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad de agua así como la prevención y mitigación de los desastres naturales. Considera también aspectos más específicos como el tratamiento de aguas residuales y los nuevos contaminantes emergentes.

5. Gestión integral de la salud. Es necesario mejorar los sistemas de gestión en salud, utilizando tecnologías de información y comunicación de manera pertinente hacia una medicina personalizada, que permitan mejorar el impacto de los servicios suministrados, así como disminuir sustancialmente su costo.

RETOS

Tabla 1.

Grandes retos del sector ciencia, tecnología e innovación y su desagregación en temas estratégicos y líneas de proyectos.

TEMAS ESTRATÉGICOS

ENERGÍA

- Energía solar
- Gas natural
- Plasma
- Energía de biomasa
- Hidrógeno
- Energía mareomotriz
- Energía eólica

ALIMENTOS

- Seguridad alimentaria
- Cambio climático
- Agricultura sostenible
- Mejoramiento genético
- Pérdida de suelos
- Nutrición

EDUCACIÓN

- Educación personalizada
- Enseñanza de la matemática
- Apropiación social de la ciencia y la tecnología
- Desarrollo de talentos y vocaciones
- Desarrollo de habilidades cognitivas superiores
- Reconocimiento de estudios entre universidades y en plataformas digitales
- Cultura de emprendimiento

AGUA-AMBIENTE

- Recurso hídrico
- Cambio climático
- Tratamiento de desechos
- Aguas residuales y contaminantes emergentes
- Biodiversidad y bioprospección
- Ordenamiento territorial
- Prevención y mitigación de desastres naturales
- Carbono neutralidad

SALUD

- Expediente digital
- Telemedicina
- Medicina personalizada
- Integración y estandarización de los sistemas digitales de salud

Para cada uno de los retos nacionales se identificaron los temas estratégicos y las líneas de proyectos, descritas en la Tabla 1. Es importante destacar que en el reto energético los temas estratégicos hacen referencia directa a las fuentes renovables de energía, y

constituyen una base para el resto de sistemas en el país. De forma similar, a lo largo de los talleres efectuados la temática alrededor de agua y recursos hídricos presenta una cantidad significativa de conexiones con otros retos y líneas específicas de proyecto.

LÍNEAS DE PROYECTOS

- Red eléctrica inteligente
- Sistema de transporte energéticamente eficiente
- Almacenamiento de energía

- Gestión de demanda y ahorro energético
- Biocombustibles de segunda generación
- Fotosíntesis artificial

- Agricultura de precisión
- Nuevas tecnologías de manejo y protección de cultivos
- Trazabilidad e inocuidad de alimentos

- Nutraceuticos y alimentos funcionales
- Producción de variedades de semillas

- Desarrollo de software y hardware para educación
- Desarrollo de la red educativa con banda ancha y 100% cobertura

- Desarrollo de herramientas para docentes ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas
- Metodologías y programas de orientación vocacional

- Desalinización del agua
- Gestión integral de mantos acuíferos
- Biorremediación contaminantes emergentes

- Sistema de indicadores ambientales
- Sistema nacional de información de biodiversidad

- Medicina regenerativa y prótesis avanzada
- Enfermedades crónicas, cáncer, auto-inmunes y neurodegenerativas
- Envejecimiento

- Desarrollo de vacunas
- Nuevas técnicas, diagnóstico y prevención
- Medicina molecular
- Prevención enfermedades transmisibles entre humanos y animales

Asimismo se identificaron cuatro tecnologías, que de forma transversal tienen un papel importante en la consecución de los retos planteados. Por tanto, el esfuerzo de la política pública en temas de investigación y desarrollo debería otorgar un mayor impulso y una mayor aplicación a problemas críticos de la sociedad a las siguientes tecnologías:

1. Tecnologías Digitales. La ubicuidad, disponibilidad y cantidad de datos se han convertido en fenómenos comunes para la sociedad contemporánea. Nuevos métodos de análisis de datos son requeridos para atacar la complejidad y cantidad de datos e información que se genera de manera continua. Para el caso costarricense, esto es particularmente válido en lo referente al mejoramiento y modernización del Estado Digital.

2. Biotecnología. Los métodos aplicados de la biología llevan a un entendimiento de la riqueza natural por una parte y a la comprensión de los factores que intervienen en la vida humana y su relación con el ambiente. La evolución de tecnologías relacionadas tales como la bioinformática, la biomedicina, genética, microbiología y las nuevas tecnologías conocidas como "omics", es decir, genómica, proteómica, metabolómica y transcriptómica, ofrecen oportunidades, como nunca antes, para el desarrollo de nuevos productos y servicios con impactos positivos en la salud, el ambiente y la industria.

3. Nuevos Materiales. La industria moderna de materiales tiene dos retos claros: biocompatibilidad

para aplicaciones en medicina y salud y el desarrollo de productos amigables con el ambiente. También existen iniciativas capaces de transformar grandes cantidades de desechos en insumos útiles para el desarrollo de materiales inteligentes, con aplicaciones desde infraestructura vial hasta métodos novedosos de empaque orientados a mejorar la exportación de productos perecederos.

4. Ingeniería Eléctrica y Electrónica. En la actualidad, el número de dispositivos empotrados es de 80 mil millones. Protocolos como el IPv6 aunado a la existencia de aparatos inteligentes permite el desarrollo del Internet de las cosas. La inteligencia artificial, unida con los avances recientes en robótica y computación autónoma será de vital importancia en campos desde salud hasta logística de carga y automatización de los procesos de mejora del tránsito vehicular. Es de especial interés el poder contar en el país con acceso a tecnologías de comunicación de datos de última frontera, basadas en principios de óptica y fotónica como medios seguros para el tráfico de datos en intercambios comerciales hacia la protección de datos personales.

Complementariamente, junto a la identificación de estas tecnologías a nivel general, también se han incluido herramientas tecnológicas específicas en las que existen capacidades o en las que el país debe fortalecerse (Figura 3). Lo anterior puede conceptualizarse en la forma de recurso humano especializado, creación de infraestructura o desarrollo de instrumentos financieros, y/o

incentivos que propicien el crecimiento de estas tecnologías.

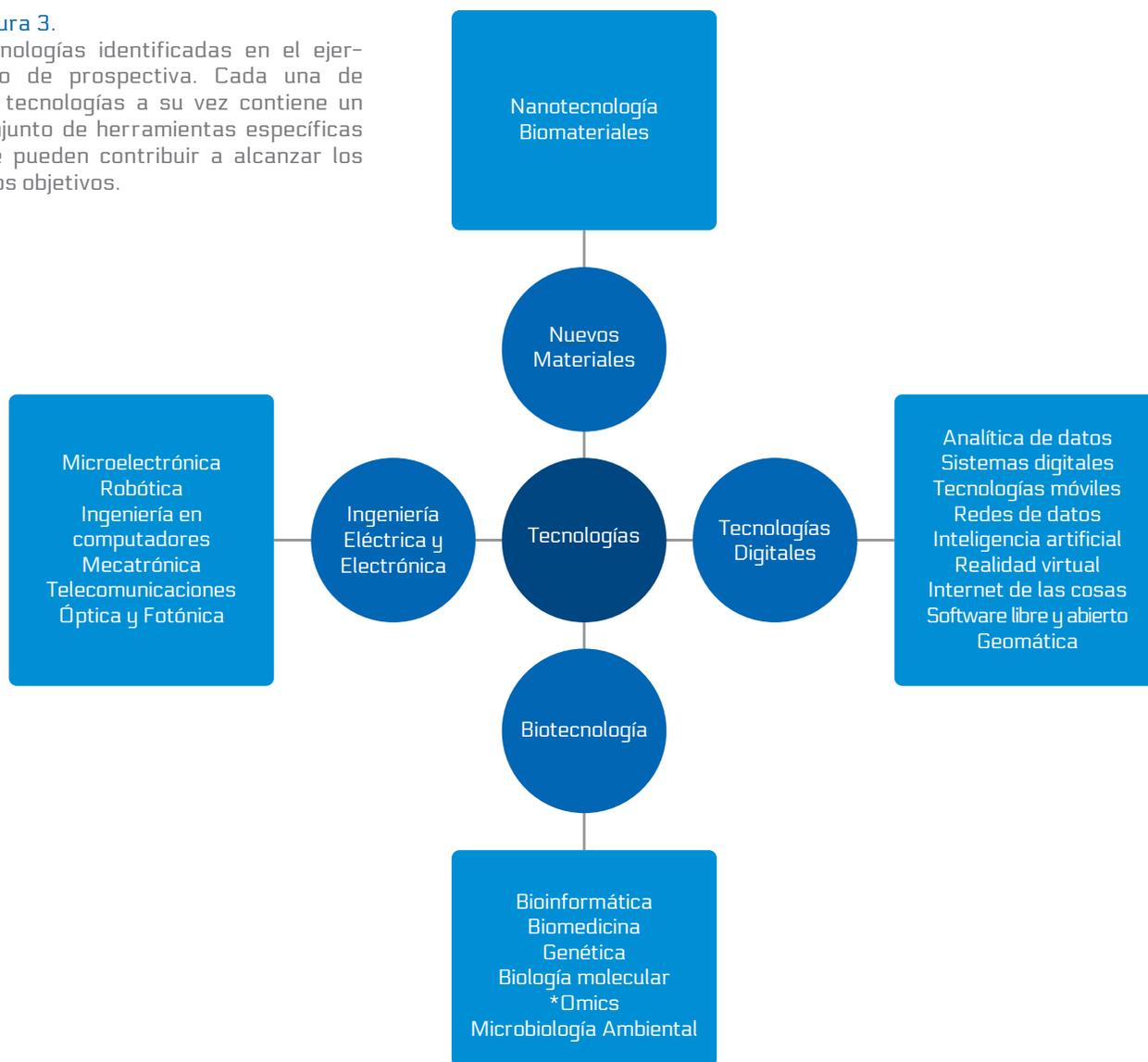
De forma complementaria al sistema de ciencia, tecnología e innovación es necesario considerar que existen elementos habilitadores, tanto generales como específicos que permiten que los retos y tecnologías tengan un impacto efectivo en el logro de los objetivos superiores previamente establecidos. Como habilitadores específicos se han identificado el desarrollo del recurso humano en ciencia y tecnología, los

incentivos a la investigación, la infraestructura, la institucionalidad y el marco legal.

En cuanto a los habilitadores generales, se identificó la importancia de la articulación interinstitucional, la necesidad de un mayor liderazgo institucional del MICITT, la urgencia de un mayor presupuesto nacional acorde con las necesidades de sector, el establecimiento de sistemas para la toma de decisiones informadas y la implementación del gobierno electrónico. La tabla 2 presenta mayor detalle sobre los mismos.

Figura 3.

Tecnologías identificadas en el ejercicio de prospectiva. Cada una de las tecnologías a su vez contiene un conjunto de herramientas específicas que pueden contribuir a alcanzar los altos objetivos.



GENERALES	ESPECÍFICOS	
	RECURSO HUMANO	INFRAESTRUCTURA
1. Articulación		
2. Liderazgo institucional	<ul style="list-style-type: none"> Programas de reinserción y retención de talento 	<ul style="list-style-type: none"> Centros y laboratorios de investigación (especializados, centralizados, abiertos)
3. Sistema de información para la toma de decisiones	<ul style="list-style-type: none"> Programas de formación de capital humano de alto nivel Incentivos para carrera de investigador 	<ul style="list-style-type: none"> Interoperabilidad (IXP nacional) Centros de datos Conectividad a banda ancha
4. Presupuesto nacional acorde con las necesidades del sector	<ul style="list-style-type: none"> Formación en gestión de proyectos y de innovación Mayor masa crítica y redundancia de especialistas 	<ul style="list-style-type: none"> Red educativa nacional Acceso a super computadoras Open data, open science
5. Gobierno electrónico	<ul style="list-style-type: none"> Nuevas carreras científicas y técnicas 	<ul style="list-style-type: none"> Incubadoras, aceleradoras y parques tecnológicos

INSTITUCIONALIDAD	MARCO LEGAL	INCENTIVOS	HABILITADORES GENERALES
<ul style="list-style-type: none"> • Creación de agencia de innovación • Fomento de alianzas público-privadas • Mayor énfasis en regionalización y desarrollo fuera de la GAM • Simplificación de procesos de contratación administrativa • Institucionalización de la evaluación de impacto de programas, proyectos y políticas • Implementación programas de gestión del cambio y redireccionamiento continuo • Promoción de certificaciones internacionales y encadenamientos 	<ul style="list-style-type: none"> • Legislación para regular investigación en diferentes áreas • Marco regulatorio que promocióne vinculación universidad-empresa • Propiedad intelectual 	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos directos e indirectos (fiscales) • Financiamiento de proyectos mediante cooperación internacional • Capital ángel, semilla y crowdfunding • Financiamiento de grandes proyectos y a largo plazo • Compras públicas para incentivar inversión en I+D+I • Filantropía para proyectos científicos y tecnológicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Articulación de esfuerzos y sectores • Mayor liderazgo institucional del Micitt • Sistema de información para la toma de decisiones • Presupuesto nacional acorde con las necesidades del sector • Gobierno electrónico



EDUCACIÓN

El MICITT extiende un profundo agradecimiento a las siguientes personas por sus aportes al presente ejercicio de prospectiva:

Adelita Arce, Adrián Morales, Alejandro Cruz Molina, Alexander Barquero, Allan Jiménez, Allan Drozco, Alejandra León, Alejandro Hernández, Alex Rojas, Alfredo Aguilar, Ana Eduviges Sancho, Ana Lía Garita, Andrea Barrantes, Andrés Santana, Anthony Joseph, Antony Calderón, Arturo Vicente, Aurelio Víquez, Brandon Segura, Byron Ibazam, Carlos Bedoya, Carlos Marschall, Carlos Morera, Carlos Santamaría, Carlos Stradi, Carmela Velázquez, Carmen Téllez, Caterina Cevallos, Cristian Rojas, Cristina de Téramond, Christopher Vaglio, David Arrieta, Diego May, Eduardo Bolaños, Edwin Aguilar, Emanuel Araya, Federico Ruiz, Francisco Gómez, Francisco Mata, Floria Roa, Francisco Frutos, Gabriel Macaya, Giselle Tamayo, Guisella Sibaja, Gustavo Induni, Gustavo Ramírez, Henry Arguello, Ignacio Flores, Ileana Aguilar, Isaac Sandoval, Jafet Talavera, Javier Alvarado Mesén, Jenny Vargas, Jénory Celeste, Johanna Madrigal, Jorge Castro, Jorge Fernández, Jorge Muñoz, José Vega, José Somarribas, Josue Camargo, Josue Fumero, Juan Villalobos, Julio Stradi, Karol Montero, Keilor Rojas Jiménez, Leda Flores, Leda Muñoz, Luisa Castillo, Luis Chacón, Luis Ramírez, Luis Taczan, Lochi Yu, María Santos, Marcela Monge, Marco Chaves, Mariela Carballo, Marvin Herrera, Micaela Mazzei, Miguel Ma, Milton Villarreal, Natalia Sánchez, Orlando Vega, Oscar Gamboa, Otto Rivera, Paola Loria, Paula Chaves, Randy Jarquín, Raul Trejos, Roberto Mora, Rolando Dobles, Ronald Jiménez, Ruth Zúñiga, Santiago Nuñez, Silvia Arguello, Sindy Chaves, Steptrinse Varela, Virginia Montero, Wendy Flores.

ENERGÍA

SALUD

AMBIENTE

ALIMENTACIÓN

RUTA 2021

CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD, PROSPERIDAD Y BIENESTAR