



MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**PLAN NACIONAL
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN 2011-2014**



Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014

Ministerio de Ciencia y Tecnología

San José, Costa Rica. Abril 2011

600 C8375c	C. R. Ministerio de Ciencia y Tecnología Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014. San José: Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2011. 22 x 28 cm. 88 p. ISBN: 978-9968-732-33-8 1. POLITICA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA-COSTA RICA 2. PLANES DE DESARROLLO 3. AREAS PRIORITARIAS I. Título
---------------	---

Revisión, edición y diagramación del texto: Linda Berrón

Portada y artes: Carlos Kidd

Fotografía de la portada: Investigación en dispositivos de confinamiento magnético de tipo Stellarator.

Autor: Ivan Vargas, ITCR. 2011



CRÉDITOS DEL PLAN NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA 2011-2014

Dirección General

Alejandro Cruz, Ministro
Clotilde Fonseca, Ex Ministra
Rowland Espinosa,
Viceministro

Comité Editorial

Silvia Hernández Sánchez
Keilor Rojas Jiménez
Eliana Ulate Brenes

Comité Asesor

Gabriel Macaya
Walter Fernández
Emmanuel Hess

Asesores Internacionales

René Martorell
Francisco Sagasti

Integrantes del taller de diagnóstico en el área de Ciencias

Alfio Piva
Ana Sittenfield
Carlos Araya
Carlos Jiménez
Daniel Ballesteros
David Morales
Edgardo Moreno
Gabriel Macaya
Henning Jensen
Ineke Wesseling
Ingrid Aguilar
Jaime Fornaguera
Jorge Amador
José Joaquín Campos
José Marino Protti
José Zaglul
Juan Alberto Morales
Juan Diego Quesada
Juan Valdés González
Julio Mata
Maurizio Protti
Max Freund
Nathalie Valencia
Neville Clarke
Pedro León
Rodrigo Gámez
Rodrigo Zeledón
Walter Fernández

Integrantes del taller de diagnóstico en el área de Tecnología

Albán Sánchez
Alejandra Araya Marroni
Alejandro Cruz
Alexander Mora
Andrea Rivera Álvarez
Aurelia Garrido
Carlos Raúl Gutiérrez
Carmela Velázquez Carrillo
Dagoberto Arias Aguilar
Edgar Porras Thames
Eduardo Araya
Eduardo Valverde V.
Erick Mata Montero
Eva Maklouf
Fabián González
Giselle Tamayo
Ignacio Trejos Zelaya
Irina Katchan
Jorge Rodríguez Saenz
Juan Barrios A.
Marcelo Jenkins C.
Marco A. Salazar
Marta Valdez Melara
Otto Rivera Valle
Roberto Sasso
Román Macaya Hayes
Ronald Chang Díaz
Rosendo Pujol Mesalles
Tania López Lee
Vilma Villalobos

Integrantes de taller del diagnóstico en el área de Innovación

Agustín Fallas
Anabelle Ulate
Carlos Mora de la Orden
Carlos Palma R.
Emmanuel Hess
Eugenia Ferrete
Gaudy Solórzano Morera
Geovanny Castillo Artavia
Gerardo Porras
Guillermo Velásquez
Jeffrey Orozco Barrantes
John Hewitt
José Vega Baudrit
Juan Carlos Bermúdez Mora
Kattia Madrigal
Keynor Ruiz M
Luis Alonso Jiménez Silva
Marcelo Lebendiker
Mónica Jiménez Campos
Otto Rivera
Pablo Jenkins
Rafael Herrera
Randolf Steinvorth
Ricardo Monge González
Vanessa Gibson Forbes
Vera Gerner

Colaboración Especial:

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Siglas y acrónimos utilizados

ACAE	Asociación Centroamericana de Aeronáutica y del Espacio	ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
AFM	Atomic Force Microscope (Microscopio de fuerza atómica)	LACYM	Laboratorio de Análisis Clínicos y Moleculares
BID	Banco Interamericano de Desarrollo	LANOTEC	Laboratorio de Nanotecnología
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza	LIAP	Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias
CENAT	Centro Nacional de Alta Tecnología	MICIT	Ministerio de Ciencia y Tecnología
CIA	Centro de Investigaciones Agronómicas	MIDEPLAN	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica
CIB	Centro de Investigación en Biotecnología	OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
CIBCM	Centro de Investigaciones en Biología Celular y Molecular	PIB	Producto Interno Bruto
CIC	Colegio de Ingenieros Civiles de Costa Rica	PIET	Programa de Investigación en Enfermedades Tropicales
CIGEFI	Centro de Investigaciones Científicas	PNCTI	Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
CIGRAS	Centro para Investigación en Granos y Semillas	PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
CIPRONA	Centro de Investigación en Productos Naturales	PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
CITA	Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos	PTF	Productividad Total de los Factores
CONICIT	Consejo Nacional de Investigación en Ciencia y Tecnología	PEA	Población Económicamente Activa
CTI	Ciencia, Tecnología e Innovación	PREVENTEC	Programa de Información Científica y Tecnológica satelital al servicio de la prevención y mitigación de los desastres
CTP	Colegios Técnicos Profesionales	RCT	Registro Científico Tecnológico
I+D	Innovación y Desarrollo	SUTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones
I+D+i	Investigación, Desarrollo e Innovación	TD	Tecnologías Digitales
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura	UCR	Universidad de Costa Rica
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad	UNA	Universidad Nacional
IED	Inversión Extranjera Directa	UNESCO	Organización para la Educación, la Ciencia y la Cultura de Naciones Unidas
INA	Instituto Nacional de Aprendizaje		
INBio	Instituto Nacional de Biodiversidad		
INISA	Instituto de Investigaciones en Salud		

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	7
CAPÍTULO 1	9
CONTEXTO	11
1.1 La Ciencia, Tecnología e Innovación en Costa Rica	11
1.2 ¿Por qué invertir en Ciencia, Tecnología e Innovación?	14
1.3 ¿Por qué invertir en recursos humanos de alto nivel?	15
1.4 Capacidad Institucional	16
CAPÍTULO 2	19
METODOLOGÍA	21
2.1 Proceso de Consulta	21
CAPÍTULO 3	23
ESTADO DE ARTE: ÁREAS PRIORITARIAS	25
3.1 Ciencias de la Tierra y el Espacio	26
3.2 Nanotecnología y nuevos materiales	34
3.3 Biotecnología	40
3.4. Capital Natural	48
3.5. Salud: Enfermedades Emergentes	53
3.6. Energías Alternativas	57
3.7. Tecnologías Digitales	62
CAPÍTULO 4	69
ESTRATEGIA, OBJETIVOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN	71
4.1 Estrategias	71
4.2 Consideraciones y desafíos	78
4.3 Indicadores de estrategias	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	88
Anexo 1. Metodología utilizada en la técnica de Juicio Grupal Ponderado	88
Anexo 2. Especialistas involucrados en los documentos de las áreas prioritarias	88

PRESENTACIÓN

El Plan Nacional de Desarrollo “María Teresa Obregón Zamora” 2010–2014 (PND), incluyó un eje sobre Competitividad e Innovación con miras a forjar una visión de desarrollo más competitiva, mejor conectada con la dinámica global, en la cual el Estado asuma un rol más dinamizador de la productividad, el crecimiento económico y el desarrollo humano sostenible, articulando su quehacer con el sector privado y la sociedad civil. El PND propone así la construcción de una sociedad cuya prosperidad esté basada en el talento, el conocimiento y la capacidad innovadora de la población, mediante inversiones en el capital humano, atracción de mayores inversiones productivas y el incremento de la eficiencia.

De esta manera, el presente Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011–2014, pretende constituirse en una herramienta de análisis prospectivo, catalizada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT) que procura integrar en un solo esfuerzo interinstitucional e intersectorial, el mandato establecido en el PND y en la Ley N° 7169 “Ley de promoción del desarrollo científico y tecnológico”.

El Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación establece un conjunto de líneas estratégicas y metas definidas y articuladas con las necesidades mínimas, requeridas para incrementar la incorporación del conocimiento e innovación en la producción y en los servicios a la sociedad.

Para la formulación de este documento, el MICIT recibió el apoyo de un grupo de más de cien profesionales de alto nivel, que definieron un marco de acción en el cual se tomó en consideración las prioridades acordes con el desarrollo del país y las propuestas de diversos actores públicos y privados. De este ejercicio se desprenden siete ejes temáticos denominados áreas estratégicas. Estas siete áreas estratégicas son: ciencias de la tierra y el espacio, nuevos materiales, biotecnología, capital natural, salud (enfermedades emergentes), energías alternativas y tecnologías digitales. La selección de estas áreas responde a la valoración y consenso de prioridades, discutidas y acordadas según la metodología del juicio grupal ponderado utilizada para el proceso.

El Plan presenta una serie de estrategias orientadas a fortalecer capacidades nacionales, apoyar el capital humano de alto nivel, la apropiación social de la ciencia y el fomento de las vocaciones y el fortalecimiento del marco institucional.

El diseño general del Plan, la supervisión de los trabajos de los diferentes especialistas participantes y la compilación del informe final integrado ha estado a cargo del MICIT, bajo la dirección de la ex Ministra Clotilde Fonseca y el Viceministro Rowland Espinosa, junto con el apoyo estrecho del CONICIT, Estrategia Siglo XXI, la Academia Nacional de Ciencias y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

El presente documento se estructura en primer término, a partir de una explicación de su naturaleza y el diagnóstico general de la ciencia, tecnología e innovación en Costa Rica. En el segundo y tercer capítulo, se presentan las razones que condujeron a la selección de las siete áreas y la metodología utilizada, así como su detallada explicación; y seguidamente en el capítulo 4 se esbozan las líneas estratégicas y metas propuestas, con el fin de mejorar el nivel de desarrollo del país basado en el desarrollo humano sostenible y una mayor competitividad.

En consecuencia, este Plan pretende constituirse en el eje central en torno al cual confluyan ejercicios complementarios y más detallados de planificación, sustentados en un enfoque estratégico que abarque un conjunto seleccionado de programas y proyectos clave.

Alejandro Cruz Molina
Ministro



CAPÍTULO 1

LA CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN COSTA RICA

Foto: Visualización al microscopio

CAPÍTULO 1 CONTEXTO

1.1 La Ciencia, Tecnología e Innovación en Costa Rica

La promoción y desarrollo de la ciencia, la tecnología, la innovación y la competitividad corresponden a uno de los ejes principales del Plan de Gobierno 2010-2014. Este Plan dedica un capítulo al conjunto de medidas de política destinadas a fortalecer el Sistema Nacional de Innovación.¹ De esta manera se responde a la problemática señalada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en el diagnóstico desarrollado para la construcción del Plan de Gobierno 2010-2014, y

el cual resalta que la histórica fragmentación del Sistema Nacional de Innovación costarricense, ha conspirado en contra de una mayor inversión en el Sector de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI).² Debido a esta limitación, el volumen de recursos movilizados por el país para apoyar el desarrollo de la CTI ha permanecido estancado a lo largo del tiempo y las capacidades institucionales de implementación de programas de apoyo se encuentran seriamente subdesarrolladas.

Recuadro N° 1. CTI en Costa Rica de acuerdo con el Informe de las Ciencias de la UNESCO, 2010

- En los últimos años Costa Rica se ha convertido en uno de los principales productores de tecnologías de la información en la región. Principalmente, desde la llegada de Intel en 1998, posteriormente otras compañías multinacionales se instalaron, generando alrededor de 100 000 empleos (directos e indirectos) y dedicando alrededor del 12% de su presupuesto a la Investigación y Desarrollo.
- Sin embargo, faltan vínculos entre las empresas y las universidades (produciéndose aún investigaciones desde y para las propias empresas y realizando investigaciones de manera marginal algunas universidades, organismos internacionales y fundaciones).
- La producción de tecnología está orientada principalmente a la exportación, siendo competitiva por el alto nivel de calificación de la mano de obra, debido a las políticas educativas sostenidas por décadas en el país. Casi todos los profesionales del sector tienen grados universitarios, aunque la proporción de profesionales con Maestrías y Doctorados es relativamente baja.

Fuente: UNESCO. Science Report 2010: The Current Status of Science around the world. 2010.

Como resultado, el comportamiento nacional en CTI presenta un marcado deterioro a lo largo del tiempo, no solo en relación con los países que constituyen la frontera tecnológica, sino también en relación con el resto de América Latina y el desempeño esperado para Costa Rica, dado el nivel de desarrollo que presenta en la actualidad.³

La entrada de India y China a los mercados mundiales implica que el país no puede seguir compitiendo con base en el costo de la mano de obra.

Necesita imperiosamente incrementar su productividad.⁴

1 Un Sistema Nacional de Innovación se entiende como una red de instituciones de los sectores público y privado, cuyas actividades y acciones inician, modifican y difunden innovaciones (Freeman, 1987).

2 Banco Interamericano de Desarrollo (2010). Nota Técnica sobre el Sistema Nacional de Innovación de Costa Rica. División de Ciencia y Tecnología, Banco Interamericano de Desarrollo.

3 Crespi, Gustavo (2010). Nota Técnica sobre el Sistema Nacional de Innovación de Costa Rica. División de Ciencia y Tecnología, Banco Interamericano de Desarrollo; Vestergaard, Jakob (2008). A Strategy for Innovation and Sustainable Development in Costa Rica. Research Report. Copenhagen. Copenhagen Business School; Sierra, Pedro (2007): "Estudio sobre el sistema de incentivos públicos a la innovación en Costa Rica". Banco Interamericano de Desarrollo.

4 ¿Cómo mejorar el crecimiento económico de Costa Rica mediante mejoras en la competitividad e innovación? Propuesta del Gobierno de Costa Rica, 2010-2014.

Por esta razón, el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 (PND) ha colocado en una posición central el problema del bajo crecimiento económico y en particular, la baja productividad de la economía nacional.

De esta manera, el PND ha definido competitividad e innovación como una de las áreas de trabajo críticas para los próximos cuatro años.⁵ Dentro de esta área se han definido cuatro ejes programáticos críticos. Siendo el primero el relacionado con capital humano e innovación.

Recuadro N° 2. Situación actual CTI en Costa Rica

- 1980-2010: Valores de I+D han sido menores al 1% del PIB, oscilado entre 0,2% y 0,4% del PIB.
- Costa Rica debería estar invirtiendo en I+D al menos 0,9% del PIB.
- La inversión en I+D da empleo a 0,4 de los investigadores cuando debería ser al 1,3 de los investigadores por cada 1000 habitantes.
- La tasa de retorno social de la inversión en I+D es de aproximadamente un 40%, lo que significa que es alrededor de cuatro veces mayor a la tasa de retorno de capital. Por lo tanto, la tasa óptima de inversión social en I+D para Costa Rica debería estar en niveles de alrededor del 1,6% del PIB (Hall et al., 2009).
- Principales factores que limitan la realización de esta inversión: falta de capital humano, falta de financiamiento, bajo nivel de protección a la propiedad intelectual y falta de competencia.
- Durante el período 1999-2008 se invirtieron, por concepto de fondos concursables, un total acumulado de US\$9,6 millones, generando un sistema poco desarrollado, que a pesar de su esfuerzo no ha incentivado el aumento en la inversión en innovación del sector privado.
- Para el caso de la inversión en innovación, se requiere un incremento significativo de la inversión que lleve a valores de al menos 0,5-0,6% del PIB durante los próximos 3 o 4 años.
- Según Rouvinen (2002) el gasto en I+D explica en buena medida los cambios en la Productividad Total de los Factores (PTF) de un grupo de 15 países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD). Este autor plantea que un aumento del 10% en la inversión nacional en I+D se transforma en un incremento del 0,7% en la PTF.

Fuente: Crespi, G. Nota Técnica sobre el Sistema Nacional de Innovación/COSTA RICA. Una Contribución al Diálogo de Políticas Públicas, entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). BID. Mayo 2010.

En este contexto, se ha planteado la necesidad de avanzar en la incorporación del conocimiento a los sectores productivos y de servicios que constituyen la actual base productiva del país, así como en la creación de nuevas empresas y en el estímulo de sectores intensivos en conocimiento. Inclusive, el Plan de Gobierno señala diversas propuestas orientadas a fortalecer la inversión en investigación y desarrollo, promover la innovación empresarial, los vínculos entre los centros de investigación y las actividades productivas y, muy especialmente, al establecimiento de un ecosistema que apoye y estimule el emprendimiento.

En el mencionado diagnóstico realizado por el BID, se señala que la evidencia empírica internacional muestra una correlación estable y

duradera entre las inversiones en innovación y el crecimiento de la productividad de los países; por lo tanto, la relación de causalidad va de la innovación hacia mayor productividad y crecimiento, y no al revés. Para el caso del análisis de tasas de retorno se indica que la rentabilidad de Costa Rica por invertir en I+D es bastante alta; por lo mismo, se puede inferir que sus valores actuales están por debajo de lo socialmente óptimo.

Los siguientes cuatro factores: falta de capital humano, falta de financiamiento, bajo nivel de protección a la propiedad intelectual y falta de competencia, se identificaron como elementos que estarían limitando la inversión en I+D. Por esta razón se deben eliminar las barreras que los frenan para que el país alcance en el corto plazo un nivel de inversión de

5 Las otras tres áreas son: bienestar social y familia, ambiente y seguridad.

un 0,5% del PIB, mientras logra un nivel esperado de inversión de 0,9-1% del PIB, valor adecuado según el grado de desarrollo actual del país.

Como ya lo propone el documento de Estrategia Siglo XXI, el país puede tener como período de “puesta al día” para el desarrollo, el lapso 2006-2015, buscando alcanzar en el 2015, junto con las metas de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) de Naciones Unidas, el anunciado 1% del PIB para I+D+i.

Las razones que explican el estancamiento de Costa Rica en inversión en I+D no son del todo claras, aunque se podrían entrever comparando las formas de actuar locales respecto a las de países que se desarrollaron rápidamente como Corea del Sur, Singapur o Finlandia. Algunas de las causas identificadas incluyen el hábito cultural costarricense de invertir reactivamente y no prospectivamente, la ausencia de una estrategia clara sobre prioridades de inversión, el escaso reconocimiento de la importancia de la innovación y la baja percepción del retorno económico de invertir en ciencia y tecnología.

Así por ejemplo, el nivel de rezago del sistema de educación superior costarricense, comparado con los estándares internacionales, presenta limitaciones en términos de cobertura, calidad y productividad, lo que da origen a importantes retos por superar para su mejoramiento. Según datos de la UNESCO, en Costa Rica el porcentaje de jóvenes matriculados en la universidad, respecto a aquellos de su edad correspondiente, es del 24%. Esto representa una seria limitante para el desempeño de los diferentes sectores productivos del país, debido al escaso número de profesionales disponible con educación terciaria que se requerirán en el mediano plazo.

Aún más alarmante es el hecho de que solamente un 13% de la matrícula universitaria total se ubica en carreras relacionadas con las ciencias o las ingenierías, lo que también restringe las posibilidades de crecimiento de las empresas de base tecnológica y la atracción de inversión extranjera directa en este sector estratégico.⁶ Otro ejemplo concreto es el reducido

número de investigadores en jornada de tiempo completo por cada 1000 integrantes de la Población Económicamente Activa (PEA), que para el caso de Costa Rica es de 0,53 (16% con doctorado), mientras que en Corea del Sur es de 9,36 investigadores. Así mismo, el número de artículos científicos publicados durante el año 2008, según la base de datos SCOPUS, fue de 440 publicaciones para nuestro país, en contraste con los 44 126 artículos de los asiáticos (100 veces más). Esta escasez de investigadores y su baja productividad, en términos de cantidad y calidad, permiten explicar el porqué solamente una universidad costarricense se ubica dentro de las 500 mejores universidades del mundo, y ninguna de ellas dentro de las primeras 250.

Un reciente reporte de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología, que compara los diferentes programas de apoyo a la CTI de varios países de la región, posiciona a Costa Rica entre los últimos lugares. Esto no hace sino confirmar lo dicho anteriormente: el Sistema de CTI se encuentra estancado en Costa Rica, fruto de años de subinversión en el sector.

Por otra parte, si se observa la situación de Costa Rica en relación con los indicadores de desarrollo establecidos por el Banco Mundial, se aprecia que las áreas en las que el país tiene mayor rezago son precisamente las relativas a la inversión en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB, número de investigadores por millón de habitantes, producción de artículos científicos, número de patentes, protección de la propiedad intelectual, desarrollo de clústeres que permitan la especialización y la innovación, así como la calidad de la educación en ciencias y matemáticas, para citar solo algunos de los casos más críticos.

Se ha demostrado que la realización de un conjunto de acciones bien orientadas en ciencia y tecnología, contribuyen a generar mecanismos que también favorecen el combate a la pobreza, mediante la generación de nuevos empleos especializados y de calidad que se presentan con el desarrollo económico y social del país. Un claro ejemplo de ello sigue siendo Corea del Sur, país que a mediados de los años setenta tenía un ingreso medio per cápita inferior a los 278 dólares; sin embargo, por las

6 Rojas Jiménez, K. (2011). ¿Por qué invertir en I+D?. Ministerio de Ciencia y Tecnología. San José, Costa Rica.

decisiones tomadas, actualmente es un país desarrollado con un ingreso medio per cápita de más de 18 000 dólares.⁷ La clave para este avance de Corea del Sur ha sido la creación de las condiciones necesarias para el desarrollo científico, de manera que la ciencia y la tecnología se han visto transformadas en patentes y otras formas de uso restringido y han sido utilizadas para dinamizar la competencia en el mercado. Esto sin dejar de lado la importancia de la integración de cadenas productoras de bienes y servicios que equilibren la participación de pequeñas y grandes empresas, generando empleo y aumentando el valor agregado en la economía, todo ello aunado al estímulo y fomento de la tecnología.

Sin embargo Costa Rica, cuya inversión en I+D es baja (menos del 0,4% del PIB) y donde el 65% lo aporta el sector público y 35% el sector privado, todavía no ha puesto en práctica esta consigna. Esto se contrapone con el modelo de los países en desarrollo que invierten más de un 2,5% de su PIB en I+D con una participación del sector privado de al menos dos terceras partes. Así, utilizando el mismo país como ejemplo, el gobierno de Corea del Sur invierte 3,21% de su PIB en I+D, de lo cual un 75% proviene de la participación del sector privado y no del sector público.⁸

Estas diferencias, en cuanto a la magnitud del aporte y la orientación de intereses de parte del sector privado, podrían ser las responsables de que en Costa Rica, en el 2008 —según datos de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual— se solicitaran solamente 879 patentes, de las cuales solamente el 5% fue realizado por nacionales. Por su parte, Corea del Sur hizo 170 632 solicitudes, de las cuales 75% fue efectuado por residentes de ese país.⁹ De esta manera se evidencia que la contribución de la ciencia y la tecnología en el desarrollo económico y social, no implica solamente la investigación científica, es necesaria además una estrategia integral que ligue la investigación al desarrollo industrial, al aumento y mejoramiento de las capacidades humanas, así como a la asimilación activa de la tecnología.¹⁰

Como suele ocurrir en los períodos de contracción fiscal, las urgencias y los problemas inmediatos tienden a invisibilizar las necesidades más apremiantes para construir un futuro más promisorio. Futuro que debe contar hoy con inversiones oportunas en ciencia y tecnología, de lo contrario no se podrá fortalecer la ruta al desarrollo ni combatir la pobreza con la efectividad y la urgencia que se requiere. Igualmente sería difícil aumentar la inversión extranjera y el valor agregado de las exportaciones.

Por todo lo anterior se debe atender con inmenso cuidado y visión de futuro la forma en que se toman las decisiones relativas a este sector. En esto se incluye la necesidad de contar con un adecuado marco institucional y con políticas de apoyo a la ciencia, tecnología e innovación, lo que posiblemente sea la principal restricción inmediata que enfrenta el país.

De manera consecuente con esta visión, se establece en Costa Rica el Consejo Presidencial de Competitividad e Innovación, mediante el decreto N° 36024 del 11 de mayo 2010, que es sin duda un importante paso hacia la resolución de las falencias del marco institucional que afectan al Sistema Nacional de Innovación del país. Como parte de esta iniciativa, los diversos sectores del Poder Ejecutivo están llevando a cabo un esfuerzo notable de priorización e identificación de ejes programáticos.

1.2 ¿Por qué invertir en Ciencia, Tecnología e Innovación?

- Las actividades de I+D permiten el avance y difusión de los conocimientos científicos, la creación de nuevas especialidades y la adquisición de conocimiento tácito. Este último se deriva de la experiencia de realizar investigación y no puede ser transmitido mediante palabras o símbolos,

7 Banco Mundial (2003). *Construir Sociedades del Conocimiento: Nuevos desafíos para la educación terciaria*. Washington. 244 p.

8 *Ibidem*.

9 *Ibidem*.

10 Viniestra, G. y Viniestra, C. *¿Contribuyen la Ciencia y la Tecnología a abatir la pobreza?* En: *Revista Ciencias*, octubre 2010, p. 48-54.

pero constituye un bien intelectual fundamental para poder entender y adaptarse a los avances científicos y tecnológicos.

- La aplicación del conocimiento propicia el desarrollo de nuevas tecnologías que pueden convertirse en innovaciones de procesos, productos o servicios y como tales, sujeto de protección intelectual.
- El establecimiento de nuevas líneas de investigación, desarrollo e innovación en las empresas conduce a la diversificación productiva, aumentos de la eficiencia, disminución de costos, atracción de fuentes alternas de inversión, creación de empresas derivadas (spin-off) y acceso a nuevos mercados. No menos importante sería el establecimiento de Parques Científicos y Tecnológicos, los cuales constituyen hoy en día una modalidad empresarial que acelera el desarrollo en CT y la incorporación de valor agregado en bienes y servicios.
- Durante la realización de proyectos de I+D, se establecen nuevas capacidades por medio de la formación y capacitación de profesionales, la adquisición de infraestructura y el desarrollo de servicios que, posteriormente, estarán disponibles para otros sectores.
- Las actividades de I+D permiten a las instituciones estar a la vanguardia dentro de sus respectivos campos, lo que generalmente incrementa su prestigio y credibilidad.
- Investigación y desarrollo tienen un aporte significativo a la solución de problemas sociales y ambientales, así como al mejoramiento de la calidad de vida de la población.
- La experiencia internacional indica que existe una correlación positiva entre el nivel de incentivos a la I+D+i y la proporción del aporte del sector privado a estas actividades. En los países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), donde existen estos incentivos, la inversión del sector privado en I+D alcanza en promedio un 1,65% del PIB y en países como

Finlandia, Singapur, Corea del Sur o Estados Unidos representa más de un 70% de la inversión total. En Latinoamérica, algunos países han optado por esta estrategia para superar la heterogeneidad de su sector productivo y aumentar la competitividad de sus países. A modo de ilustración, se presentan los montos destinados por otros países latinoamericanos para este rubro (datos 2009-2010): Argentina: 362 millones de USD; Chile: 328 millones de USD; Colombia 47,3 millones de USD; Uruguay: 25 millones de USD; Brasil 1600 millones de USD.

Si bien es posible que los resultados no se vean inmediatamente, en el mediano plazo los efectos positivos hablarán por sí mismos, alcanzando no solo el ámbito económico sino también el social y ambiental.

1.3 ¿Por qué invertir en recursos humanos de alto nivel?

Los perfiles más calificados tienen mayor empleabilidad y mayores ingresos por salario, lo que contribuye al presupuesto nacional con una base tributaria más amplia.

Estos perfiles usualmente tienen un mayor número de externalidades positivas, definidas como los beneficios que obtienen las personas que están a su alrededor. Por ejemplo, los científicos mejor formados tienen un mayor efecto diseminador del conocimiento mediante la formación de otros profesionales, asesorías, capacitación, dirección de tesis y publicación de artículos.

La reincorporación de estos profesionales luego de su período de especialización, normalmente conlleva la modernización en las líneas de I+D en las instituciones y empresas, que posteriormente se traducen en aumentos de la productividad y la innovación.

La existencia de perfiles altos dentro de las instituciones, contribuye al desarrollo de las propias instituciones, debido tanto al uso de sus vínculos directos como a sus efectos secundarios en la conformación de redes. Hoy en día es usual que los directores de instituciones públicas y privadas tengan el grado de doctorado.

La disponibilidad de recursos humanos altamente calificados en el país es un factor clave que se toma en cuenta para la atracción de inversión extranjera directa, especialmente en sectores tecnológicos de punta. El contar con personal con mayores destrezas confiere mayor flexibilidad a las instituciones y facilita la adaptación ante los cambios.

De acuerdo con Monge y González (2007)¹¹ una década después de iniciadas las operaciones de Intel en Costa Rica, se ha demostrado ampliamente que la inversión en capital humano realizada por el país posibilitó la ubicación, crecimiento y consolidación de esta importante empresa, cuyos bienes y servicios están basados en el conocimiento científico y tecnológico.

De esta manera, los principales beneficios de Intel recibidos por el país, se refieren a:

- Posicionamiento estratégico de Costa Rica en atracción de Inversión Extranjera Directa (IED) y su efecto generador de empleo.
- Contribución al crecimiento de oportunidades de empleo para más de 4 000 personas.
- Contribución significativa a la mejora de la balanza de pagos del país.
- Y no menos importante, la contribución decisiva de INTEL al mejoramiento de la educación desde el nivel preescolar hasta el universitario, en asocio con el sistema educativo de Costa Rica.

Los resultados de contar en el país con recursos humanos altamente calificados, así como una mayor inversión en I+D, tendrán efectos seguros en cuanto al aumento de la competitividad y desarrollo socioeconómico del país. Es urgente moverse en esta dirección cuanto antes.

1.4 Capacidad Institucional

La implementación de una estrategia de acción por parte del MICIT va a requerir como paso inmediato, el mejoramiento de los mecanismos de financiamiento a la CTI. En la actualidad los dos mecanismos principales de financiamiento existentes aparecen regulados por dos marcos legales: la Ley 7169 (Fondo de Incentivos) y la Ley 8262 (Fondo PROPYME).

Sin embargo, en ambos casos, la implementación ha derivado en instrumentos complejos, no claramente alineados con los problemas y con muy poca sinergia entre ellos. La razón es que estos fondos han operado bajo el sistema de libre oferta-demanda, lo que ha provocado un efecto “dispersor” de los esfuerzos impidiendo así la asignación de los recursos según un planeamiento estratégico que tome en cuenta temas y proporciones para cada uno de los instrumentos.

Esto claramente apunta a la existencia de fuertes desbalances entre objetivos, diseño y procesos de implementación de instrumentos financieros, como también a la existencia de notables brechas en su configuración. Por ejemplo, los mecanismos creados por los marcos legales antes mencionados, no contemplan la implementación de programas en consorcio con otros sectores –universidad-empresa y viceversa–, programas que deberían ser la piedra angular de programas tecnológicos transversales como los que el Gobierno costarricense requiere implementar.

11 Monge, Ricardo y González, Carlos (2007). *The role and impact of MNCs in Costa Rica on skills development and training: The case of Intel, Microsoft and Cisco*. CAATEC. 42p.

Recuadro N°3. Benchmarking de proyectos en consorcio

Los casos de países exitosos de “catching-up” como Chile, Finlandia e Israel, entre otros, resultan de referencia para Costa Rica en términos de lecciones aprendidas ya que han experimentado con diversos instrumentos y mecanismos de financiamiento al momento de abordar desafíos similares a los que hoy enfrenta el país.

En efecto, conducidos por el convencimiento de la centralidad de la innovación en el fortalecimiento de la economía, los mencionados países impulsaron múltiples reformas sucesivas de los mecanismos de incentivos y pusieron en funcionamiento nuevos programas e instrumentos que hoy pueden servir de ejemplo, con las adaptaciones necesarias, para su asimilación por parte del nuevo gobierno de Costa Rica.

Fuente: Crespi, G. Nota Técnica sobre el Sistema Nacional de Innovación/Costa Rica. Una Contribución al Diálogo de Políticas Públicas entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). BID. Mayo 2010.

De esta manera, y en respuesta al esfuerzo realizado por el MICIT, el actual Gobierno está recibiendo una cooperación técnica por parte del BID y del Banco Mundial, con el fin de poder identificar las principales falencias de diseño que presenta el sistema actual de instrumentos de apoyo a la CTI, y proponer recomendaciones para su rediseño de manera que faciliten en particular, la implementación de los programas de acción de las áreas prioritarias identificados por el MICIT. Indudablemente este proceso ha de incluir un incremento sustancial en el volumen de recursos movilizados hasta la fecha para este sector.



CAPÍTULO 2



METODOLOGÍA

Foto: Procesamiento de piel humana para cultivo in vitro de células

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

2.1 Proceso de Consulta y Definición de Prioridades

La Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) en conjunto con políticas integrales, representan para cualquier país la clave hacia el desarrollo. No obstante, estas políticas deben estar orientadas hacia las necesidades y fortalezas del país, para cuya definición es estrictamente necesario generar un proceso ordenado y sistematizado que permita identificar y delimitar las áreas prioritarias de cada sector.

Dentro de este contexto, el Ministerio de Ciencia y Tecnología en colaboración con el Programa Estrategia Siglo XXI, la Academia Nacional de las Ciencias, y el Consejo Nacional de Investigación en Ciencia y Tecnología (CONICIT), entre otros, ha venido realizando desde junio del 2010, un amplio ejercicio de consulta con los diferentes actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Costa Rica, con el fin de establecer las prioridades en materia de CTI.

Este proceso ha permitido conocer de manera directa, mediante foros virtuales y presenciales, la visión de más de 100 especialistas, que han identificado las fortalezas y retos que enfrenta el desarrollo de la CTI en el país, como base para construir de manera conjunta un Marco de Acción Prioritaria.

Esta consulta ha sido pensada como un instrumento de amplia participación al que han sido invitados además de investigadores y tecnólogos, otros protagonistas de la sociedad como cámaras empresariales, profesionales, expertos y líderes sociales.

Los aspectos metodológicos utilizados para la definición de las prioridades buscaron crear un espacio de diálogo con los principales actores del sector, con el fin de conocer sus intereses y concretar una visión compartida del futuro de la ciencia, tecnología e innovación en

Cosa Rica, así como contar con un marco de referencia para ubicar al país en el contexto regional e internacional.

La metodología utilizada consistió en la realización de foros de expertos en cada una de las áreas temáticas definidas: Ciencia, Tecnología e Innovación. En estas reuniones se utilizó la técnica de Juicio Grupal Ponderado (ver Anexo 1) para la evaluación cualitativa y la toma de decisiones, método aplicable a contextos que enfrentan problemas calificados como no específicos por las disciplinas relevantes. Se emplea para desarrollar las prioridades que deben ser consideradas por los planificadores en la formulación de proyectos.

Este ejercicio permitió recopilar las recomendaciones, necesidades y preferencias en cada uno de los sectores, establecer un proceso de priorización para reducirlas a las más esenciales y producir una estadística simple y significativa de esas prioridades. Producto de esta etapa se generaron 30 acciones prioritarias (10 por cada sector).

Posteriormente mediante una puesta en común con los actores participantes, se realizó una síntesis, retroalimentación y validación del proceso, que culminó con la identificación de siete áreas programáticas de intervención, a saber:

- Ciencias de la Tierra y el Espacio
- Nanotecnología y Nuevos Materiales
- Biotecnología
- Capital Natural
- Salud: Enfermedades Emergentes
- Energías Alternativas
- Tecnologías Digitales

Para cada una de estas siete áreas, se hizo un intenso diagnóstico de la situación del país, principales actores, nivel de desempeño así como las principales acciones que se deben tomar para impulsarlas. Dicho diagnóstico se plasma en el estado de arte respectivo en el Capítulo 3 del presente documento.

Es importante enfatizar que las mencionadas áreas programáticas tienen como característica relevante su transversalidad, en el sentido de que su difusión impacta la competitividad de numerosos sectores productivos.



CAPÍTULO 3



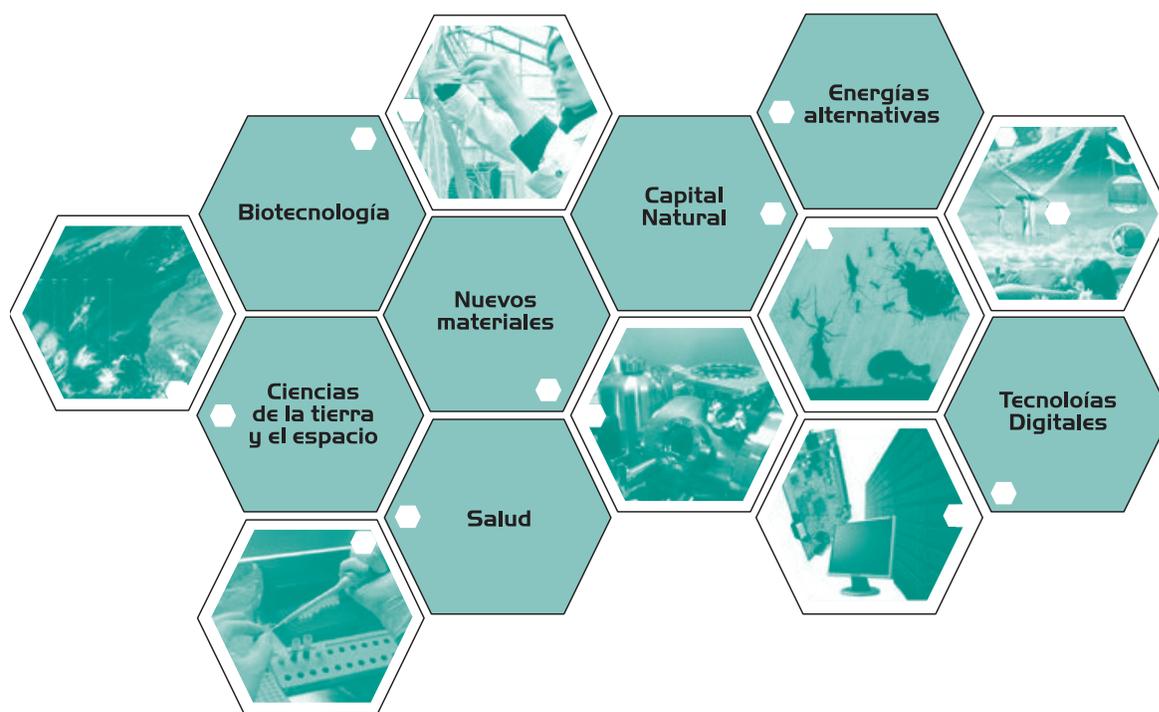
ESTADO DE ARTE: ÁREAS PRIORITARIAS

Foto: Ojos de mariposa, microfotografía

CAPÍTULO 3 ESTADO DE ARTE: ÁREAS PRIORITARIAS

Una visión estratégica de la Ciencia, Tecnología e Innovación

Este apartado resume los resultados de las consultas previas y posteriores a la selección de áreas estratégicas, acerca de la ciencia, la tecnología y la innovación en Costa Rica y presenta un estado de arte para cada una de las siete áreas prioritarias. Para la redacción de este capítulo se contó con la colaboración de diferentes expertos que participaron a lo largo de todo el proceso, los cuales se mencionan en el Anexo N° 2.



Los documentos mantienen la misma estructura de presentación, que resume los siguientes aspectos:

- Introducción/Concepto de trabajo
- Relevancia para el país
- Desempeño general
- Requerimientos específicos por área

3.1 Ciencias de la Tierra y el Espacio

3.1.1 Introducción

El área de Ciencias de la Tierra y el Espacio incluye disciplinas que estudian los procesos físicos y químicos que ocurren en el planeta así como en el universo. En Costa Rica, las principales áreas de trabajo en ciencias de la tierra incluyen:

- Ciencias Geológicas (Tierra Sólida)
- Ciencias de la Atmósfera
- Oceanografía Física
- Hidrología

En el campo de ciencias del espacio se realizan actividades en las siguientes áreas relacionadas con la astrofísica:

- Cosmología
- Entes Estelares Compactos
- Física de Plasmas
- Astrofísica Solar
- Radioastronomía Solar

3.1.2 Relevancia para el país

Ciencias de la tierra: Su relevancia para el país está en función de la importancia de los **recursos naturales** (energéticos, mineros, hídricos, suelos) y de la gestión del riesgo, que comprende el estudio de las amenazas naturales (procesos geológicos y atmosféricos) y también el **ordenamiento del territorio** en función de éstas y del uso de los recursos naturales. Además, por su ubicación geográfica y orografía, Costa Rica constituye un laboratorio natural, pues posee gran número de volcanes y actividad sísmica, costas y aguas territoriales en el Océano Pacífico y en el Mar Caribe, variabilidad climática y cuencas hidrográficas.

A nivel internacional el cambio climático y el recurso hídrico son considerados prioritarios y sumamente relevantes, sin embargo a nivel nacional estas áreas requieren un apoyo mucho mayor.

Temática Espacial: El desarrollo de las ciencias del espacio y sus tecnologías asociadas es todavía incipiente en Costa Rica. Por lo que el tratamiento de esta temática se limita a fortalecer y propiciar acciones (nuevas y en marcha) que impulsen la Industria Aeroespacial.

El Gobierno de Costa Rica se ha comprometido a impulsar la industria aeroespacial costarricense, con el objetivo de que sea un motor para la economía y una fuente de generación de empleos de alta calidad, logrando así una sociedad más innovadora y emprendedora.

Por esta razón, en mayo del año 2010 el Gobierno, mediante el Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto, inició un proyecto para impulsar y apoyar iniciativas de inversión, investigación y capacitación que permitan desarrollar la industria aeroespacial costarricense, así como para promover la conformación de un clúster aeroespacial a nivel centroamericano.

De esta manera, el 24 de julio del 2010 se realizó en la ciudad de Liberia el evento de lanzamiento del “Programa Nacional de Desarrollo Aeroespacial e Integración de la Región Centroamericana en la Generación de Nuevas Tecnologías”. El objetivo de esta actividad fue realizar un primer encuentro entre representantes de gobierno, empresarios y jóvenes centroamericanos. En este encuentro se les planteó la iniciativa del Gobierno costarricense de conformar un clúster aeroespacial centroamericano y se les invitó a incursionar en la naciente industria costarricense.

Se contó con la presencia de más de 120 personas, entre ellas los Ministros de Relaciones Exteriores de Guatemala y El Salvador, representantes diplomáticos de varios países centroamericanos y de potencias en materia espacial como Estados Unidos y China. Así mismo se firmó un convenio de cooperación con el Sistema de Integración Centroamericano (SICA), el cual permitirá integrar esfuerzos en este campo y financiar el proyecto DAEDALLUS de la Asociación Centroamericana de Aeronáutica y del Espacio (ACAE), que consiste en la construcción de un globo aeroestático, capaz de medir variables atmosféricas, captar imágenes y marcar su ruta de navegación.

3.1.2.1 Recursos con que cuenta el país

a) Recursos humanos

En el país se cuenta con la siguiente estimación de número de graduados universitarios que compete a esta área:

Área	Cantidad
Ciencias Geológicas	300
Ciencias de la Atmósfera	30
Oceanografía Física	8
Hidrología	8
Astronomía	1
Astrofísica	6

Los graduados trabajan en varias universidades públicas o empresas privadas. Hay que mencionar que existen científicos (alrededor de 3) que trabajan en Física de Plasmas, por ejemplo, en el TEC y la empresa Ad Astra Rockets que no fueron tomados en cuenta en la tabla mencionada. Algunos otros del área de geología, trabajan en la empresa privada.

b) Oferta académica

La Universidad de Costa Rica (UCR) es la única institución en América Central que ofrece grados académicos en Ciencias Geofísicas y en Ciencias de la Atmósfera; es reconocida por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) como Centro Regional de Formación Meteorológica con énfasis en los problemas físicos, químicos y dinámicos de las zonas tropicales.

En el campo de ciencias del espacio, actualmente no existen programas de Bachillerato en Astronomía y Astrofísica en América Central. Las únicas instituciones en la región que ofrecen Maestría en Astrofísica son la UNAH (Universidad Nacional Autónoma de Honduras) y la UCR. El Programa de Doctorado en Ciencias de la UCR es el único en la zona que permite realizar una tesis doctoral en Astronomía y Astrofísica.

**Cuadro N°1. Programas de Estudio
Universidad de Costa Rica**

Ciencias Geológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Bachillerato en Geología • Licenciatura en Geología • Posgrado Centroamericano en Geología, con maestrías en: 1) Hidrogeología y Manejo de Recursos Hídricos, 2) Gestión del Riesgo en Desastres y Atención de Emergencias • Doctorado en Ciencias
Ciencias de la Atmósfera	<ul style="list-style-type: none"> • Bachillerato en Meteorología • Licenciatura en Meteorología • Especialización de Posgrado en Meteorología Aplicada • Maestría en Ciencias de la Atmósfera • Doctorado en Ciencias
Hidrología	<ul style="list-style-type: none"> • Maestría en Geotecnia, Recursos Hídricos e Hidrogeología • Maestría en Hidrología • Doctorado en Ciencias
Astrofísica	<ul style="list-style-type: none"> • Maestría • Doctorado en Ciencias

c) Investigación

Cuadro N° 2. Investigación por Instituciones y temas

	UCR	Universidad Nacional (UNA)	Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)	Otras instituciones
Ciencias Geológicas	Geología Sedimentaria Sismología Geología de Campo y Tectónica Paleontología y Neotectónica Petrología y Petrografía Mineralogía Geoquímica y Geotecnia Hidrogeología Geomorfología Geofísica de Exploración Minería Núcleo UCR de Red Sismológica Nacional (RSN: ICE-UCR): Sismología, Vulcanología y Exploración Geofísica	Vulcanología Sismología Deformación tectónica Geoquímica volcánica Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI)	Núcleo ICE de la Red Sismológica Nacional (RSN: operada en conjunto con ICE-UCR): Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Arenal y Miravalles (OSIVAM), perteneciente al Área de Amenaza y Auscultación Sísmica y Volcánica	RECOPE, AYA, IMN, ITCR
Ciencias de la Atmósfera	Aplicaciones de satélites para efectos meteorológicos. Variabilidad climática y cambio global Radiación solar y planetaria Estructura y dinámica de nubes y tormentas Procesos de mesoescala y de escala sinóptica Modelación numérica Micrometeorología Química Atmosférica Interacción Atmósfera-Océano Ciencia Planetaria	Química Atmosférica Geoquímica y gases volcánicos Radiación solar y aplicaciones de la energía solar	Estudios meteorológicos aplicados al desarrollo de la energía en el país	IMN: Pronóstico del Tiempo Agrometeorología Hidrometeorología Variabilidad climática y Cambio Climático Meteorología Aeronáutica y Meteorología Marina ITCR: Variabilidad climática

Oceanografía Física	Pronóstico de Oleaje Mareas Modelación Numérica Sensores Remotos Interacción Atmósfera-Océano	Red de Observaciones de Nivel del Mar en América Central (RONMAC) Oceanografía Satelital Propiedades físicas y químicas Proyecto ARGO (Array for Real-time Geostrophic Oceanography)		IMN
Hidrología	Hidrogeología Hidrometeorología Variabilidad y cambios hidrometeorológicos Hidrología de superficie	Hidrología Ambiental	Hidrogeología, Estudios básicos	AyA, IMN
Astrofísica				ITCR Física de Plasmas

d) Laboratorios especializados

- **UCR:** Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas y el Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias (LIAP), como unidad de investigación de la Escuela de Física.
- **Centro de Investigaciones Espaciales (CINESPA):** cuenta con un Clúster de Computadoras para realizar cálculos complejos de procesos astrofísicos. Este será de gran ayuda para fomentar la investigación en esta área y otras, pues este clúster está al servicio de los académicos que deseen utilizarlo.
- **Planetario de la UCR** (Ciudad de la Investigación)
- **Observatorio de la UCR** (Ciudad de la Investigación)
- **Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias (LIAP) y Laboratorio de Astronomía y Astrofísica** (ambos Laboratorios parte de la Escuela de Física).
- **UNA:** Laboratorio de Química de la Atmósfera. Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero. Centro operativo del Instituto Internacional del Océano (IOI-Costa Rica). Laboratorio de Geoquímica y gases volcánicos del OVSICORI-UNA. El Laboratorio de Hidrología Ambiental. El Departamento de Física, al que pertenecen los laboratorios citados, realiza además investigaciones en radiación solar y aplicaciones de la energía solar.
- **Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET):** Dirección de Geología y Minas, que investiga en Ciencias Geológicas.

A nivel regional, en Costa Rica se ubican:

- La sede de la Oficina Subregional de la Organización Meteorológica Mundial para América Central, América del Norte y el Caribe, que colabora con los Servicios Meteorológicos y ofrece cooperación técnica en la región.
- La sede del Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH), organismo técnico intergubernamental del Sistema de Integración Centroamericana (SICA), especializado en meteorología, hidrología y recursos hídricos.

e) Actores importantes

Además del sector académico y el Ministerio de Energía, Ambiente y Telecomunicaciones (MINAET), otros actores son: Ministerio de Coordinación Interinstitucional, la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA), Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y varias ONG.

Dentro del sector empresarial, sobresale el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Otras empresas son: AGROPOZO S.A., Marina Papagayo Costa Rica, Geólogos Asesores Técnicos, Tecnoambiente Centroamericano S.A.

En cuanto a la Industria Aeroespacial, en Guanacaste se encuentra Ad Astra Rockets, empresa que investiga los cohetes de plasma tipo VASIMR. Así mismo, con el fin de coordinar acciones en esta temática, se creó el Consejo Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (CONIDA). Este órgano asesor, instaurado el 25 de julio del 2010 mediante el decreto Nº 36102-RE-MICIT, se encargará de diseñar las políticas necesarias para impulsar el desarrollo de esta industria. El CONIDA está presidido por el Ministerio de Ciencia y Tecnología y conformado por las siguientes instancias:

- Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto
- Ministerio de Ciencia y Tecnología
- Ministerio de Comercio Exterior
- Ministerio de Educación Pública
- El Instituto Nacional de Aprendizaje
- Asociación Estrategia Siglo XXI
- Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE)
- Sistema Bancario Nacional
- Asociación Centroamericana de Aeronáutica y del Espacio (ACAE)

3.1.3 Desempeño General

En el caso de Ciencias de la Tierra, se puede mencionar como fortalezas en el área de los recursos humanos que el personal es calificado y que los programas de estudio que se ofrecen en el país son de muy buena calidad. En cuanto a las debilidades se debe señalar que se requiere mayor recurso humano, especialmente de alto nivel, y en el tema de la infraestructura, que existe una gran necesidad de equipamiento en los laboratorios así como mayor espacio físico.

a) Riesgo de desastres y mitigación del cambio climático

Si bien las tendencias generales en el ámbito de los desastres naturales se han mantenido, los eventos hidrometeorológicos siguen teniendo un impacto significativo en aspectos sociales y económicos, sobre todo en las zonas de riesgo recurrente. Esta realidad ha llevado al planteamiento de nuevos estudios y formas de coordinación:

- La Universidad de Costa Rica por medio del programa PREVENTEC, y la Comisión Nacional de Prevención del Riesgo y Atención de Emergencias, realizaron en el mes de noviembre del 2010 el I Congreso Nacional de Desastres denominado: Grandes Desastres, y el II Foro Nacional de Gestión de Riesgos. La finalidad de estos eventos era lograr que la academia, el gobierno, la empresa privada, los gobiernos locales y la sociedad civil identificaran acciones y responsabilidades para reducir las vulnerabilidades del país y

que generaran propuestas para mejorar los procesos actuales de planificación, inversión pública y privada, prevención y gestión de desastres a mediano y largo plazo. Adicionalmente, dentro de este Congreso fue desarrollada una mesa de trabajo denominada promoción de la ciencia, tecnología y capacitación para la prevención, con resultados que evidencian la necesidad de avanzar en la frontera del conocimiento en esta temática.¹²

- MIDEPLAN inició un esfuerzo orientado a la sistematización y análisis de la información existente sobre los efectos económicos directos de los desastres entre 1988 y 2009, a fin de levantar una base de datos sobre impactos de fenómenos naturales y antrópicos, así como de incorporar la variable riesgo en los proyectos de inversión.
- A partir del 2009 se cuenta con un **Plan Nacional de Gestión del Riesgo 2010-2015**. Existe un Sistema de Alerta Temprana y una red conformada por diversas instituciones oficiales y los Comités Locales de Emergencia, coordinados por el Centro Nacional de Operaciones (COE). Además, se dispuso que la gestión del riesgo debe constituirse en un eje transversal del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. Ambas acciones recuerdan la necesidad adicional de consolidar el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo, aún en proceso¹³.

El **Plan de Recuperación hacia el Desarrollo**, a cargo del Ministerio de Coordinación Interinstitucional y la Comisión Nacional de Prevención del Riesgo y Atención de Emergencias, que encabeza un comité de coordinación entre diversas entidades, define cinco líneas de intervención: vivienda, infraestructura, ambiente, producción y empleo y servicios básicos, asegurando que no se reconstruya la vulnerabilidad y utilizando criterios que impulsen un desarrollo sostenible y seguro.

b) Recursos hídricos

En muy pocos años, el país ha experimentado un cambio de una situación de riqueza y abundancia en los recursos hídricos a un evidente estado de vulnerabilidad de este recurso. Uno de los principales factores responsables de este deterioro ha sido la deficiente educación formal e informal, la cual no ha promovido el uso eficiente e integral de los recursos hídricos. Igualmente, no se ha educado a la población para revertir el patrón de manejo de vertidos en las aguas superficiales sin responsabilidad social.

En el país los recursos hídricos son sujeto de una creciente demanda para usos domésticos, industriales así como para el sector turismo y agropecuario, que incluso ha sido razón de conflicto en las comunidades. Por otro lado, se carece de información suficiente sobre el estado, cantidad y calidad de los acuíferos que permita planificar, utilizar y tratar este recurso según las necesidades de los diversos sectores.

Este panorama se agudiza por los efectos previstos del cambio climático en la región, que indican que en los próximos años habrá un aumento en la temperatura y disminución en las precipitaciones, provocando aún mayor presión por el acceso al agua. Por lo tanto, las acciones que promuevan la ordenación integral de los recursos hídricos y la mejora de los mecanismos de suministro y tratamiento son fundamentales y así deben considerarse dentro de cualquier plan de ciencia y tecnología.

El capítulo “Armonía con la Naturaleza”, del XVI Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, en lo referente al manejo de los recursos hídricos, indica que a pesar de reportarse avances relativos en algunos aspectos, como la disponibilidad, el aprovechamiento y la disminución de la contaminación del agua, se requiere mayor regulación que agilice el esquema institucional relacionado con este recurso.

¹² PREVENTEC, UCR y Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. Congreso Nacional de Desastres y II Foro Nacional de Gestión del Riesgo. San José, Costa Rica. 22 y 23 de noviembre 2010.

¹³ *Ibidem*.

Proyectos interuniversitarios en el área

- Interacciones océano-atmósfera y la biodiversidad marina de la Isla del Coco, Costa Rica.
- Atenuación sísmica en el volcán Turrialba y su implicación para terrenos volcánicos y en generación de grandes deslizamientos.
- Efectos de las emisiones de gases volcánicos y la acidificación del medio de ambiente sobre la salud humana en las comunidades y los alrededores del volcán Turrialba.
- Estudio de la evolución geológica y petrológica del volcán Turrialba: implicaciones para la evolución volcánica de Costa Rica y prevención de riesgos volcánicos.
- Modelo de gestión ambiental para acueductos rurales y red de monitoreo de la calidad del agua.
- Metodología para el desarrollo de un modelo de predicción de la calidad del agua basado en parámetros poblacionales y del entorno.

Uno de los principales desafíos es la gestión de las aguas subterráneas, sobre todo en acuíferos costeros, tema en el que se requiere de información y estudios técnicos. Así mismo, acorde con un análisis de la Contraloría Nacional de la República,¹⁴ hace falta una mayor articulación entre las entidades públicas y mayor definición de las competencias institucionales. Como evidencia del desfase entre las instituciones, en una muestra de pozos analizados en las zonas costeras se encontró que el 96% no cuenta con la concesión de aguas requerida.

Por otra parte, existen grandes disparidades entre las distintas zonas del país en cuanto al acceso al agua potable; mientras en regiones urbanas el acceso es superior al 90%, en las zonas rurales es de solo 60%.

Así mismo, se identifica la necesidad de una mayor organización alrededor de la planificación y operación de los recursos hídricos en las cuencas del país, que incluya un aspecto preventivo y una planificación a largo plazo

mucho más adecuada.¹⁵ Por otra parte las políticas de aprovechamiento de los recursos hídricos de las cuencas tienen que estar enmarcadas dentro de un plan a largo plazo, que contemple aspectos diversos como cambio climático y sostenibilidad.

c) Temática Espacial

Para el caso de la temática Espacial, con énfasis en la Industria Aeroespacial, se constata la necesidad de revisar el marco normativo existente con el fin de potencializar su industria. Con respecto a los recursos humanos e infraestructura que propicien su auge, como fortalezas se puede mencionar el hecho de que el personal es calificado y que los programas de estudio que se ofrecen en el país son de muy buena calidad. Sin embargo, se necesita mayor recurso humano, especialmente de alto nivel; además existe una gran necesidad de equipamiento en los laboratorios y mayor espacio físico.

A la fecha, se ha impulsado la realización de varios estudios de mercado sobre la Industria Aeroespacial en Costa Rica, para lo cual, el Gobierno instó al PNUD a participar de esta iniciativa. De esta forma, el PNUD ha accedido a colaborar con la elaboración de estudios de mercado de la industria aeroespacial en cada uno de los países centroamericanos. El primero de ellos está siendo realizado en Costa Rica por el INCAE y servirá como modelo para dirigir los estudios que se llevarán a cabo en los demás países.

Vale la pena señalar que el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) y el Programa Costa Rica Provee están también desarrollando acciones en este ámbito, con el fin de conocer las necesidades y las acciones que los diferentes sectores y empresas realizan en el tema Aeroespacial y apoyar con la formación de recursos humanos.

¹⁴ *Ibidem*.

¹⁵ Por ejemplo, el uso del pronóstico estacional hidrológico basado en indicadores de El Niño, podría servir para tomar decisiones que mitiguen los efectos de las sequías y las lluvias intensas en la agricultura o sirvan para mover recursos (alimentos, maquinaria, etc.) con anticipación en regiones vulnerables. (H. Hidalgo, 2010).

Se ha impulsado en el país, a través de la Asociación Estrategia Siglo XXI, el INA y la Universidad Earth, el Proyecto Centro de Capacitación Técnica en Tecnologías Avanzadas (CATTEA), el cual propicia la formación de profesionales en áreas poco investigadas y enseñadas en Costa Rica, que puedan responder a las necesidades del mercado en tecnologías como: energías renovables, tecnología de materiales, desarrollo de nuevos materiales y nuevas aplicaciones, superconductividad, ingeniería aeroespacial, entre otras. El proyecto integra tres ejes: formación para el trabajo, investigación e incubación. De esta manera se pretende facilitar al país la posibilidad de desarrollarse y posicionarse en mercados emergentes en tecnologías avanzadas.

3.1.4 Requerimientos por área

¿Qué hacer?

- Incentivar la coordinación de los principales actores que trabajan en los diferentes campos relacionados con las ciencias de la tierra, la prevención y mitigación de desastres naturales así como la gestión de los recursos hídricos.
- Fortalecer la formación de recursos humanos especializados:
 - Formar o repatriar profesionales con grado de doctor en disciplinas como: Deformación cortical (geodesia tectónica), Vulcanología física, Sismología volcánica, Predicción sísmica, Predicción volcánica, Astronomía y Astrofísica.
 - Formar o repatriar especialistas con posgrado en gestión del riesgo y gestión de los recursos hídricos.
- Fortalecer el equipamiento de los laboratorios especializados dedicados al estudio de desastres naturales, cambio climático, recursos hídricos y las ciencias del espacio.
- Promover la apropiación social de los conocimientos científicos relacionados con la prevención y mitigación de desastres naturales, efectos del cambio climático y el uso adecuado de los recursos hídricos.
- Fortalecer los servicios de información, prospectiva tecnológica, estudios de carácter sistémico y la construcción de escenarios de largo plazo.
- Desarrollar y actualizar estudios técnicos sobre la disponibilidad de los recursos hídricos para uso humano.
- Desarrollar escenarios de largo plazo para responder al cambio climático y su impacto en el país.
- Apoyar el desarrollo de estudios tipo Sistemas de Apoyo a Decisiones.
- Apoyar la industria aeroespacial y la formación de recurso humano en esta área.

¿Cómo hacerlo?

- Fondos concursables para promover la investigación cooperativa de carácter interdisciplinario e intersectorial.
- Establecimiento de un programa de becas focalizado en la formación de recurso humano especializado y la atracción de talentos costarricenses destacados en el extranjero en las áreas mencionadas.
- Provisión de fondos para el equipamiento de laboratorios públicos relacionados con desastres naturales, cambio climático, recursos hídricos y ciencias del espacio
- Apoyo a la creación de una institución oficial del Estado que coordine la acción de las diversas instituciones relacionadas con la prevención y mitigación de desastres naturales, cambio climático y gestión de los recursos hídricos.
- Apoyo a la consolidación del marco regulatorio propuesto para manejo de los recursos hídricos y del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo.
- Formación de profesionales en áreas tales como: energías renovables, tecnología de materiales, desarrollo de nuevos materiales y nuevas aplicaciones, superconductividad, ingeniería aeroespacial, entre otras.

3.2 Nanotecnología y nuevos materiales

3.2.1 Introducción

La Ciencia de los Materiales estudia la relación entre la estructura y constituyentes de los materiales y sus propiedades, así como la influencia de algunos de sus métodos de elaboración. La Ciencia de Materiales es un campo multidisciplinario que estudia conocimientos fundamentales sobre las propiedades físicas macroscópicas de los materiales y los aplica en varias áreas de la ciencia y la ingeniería, consiguiendo que éstos puedan ser utilizados en obras, máquinas y herramientas diversas, o convertidos en productos necesarios o requeridos por la sociedad.

Dentro del campo de los nuevos materiales, sobresale la **Nanotecnología**, que se define como el diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas, controlando la forma y tamaño a escala de nanómetros, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas; esto permite la convergencia con otras áreas que hace posible la explotación de nuevos fenómenos químicos, eléctricos, magnéticos y ópticos en aplicaciones industriales que incluyen la biotecnología, la catálisis, el almacenamiento de datos, el almacenamiento de energía, la microelectrónica y otros. La Nanotecnología se enmarca en el campo de los nuevos materiales y se puede definir como la ciencia de fabricar y controlar estructuras y máquinas a nivel y tamaño molecular, capaz de construir nuevos materiales átomo a átomo. Su unidad de medida, el nanómetro, es la milmillonésima parte de un metro, 10^{-9} metros.

En estrecha relación con la Nanotecnología, encontramos la Nanociencia que estudia el conocimiento de los procesos biológicos, químicos y físicos a nivel molecular. En este sentido la Nanociencia se proyecta como una de las revoluciones científicas más importantes para la humanidad.

3.2.2 Relevancia para el país

Costa Rica ha realizado una fuerte inversión en el desarrollo del tema de nuevos materiales, no solo en infraestructura, sino también en el ámbito de capital humano. Una de las áreas en la cual el país ha logrado avanzar es la de nanotecnología; algunos de estos dispositivos se utilizan en

la actualidad, como por ejemplo los nanotubos de carbono, pequeñas tuberías conformadas por átomos de carbono puro para diseñar todo tipo de ingenios de tamaño nanoscópico.

El avance de la nanotecnología en el mundo desarrollado es una realidad. La Unión Europea en su conjunto y Estados Unidos se colocan como las primeras potencias mundiales en el campo de la nanotecnología. Australia, Japón, Corea del Sur, India, China e Israel, son algunos países que apuestan abierta y estratégicamente por su progreso a través de planes e inversiones destinadas a la investigación y el desarrollo en esta área. En Estados Unidos existe la Iniciativa Nacional de Nanotecnología – NNI por sus siglas en inglés –, programa establecido desde el año el 2001.

Así, la investigación en los campos de ciencias básicas –Física, Química y Biología– y de campos tecnológicos –como Ingeniería de los Materiales o Electrónica– ofrece una valiosa oportunidad de desarrollo inédito en este campo. A manera de ejemplo se citan algunas áreas en las que el desarrollo de la nanotecnología tendría un fuerte impacto:

- **Tecnología de los nuevos materiales.** Provee un marco común para todos los problemas de ingeniería a nivel del hardware ya que todo lo que está conformado por moléculas puede, en principio, ser integrado con otras cosas. La comprensión de las propiedades a una nanoescala permite hacer arquitecturas deseables a una escala micro o macro. Posibilita el desarrollo de materiales inteligentes, reforzamiento y optimización de materiales para la industria de la construcción, manufactura electrónica, plástico, pinturas y recubrimientos, industria aeroespacial, automovilística, textil y alimentaria.
- **Biotechnología.** La nanotecnología le da una plataforma a la biotecnología con el desarrollo de nuevas técnicas de imágenes y sensores. A su vez, desde un punto de vista instrumental, la biotecnología provee a la nanotecnología de mecanismos de reconocimiento celular y de un medio de transporte con un

blanco definido. Además permite desarrollar sistemas avanzados de administración de medicamentos, detección y diagnóstico de enfermedades, terapias avanzadas, aplicaciones farmacéuticas, microbiología, caracterización de estructuras biológicas, sistemas miniaturizados basados en componentes biológicos, genética y biología molecular, cultivo de piel, ingeniería de materiales, bioingeniería, cultivo de células y biosensores, entre otros.

- **Bioinformática.** Los nanochips y nanosensores permiten nuevos avances en nanotecnología.
- **Tecnologías de Información.** El control de la naturaleza a escala atómica puede ayudar a aumentar la velocidad de los procesadores y la memoria de los ordenadores.
- **Agricultura y ambiente.** La nanotecnología puede mejorar los procesos de depuración y desinfección del agua. Puede contribuir a mejorar los cultivos sin afectar parte del suelo; si se incorporan nanotubos a las plantas cuando los tallos crecen, se favorece el

proceso de crecimiento de la planta, permitiendo que se hagan más robustas.

- **Medicina.** Su aplicación al diagnóstico, tratamiento, monitoreo y control de sistemas biológicos es denominada nanomedicina. Esta rama de la nanotecnología agrupa tres áreas principales: el nanodiagnóstico, la liberación controlada de fármacos y la medicina regenerativa. Se conoce también del desarrollo de las nanoherramientas para manipular células individuales.

La nanotecnología representa una oportunidad para un país como Costa Rica que posee un importante capital humano, sin embargo es importante reforzar la formación científico-tecnológica de alto nivel y los programas de apoyo para la certificación de laboratorios. Además es crítico invertir en investigación y equipo, así como identificar experiencias nacionales y regulaciones existentes que sean afines, que puedan servir de base al establecimiento de una red nacional de investigadores en el área.

3.2.2.1 Recursos con que se cuenta

a) Recursos humanos

Cuadro N°3. Cantidad de graduados por Institución y grado académico

INSTITUCIÓN/ CENTRO	Bach.	Lic	MSc	PhD.	Asist.	TOTAL	ESPECIALIDAD
UCR- CICIMA			2	7		9	Física (6) Química (2) Ingeniería (1)
UCR-CIEMic	2	2	5	7		16	
UCR- CELEQ	8		9	5		21	
UCR-Escuela de Química			2	1		3	
ITCR-Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales		3	2	3		8	Nuevos materiales
UNA-POLIUNA		4	3	5	20	32	Polímeros y nanotecnología
LANOTEC-CENAT	2	1	4	1	2	10	Síntesis química y nanotecnología

b) Instituciones

Para que nuestro país logre alcanzar el desarrollo antes del 2050, debe definir acciones estratégicas en áreas primordiales como es la Ciencia de los Materiales. En el documento Situación actual de la Ciencia y la Tecnología: aportes para su diagnóstico¹⁶ se describen algunas instituciones que lo están llevando a cabo y que han logrado un impacto en el tema, entre las cuales podemos destacar:

- **Universidad de Costa Rica:** En 1990 se fundó el Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales (CICIMA) en la Universidad de Costa Rica (UCR) que tiene entre sus objetivos la investigación y el desarrollo de nuevos materiales y su posible aplicación tecnológica. Este centro enfoca sus estudios en la perspectiva microscópica y con los aportes de la misma universidad, más algunos aportes del CONICIT y del MICIT, ha ido adquiriendo equipo y creando una infraestructura para el estudio de los materiales con un concepto moderno.

El CICIMA cuenta con dos sistemas de alto vacío (10⁻⁶ Torr) y un sistema de ultra alto vacío (10⁻¹⁰ Torr) todos con instrumentos para medir espesores, resistencia eléctrica y transmitancia óptica.

Sistemas de depósito de películas delgadas (por evaporación y por espurreo) con espesores desde unas pocas monocapas (<10 Å) en adelante. El sistema de ultra alto vacío cuenta con Auger, XPS y LEDD (en proceso de compra) para caracterizar las muestras. Además está dotado de un espectrómetro de masas y un cañón de iones para erosionar las muestras.

La Escuela de Química ha retomado algunos temas relacionados con la ciencia de materiales, principalmente en área de la síntesis. Se cuenta con un laboratorio con equipo básico para hacerlo. Se está creciendo en organización y hay más estudiantes interesados en el área. Existen equipos con los que se pueden hacer caracterizaciones

de materiales: MNR y espectroscopía UV e IR (adaptada principalmente a soluciones). Se cuenta además, con un spincoater y acceso a equipo para TGA (Thermal Gravimetric Analysis).

En 1999 se crea el Programa Institucional en Ciencia e Ingeniería de Materiales con el fin de darle más apoyo y relevancia al tema.

Además durante los años 2001 a 2003, la Universidad de Costa Rica situó el tema de la ciencia de materiales como una de las políticas anuales de trabajo.

- **Instituto Tecnológico de Costa Rica:** Se ha ampliado el concepto de materiales en esta institución llevándolo hasta el punto de vista micro. Se ha definido la Ciencia de Materiales como uno de los ejes de desarrollo del ITCR. Como parte de este desarrollo se ha transformado la antigua carrera de metalurgia en la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales. Esta Escuela cuenta en la actualidad con 195 estudiantes.

El programa tiene un tronco común con tres énfasis: metalurgia, procesos y microelectrónica, este último iniciado en el 2003. Cuentan con laboratorios para los análisis tradicionales no destructivos de los materiales, como rayos X y microscopía electrónica. Los profesores y estudiantes desarrollan proyectos de investigación en el campo de los trazados y sistemas de control neumático, corrosión atmosférica de los materiales electrónicos y electromecánicos y producción de biodiésel.

En la Escuela de Física del ITCR existe un grupo de investigación que ha iniciado un laboratorio de materiales cerámicos en conjunto con la Escuela de Ingeniería de Materiales.

En 2011 se inaugurará el Laboratorio de plasmas y sus aplicaciones en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Entre sus objetivos se encuentra la investigación y el desarrollo de pretratamientos de

¹⁶ Estrategia Siglo XXI, (2006). Situación actual de la ciencia y tecnología en Costa Rica: aportes para su diagnóstico. Vol I,II y III. San José, Costa Rica.

materiales a partir de tecnología de plasma y su posible aplicación tecnológica. Este laboratorio enfocará sus estudios hacia el uso del plasma como medio para tratar materiales. Con los aportes de la misma universidad, y el Fondo Especial para la Educación Superior, se está creando una infraestructura y equipo para el estudio de los plasmas y sus aplicaciones orientadas entre otras cosas al pretratamiento de materiales con un concepto moderno. Algunos ejemplos del uso de esta tecnología son: la fabricación de textiles y derivados mediante un pretratamiento por plasma, moderno y ecológico; en la industria del empaque, para crear condiciones óptimas para la adhesión; en la fabricación de electrodomésticos, para la aplicación de impresión de colores, la protección contra la corrosión y una adhesión segura y permanente de los componentes; en la fabricación de mecanismos electrónicos mediante métodos más innovadores para el tratamiento de componentes y circuitos de fabricación y confección industrial, en la industria automovilística mediante la mejora de la adhesión del pegamento, y en la activación superficial de gran cantidad de componentes del automóvil antes de la aplicación del lacado, y en la construcción aeronáutica, para la resistencia de los componentes contra la corrosión.

El laboratorio contará con un sistema de alto vacío (10^{-10} Torr), fuentes de alto voltaje y amperaje, cámaras de vacío, fuentes de microondas y radio frecuencia, así como los instrumentos para los respectivos diagnósticos para extraer información científica del plasma como una Sonda de Langmuir con cabeza móvil, un interferómetro heterodino de microondas y un espectrómetro óptico.

- **Universidad Nacional:** Desde 1980 existe en esta institución un centro de investigación dedicado al estudio de los polímeros (POLIUNA). Es un laboratorio dedicado al estudio de polímeros tanto naturales como sintéticos, en el cual se llevan a cabo proyectos de investigación y labores de docencia. A su vez, brinda prestación de servicios, asesorías y capacitación a la industria del plástico. En el 2010 se creó en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales el

programa universitario sobre nanotecnología denominado PNUNA, que recoge todas las fortalezas sobre nanotecnociencia que posee la Universidad Nacional, desde nanometrología, hasta ciencia de los materiales.

Otros recursos: También existen en el país laboratorios con equipo altamente especializado como Microscopía electrónica SEM, TEM con microanálisis, Microscopía de Fuerza atómica, Difracción de rayos X, Infrarrojo con Reflexión Total Atenuada, Preparación de muestras por Focus Ion Beam, Técnicas de análisis de Superficies como Auger y XPS, Equipo para Magneto-óptica, Microscopía Confocal, entre otros. Sin embargo existe una preocupación sobre el uso y mantenimiento de estos equipos pues debe realizarse mediante personal calificado. Este equipo está instalado principalmente en tres centros de Investigación: el CICIMA, el Centro de Investigaciones en Estructuras Microscópicas (CIEMic), que es un centro de Investigación multidisciplinario, y el LANOTEC.

c) Iniciativas

El estudio de los materiales es una de las motivaciones para la creación del Centro Nacional de Alta Tecnología (CENAT) y así quedó explícito en su ley constitutiva. El principal avance del Centro, ha sido la creación del Laboratorio de Nanotecnología (LANOTEC). Este laboratorio tiene equipo para hacer crecer nanotubos de carbono, y desde el 2006, se ha dado a la tarea de equipar el laboratorio. En este momento cuenta con los equipos más sofisticados del área de estudio que incluyen un Microscopio de Fuerza Atómica AFM, un Calorímetro Diferencial de Barrido, un analizador termogravimétrico acoplado a un espectroscopio de infrarrojo FTIR-ATR, así como un goniómetro, un titulador nanocalorimétrico ITC, así como otros equipos de uso cotidiano. La colaboración universitaria mediante proyectos de los Fondos FEES de CONARE, ha sido fundamental para el éxito de este laboratorio, hoy reconocido como pilar de desarrollo de la nanotecnología en Centroamérica. Incluso, colabora con el establecimiento del primer programa de maestría en la región centroamericana, con sede en la Universidad de San Carlos, Guatemala.

Recientemente la Universidad Nacional, por iniciativa de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, creó el programa PNUNA antes mencionado. Dicho programa nace debido a la importancia y pertinencia que está adquiriendo esta rama del conocimiento humano para el desarrollo de los países como el nuestro. Inicialmente dicho programa involucró un análisis de las capacidades nacionales para el adecuado desarrollo de la nanotecnología y la nanotecnociencia en Costa Rica. En este momento, se encuentra en fase de aprobación una maestría en Bioingeniería, la primera en Centroamérica, que une los esfuerzos de la Escuela de Química y Biología.

El Instituto Tecnológico de Costa Rica inició, en noviembre del 2009, un programa multidisciplinario que desarrolló el segundo Laboratorio de Nanotecnología del país. En este laboratorio también se trabaja en el desarrollo de nanotubos dado que sus aplicaciones en diferentes investigaciones y procesos productivos, es vista como una oportunidad de vinculación universidad-empresa. El Programa está trabajando en estudios de mercado en el país para determinar cómo la nanotecnología puede utilizarse para incrementar la productividad y competitividad de las industrias nacionales, así como los nichos de mercado en los que esta tecnología de punta debería desarrollarse.

Se está trabajando con el Solarium Tech Park para lograr una vinculación entre parques tecnológicos, empresa y el ITCR en este tema. En el campo de la educación, el ITCR, por medio del Programa de Investigación en Nanotecnología, está introduciendo investigación estudiantil y formación en este campo para profesores, investigadores y estudiantes en programas de bachillerato y licenciatura.

A nivel del posgrado, el ITCR está tramitando la primera maestría relacionada con nanotecnología en el país: la Maestría Académica en Ingeniería Electrónica con Énfasis en Sistemas Microelectromecánicos, donde se contemplan, además de los conceptos requeridos para el diseño de sistemas microelectromecánicos, fundamentos de nanotecnología. Esta Maestría está en proceso de aprobación y se proyecta que iniciará en el 2011. Además de lo anterior, el Instituto Tecnológico de Costa Rica incorporó el tema de la nanotecnología en el Programa Doctoral

de Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE), en el énfasis de Tecnologías Aplicadas, y ya en el 2011 se iniciarán dos tesis doctorales en nanotecnología.

También en el 2011 el Instituto Tecnológico de Costa Rica iniciará el Programa de Técnico en Nanotecnología. La carrera de Técnico en Nanotecnología ha sido identificada por la Presidencia de la República de Costa Rica como una de las carreras necesarias para incrementar la competitividad del país (PRONACOMER 2008).

El Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales (CICIMA), se encuentra igualmente en el ITCR y entre sus objetivos se destacan la investigación y el desarrollo de nuevos materiales y su posible aplicación tecnológica.

d) Oferta académica

Universidad de Costa Rica

- Bachillerato en Química
- Bachillerato en Laboratorista Químico
- Maestría profesional en Ingeniería Química con énfasis en procesamiento de materiales.
- Maestría en Ingeniería Eléctrica con énfasis sistemas de manufactura y materiales.
- Maestría en Ingeniería Eléctrica con énfasis en sistemas de potencia.

ITCR

- Bachillerato en Ingeniería en Biotecnología
- Bachillerato en Diseño Industrial
- Licenciatura en Diseño Industrial
- Bachillerato en Ingeniería de Materiales
- Licenciatura en Ingeniería de Materiales

UNA

- Bachillerato en Biología con énfasis en Biotecnología
- Bachillerato en Química Industrial
- Licenciatura en Química Industrial
- Maestría en Ambiente y Bioingeniería

e) Sector productivo

El Instituto Tecnológico de Costa Rica, en particular su Programa de Investigación en Nanotecnología es apoyado por la industria nacional (Solarium, Intel) y por la industria extranjera (Hitachi, Nanosurf, Keithley Instruments, Nanoscience Instruments y Marine Reef International); con estas últimas se firmarán convenios de certificación exclusiva en la región centroamericana.

En el caso del LANOTEC, ha tenido una vinculación fuerte con algunas empresas del ramo de la salud, tales como Laboratorios Stein, en el estudio de formas polimórficas de principios activos; en conjunto con el INIFAR de la UCR, y con el Instituto de Medicina Celular ICM, se ha desarrollado un proyecto de estudio del cromosoma humano mediante AFM.

El POLIUNA se ha vinculado fuertemente con la empresa Stein para el mejoramiento de algunas de sus formas farmacéuticas e incluso ya tiene un producto basado en los desechos marinos del camarón denominado BIOMARA.

3.2.3 Desempeño General

Costa Rica muestra un desempeño importante tanto en el campo de los nuevos materiales como específicamente en la nanotecnología. El país ya cuenta con una base de capital humano preparado y con equipos de caracterización básicos. Destacan los proyectos de investigación llevados a cabo por los tres principales grupos del país: el Clúster de la UCR que agrupa varios centros de investigación de esa universidad; el LANOTEC en el CENAT, y el grupo de Nanotecnología del Instituto Tecnológico. Además ya se cuenta con programas universitarios relacionados con la ciencia de los materiales y aplicaciones nanotecnológicas.

Es fundamental hacer énfasis en el trabajo en redes de manera que se disminuya la resistencia a trabajar en equipo. En el sector aún existe mucho temor a trabajar en equipo, además hay una escasa vinculación

universidad–empresa. Es necesario fortalecer la inversión en proyectos en este campo. Por otro lado, existe un criterio reiterado de que los fondos para este tipo de iniciativas —como los concursables del Fondo de Incentivos— son de muy bajo monto. Este es un sector de incipiente desarrollo pero a nivel internacional ha mostrado estar íntimamente ligado a las necesidades y demandas de las empresas, por lo que resulta necesario fortalecer las políticas de marcas y patentes generales.

Proyectos interuniversitarios en el área

- Elaboración y caracterización de materiales nanocompuestos a base de resina epóxica y nanoarcillas.
- Estudio a nanoescala de las interacciones entre vesículas lipídicas y superficies sólidas de biomateriales.
- Termoterapia contra el cáncer. Diseño de un material híbrido entre nanogeles de polímeros naturales cargados con partículas magnéticas, con potencial para su utilización como tratamiento de esta enfermedad.
- Preparación, formulación y caracterización de adhesivos ionoméricos de poliuretano en base acuosa de interés comercial, ambiental y social.

Parece haber consenso al considerar que las áreas de nuevos materiales y de nanotecnología son las que tienen un alto potencial para el país. En este sentido se destaca la conveniencia de profundizar en la producción de nanotubos de carbono. Costa Rica tiene la posibilidad de ser el líder regional en este campo gracias a la estrecha relación de esta disciplina con otras áreas desarrolladas y de gran potencial nacional.

3.2.4 Requerimientos específicos por área

¿Qué hacer?

- Fortalecer la articulación de los centros de investigación que trabajan en los diferentes campos relacionados con los nuevos materiales y la nanotecnología.

- Reforzar la formación de profesionales en carreras como Ingeniería de los Materiales, Ingeniería Electrónica, Biología, Química, Física Básica y en especialidades como Física de la Materia Condensada y Polímeros.
- Fortalecer la infraestructura y equipamiento de los centros e instituciones que realizan investigación y desarrollo en esta área.
- Proveer mayores recursos e incentivos para proyectos de investigación, desarrollo e innovación, donde participen conjuntamente los centros de investigación y el sector privado.
- Hacer un diagnóstico de las necesidades de la Industria en investigación aplicada dentro del campo de los nuevos materiales y la nanotecnología. A partir de esta información establecer programas específicos de vinculación.
- Promover un marco regulatorio claro y oportuno, que permita la simplificación de trámites, facilidades para ejecución presupuestal y agilización para la importación de insumos críticos.

¿Cómo hacerlo?

- Programa de becas para formación de recurso humano de todos los niveles, desde técnico hasta Ph.D.
- Programa de financiamiento para proyectos conjuntos universidad-empresa y viceversa.
- Incentivos específicos para promover asociatividad en investigación mediante fondos concursables.
- Financiamiento para fortalecer el equipamiento en los laboratorios especializados en el tema de nuevos materiales y nanotecnología.
- Creación de capitales semilla para la incubación de empresas nanotecnológicas.

3.3 Biotecnología

3.3.1 Introducción

La Biotecnología comprende una amplia variedad de tecnologías y en ella convergen disciplinas básicas y aplicadas tales como: agricultura, genética medicina, veterinaria, genómica, proteómica, bioinformática, nanobiotecnología, ciencias forenses, capital natural e industrias como la farmacéutica, alimentaria y de energía..

No obstante, como concepto de trabajo se utilizará la siguiente definición aceptada por la OCDE: se entiende por biotecnología la actividad multidisciplinaria que comprende la aplicación de los principios científicos y de la ingeniería al procesamiento de materiales por agentes biológicos para proveer bienes y servicios. Los agentes biológicos pueden ser células microbianas, animales, vegetales y enzimas. Se entiende por bienes, cualquier producto industrial —como alimentos o bebidas— obtenido a través de la transformación de un insumo o materia prima; y por servicios, a aquellos vinculados a la purificación de aguas y tratamiento de efluentes.

De acuerdo con lo señalado por la consulta a más de doscientos profesionales, efectuada por Estrategia Siglo XXI, los planes actuales de desarrollo en CTI deben contextualizarse con lo que los centros neurálgicos del desarrollo científico y tecnológico están analizando como las grandes tendencias hacia el 2050, en el que se vislumbra el profundo impacto que tendrán las tecnologías convergentes.¹⁷ Entre ellas se encuentran la nano, info y biotecnología. Crear competencias científicas en una tecnología convergente, particularmente la biotecnología, produce efectos multiplicadores dado que este campo permite apoyar la productividad científica de otras áreas. Evidencia de lo anterior es el gran impacto que ha generado el desarrollo de la biotecnología en las ciencias médicas y en la industria farmacéutica y alimentaria. Ante ello, la inversión en esta área es impostergable por el alto impacto que genera su aplicación a la resolución de problemas que afectan el desarrollo y la productividad.

¹⁷ Las tecnologías convergentes, definidas como las avenidas principales de lo que será la ciencia y la tecnología de las próximas décadas, son sistemas de conocimiento científico y tecnológico que tienen fuertes sinergias entre sí y son a la vez tecnologías facilitadoras.

3.3.2 Relevancia para el país

La inversión en este sector potenciará importantes oportunidades de desarrollo, entre las que resaltan: el reconocimiento internacional del valor estratégico de la **biodiversidad** para el desarrollo sostenible, así como el hecho de que ya se cuenta con un **polo de desarrollo en agroindustria** que con su fortalecimiento, la puede transformar en una eficaz palanca de desarrollo.

El alto potencial de este sector, justifica la instalación de un parque **biotecnológico regional** que genere nuevas herramientas a la economía nacional para afrontar desafíos globales como el cambio climático, la eficiencia energética y la seguridad en los alimentos.

A nivel latinoamericano ya Chile ha tomado la delantera al convertirse en el primer país que acoge al Fraunhofer Chile Research, un Centro de Sistemas Biotecnológicos (CBS), que centrará sus actividades en el desarrollo de la acuicultura, la agricultura, las energías renovables y otras áreas vinculadas a la biotecnología, con lo que el gobierno chileno quiere impulsar al país como polo de innovación tecnológica de la región.

Existen en el país diversos ejemplos que ilustran su capacidad de ampliar y escalar su capacidad, empleando su extraordinaria riqueza biológica, como es el caso de Cottonase® (2004) enzima utilizada en textiles, producto de la bioprospección realizada por INBio.

No se puede obviar la importancia de la protección del patrimonio nacional, en el cual las Ciencias Forenses juegan un papel preponderante por medio de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología para proveer de elementos de prueba y certeza científica a la Administración de Justicia en el resguardo de esta riqueza biológica y el conocimiento que se desarrolla a partir de su investigación.

3.3.2.1 Recursos con que cuenta el país

a) Recursos humanos

Se cuenta con recursos humanos calificados para la investigación pero falta formación en capacidad gerencial y gestión de proyectos. Valdez, López & Jiménez (2004) destacan para el período 1998 a 2002:

- Alta participación femenina (54%).
- 87% de investigadores son nacionales.
- 64% de los investigadores están entre los 30-50 años y un bajo porcentaje de investigadores son jóvenes: 13% son menores de 30 años.
- Un alta proporción de investigadores, 42%, están a cargo de 4 o más proyectos y el 71% realiza también labores de docencia.
- La mayoría (57%) se dedica a agrobiotecnología, seguido por Biosalud (19%) y procesamiento de alimentos (9%), 5% a medio ambiente, 4% a productos forestales, 2% a bioprocesos y solo un 1% a acuicultura.
- El 75% tiene posgrado (40% tiene el grado de maestría y un 35% el de doctorado).

Cuadro N°4. Oferta académica relacionada con biotecnología en Costa Rica

Instituto Tecnológico de Costa Rica	Universidad de Costa Rica	Universidad Nacional	CATIE	INA
Ingeniería en Biotecnología Bachillerato y Licenciatura	Bachillerato y Licenciatura en Genética y Biotecnología	Bachillerato en Biotecnología	Maestría en Agricultura Ecológica	Cursos de cultivo de vitroplantas
Doctorado en Ciencias Naturales	Maestría en: <ul style="list-style-type: none"> Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con énfasis en Biotecnología Biología con énfasis en Genética y Biología Molecular En el doctorado de Ciencias se aplica la biotecnología en muchos temas de tesis 	Maestría en Ciencias Forenses con énfasis en ADN, toxicología y biología forense. (en proceso de presentación a CONARE)		

Así mismo, la Universidad Técnica Nacional (UTN) se encuentra desarrollando varios programas de estudio afines a esta temática a nivel de diplomado y bachillerato.

b) Instituciones y campos de acción

- **Biotecnología vegetal y sector alimentario:** Existen al menos 17 centros de investigación relacionados con investigación agrícola que usan técnicas biotecnológicas. Entre ellos: CIBCM, CIA, CIPROC, CIGRAS, CITA de UCR; CATIE; Escuela de Ciencias Agrarias, UNA; Centro de Investigación en Biotecnología, TEC; Instituto Nacional de Referencia en Tecnología Agropecuaria; IICA; Centro de Investigaciones en Café. En la actividad privada se identifican al menos unas 50 empresas que utilizan algún tipo de biotecnología. Entre ellas: Florida Products, DOS PINOS, Florida Bebidas y otras tanto públicas como privadas que se mencionan a continuación.
- **Producción de sueros antiofídicos** mediante el apoyo del Instituto Clodomiro Picado de UCR.

- **Ingeniería vegetal:** CIB del TEC; Twyfod, Innovaplant.
- **Diagnóstico molecular (incluye salud):** CIBCM, INISA, CIHATA, CIET, de UCR; Programa de Investigación en Enfermedades Tropicales (PIET) de UNA; INCIENSA; Laboratorio Tamizaje Neonatal, Hospital Nacional de Niños; BioTécnica Análisis Moleculares; CENIBiot.
- Biotecnología industrial: CENIBIOT; Escuela Ciencias Biológicas, UNA; CIPRONA, CITA de UCR; Escuela de Diseño Industrial del TEC.
- **Caracterización de la biodiversidad:** INBio; Escuela Biología, UCR; Escuela Ciencias Biológicas, UNA.
- **Acuicultura:** CIMAR, UCR; Estación Biológica Marina y Estación Nacional de Ciencias Marino-Costeras de la UNA; Laboratorio para Análisis de Aguas y Reproducción de Especies Dulceacuícolas (LARED) de la Universidad Técnica Nacional e Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA).
- **Ciencias Forenses:** Existe en el OIJ uno de los laboratorios forenses más importantes de Iberoamérica, el cual integra diversas disciplinas

científicas de las ciencias naturales y aplicadas para dar respuesta a interrogantes en la investigación criminal en diversos delitos como: daños ambientales, toxicología, enfermedades de transmisión sexual, entomología, pruebas de ADN para identificación humana en el campo penal así como para fines humanitarios en desastres naturales o catástrofes.

Sobre este último tema, también existen en el país otros reconocidos laboratorios que aplican las técnicas de ADN como son: Laboratorio de Paternidad de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), en el marco de la Ley de Paternidad Responsable; Laboratorio de ADN Animal del SENASA, así como el Laboratorio de Análisis Clínicos y Moleculares (LACYM).

c) Infraestructura

El país cuenta con una buena representación de laboratorios especializados –varios de los cuales se mencionaron en el apartado anterior– pero las particularidades de algunos centros protagonistas se describen a continuación:

- Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENIBiot), www.cenebiot.go.cr, dispone de una plataforma que permite la vinculación entre el sector empresarial y el sector académico para escalar los proyectos de investigación agroindustrial y afines que contribuyan al aumento de la competitividad mediante el desarrollo y la aplicación de la biotecnología.
- Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA). Cuenta con Planta Piloto para el procesamiento de alimentos y aplicaciones biotecnológicas para el sector agroindustrial y con laboratorios de análisis químico, microbiológico y sensorial para la valoración de extractos, propiedades funcionales y moléculas de alto valor generados por procesos biotecnológicos y programas que originan una alta vinculación con el sector productivo.

d) Sector Productivo

Dentro del sector empresarial se observa un desarrollo heterogéneo, con un énfasis en el área de la biotecnología agrícola. Un número importante de las empresas se dedica a la producción y exportación de plantas ornamentales generadas por técnicas de cultivo in vitro, así como a los cultivos transgénicos como el algodón, la soya o banano, en cumplimiento con las normativas vigentes de bioseguridad ambiental establecidas por las autoridades fitosanitarias del Estado (MAG 2004). Resalta la empresa Agrobiotecnología de Costa Rica, establecida en 1985, dedicada a la micropropagación de plantas en América Central. Otras son: Chiquita Brand, CORBANA, Vitroplants SA, Linda Vista, Innovaplant de CRSA, Sakata Centroamericana, Orquídeas del Bosque, Laboratorio Tico Plantas, Live Green de Costa Rica, Agrobiot, Micro Plantas, Exótica Internacional, ASD de CR, UNIPO S.A. Ejemplos de empresas dedicadas al cultivo de tejidos: Twyford, Innovaplant, Grupo Trisán.

Dentro del sector privado se cuenta además con los laboratorios que ofrecen servicios a nivel molecular como: Laboratorio de Análisis Clínicos y Moleculares (LACYM), BioTécnica Análisis Moleculares. Otras empresas se dedican al mejoramiento genético de ganado bovino, como Avance Genético, y al asesoramiento en el manejo de desechos y tratamiento de desechos biodegradables, como es el caso de ECODESOL. En el país existen a la fecha unas tres empresas grandes dedicadas al cultivo de tilapia como Terrapez S.A. y Hacienda La Pacífica –esta última sin operación–. Sin embargo no ha surgido una generación de pequeñas y medianas empresas dirigidas a explotar el recurso acuícola. El cultivo de la tilapia genera una importante fuente de empleo, que se ha diversificado a otras actividades. Así por ejemplo, la empresa Terrapez S.A. producirá biodiésel a partir del aceite de tilapia, con la idea de emplearlo en sus operaciones y artesanos de Guanacaste producen billeteras, llaveros, carteras, fajas, sandalias y hasta zapatos con piel de esta misma especie.

3.3.3 Desempeño General

Pese a la capacidad existente de infraestructura y recursos humanos, los resultados en términos de publicaciones científicas y de patentes son considerablemente bajos, sobre todo al comparar los respectivos indicadores con aquellos de países con renta similar.¹⁸

Proyectos interuniversitarios en el área

- Mejoramiento y conservación genética de especies forestales amenazadas y de importancia económica, asistido con marcadores genéticos.
- Elaboración de apósitos biológicos del colágeno de la dermis de tilapia y del quitosano del exoesqueleto de camarón y evaluación preliminar de su potencial terapéutico en afecciones epidérmicas.
- Diseño de neutralizadores de toxinas tipo proteinasas de serina del veneno de la serpiente Terciopelo (*Bothrops asper*) de Costa Rica.
- Modulación de la inflamación y la regeneración tisular en dos modelos experimentales de patología tropical: necrosis por veneno de serpiente e infección por un patógeno bacteriano.
- Conservación de especies forestales en peligro de extinción.
- Síntesis y evaluación de la actividad biológica de nuevos derivados mixtos del antitumoral golfomicina con sales biliares.

El sector académico ha desempeñado un papel importante en la producción de profesionales en el área de biotecnología, principalmente la Universidad de Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica y la Universidad Nacional. Sin embargo, el número de profesionales especializados en tecnologías de punta y que ostenten el título de doctorado todavía es reducido, lo que ha limitado el desarrollo de nuevas aplicaciones de alto impacto. Lo mismo sucede con especialistas en el campo de las Ciencias Forenses en donde la formación académica no existe actualmente como tal en el país sino que es por medio de la formación práctica en los laboratorios forenses del O.I.J. donde los profesionales de diferentes carreras científicas básicas se especializan.

- El país cuenta al menos con 40 centros de investigación pública que aplican técnicas biotecnológicas en el campo de la agricultura,

que van desde la micropropagación in vitro, el diagnóstico de fitopatógenos, los métodos de control biológico de plagas, hasta las tecnologías como la selección asistida por marcadores moleculares. La mayoría de esos centros también ofrecen sus servicios a los productores o agricultores.

- Se aprecian diferencias significativas en el grado de desarrollo de los distintos subsectores de la biotecnología, con un marcado énfasis en agrobiotecnología, tanto en lo concerniente a la investigación como en el quehacer de las empresas. Así, se detecta una concentración de proyectos de investigación en el área de agricultura y ganadería (37%) y salud humana (35%) y una menor proporción de proyectos relacionados con la actividad industrial (tecnología enzimática) y el ambiente (biorremediación).

¹⁸ Crespi y col.(2010). Banco Interamericano de Desarrollo. Notas Técnicas IDB-TN-142.

Proyectos en Ejecución del CENEBIOT	
Nombre del Proyecto	Actores
Desarrollo de una bebida fermentada a partir de la pulpa de café.	ITCR - INFOCOOP
Producción de simultanea de dextranos y fructosa a partir de desechos agroindustriales de piña.	UNA-VIMISA-Lab. Stein
Producción a escala de un bioplaguicida para el control de la Broca del café y (<i>pothenemus hampei</i>).	ICAFE
Elaboración de un Biofertilizante formulado a base de <i>Azotobacter</i> spp.	ITCR- Ecoservicios Biotec del Atlántico
Uso de una cepa costarricense de <i>Bacillus thuringiensis</i> y de desechos agroindustriales locales para la producción de un bioinsecticida contra <i>Spodoptera frugiperda</i> susceptible de escalamiento a nivel industrial.	UCR-RIMAC
Mejoramiento y Protección de la Salud Costarricense a través de la Aplicación de la Farmacogenética.	U CR-ASTA
Desarrollo de un paquete biotecnológico para la producción de planta seca y de extractos de <i>Justicia pectoralis</i> y <i>Lippia alba</i> con altos contenidos de sus principales activos, para el uso de la industria farmacéutica y nutracéutica nacional.	UCR-GEMA
Obtención a escala comercial de un extracto hidroalcohólico de Uña de Gato.	ITCR-Bioemprendedores
Desarrollo de dos paquetes tecnológicos para la remediación de aguas y suelos contaminados con metales pesados empleando técnicas de fitorremediación.	UCR-ICE
Escalamiento de la producción de microhongos y de la extracción de enzimas para su uso en la industria alimentaria.	VACO-INBio
Escalamiento de la producción de los microorganismos para su uso en el control biológico de fitopatógenos.	INBio-LA GAVILANA
Escalamiento de microorganismos utilizados como biofertilizantes y biocontroladores.	UCR-Biagro
Multiplificación del hongo <i>Beauveria bassiana</i> en fermentador líquido.	DEMASA
Biofermentos para control de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet en banano.	UCR-Biagro
Producción de bioetanol y aprovechamiento de la biomasa generada en la fermentación alcohólica utilizando los desechos agroindustriales de la piña y del banano.	UCR-MUNDIMAR-CORBANA
Desarrollo de un estudio técnico-económico para la valorización del desecho de la industria procesadora de piña nacional en la producción de L(+) ácido láctico y xilitol.	UCR-CORBANA
Elaboración de una bebida fermentada con probiótico utilizando el <i>Lactobacillus casei</i> Shirota.	UCR -Monteverde

Optimización del proceso de fermentación a escala industrial para la elaboración de vinagre tipo "gourmet" a partir de banano orgánico producido en la zona de Turrialba.	UCR-APOT
Aplicación de tecnologías enzimáticas para la valorización de los subproductos industriales del procesamiento de frutas y vegetales.	UCR- COOPEAG RIMAR
Utilización de biocatalizadores microbianos para el manejo y obtención de productos de valor agregado a partir de residuos agroindustriales del cultivo de piña.	MUNDIMAR-FLORIDA PRODUCTS -UCR
Producción Industrial de Trichoderma spp. para su uso como biofungicida.	Tecnologías Agroambientales

- La demanda interna de los productos biotecnológicos es poco sofisticada ya que los clientes desconocen el potencial de la biotecnología.
- El 90% de las MIPYMES del sector, se financia con recursos propios.
- Aparte del desbalance en el grado de desarrollo relativo entre los distintos subsectores, existe una gran dispersión de recursos que es conveniente articular. Así por ejemplo, varios de los laboratorios institucionales cuentan con infraestructura de primera línea, mientras que las empresas grandes con potencial para el desarrollo biotecnológico requieren de mayor infraestructura óptima y capital para el desarrollo de investigación.

3.3.4 Requerimientos por área

¿Qué hacer?

- Disponer de recursos financieros e incentivos para el desarrollo de proyectos conjuntos entre los centros de investigación y las empresas, que propicien una mayor vinculación entre estos entes y el desarrollo de innovaciones orientadas al mercado.
- Formar recurso humano con grado de doctorado o maestría en biología, microbiología, biotecnología, agronomía, química, ciencias forenses así como ingenieros en biotecnología con capacidad gerencial y de gestión de proyectos de contenido biotecnológico.
- Disponer de instrumentos financieros adecuados para el financiamiento de actividades de I+D de las empresas biotecnológicas; así como programas de capital de riesgo para las PYMES.
- Fomentar la atracción de inversión extranjera directa relacionada con el sector, así como promover la capacidad exportadora de las existentes.
- Promover acciones que permitan el surgimiento de nuevos campos de aplicación de la biotecnología en el país. Al respecto, el siguiente cuadro resume algunos ejemplos.

Cuadro N°5. Ejemplos de áreas a desarrollar en campos de la Biotecnología

Área a desarrollar*	Ejemplos
Aplicaciones de la biodiversidad	Investigación y desarrollo de fitofármacos u otros componentes activos. Selección y reproducción de organismos extremófilos y sus metabolitos.
Biotecnología ambiental	Producción de organismos para métodos de control, monitoreo y saneamiento de contaminación. Tratamiento biotecnológico de los desechos agroindustriales. Aprovechamiento de desechos agroindustriales como biomasa para procesos de fermentación.
Biocontroladores	Producción masiva de organismos contra plagas y enfermedades vegetales para disminuir daño ambiental.
Biología Molecular/ Bioinformática	Desarrollo y utilización de métodos de diagnóstico molecular. Desarrollo de capacidades de genómica y proteómica.
Biotecnología vegetal	Desarrollo de nuevas variedades. Producción de metabolitos secundarios. Desarrollo de protocolos de micropropagación vegetativa.
Biotecnología microbiana	Producción a gran escala de enzimas especializadas de uso industrial, probióticos, medicamentos peptídicos, vitaminas y aminoácidos.
Acuicultura	Validación de protocolos para diversificar el cultivo de especies con alto potencial comercial. Investigación en el campo de la biología reproductiva de especies nativas de los ríos y nuevas especies con potencial productivo.
Ciencias Forenses	Investigación, desarrollo e implementación de metodologías analíticas en el procesamiento de muestras de matrices complejas, adaptación de la alta tecnología en su análisis; utilización de las herramientas informáticas para el procesamiento de información y uso inteligente de la misma.

* Otros temas como Bioenergía y Biomedicina se tratarán desde las áreas prioritarias Energías Limpias y Salud, respectivamente.

¿Cómo hacerlo?

- Fondos concursables para proyectos de investigación básica y aplicada para la promoción de áreas con menor grado de desarrollo relativo en biotecnología
- Formación de recursos humanos avanzados mediante:
 - Becas de doctorado en las áreas antes mencionadas.
 - Creación de un subsidio para la repatriación de costarricenses en el extranjero con formación en áreas con mayor demanda del sector empresarial.
 - Revisión y actualización de programas de carreras afines al sector.
- Fondos para la certificación y acreditación de laboratorios que ofrecen servicios biotecnológicos en el mercado.
- Fondos concursables para articular la dinámica triangular: academia-gobierno-industria, que apoyen la incubación de empresas, capital de riesgo y redes de ángeles inversionistas, a fin de que las investigaciones se conviertan en innovaciones orientadas al mercado.
- Adecuación del marco regulatorio existente para permitir y estimular la venta de servicios por parte del sector académico al sector productivo.
- Diseño y aplicación de una política tributaria para incentivar la inversión privada en I+D+i.

3.4 Capital Natural

3.4.1 Introducción

El capital natural lo constituyen todos aquellos recursos, bienes y servicios naturales que nos permiten satisfacer nuestras necesidades básicas, sin los cuales no podríamos vivir. Incluye bienes como los organismos vivos, la madera, el agua, los recursos marinos y la agricultura; o servicios como la producción de oxígeno, la depuración del aire y el agua, la fijación de carbono, o la estabilización de suelos contra la erosión y la regulación del clima. Vistos como activos, estos bienes y servicios son por lo tanto útiles tanto en términos de bienestar como en su valoración económica.

El aprovechamiento del capital natural converge con áreas prioritarias del desarrollo científico y tecnológico como la biotecnología, la agricultura, la ganadería, la medicina, la pesca, las energías limpias y aquellas renovables basadas en el uso de la biodiversidad, el ordenamiento del territorio y la provisión de servicios ambientales como agua para uso humano, irrigación y generación eléctrica.

El abordaje del presente Plan Nacional de Ciencia y Tecnología durante los próximos años se enfocará en el aprovechamiento del capital natural, visto desde la dimensión de la **diversidad de especies, ecosistemas y recursos naturales, para la obtención de bienes y servicios útiles para la sociedad**. En el mediano plazo se espera consolidar el posicionamiento de Costa Rica como un país líder en la conservación, generación de conocimiento y obtención de bienes y servicios de forma sostenible a partir de su capital natural.

Capital Natural converge con otras áreas prioritarias de desarrollo científico y tecnológico como la Biotecnología, las Ciencias de la Tierra, Agricultura, Ganadería, Pesca y Energías Limpias. El desarrollo de esta área requerirá necesariamente de la coordinación con el Ministerio de Ambiente Energía y Telecomunicaciones (MINAET) así como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

3.4.2 Relevancia para el país

El capital natural es un recurso que tiene un enorme potencial, ya sea con fines ecológicos, intelectuales, económicos o como instrumento para el desarrollo del país. La conservación de los recursos naturales como estrategia de desarrollo es generadora de aportes significativos al bienestar económico y social; solo en el 2009, las áreas protegidas generaron 778 148 millones de colones provenientes de dos actividades primordiales: el turismo, con ¢546 136 millones (70,2% de los aportes) y la generación hidroeléctrica, con ¢205 242 millones (26,4%).¹⁹

Nuestro capital natural es tan amplio y diverso como las oportunidades de innovación que se pueden derivar de él. En este sentido, el aprovechamiento sostenible de este recurso ha sido considerado dentro de la estrategia nacional de conservación, basada en tres pilares básicos: conocer, conservar y utilizar. Esto ha permitido establecer un posicionamiento importante del país en los temas:

- **Ecoturismo sostenible.** Es un mercado creciente en el que Costa Rica se ha posicionado casi como una marca de naturaleza. Logro que puede ampliarse y consolidarse para beneficio del país y de la utilización sostenible de su biodiversidad agregándole mayor valor de información científica. Esta actividad atrae cerca de 1,2 millones de visitantes y genera ingresos en el rango de \$1,6 millones anuales.
- Negociación de medidas de conservación novedosas y pioneras al igual que rentables por el **pago de servicios ambientales**.
- Desarrollo de la bioprospección y sus aplicaciones comerciales dado el mercado/demanda creciente de productos naturales y ambientalmente amigables para fines medicinales, nutricionales, control de plagas y enfermedades, e industriales en general.
- **La credibilidad internacional/liderazgo en materia de biodiversidad** es una carta de presentación para atraer inversión en ciencia y tecnología y gestionar apoyos y recursos. A lo anterior

¹⁹ Centro Internacional de Política Económica de la Universidad Nacional (CINPE).

se une la conciencia creciente de la población de la necesidad de conservar el ambiente, por razones prácticas y de sobrevivencia. Facilita además la creación de redes nacionales e internacionales de colaboración en ciencia, tecnología e innovación para diversos tipos de bienes y servicios.

- Costa Rica como centro de excelencia en investigación y enseñanza de la biodiversidad tropical.

3.4.2.1 Recursos con que cuenta el país

a) Recursos básicos:

- **Riqueza biológica.** Con 51 100 km² de superficie terrestre y 589 000 km² de mar territorial, Costa Rica posee una extraordinaria riqueza natural. Debido a su posición geográfica privilegiada y su historia geológica, cuenta con numerosos y variados microclimas, unas 500 000 especies de plantas, animales y microorganismos, además de abundantes ecosistemas. El conocimiento desarrollado de la riqueza biológica del país se debe al trabajo de instituciones como el Museo Nacional, el Instituto Nacional de Biodiversidad, las Universidades, la Organización de Estudios Tropicales, entre otras. Al 2008 se tiene un total acumulado de 2 728 especies nuevas, gracias al trabajo INBio-MINAET en el proceso de Inventario Nacional de la Biodiversidad.
- **Áreas Silvestres Protegidas.** Se ha hecho una inversión mayor, en cifras absolutas y relativas, que muchos países más grandes y ricos para establecer un sistema de áreas silvestres protegidas, tanto públicas como privadas, que cubre cerca del 26% del territorio nacional: el país posee 169 áreas protegidas, de las cuales 28 corresponden a parques nacionales.
- **Colecciones e información.** Existen colecciones taxonómicas de referencia cada vez mejores, tanto en número de especímenes y especies como en su calidad. Su valor aumenta exponencialmente por la disponibilidad y uso de sistemas digitales de información y comunicación.

b) Recursos humanos

Hasta el momento, el país ha contado con un importante grupo de profesionales —en términos de cantidad y calidad— que ha permitido realizar una adecuada labor en cuanto al conocimiento de la diversidad natural con que se cuenta. Sin embargo, el reto de aprovechar el capital natural requiere nuevos y mejores especialistas con perfiles académicos más altos.

Entre los principales actores están:

Museo Nacional, Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAET), Universidad de Costa Rica (UCR), Universidad Nacional (UNA), Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH), Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT).

c) Sector Productivo

El mayor desarrollo empresarial se encuentra en el área de ecoturismo. La Cámara Nacional de Ecoturismo de Costa Rica (CANAECO) agrupa a cerca de 90 asociados entre los que se encuentran albergues, hoteles, operadores de tours, ONG, universidades, fundaciones, reservas biológicas, empresas de investigación, asociaciones y cámaras. Además de ser el órgano informativo del gremio, entre otras funciones, la Cámara elaboró y aprobó el Código de Ética para el sector ecoturístico y asesora en temas como implementación de buenas prácticas y gestión ambiental, entre otras. Cabe señalar además, el impacto del sector empresarial dedicado al establecimiento de marinas y atracaderos turísticos en el uso de las zonas costeras.

En segundo lugar se ubican las empresas dedicadas directamente a la explotación mineral o a la asesoría en relación con ese tema. Dentro de este grupo están: Geólogos Asesores Técnicos, Tecnoambiente Centroamericano S.A., Orion Resources Inc. (Orion), Consolidated Serena Resources Ltd., TC&A S.A. y Barrick Gold Corp., Costa Rica, Río Minerales S.A y Metales Procesados MRWSA, entre otros.

El sector empresarial también interviene en el área mediante su interacción con universidades y centros de investigación con el fin de explorar la biodiversidad costarricense en busca de productos que se pudieran derivar del aprovechamiento de la biodiversidad. Esto incluye tanto empresas internacionales que se han acercado a centros de investigación costarricenses para buscar compuestos útiles en medicina y la industria — por ejemplo Merck & Co, Pfyzer o Diversa Corporation—, como pequeñas y medianas empresas locales que están desarrollando productos para la agricultura, medicina, industria y remediación ambiental a partir de la biodiversidad costarricense. Muchos de estos desarrollos se encuentran actualmente en etapas de escalamiento en el CENIBiot.

3.4.3 Desempeño General

El área con mayor grado de desarrollo es la relativa a la caracterización de la biodiversidad, vinculado en gran medida con la labor del INBio, así como con la Escuela de Biología y el CIMAR de la Universidad de Costa Rica y la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional. La consolidación de las áreas silvestres protegidas (ASP) y los esfuerzos por alcanzar una mayor conectividad entre ecosistemas y la protección marina, son críticos para asegurar el cuidado efectivo de la biodiversidad.

Proyectos interuniversitarios en el área

- Evaluación de alternativas frutícolas amigables con el ambiente para contribuir al desarrollo sostenible de la Zona Norte de Cartago.
- Evaluación de factores ecológicos que afectan a la vida silvestre en áreas alteradas y áreas silvestres.
- Gestión de iniciativas de producción agroecoturística sostenible en la parte alta de la cuenca de Río Candelaria.
- Mejoramiento del cultivo de vainilla (*vanilla spp*) por métodos tradicionales y no tradicionales y su implementación en sistemas agroforestales.
- Análisis ecosistémico para la evaluación de la restauración forestal y sus implicaciones para el secuestro de carbono en un bosque nublado.
- Desarrollo y caracterización de tableros prensados a partir de residuos lignocelulósicos de madera, piña y palma, combinados con empaque reciclado TetraBrik.
- Desarrollo, estandarización y validación de formulaciones farmacéuticas a base de plantas medicinales de interés en Costa Rica.
- Extracción de fructuans a partir de biomasa residual excedente de la producción agrícola nacional para aplicaciones alimenticias.
- Monitoreo de ecosistemas forestales para el fortalecimiento de estrategias de conservación y uso de bosques: una contribución a la iniciativa Costa Rica Carbono Neutral.
- Desarrollo de buenas prácticas de manejo agrícola e industrial de cuatro plantas (*Phyllanthus niruri*, *Sennareticulata*, *Centella asiática* y *Pettiveria alliaceae*) con potencial bioactivo en las regiones Huetar Norte y Atlántica de Costa Rica.
- Aplicación de tecnologías innovadoras para contribuir con el desarrollo sostenible del cultivo de higo (*Ficus carica*) y mora (*Rubus spp.*) en Costa Rica.
- Innovación y validación de opciones económicas y ambientalmente sostenibles para el manejo biotecnológico, epidemiológico y agroecológico de la producción hortícola en ambientes protegidos.

Durante los últimos años se han publicado estudios sobre la riqueza biológica y los requerimientos de protección de ecosistemas, pero el sistema de información es deficiente en áreas clave. Así por ejemplo, desde el 2006 es escasa la información acerca del uso de los recursos marinos, su disponibilidad, sus volúmenes de explotación y los desafíos que se presentan en este ámbito.

En relación con la utilización del capital natural, de acuerdo con el XVI Informe del Estado de la Nación,²⁰ en los últimos años se vienen consolidando patrones insostenibles como producto de una tendencia a anteponer las consideraciones productivas a las ambientales. Así por ejemplo, el Informe indica que el tico promedio consume y contamina un 12% más de lo que el país en teoría permite. Ello se desprende de las estimaciones de la huella ecológica para el país para el período 2009, que indican que mientras los costarricenses necesitan cerca de 1,8 hectáreas globales para mantener su nivel de consumo, el país solo puede ofrecer cerca de 1,6 hectáreas globales. Para el mismo período, la huella de carbono ronda las 0,5 hectáreas globales, lo cual implica que el país debió haber dedicado el 30,3% de su territorio para absorber estas emisiones. Adicionalmente, esta misma fuente revela que las instituciones del Estado solamente llegan a atender directamente un 36% de las 169 áreas silvestres protegidas existentes.

En relación con el estado del ordenamiento territorial, la fuente mencionada resalta que a pesar de que existen unas treinta entidades públicas y unas setenta normas que lo regulan y administran, ello no se ha traducido en un marco adecuado que lleve a la práctica lineamientos en este ámbito, por cuanto no se definen competencias con claridad y se producen traslapes de escala de trabajo y funciones. Adicionalmente, se evidencia un decaimiento de algunos esfuerzos institucionales para el control ambiental y en la intervención de los procesos de evaluación del impacto.

Por otra parte, estudios realizados por el Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la UCR, advierten que las zonas marino-costeras muestran una considerable erosión como producto del cambio climático, aunada a los usos de la tierra. Tanto esas zonas como aquellas protegidas ubicadas en las partes altas del país, son particularmente vulnerables al cambio climático.

Otros aspectos concernientes a recursos hídricos se describe en el área prioritaria de Ciencias de la Tierra.

3.4.4 Requerimientos específicos del área

¿Qué hacer?

- Formar, repatriar y retener recurso humano de alto nivel:
 - Formar profesionales en disciplinas relacionadas con el estudio y aprovechamiento de la biodiversidad tropical, por ejemplo biólogos con grado de doctorado y maestría en áreas como taxonomía, ecología, microbiología ambiental, química de productos naturales, biotecnología e ingenierías como agronomía y forestal.
 - Revisión, actualización y fortalecimiento del contenido de programas de formación universitaria en las especialidades mencionadas en el punto anterior, así como en la formación de profesionales dedicados a conducir y administrar el desarrollo de un mercado turístico naturalista y a la venta de servicios ambientales y su vinculación al cambio climático.
 - Repatriación de talentos costarricenses con formación de doctorado en las áreas descritas, los cuales actualmente están realizando actividades de investigación en el extranjero y que tengan deseos de retornar al país. Esto permitiría contar con profesionales de alto nivel en el mediano plazo, que además ya cuentan con fuertes vínculos en el extranjero y un buen conocimiento actualizado de los avances científicos en el área.
- Proveer de mayores recursos e incentivos para proyectos de investigación, desarrollo e innovación. Impulsar la investigación básica pero sobre todo la investigación aplicada y avanzada, que sea de alto impacto, interinstitucional y que necesariamente se base en el aprovechamiento del capital natural.
- Fortalecimiento de infraestructura:
 - Fortalecer los centros e instituciones que realizan investigación y desarrollo en esta área.
 - Crear y mantener una plataforma tecnológica de información geográfica para el monitoreo del valor agregado de las áreas

²⁰ Programa Estado de la Nación. XVI Informe del Estado de la Nación 2010, San José, Costa Rica.

protegidas en la producción de bienes y servicios en los ámbitos internacional, regional, nacional y local.

- Generación de redes de articulación mediante diversas acciones:
 - Construir una política de ordenamiento ecológico del territorio, para garantizar el desarrollo integral y el aprovechamiento sustentable del capital natural. Esto en armonía con otras formas de producción, los patrones de consumo y la dinámica poblacional de ocupación del territorio.
 - Fomentar redes de trabajo en el área de aprovechamiento del capital natural que faciliten la cooperación e integración de esfuerzos institucionales enmarcados dentro de los objetivos de la agenda nacional de desarrollo.
 - Consolidar al país como centro de excelencia en investigación y enseñanza de biodiversidad, dado que las principales instituciones han logrado coordinar y potenciar sus programas de investigación y enseñanza.
 - Concientizar a los distintos actores de la sociedad, de que la protección ambiental y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales no son excluyentes y constituyen un componente fundamental de la creación de bienestar y de crecimiento económico.²¹

¿Cómo hacerlo?

- Fondos concursables de financiamiento a universidades, centros de investigación y empresas para proyectos, realizados en consorcio, sobre I+D+i a partir del capital natural del país.
- Fondos para un programa de formación y consolidación de recursos humanos de alto nivel que incluye:
 - Becas para doctorado tanto en el extranjero como en el interior del país.
 - Fondos para la reinserción de investigadores y apoyo para sabáticos —de extranjeros y de nacionales radicados en el exterior— así como un apoyo adicional para financiar a las instituciones nacionales que los reciben.
 - Incentivos de distinto tipo para la retención de investigadores.
 - Financiamiento para la generación de capacidades de infraestructura en el tema de aprovechamiento del capital natural.
- Revisión de legislación y normativa vigente para promover la coordinación entre instituciones y sectores.
- Apoyo a programas de divulgación científica en temas relacionados con la conservación, prevención del riesgo, adaptación al cambio climático y uso sostenible del capital natural.

²¹ Ver también acciones sugeridas en las áreas prioritarias de Biotecnología y Energías Limpias —como el tema de políticas energéticas tendientes a disminuir las emisiones de gases contaminantes— y Ciencias de la Tierra y el Espacio —como recursos hídricos y cambio climático—.

3.5 Salud: Enfermedades Emergentes

3.5.1 Introducción

Según la definición utilizada en la Asociación Panamericana de la Salud y que hace referencia al Instituto de Medicina de los Estados Unidos de América (1992), las enfermedades infecciosas emergentes son aquellas cuya incidencia ha aumentado en los seres humanos en los 20 últimos años tales como E.coli O157 H7, Helicobacter pylori, Herpes virus 8, Rotavirus, Priones y Encefalitis del Nilo. Las enfermedades reemergentes son las que han vuelto a aparecer después de que su incidencia había disminuido significativamente tales como dengue, paludismo, cólera O139, difteria, anthrax, sífilis, tuberculosis, oncocercosis.

En la región de las Américas, las enfermedades infecciosas emergentes y reemergentes de mayor impacto en la salud durante el quinquenio de 1999-2003 fueron: malaria, fiebre amarilla, dengue hemorrágico, sida, carbunco y SARS (Síndrome respiratorio agudo severo) así como la infección por hantavirus y por el virus del Nilo occidental. Algunas de estas enfermedades, como el SARS, presentan una distribución geográfica focal, mientras que otras, como el dengue, se dispersan ampliamente y se han convertido en un problema mundial. En Centroamérica la CDC (Centro para el control de enfermedades) reporta brotes de leptospirosis en viajeros, incluyendo los turistas de aventura, y brotes esporádicos de coccidioidomycosis y de histoplasmosis, así como Cutaneous larva migrans (Ancylostoma spp.) en visitantes de playas. En Costa Rica, se presentó en los últimos años brotes de dengue y tos ferina, así como la reaparición de tuberculosis.

Los factores de la aparición son biológicos, sociales y económicos.

- Biológicos, debido a la variabilidad y adaptabilidad genética de los agentes causantes.
- Sociales, por el auge del comercio internacional y de los movimientos poblacionales por razones turísticas o migratorias, el hacinamiento, la inadecuada manipulación de los alimentos y el analfabetismo.
- Económicos, debido a la ausencia de servicios básicos de

saneamiento ambiental, la desnutrición, la falta de agua y de sistemas de alcantarillado. Todos estos factores crean, además, las condiciones propicias para la propagación de estas infecciones y facilitan la circulación de los agentes patógenos y la transmisión de las infecciones y epidemias entre los diversos países y regiones, no solo a la salud humana, sino al sector fitosanitario y zoonosario.

- Se destaca la necesidad de fortalecer el sistema de bioseguridad hospitalaria de tal manera que nuestro sistema de salud no aumente el número de casos como una fuente de contaminación de pacientes, en especial en caso de una epidemia.

La experiencia acumulada demuestra que una gran parte de las muertes que se producen debido a las enfermedades infecciosas emergentes y reemergentes podría evitarse mediante la elaboración y puesta en marcha de estrategias preventivas y terapéuticas eficaces.

En este contexto, y considerando también el impacto negativo en la producción agrícola y pecuaria de nuestro país, es indispensable fortalecer desde el sector ciencia y tecnología una estrategia nacional integrada y alineada con planes internacionales como los generados por la Organización Panamericana de la Salud, con un alto nivel científico en la vigilancia epidemiológica y técnicas diagnósticas, que permita soluciones adecuadas, oportunas, eficaces, prácticas y realistas, de manera que influyan positivamente en el desarrollo económico del país.

3.5.2 Relevancia para el país

La inversión en la detección y manejo de enfermedades emergentes y reemergentes es necesaria debido al impacto social y económico que las mismas tienen en nuestro país y que ya han sido reconocidas a nivel regional por la Organización Panamericana de la Salud. Las estrategias de gestión para el control adecuado de estas enfermedades tienen un impacto directo en la salud, bienestar y productividad de la población, lo que se traduce en más horas de trabajo, menor atención en el sistema hospitalario, así como un incremento en la percepción internacional del país como destino turístico y de inversión.

Invertir en sistemas que fortalezcan la salud de la población, así como

la fito y zoonosológica, no solo son urgentes para la protección de este valioso recurso, sino también porque potencian la producción del país que depende directamente del turismo y de la producción especializada basada en la calidad.

Existen en nuestro país esfuerzos de las autoridades en salud humana, fito y zoonosológica, que ilustran el compromiso nacional por defender los intereses de la población y que han evitado la entrada de plagas y enfermedades como la fiebre aftosa, influenza aviar y la expansión de enfermedades como la tosferina y el AH1N1 (virus de influenza porcina). Esfuerzos que es necesario fortalecer desde el campo de ciencia y tecnología.

3.5.2.1 Recursos con que cuenta el país

a) Recursos humanos

Se cuenta con recursos humanos calificados en las diferentes instituciones privadas y públicas que tienen las destrezas básicas para el monitoreo y la detección tradicional y molecular de plagas y enfermedades epidemiológicas. De igual manera existe oferta académica para fortalecer las capacidades de detección molecular. A continuación se muestran las principales instituciones que forman profesionales en estos campos:

Instituto Tecnológico de Costa Rica

- Bachillerato en Ingeniería en Biotecnología
- Bachillerato y Licenciatura en Ingeniería en Agronomía
- Doctorado en Ciencias Naturales

Universidad de Costa Rica

- Bachillerato y Licenciatura en Cirugía y Medicina
- Bachillerato y Licenciatura en Biología
- Licenciatura en Microbiología y Química Clínica
- Licenciatura en Farmacia
- Maestría en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con énfasis en Biotecnología

- Maestría en Biología con énfasis en Genética y Biología Molecular
- Doctorado en Sistemas de Producción Agrícola Tropical Sostenible
- Doctorado en Ciencias Naturales

Universidad Nacional

- Licenciatura en Medicina Veterinaria
- Bachillerato en Ciencias Biológicas y en Biotecnología
- Bachillerato y Licenciatura en Ciencias Agrarias

Universidades privadas que imparten la Carrera de Medicina

- Universidad de Ciencias Médicas
- Universidad Hispanoamericana
- Universidad Latina de Costa Rica
- Universidad Internacional de las Américas
- Universidad de Iberoamérica
- Universidad Autónoma de Centro América

b) Instituciones y campos de acción

- Ministerio de Agricultura: La protección fito y zoonosológica según las Leyes N° 7664-MAG y N° 8495-MAG respectivamente.
- Ministerio de Salud: La protección de la salud pública según la Ley General de Salud N° 5395

c) Infraestructura

El país cuenta con una buena representación de laboratorios especializados que se describen a continuación:

- **Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA).**
- **Servicio Fitosanitario del Estado:** cuenta con laboratorios de diagnóstico fitosanitario, con capacidad de realizar pruebas tradicionales y moleculares por PCR cuantitativo y cualitativo.
- **Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA):** cuenta con los laboratorios de diagnóstico con capacidad para realizar pruebas tradicionales y moleculares por PCR cuantitativo y cualitativo.

- **Otros:** Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM-UCR), Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA-UCR), Instituto Nacional de Investigaciones en Salud (INISA-UCR), Centro de Investigación en Hematología y Trastornos Afines (CIHATA-UCR), Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales (CIET-UCR), Programa de Investigación en Enfermedades Tropicales (PIET-UNA), Centro Nacional de Investigaciones Biotecnológicas (CENIBiot), Laboratorio de Tamizaje Neonatal, Hospital Nacional de Niños; Centro de Investigación en Protección de Cultivos (CIPROC-UCR), Escuela de Ciencias Agrarias de UNA; Centro de Investigación en Biotecnología del ITCR.
- En el ámbito de plagas y enfermedades del mar: Centro de Investigación en Ciencia del Mar y Limnología (CIMAR-UCR); Estación Biológica Marina y Estación Nacional de Ciencias Marino-Costas de la UNA; Laboratorio para Análisis de Aguas y Reproducción de Especies Dulceacuícolas (LARED) de la Universidad Técnica Nacional; Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA).

Proyectos interuniversitarios en el Área

- Uso de la proteómica para el estudio de dos tipos de enfermedades tropicales desatendidas en Costa Rica.
- Desarrollo e implementación de métodos para diagnosticar enteritis necrotizante causada por *Clostridium perfringens* en aves de corral.
- Diagnóstico molecular de agentes infecciosos (*Ehrlichia caris*, *Ehrlichia chaffeensis*, *Ehrlichia ewingii*, *Anaplasma phagocitophilum*, *Anaplasma platys*, *Borrelia burgdorferi* s.l., *Rickettsia rickettsii*) en garrapatas y animales reservorios.
- Elaboración de un protocolo para la identificación de bacterias del género *Brucella* que representan un riesgo para la salud pública, alimentaria y la vigilancia epidemiológica en Costa Rica.
- Fortalecimiento de la capacidad diagnóstica de cuatro laboratorios de dos Universidades Estatales para el Diagnóstico y Vigilancia Epidemiológica de Agentes Virales Zoonóticos (Virus del Nilo Occidental, Virus de la Encefalitis Equina Venezolana, Virus de la Encefalitis Equina del Este y del Oeste, y virus de la Enfermedad de Borna).
- Estudios epidemiológicos (Malaria, Dengue, Virus del Oeste del Nilo, complejo Virus Encefalitis Equina), genéticos, etológicos, poblacionales y de hábitat en monos de Costa Rica.
- Diagnóstico molecular de agentes infecciosos en garrapatas de vegetación y de animales domésticos y silvestres de distintas áreas protegidas y recreativas de Costa Rica. Fase II.
- Desarrollo y comparación de dos estrategias de vacunación de aves de corral contra la enteritis necrotizante causada por *Clostridium perfringens*.
- Caracterización fenotípica y genotípica de la patogenicidad y la resistencia a los antibióticos de cepas "autóctonas" de *Clostridium difficile* aisladas a partir de heces de pacientes con diarrea asociada a los antibióticos durante brotes epidémicos del 2009 en hospitales costarricenses.
- Desarrollo y valoración de vacunas de *Brucella* marcadas genéticamente y de pruebas diagnósticas asociadas que permitan la identificación de los animales vacunados.

d) Sector Productivo

Dentro del sector empresarial se observa un desarrollo heterogéneo, con un énfasis en el diagnóstico y detección de enfermedades humanas mediante métodos tradicionales. Un número importante de las empresas se dedican al análisis de aguas, diagnóstico microbiológico y control de calidad.

Conviene resaltar que existen empresas que disponen de equipos para la detección molecular mediante PCR, pero pocas tienen los protocolos estandarizados y los materiales de referencia en caso de necesitar el servicio para emergencias, como es el caso del Laboratorio de Análisis Clínicos y Moleculares (LACYM) y BioTécnica Análisis Moleculares.

3.5.3 Requerimientos del área

¿Qué hacer?

- Fortalecer el equipamiento y certificación de los laboratorios especializados dedicados al diagnóstico y tratamiento de enfermedades emergentes.
- Apoyar la formación de recursos humanos de alto nivel relacionados con la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades emergentes en humanos, plantas y animales. Así como revisar y actualizar los programas de estudio de las carreras afines al sector.
- Gestionar recursos financieros e incentivos para el desarrollo de proyectos, investigaciones básicas y aplicadas relacionadas con este tema.

- Promover la apropiación social de los conocimientos científicos relativos a la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades emergentes.
- Apoyar el intercambio de información en el sistema de vigilancia epidemiológica.

¿Cómo hacerlo?

- Disponer de instrumentos de apoyo financiero para el equipamiento, optimización de protocolos, certificación y acreditación de laboratorios y ensayos que ofrecen servicios de detección de enfermedades emergentes en humanos, plantas y animales.
- Promover un programa de becas para la formación de recurso humano especializado en la prevención, detección y tratamiento de las diferentes variantes de enfermedades emergentes, así como para la atención de emergencias de esta naturaleza.
- Disponer de financiamiento para proyectos de investigación básica y aplicada relacionados con la detección, tratamiento y atención de problemas sanitarios ocasionados por enfermedades emergentes.
- Apoyo a programas de divulgación científica en temas relacionados con la prevención y planes de acción para combatir las enfermedades emergentes.
- Promover el desarrollo de un sistema de intercambio de información que permita almacenar y analizar información útil para los tomadores de decisiones.

3.6 Energías Alternativas

3.6.1 Introducción

Según el Diccionario de Términos Ambientales, las energías alternativas se definen como “Energías obtenidas de fuentes distintas a las clásicas como carbón, petróleo y gas natural. Son energías alternativas la solar, eólica, geotérmica, mareomotriz y de la biomasa, que además, son energías renovables. En este sentido, si el concepto de energías clásicas o convencionales se reduce a las energías fósiles, la energía nuclear y la hidroeléctrica han de considerarse energías alternativas”.

3.6.2 Relevancia para el país

La energía es un bien fundamental para el desarrollo económico y social de cualquier país. Disponer de ella en las cantidades requeridas, con oportunidad y al menor precio posible, es determinante para garantizar el desarrollo sostenible. El análisis de la situación energética nacional, pone en evidencia el fuerte crecimiento del consumo de energía, la alta dependencia de los combustibles fósiles y la necesidad de actuar sobre la demanda, para lograr un consumo más racional y eficiente en todos los sectores de la economía nacional (MINAET, Estrategia Energética 2010-2014).

Hacia el futuro, la demanda de energía en nuestro país continuará creciendo, impulsada por el desarrollo de la economía y la mejora que se espera en el nivel de ingreso y calidad de vida de la población, por lo que es necesario tomar medidas para garantizar el abastecimiento de sus necesidades con energías renovables, con menores emisiones de contaminantes al ambiente, con el menor impacto ambiental y a precios competitivos. Similar importancia tiene el compromiso adquirido por nuestro país de ser carbono neutral para el 2021, que ha abierto un nuevo espectro de oportunidades a los negocios verdes.

El consumo de energía comercial se incrementa continuamente, triplicándose en el período 1980-2009. El consumo de electricidad aumentó 4,2 veces, impulsado por un alto grado de electrificación y el incremento del consumo de los sectores residencial e industrial. El consumo de derivados de petróleo se incrementó 2,9 veces, debido fundamentalmente al aumento del parque automotor. El crecimiento promedio del consumo de hidrocarburos en los últimos 20 años fue del 4,7% anual y el de la electricidad del 5,3% anual.

Con estas tasas de crecimiento, la demanda de electricidad se duplicará en 13 años y la de los hidrocarburos en 15 años. La dependencia de los combustibles fósiles en el país ha venido aumentando hasta alcanzar, en el 2009, el 64% de la energía comercial. La electricidad por su parte, atiende el 22% de la demanda de energía, la biomasa el 12% y el 2% otros productos energéticos.

La producción eléctrica del país se apoya en tres fuentes autóctonas renovables: recursos hídricos, geotermia y viento, lo que genera las mejores tarifas eléctricas en la región centroamericana, mayor independencia energética y menor impacto ambiental, aspectos que se han convertido en beneficios tangibles para el país.

Los alcances de Costa Rica llegan hasta el punto de que el 92,3% de la energía eléctrica producida en el país es limpia y de fuentes renovables, como son la hidroeléctrica, eólica y geotérmica. En la zona sur algunas plantas producen electricidad a partir del metano de la biomasa y de paneles solares. Además Costa Rica tiene una producción de energía limpia per cápita tres veces mayor que el promedio de los productores de energía limpia más grandes del mundo, lo cual ubica al país en una posición de vanguardia y potenciación hacia los procesos productivos amigables con el ambiente y el uso de energías no dañinas.

3.6.2.1 Recursos con que cuenta el país

a) Potencial de las energías alternativas en Costa Rica

- Energía eólica:** el ICE estimó un potencial teórico de 14 000 MW pero por razones diversas, solo 600 MW serían aprovechables. El mayor potencial se ha detectado en la Cordillera Volcánica de Guanacaste y prueba de ello es que ya existen en operación tres plantas eólicas privadas y una del ICE en el sector de Tejona en Tilarán, con lo que ya se ha aprovechado alrededor de un 11% de ese potencial. Sin embargo, es importante que se realicen estudios para identificar el potencial de generación de electricidad por medio de la denominada energía eólica offshore, que se produce dentro del mar o la energía mareomotriz que es generada por las olas y corrientes marinas.
 - Energía solar:** Se ha estimado un potencial teórico de 10 000 MW. El problema es el elevado costo que aún tienen las celdas fotovoltaicas; no obstante, ya se encuentran en operación desde 2005, un total de 160 sistemas por parte de COOPEGUANACASTE R.L. y 1 255 del ICE que cubren 184 comunidades y con grandes potenciales de uso en reservas indígenas, parques nacionales, puestos fronterizos y otros. Debe aprovecharse ese potencial según los usos requeridos y las modalidades, fotovoltaica o con concentradores.
 - Geotermia:** Ocupa el segundo lugar como fuente generadora de electricidad en el país. Se ha estimado un potencial teórico de 900 MW especialmente en las cordilleras volcánicas de Guanacaste y Central. Actualmente se ha explotado un total de 163 MW (18,1% del potencial), prácticamente concentrados en el campo geotérmico Miravalles con dos plantas del ICE y una en COT (en inglés BOT). A estas se unen las unidades de Boca de Pozo que generan 5 MW y una unidad binaria de 19,8 MW que entró en funciones en enero de 2004. Existen otros potenciales proyectos prioritarios en este campo que se ubicarían en el volcán Tenorio (79 MW) y La Fortuna de San Carlos (61 MW).
 - Biomasa:** Presenta una tendencia poco clara en virtud de malas técnicas de manejo de este recurso, a la vez, con una reducción de ciertos usos de la leña. A pesar de que se cuenta con estudios de potencial desde hace casi dos décadas, los cuales estimaban el potencial en 327 688 TJ, en 2004 se aprovechó apenas el 3,7%.
 - Bioetanol:** Surge como una fuente interesante para reducir las importaciones de gasolinas. En este campo, el país posee la experiencia de más de veinte años de producción y exportaciones basadas en la industria azucarera, por lo que existe la capacidad instalada y la experiencia nacional. Hay 52 mil hectáreas sembradas de caña, ubicadas en el Pacífico Seco, la Zona Norte, Zona Sur y Valle Central, con posibilidad de expansión de las áreas de siembra. Actualmente, se está distribuyendo este biocombustible en las regiones Chorotega y Pacífico Central con grandes posibilidades de ampliar su cobertura. La industria cuenta incluso con una planta deshidratadora y un puerto especial en Punta Morales.
 - Biodiésel:** Combustible alternativo para el transporte público o de carga especialmente, ya que puede utilizarse sin mayores modificaciones a los motores. Se produce a partir de aceites vegetales o grasas animales, inclusive de baja calidad. Los litros de aceite que se obtienen por hectárea, dependerán del cultivo que da origen al aceite vegetal. En las regiones de producción del Pacífico Sur y Pacífico Central, se concentra el 65% y el 33% de la superficie total dedicada al cultivo de la palma aceitera, respectivamente. Según estimaciones realizadas por la Comisión de Biodiésel, la demanda de este energético para un programa de alcance nacional que adicione un 5% de este energético al diésel fósil, en el período 2006-2018, requeriría un abastecimiento de 50 a 80 millones de litros anuales. El área requerida para suplir esa demanda de biodiésel estaría entre 9 y 14 mil hectáreas.
- Costa Rica goza de condiciones y recursos que hacen favorable la perspectiva de producción de biocombustibles en el futuro mediano y en el largo plazo, como el desarrollo actual de la industria de la palma aceitera y la disponibilidad de hectáreas cultivables. Además se

cuenta con climas aptos para el cultivo, conocimiento y experiencia en agroindustria, la capacidad de aumentar la superficie de siembra y la existencia de compañías en producción.

b) Centros de investigación

El país cuenta con diferentes iniciativas de investigación en energías alternativas, por ello es fundamental identificar las instituciones que están llevando a cabo investigaciones en este campo.

Universidad de Costa Rica

- Facultad de Ingeniería: lleva a cabo investigación en temas relacionados con ingeniería hidráulica y ambiental en pro del desarrollo de energías alternativas.
- Escuela de Ingeniería Eléctrica: desarrolla investigación en temas relacionados con la utilización óptima de los recursos energéticos.
- Escuela de Ingeniería Química: desarrolla investigación en el uso de materiales orgánicos para la generación de energía a partir de desechos orgánicos (biomasa).
- Escuela de Química: Con el Laboratorio de Química Biorgánica, en el marco del Programa Institucional en Fuentes Alternativas de Energía de la Universidad de Costa Rica (PRIFAE), la universidad participa en un proyecto internacional que permitirá desarrollar etanol lignocelulósico. El papel de esta unidad será no solo como responsable de los análisis de constitución química de los materiales de partida, sino en la ejecución de ensayos de transformación enzimática y el seguimiento de los resultados de todos los participantes.
- Escuela de Ingeniería Mecánica: lleva a cabo proyectos que permiten la utilización óptima de energía en diferentes ambientes.
- Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible: ha desarrollado diferentes investigaciones en temas relacionados con el uso de las energías renovables.
- Centro de Electroquímica y Energía Química (CELEQ): desarrolla proyectos como el de Celdas Solares que contienen tintes sensibilizantes para la producción de energía.

Universidad Nacional

- Departamento de Física, cuenta con el Laboratorio de Energía Solar. Desarrollan proyectos como el Horno Solar y Aprovechamiento del sustrato digerido y del biogás generado en un biorreactor anaerobio, operado en condiciones termofílicas mediante energía solar.
- Escuela de Química, mediante el laboratorio del POLI-UNA, lleva a cabo investigación en temas relativos al desarrollo de energía (biocombustibles) a partir de desechos orgánicos. El equipo está compuesto por doce personas: dos doctores, cinco máster, un bachiller y cuatro licenciados.
- Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- El Laboratorio de Materiales, de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, desarrolló el Proyecto Producción de Biodiésel, a cargo de dos investigadores.
- El ITCR cuenta también con un grupo de investigación en plasmas y sus aplicaciones, que pretende contribuir con la investigación que se lleva a cabo a nivel mundial en fusión nuclear para demostrar la viabilidad científica y tecnológica de los reactores de fusión nuclear como fuente de energía alternativa en el siglo XXI. Esta investigación se realiza conjuntamente con el Laboratorio Nacional de Fusión del CIEMAT, en España, a través de un convenio de investigación entre ambas partes. Este grupo también desarrolla investigación en ingeniería y física en dispositivos de confinamiento magnético de tipo Stellarator como futura fuente de energía, así como en producción de electricidad mediante el tratamiento de basura por tecnología de plasma.

Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)

Lleva a cabo diversas iniciativas para la producción de energías alternativas —geotérmica, eólica hidráulica— mediante el desarrollo de diferentes proyectos a nivel nacional en materia de energía. El ICE cuenta con los siguientes departamentos relacionados con el tema.

- Planificación Eléctrica
- Laboratorio de Investigación y Mantenimiento de Equipos de Alta Tensión

- Laboratorio de Simulación de Sistemas de Potencia
- Laboratorio de Eficiencia Energética
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A.
- Dirección de Conservación de Energía

c) Otras instituciones

- El Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial promueve el Desarrollo Industrial Sostenible en la región y el fortalecimiento de la competitividad del sector productivo, mediante la introducción de la Gestión Ambiental y sus tecnologías innovadoras de apoyo. Además, este centro es actualmente la sede del Centro Nacional de Producción Limpia.
- El Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica ha establecido una alianza estratégica con la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), entidad reconocida ante la Unión Europea como el organismo de Certificación de la Calidad en España y miembro de la International Certification Network (IQNet).

d) Formación de Recursos Humanos

Universidad de Costa Rica

- Bachillerato y Licenciatura en Química
- Maestría académica y profesional en Química
- Bachillerato en Biología
- Licenciatura en Biología con énfasis en Biotecnología
- Bachillerato y Licenciatura en Ingeniería Industrial
- Bachillerato y Licenciatura en Ingeniería Mecánica
- Maestría profesional en Ingeniería Mecánica con énfasis sistemas térmicos y de energía.
- Maestría académica en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con Énfasis en Biotecnología

Instituto Tecnológico de Costa Rica

- Bachillerato en Ingeniería en Biotecnología
- Bachillerato en Ingeniería Ambiental

- Licenciatura en Electrónica
- Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica
- Licenciatura en Mantenimiento Industrial
- Maestría en administración de la Ingeniería Electromecánica

Universidad Nacional

- Bachillerato en Biología con énfasis en Biotecnología
- Bachillerato y Licenciatura en Química Industrial
- Diplomado, Bachillerato y Licenciatura en Gestión Ambiental
- Instituto Nacional de Aprendizaje
- Técnico en Electricidad y Electrónica
- Técnico en Gestión Ambiental

d) Sector Productivo

En Costa Rica hay una trayectoria interesante en la generación de energía por parte del sector privado, por ejemplo existe la Asociación Costarricense de Productores de Energía (Acope), compuesta por cerca de 25 generadores privados.

El país tiene algunas iniciativas privadas que destacan, por ejemplo la Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña (Canapep), instancia que agrupa a unas 60 empresas y genera al año unos dos millones de toneladas de esta fruta, trabajará en conjunto con el Instituto Tecnológico para transformar los desechos vegetales de la producción de piña del país en una fuente limpia de energía.

Es importante resaltar que la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE), planea atraer a Costa Rica compañías de producción de energías limpias. CINDE también tiene la intención de promover el país como sitio ideal para fabricar componentes de alta tecnología para la industria limpia. Esta institución pretende dar a conocer las ventajas nacionales en Alemania y España, donde se concentra la mayoría de las compañías de energías limpias.

3.6.3 Desempeño General

Existe una percepción clara en Costa Rica de que el abastecimiento y uso sostenible de la energía constituyen un problema estratégico para el desarrollo del país²². Sin embargo, el tema de energías en nuestro país muestra una gran contradicción: no obstante el gran potencial del país para desarrollar energías limpias, la mayor parte de la energía que consume el país proviene de combustibles fósiles. En este sentido el sector de transporte es el que presenta una mayor dependencia de los fósiles, a saber el petróleo. Hay un sentimiento nacional acerca de la necesidad de desarrollar acciones que se complementen con la directriz en política energética que propone la administración Chinchilla Miranda, que se sustenta principalmente en la carbono neutralidad y en el acceso y uso sostenible y eficiente de energía.

Proyectos interuniversitarios en el área

- Celdas solares que contienen tintes sensibilizantes para la producción de Energía.
- Generación de información técnico-científica para el desarrollo del cultivo de *Jatropha curcas* (Tempate) en Costa Rica para su uso como fuente de energía alternativa y mitigación del cambio climático.
- Selección de cepas de microalgas para la producción de aceite como fuente de biocombustible y otros productos derivados.

El reto más inmediato se centra en reducir la dependencia de los combustibles fósiles, en especial del petróleo, y mejorar la eficiencia energética por medio de las energías limpias. Como país que depende de la importación de un combustible fósil y que a su vez tiene la capacidad de producir energía limpia, es fundamental iniciar acciones que provoquen un cambio en la matriz energética.

El problema parece tener que abordarse en primer lugar a partir del sector más vulnerable de esa dependencia: el sector transporte. Es urgente que Costa Rica inicie un plan de sustitución del consumo de combustibles

fósiles en este sector. En el mundo en general se tienen como referencia algunos países que en el corto plazo han introducido cambios sustantivos, por ejemplo Portugal, Alemania e Islandia entre otros. Costa Rica se ha propuesto la neutralidad en emisiones de carbono y el logro de esta meta está relacionado con los cambios que se hagan en la matriz energética. Tres cuartas partes del consumo energético proviene de hidrocarburos: este es un tema que más allá de la dependencia energética del país es un problema macroeconómico.

Como un hito relevante para el país destaca la política energética nacional 2010-2014, basada en producir energía limpia en forma amigable con el ambiente, disminuir la dependencia del petróleo, sustituir los combustibles fósiles, contar con un sistema eficiente de transporte, hacer más competitivas las instituciones relacionadas con el sector y promover el uso de tecnología digital para evitar el desplazamiento de las personas. También destaca el V Plan Nacional de Energía 2008-2021 y el modelo energético de Costa Rica, presentado por Teófilo de la Torre, Ministro de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. Sin embargo, en ninguno de los documentos citados se destacan metas claras de oferta/producción y consumo/demanda de energías alternativas.

3.6.4 Requerimientos del área

¿Qué hacer?

- Proveer mayores recursos e incentivos para proyectos de investigación, desarrollo e innovación en el tema de energías alternativas.
- Impulsar la investigación aplicada que propicie el desarrollo de nuevas tecnologías e innovaciones que permitan aprovechar los recursos renovables del país o que promuevan mayor eficiencia en el uso energético.
- Destinar recursos financieros para acciones de vinculación entre los centros de investigación y las empresas generadoras de energías alternativas.

22 Estado de la Nación (2009). *Décimo Quinto Informe del Estado de la Nación*. San José, Costa Rica, pág. 275.

- Disponer instrumentos financieros adecuados para el apoyo específico de actividades de I+D+i en las empresas de energías alternativas.
- Definir una estrategia de producción y consumo de energías alternativas.

¿Cómo hacerlo?

- Programa de financiamiento no reembolsable para incentivar nuevas tecnologías e innovaciones que permitan la producción de energía a partir de fuentes renovables.
- Fondos de financiamiento dirigidos a la creación de nuevos artefactos de uso cotidiano que tengan un uso energético más eficiente.
- Programa de financiamiento dirigido a la conformación de redes que permitan las actividades de la academia-gobierno-empresas; que apoyen la incubación de empresas, e incluyan capital de riesgo y redes de ángeles inversionistas.
- Programas de cooperación internacional para atraer, conocer, adaptar y producir energías alternativas.

3.7 Tecnologías Digitales

3.7.1 Introducción

Definidas de forma amplia, las tecnologías digitales (TD) comprenden los recursos, capacidades, bienes y servicios sustentados en disciplinas como la informática, la computación, las telecomunicaciones y las diversas intersecciones entre ellas –tecnologías convergentes– y entre otras ciencias, incluyendo disciplinas en las ciencias exactas o las artes liberales. Lo digital, tanto en su dimensión discreta –que posibilita la expresión textual, numérica o de íconos– como en su dimensión continua –que permite expresar sonidos, imágenes, flujos, funciones y sistemas o modelos continuos–, afecta cada área de las sociedades modernas y condiciona de forma significativa el curso de nuestro desarrollo como país. Su utilización sistemática y sistémica representa uno de los insumos más importantes para dinamizar la función productiva y extender la frontera de posibilidades máximas de producción de nuestra sociedad a partir de la innovación tecnológica. Esa innovación es condición necesaria para posibilitar mejoras en la productividad y a través de ésta, en la competitividad de la economía, gracias a su impacto en el desarrollo de capacidades personales y colectivas, como elementos esenciales para usar la información y convertirla en conocimiento y bienestar.

En un mundo caracterizado por la existencia de recursos escasos, incapaces de satisfacer en cantidad y calidad las necesidades de la sociedad, la definición misma de las TD establece su naturaleza dual: son de forma simultánea herramientas que permiten aumentar la eficiencia y la eficacia de la producción y al mismo tiempo, son un sector productivo que crea empleo, atrae inversión extranjera y canaliza el ahorro nacional, transforma insumos físicos e intelectuales –intangibles– en bienes y servicios, dinamiza el comercio en los mercados locales e internacionales y gracias a éstos, genera dinámicos y significativos flujos de ingresos que se traducen en bienestar.

El aprovechamiento de las TD y su convergencia con la educación, potencian la innovación productiva a través de la investigación científica

y el desarrollo tecnológico. Mediante las políticas públicas apropiadas, ese potencial se proyectará ampliamente en la misma educación, en la salud, la seguridad ciudadana, la sostenibilidad energética y ambiental, la industria, el comercio, los servicios, la vida en el hogar y la función pública –posibilitando la modernización y transparencia del Estado–, y en general, sustentando incrementos sostenidos de la productividad del quehacer público y privado.

Dentro de este contexto, este Plan introduce en la función y dinámica del planeamiento del Estado el concepto de **ecosistema digital**, definido como el conjunto de actores relevantes, sus relaciones, las variables que intervienen en ellas y los resultados de esas interacciones. Estas relaciones se dan en el contexto de los mercados, tanto de transformación de insumos en bienes y servicios de TD –incluyendo los mercados de trabajo, de dinero y otros factores productivos–, como de bienes y servicios finales para el consumo individual, empresarial o del Estado. La correcta conceptualización del ecosistema digital facilitará la priorización y el establecimiento de las acciones y políticas públicas para potenciar el desarrollo de la sociedad del conocimiento y viabilizar la transformación productiva y social que Costa Rica requiere en los próximos años para acelerar su ritmo al desarrollo.

3.7.2 Relevancia para el país

Gracias a la inversión sistemática que Costa Rica ha realizado en educación en general y en los programas de informática educativa en particular, diversos estudios dan fe del positivo impacto que las tecnologías digitales están teniendo en la transformación del país. Dos conclusiones resumen, con total contundencia, el amplio camino andado por el país en esta materia: el Foro Económico Mundial (www.wef.org) establece que Costa Rica está entre los diez países del mundo cuya población está mejor preparada para aprovechar lo digital. Por su parte, el Banco Mundial (www.wb.org) reconoce a Costa Rica entre los diez países del mundo con mayor proporción de bienes y servicios de alta tecnología en sus exportaciones totales, siendo la mayoría de esas exportaciones tecnologías digitales. Según recientes mapeos sectoriales realizados

por CAMTIC, estudios de la Comisión Asesora de Alta Tecnología (CAATEC) y estudios de Procomer, CINDE e INCAE, las exportaciones de TD representaron en el 2010 alrededor del 30% de las exportaciones totales y el sector digital ya emplea alrededor del 4% de la población económicamente activa del país.

Las actividades productivas alrededor de las TD son muy diversificadas e incluyen: creación de software a medida y estandarizado, manufactura de componentes digitales diversos, todos de alta sofisticación; productos y servicios de e-learning, diversos desarrollos multimedia y de animación digital, servicios de redes y telecomunicaciones móviles y fijas, y una amplísima variedad de servicios corporativos y personales de soporte técnico, configuración y mantenimiento, atención de consultas, todo habilitado por las tecnologías digitales.

A partir de ese acervo de capacidades y recursos, de la experiencia ya acumulada en gestionarlos y de las oportunidades internas y externas que tocan a nuestras puertas, el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014 propone el establecimiento de una estrategia en el área digital, sustentada en cuatro pilares:

- Convocar al país en un gran **acuerdo social digital** que construya una visión común entre el Estado, academia, sector productivo y el resto de la sociedad civil organizada, para consolidar y gestionar las variables relevantes de un ecosistema digital sostenible en Costa Rica, como uno de los ejes del desarrollo nacional.
- Priorizar la política y los recursos públicos hacia la creación de **capacidades y competencias digitales individuales y colectivas**, tanto en el sector público como en el privado, como mecanismo para asegurar el aprovechamiento de lo digital de forma transversal en la sociedad y la economía. Esta priorización supone alinear la plataforma educativa formal de preescolar, primaria, secundaria y universitaria, la educación técnica y los programas permanentes de capacitación y educación continua, con énfasis en herramientas de educación virtual o e-learning, y demás recursos pedagógicos y didácticos.

- Promover el **uso intensivo de las tecnologías digitales en todas las actividades productivas y sectores económicos**, como herramientas para potenciar la innovación. De esta manera se pueden inducir transformaciones innovadoras en los ciclos de producción, incluyendo las fases de preparación, pre y producción, así como las fases de comercialización y post venta, y alcanzar tasas más alta de productividad
- Implementar una estrategia de amplio espectro en el sector público para **incorporar tecnologías digitales en la gestión interna y de servicio de todas las instituciones públicas**, como mecanismo para mejorar la calidad de la gestión pública, su eficiencia, eficacia y transparencia.
- **Plataforma para la investigación y desarrollo con capacidades de escalamiento.** Las universidades públicas costarricenses y una amplia proporción de las empresas que operan en el país, tanto de inversión extranjera directa como de inversión nacional, dedican recursos a la investigación y el desarrollo. Según los estudios del MICIT, para el año 2010 la proyección era más que duplicar el 0,34% del PIB invertido en 2009, gracias a las inversiones provenientes del sector de empresas en zona franca y la mayor inversión de las empresas fuera de dicho régimen. Esas cifras están por confirmarse próximamente, pero evidencian una creciente disposición y capacidad de inversión en investigación, desarrollo e innovación productiva en el país. Así mismo, el ITCR cuenta con su Centro de Investigación en Computación (ITCR-CIC) y actualmente la UCR cuenta con un plan para crear uno propio, lo que vendría a ampliar la plataforma para innovación existente en el país.

3.7.2.1 Recursos con que cuenta el país

a) Recursos básicos:

- **Plataforma educativa de base.** Más del 90% de la población estudiantil costarricense en preescolar, primaria y secundaria estudia en el sistema público de educación, ampliamente cubierto por los programas de Informática Educativa que el Ministerio de Educación Pública (MEP) implementa, a partir de sus convenios con la Fundación Omar Dengo (FOD) y su asesoría especializada. Partiendo de que el 83% de los centros educativos del país dispone de acceso a Internet y que el Fondo Nacional de Telecomunicaciones (FONATEL) y el MEP han suscrito un convenio para llevar en un corto tiempo esa cobertura al 100%, la infraestructura fundamental para el escalamiento de las capacidades digitales está garantizada.
- **Plataforma de formación técnica.** Por las capacidades que existen ya instaladas en Costa Rica, resulta de enorme potencial el mejoramiento de la cobertura y la diversidad en formación técnica, pues diversos estudios y sectores han identificado vacíos significativos en los niveles de pregrado, también llamados niveles para universitarios.
- **Plataforma base para incubación de empresas.** En Costa Rica operan actualmente tres programas de incubación de empresas – INCAE, ITCR y Parquetec– que incluyen casos exitosos y casos en proceso, de empresas en el sector de las tecnologías digitales.
- **Plan Nacional de Telecomunicaciones.** Como resultado de la puesta en marcha del proceso de apertura a la competencia del sector de telecomunicaciones, el ministerio rector propuso este plan, que establece las metas y acciones propias de la promoción del sector y la consolidación de una plataforma nacional de redes de telecomunicaciones –inalámbricas y alambradas–, así como una serie de objetivos cualitativos propios de la utilización del potencial de las mismas.
- **Plan maestro de gobierno digital.** Gracias al interés y la priorización que el sector público ha venido dando a los temas digitales, el Gobierno de Costa Rica estableció un convenio de cooperación con el Ministerio de la Economía del Conocimiento de Corea de Sur. Un grupo de consultores de este ministerio ha asesorado y facilitado la preparación de un sólido plan denominado Plan Maestro de Gobierno Digital, que además de inventariar los

recursos y capacidades, establece una priorización en los planes y recursos del Estado.

- **Estrategia Siglo XXI.** Desde 2006 un grupo amplio y reconocido de ciudadanos de diversos sectores productivos, asumió la tarea de preparar un plan de largo plazo, que propone los grandes objetivos a seguir, en el marco de una transformación de Costa Rica, para alcanzar los niveles de madurez en ciencia y tecnología, que hoy tiene el grupo de países nórdicos. Como insumo para el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología, este ha sido un aporte relevante.
- **Costa Rica Verde e Inteligente 2.0.** En setiembre de 2003, CAMTIC propuso un plan estratégico para consolidar en Costa Rica un ecosistema de negocios digitales sostenible y competitivo internacionalmente, como eje del desarrollo del sector digital del país. Este plan, que ha venido ejecutándose de manera coincidente con la preparación de este Plan Nacional de Ciencia y Tecnología, ha constituido igualmente un insumo importante para el Plan Nacional.

b) Recursos humanos

Aunque Costa Rica cuenta con una población que no alcanza los cinco millones de habitantes, es líder en producción y exportación per cápita de productos y servicios digitales. Unas 200 empresas multinacionales tienen centros de producción y servicios significativos en Costa Rica. Algunas, al invertir y establecerse en el país, definieron su actividad productiva inicial en áreas relativamente simples de manufactura de ensamble o servicios técnicos. Con el tiempo han emprendido procesos de diversificación hacia servicios mucho más especializados y sofisticados, tal es el caso de Intel Corporation Inc. con su centro de diseño y pruebas de productos, su centro de ingeniería de software dedicado a innovación de productos de futuro o su centro de servicios corporativo compartido; o el de Hewlett Packard (HP), que en 2009 anunció una inversión millonaria para instalar en el país un centro de innovación en tecnologías móviles, fundamental para su estrategia futura.

Esas empresas de inversión extranjera directa, más el conglomerado de empresas locales y de capital mixto, emplean directamente alrededor del 4% de la población económicamente activa, es decir unas 90 000 personas, e indirectamente generan empleo para una cantidad similar.

c) Un sector académico de avanzada

En el escalamiento de las competencias digitales juega un rol central la plataforma educativa especializada, que para nuestros efectos, se compone de los conglomerados universitarios y las instituciones educativas dedicadas a la formación técnica. Las cuatro universidades públicas de más larga data disponen de facultades y escuelas de amplia experiencia en la formación de recursos humanos en informática y computación —bachilleratos, licenciaturas e ingenierías—.

Así mismo, ofrecen una cada vez más variada propuesta de especializaciones —en telecomunicaciones, administración de proyectos informáticos, gerencia de sistemas de información y otras— y de forma creciente apoyan la formación de profesionales en el resto de las disciplinas. Un reto ya identificado y al que varias universidades del sistema nacional están ya apuntando, es el crecimiento de la oferta de programas académicos en áreas nuevas, como animación digital y producción multimedia, bioinformática, informática médica, redes convergentes, Internet, informática educativa, educación virtual o e-learning, entre otras. Es importante indicar que la formación de posgrados es ampliamente priorizada por las universidades.

El sistema, como un todo, hace un enorme esfuerzo por enviar al exterior un creciente número de costarricenses que puedan especializarse en muchas de las áreas nuevas que a futuro serán centrales para el desarrollo del sector y del país. Ese contingente de estudiantes de posgrado, la gran mayoría cursando maestrías o programas de doctorado, debe ser objeto de uno de los ejes centrales en la estrategia nacional así como de programas para atraerlos al país y para incentivar a las empresas a contratarlos.²³

23 La red TicoTal que gestiona la Academia Nacional de Ciencias es un esfuerzo relevante para asegurar el seguimiento y dinámica de contacto con ese grupo.

Las instituciones decanas de la formación en tecnologías digitales son las universidades públicas que desde la década de los años 70 y 80, establecieron reconocidas escuelas de computación e informática, a saber: la Universidad de Costa Rica (UCR), el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), la Universidad Nacional (UNA) y la Universidad Estatal a Distancia (UNED). Recientemente se creó la quinta universidad estatal en el país, justamente dedicada a la tecnología, bajo el nombre de Universidad Técnica Nacional (UTN) cuya fisonomía y modelo institucional están en fases tempranas de formación, y que anticipa convertirse en un aliado y actor central del sector digital.

Como base y fundamento del sistema está la Fundación Omar Dengo (FOD), institución pionera no solo en el país sino en el mundo, en la introducción temprana de la enseñanza de la informática en la educación y que con el tiempo ha evolucionado como centro innovador y experimental en el desarrollo de competencias digitales para diversos niveles y grupos.

Una contribución importante al ecosistema digital proviene de los Colegios Técnicos Profesionales (CTP) del MEP, así como los Colegios Universitarios públicos. Como complemento a toda esa plataforma pública, algo más de 35 universidades privadas tienen una oferta de carreras asociadas con el sector digital y aunque los planes de estudio son relativamente clásicos y apegados a la formación tradicional de las TD, su contribución es y será cada vez más importante, pues forman cerca de dos terceras partes de los profesionales jóvenes que ingresan al sector digital privado y público.

En Costa Rica no hay centros de investigación en tecnologías digitales en las universidades privadas; en las públicas se cuenta con el Centro de Investigación en Computación (CIC) del ITCR y está en proyecto un centro similar en la UCR. La institucionalidad del Estado en este ámbito, está formada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT), el Viceministerio de Telecomunicaciones hoy adscrito al Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET), la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL), así como el Consejo Presidencial

de Innovación y Competitividad, ente adscrito a la Presidencia de la República y cuya misión es coordinar y facilitar en materia de innovación y competitividad productivas, y que reconoce la importancia estratégica para ello de las TD.

Finalmente, aunque a la fecha se enfoca en alfabetización digital, el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), aporta un entrenamiento básico de usuario al mundo digital a unos 25.000 costarricenses. La capacidad de escalamiento de esta institución puede ser fundamental para el futuro.

d) Sector Productivo

Unas 900 empresas privadas componen el parque empresarial establecido en Costa Rica en la producción de bienes y prestación de servicios de tecnologías digitales o servicios directamente apalancados por éstas. Esto representa una plataforma productiva altamente competitiva, expuesta de manera amplia a la competencia y exigencias de los mercados globales y que desde Costa Rica, compite sin complejos en los mercados y segmentos más sofisticados y dinámicos tanto en el mundo en desarrollo, como en los países desarrollados. Según estudios liderados por la Cámara de Tecnologías de Información y Comunicación (CAMTIC) anualmente el 87% de las empresas del sector lanzan cada año al mercado nuevos productos o servicios, o realizan innovaciones significativas a los existentes. Así mismo, el 55% de esas empresas exporta regularmente a mercados tan diversos como el resto de América Latina, Norteamérica, Europa, Asia y África.

3.7.3 Desempeño General

El sector cuenta con una amplia diversificación de actividades, productos y servicios, sustentada sobre todo en el sector externo, que representa cerca de 10 veces el valor del mercado nacional. Por ello, el desempeño de este sector estará determinado en lo fundamental por el comportamiento de la exportación, tanto de productos como de servicios.

Para el año 2010, pese a la recesión global, el crecimiento consolidado del sector superó el 10%, y subsectores como el que presta servicios habilitados por las TD en zona franca, creció por encima del 50%. Para el año 2011 y 2012 el crecimiento de este subsector seguirá en ascenso y subsectores como el de telecomunicaciones alcanzará crecimientos también significativos, gracias a su apertura a la competencia.

De manera consolidada, el crecimiento estimado del sector para 2011 se ha estimado en 17% en un escenario en el que todos los subsectores crecerán. Ese crecimiento llevará al sector digital a tener un peso relativo de casi una tercera parte de las exportaciones totales, a emplear casi el 5% de la población económicamente activa de forma directa y otro tanto de manera indirecta y a tener un peso relativo en el producto interno bruto de casi el 15%, uno de los más significativos no solo en la región sino en el mundo.

Proyectos interuniversitarios en el área

- Promoción del intercambio científico y tecnológico entre la comunidad informática costarricense y la latinoamericana.
- Desarrollo de técnicas de modelación computacional para mutaciones descritas de enfermedades hemorrágicas hereditarias.
- Sistema Informático de Indicadores de Investigación Interuniversitaria.

3.7.4 Requerimientos del área

¿Qué hacer?

- Mejorar la institucionalidad del sector digital y en consecuencia, la capacidad del Estado para establecer políticas públicas, evolucionar y aplicar el marco regulatorio y la gestión de recursos y proyectos para el desarrollo del ecosistema digital.
- Gestionar, a partir del Fondo Nacional de Telecomunicaciones (FONATEL) y el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones, la democratización y acceso digital, para cerrar las diversas brechas de acceso y competencias entre los ciudadanos, pequeñas empresas, instituciones y funcionarios públicos.
- Gestionar la asignación de recursos a proyectos de emprendimiento productivo sustentados en TD.
- Estimular en el país la promoción del respeto y valor de la propiedad intelectual y el interés empresarial y de las nuevas generaciones, por las llamadas “industrias creativas”, como áreas para el desarrollo de emprendimientos y canalización del interés empresarial y la inversión.
- Promover la canalización de fondos para el financiamiento de las actividades empresariales del sector digital.
- Fomentar el uso de las TD en el Estado costarricense, orientando las inversiones que realice hacia la creación de oportunidades efectivas para la contratación de servicios de empresas locales. Aprovechar así el poder de compra del Estado para estimular el desarrollo del mercado tecnológico local y la consolidación del parque empresarial local.
- Promover en el país los nuevos modelos de negocios en el ecosistema digital que contribuyan a una acelerada transformación productiva y social.

¿Cómo hacerlo?

- Revisar el modelo del Fondo Nacional de Incentivos. Establecer las vinculaciones y negociaciones necesarias para acceder nuevos recursos —en especial aquellos disponibles de fuentes externas de cooperación—, alineándolos con esquemas de nueva generación, necesarios para acelerar la innovación, investigación y desarrollo productivo público y privado.
- Incentivar, mediante políticas públicas apropiadas y la coordinación con los diversos ministerios rectores de los otros sectores, la utilización intensa de las TD como herramientas de transformación productiva.
- Estimular la formación del recurso humano en las diversas áreas del conocimiento necesarias para el óptimo funcionamiento del sector digital, a partir de los siguientes propósitos:
- Formar profesionales en disciplinas relacionadas con las tecnologías digitales tanto en pregrados, grados y postgrados, procurando un énfasis creciente en las áreas menos convencionales, así como en los enfoques interdisciplinarios, para llevar las TD a los demás sectores de manera más acelerada.
- Revisar, actualizar y fortalecer el contenido de planes de estudio universitario en las especialidades relevantes, procurando traer nuevos enfoques y especialidades.
- Promover la acreditación de los programas universitarios afines con las TD tanto en el sistema universitario público como privado.
- Incentivar el retorno al país de talentos costarricenses con formación de doctorado en las áreas descritas, los cuales actualmente están realizando actividades en el extranjero. Esto permitiría contar con más profesionales de alto nivel en el mediano plazo, que además ya cuentan con fuertes vínculos en el extranjero y un conocimiento actualizado.
- Promover la migración a Costa Rica de talento extranjero en áreas y especialidades de las que el país carece, amparado a la nueva ley de migración y su reciente reglamentación, posibilitando así la incorporación de talento de forma inteligente, selectiva y ordenada.



CAPÍTULO 4

ESTRATEGIA, OBJETIVOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN ORIENTADOS AL DESARROLLO, COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN

Foto: Análisis de calidad del aire. Ciencias Ambientales, UNA

CAPÍTULO 4

ESTRATEGIA, OBJETIVOS Y LINEAS DE ACCIÓN ORIENTADOS AL DESARROLLO, COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN

Se enumeran a continuación una serie de estrategias, líneas de acción y metas, que procuran responder a nivel macro —es decir, a nivel de país— a las necesidades establecidas en el capítulo anterior. Se busca acrecentar y otorgar mayor solidez al área de Ciencia, Tecnología e Innovación con

el fin de orientar al país hacia una política científica y tecnológica viable, integral y duradera, que se constituya en la promotora y detonadora de desarrollo y competitividad nacional.

4.1 Estrategias

Estrategia 1: Robustecer las capacidades nacionales en ciencia, tecnología e innovación y su incidencia en la mejora de la productividad y desarrollo socioeconómico del país, mediante una mayor y mejor redirección de la Inversión.

Objetivo

Fortalecer las capacidades nacionales de ciencia, tecnología e innovación a través del aumento y uso eficiente de la inversión en I+D, siguiendo un esquema de participación entre el sector público y privado.

Línea de acción	Metas 2011-2014	Recursos requeridos	Actores involucrados
1.1. Fortalecer y ampliar el sistema de fondos concursables para proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico, alineados con las áreas prioritarias y donde participen el sector académico, el sector público y el sector privado.	<p>1.1.1. Implementar una línea de financiamiento para proyectos de I+D asociativos.²⁴</p> <p>1.1.2. Crear una línea de financiamiento que apoye proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico (de carácter exploratorio pero con alta rentabilidad potencial)²⁵.</p> <p>1.1.3. Crear una línea especial de financiamiento que apoye proyectos estratégicos de amplio interés nacional.</p>	<p>1,2 millones de USD recursos MICIT (Fondo PROPYME, Fondo de Incentivos, Fondo de Apoyo a la Innovación Biotecnológica (CENIBIOT)).</p> <p>15,8 millones de USD²⁶ (mediante empréstito internacional en negociación²⁷).</p>	<p>MICIT/CONICIT/ Universidades/ Empresas/MAG/ CENIBIOT/Comisión de Energía Atómica.</p>

24 A modo de ilustración, se presentan los montos destinados por otros países latinoamericanos para este rubro (datos 2009-2010): Argentina: 362 millones de USD; Chile: 328 millones de USD; Colombia 47,3 millones de USD; Uruguay: 25 millones de USD; Brasil 1600 millones de USD.

25 Con el instrumento se pretende atender proyectos que requieren este tipo de inversión por tener un alto potencial de crecimiento en actividades o mercados con alta incertidumbre.

26 Se estima un monto de \$15,8 millones de USD, para un aproximado de 120 proyectos, con la línea de financiamiento de proyectos I+D asociativos, los cuales serán distribuidos de la siguiente manera:

- Proyectos Individuales: de empresas o universidades, con una duración de 2 años aproximadamente = Costo Total \$150.000 USD por proyecto, se financia hasta 50%.
- Proyectos en conjunto: de más de dos empresas o universidades, con una duración de 2 años aproximadamente = Costo Total \$200.000 USD por proyecto, se financia hasta 75%.
- Proyectos asociados Universidades y empresas, con una duración de 2 años aproximadamente = Costo Total \$200.000 USD por proyecto, se financia hasta 75%.

Adicionalmente, se destinan \$2 millones de USD para proyectos de interés nacional.

27 Lo referente a estos recursos implica Empréstito Internacional para Educación Superior Estatal, Ciencia y Tecnología, en negociación.

<p>1.2. Aumentar la inversión en infraestructura científica, tecnológica y de innovación. Incluir apoyos complementarios para equipamiento de laboratorios de acceso compartido por parte de instituciones, empresas e investigadores.</p>	<p>1.2.1. Crear una nueva línea de financiamiento del Fondo de Incentivos dirigida a la adquisición de equipos estratégicos para laboratorios de acceso compartido.</p>	<p>4 millones de USD (Apoyo inicial mediante empréstito internacional en negociación).</p>	<p>MICIT / CONICIT / Universidades Estatales.</p>
<p>1.3. Promover el establecimiento de parques científico-tecnológicos.</p>	<p>1.3.1. Apoyar las iniciativas nacionales para la creación de parques científico-tecnológicos, que incluyan asocio con la Academia, Gobierno y Sector Privado (implica articulación de una red de Parques, talleres conceptuales, intercambio de expertos, entre otros).</p> <p>1.3.2. Apoyar con la elaboración de un estudio de prefactibilidad para el establecimiento de un Parque Científico-Tecnológico.</p>	<p>200.000 USD (con recursos MICIT, Fondos concursables, universidades, empresa privada, y cooperación internacional).</p> <p>Establecimiento del Parque: 3 millones de USD (mediante empréstito internacional en negociación).</p>	<p>MICIT / Universidades / Empresas Privadas, Banca Estatal / CONARE.</p>
<p>1.4. Incentivar la innovación, el registro y los mecanismos de protección de la propiedad intelectual.</p>	<p>1.4.1. Establecer una línea de financiamiento dentro del Fondo de Incentivos para apoyar los procesos de registro de propiedad intelectual.</p> <p>1.4.2. Desarrollar, junto con el Ministerio de Justicia y la Comisión Interinstitucional de Propiedad Intelectual, una campaña sobre el uso de las herramientas de propiedad intelectual.</p> <p>1.4.3. Apoyar la iniciativa para el establecimiento de la Academia Centroamericana de Propiedad Intelectual, en el país.</p> <p>1.4.4. Impulsar acciones que fortalezcan al INTA en aspectos de propiedad intelectual.</p>	<p>100.000 USD mediante fondos concursables: Fondo de Incentivos y Fondo Propyme. 300.000 USD mediante recursos empréstito internacional en negociación-OMPI).</p>	<p>MICIT / CONICIT / Ministerio de Justicia / MAG-INTA / Universidades (UCR-PROINNOVA), Cooperación Internacional, Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI).</p>
<p>1.5. Fortalecer el Subsistema Nacional de Indicadores en Ciencia, Tecnología e Innovación, de manera que permita su disponibilidad y seguimiento para la toma de decisiones.</p>	<p>1.5.1. Reforzar la capacidad institucional para la construcción de indicadores nacionales de CTI y su proyección con organismos internacionales en este campo (RICYT, OCDE, Foro Económico Mundial, KAM BM).²⁸</p> <p>1.5.2 Apoyar las iniciativas del Programa Estrategia Siglo XXI para la elaboración y actualización de informes sobre el estado de la Ciencia, Tecnología e Innovación en el país.</p>	<p>100.000 USD (Documento Indicadores Nacionales con recursos MICIT).</p> <p>100.000 USD (Informe Estado de la CTI, empréstito internacional en negociación BID – Estrategia Siglo XXI).</p>	<p>MICIT / INEC/ Ministerio de Hacienda/ Banco Central/ Cámaras/ CONICIT/ UNIRE/ Estrategia Siglo XXI / Estado de la Nación / CONARE / INCAE.</p>

28 Existen dos publicaciones a nivel nacional sobre el tema de Indicadores

<p>1.6. Incentivar la atracción y el emprendimiento de empresas de base científico-tecnológicas, mediante esquemas tales como: formación y consolidación de clústeres, centros de incubación de empresas, capital de riesgo, fondos no reembolsables, incentivos fiscales, entre otros.</p>	<p>1.6.1. Impulsar los instrumentos de fomento al emprendimiento científico y tecnológico tales como: encuentros tecnológicos, foros de ideas, concursos de emprendimiento, formación de capacidades, entre otros.²⁹</p> <p>1.6.2. Crear una nueva línea de financiamiento del Fondo de Incentivos –y en otras entidades financieras–, para apoyar emprendimientos en su etapa de acceso al mercado.</p> <p>1.6.3. Apoyar la creación de un fondo de capital semilla para incrementar la inversión nacional en empresas de base tecnológica.</p>	<p>300.000 USD mediante recursos MICIT, empresa privada, Universidades.</p> <p>1 fase de impulso: 1,5 millones de USD mediante empréstito internacional en negociación.</p> <p>3 millones de USD (mediante empréstito internacional en negociación, Sistema Nacional de Banca para el Desarrollo, Programas Especiales de la Banca Nacional.</p>	<p>MICIT/ COMEX/ MEIC / CONICIT/ PROCOMER /Sistema de Banca para el Desarrollo, Bancos Públicos y Privados /Empresas privadas / CINDE / Consejo Presidencial de Competitividad e Innovación.</p>
<p>1.7. Otorgar apoyo para la acreditación de laboratorios y ensayos en centros de investigación y empresas que ofrecen servicios de calidad en el mercado científico-tecnológico.</p>	<p>1.7.1. Establecer una línea de financiamiento dentro de los Fondos de Incentivos y otras entidades de financiamiento, para apoyar la acreditación de laboratorios y ensayos.</p> <p>1.7.2. 160 ensayos y laboratorios acreditados con las normas específicas en el período.³⁰</p>	<p>Fase de impulso: 500.000 USD (mediante empréstito internacional en negociación y recursos empresa privada y laboratorios.</p>	<p>MICIT / CONICIT / Fondo de Incentivos / ECA / Bancos Públicos.</p>

²⁹ Las metas que se proponen en esta línea buscan apoyar y complementar la Política Nacional de Emprendimiento “Costa Rica Emprende”, del Ministerio de Economía, Industria y Comercio, diciembre, 2010.

³⁰ Línea base 16 ensayos y laboratorios acreditados.

Estrategia 2: Fortalecer la formación y actualización del recurso humano de alto nivel y su desempeño en ciencias básicas e ingenierías.

Objetivo

Promover la formación de recursos humanos de alto nivel en las áreas de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, que promuevan el desarrollo y la competitividad del país, orientados hacia la economía del conocimiento.

Línea de acción	Metas 2011-2014	Recursos requeridos	Actores involucrados
2.1. Apoyar la formación de capital humano de alto nivel, que responda a las necesidades específicas de las diversas áreas estratégicas, mediante el otorgamiento de becas, y la consolidación de los sistemas de posgrado de las universidades, donde se realice investigación y formación de recursos humanos.	<p>2.1.1. Impulsar que al menos 150 personas cursen doctorados en el período 2011-2014.³¹</p> <p>2.1.2. Realizar encuentros nacionales e internacionales de opciones de becas de posgrado en Ciencia y Tecnología.</p> <p>2.1.3. Apoyar la creación de al menos 5 nuevos programas de posgrado en ciencias básicas, ingenierías y tecnologías.</p>	750.000 USD mediante recursos MICIT-Fondo de Incentivos y 10,2 millones de USD mediante empréstito internacional en negociación.	MICIT / Universidades / CONARE / Fondo de Incentivos, CONICIT/ Cooperantes Internacionales/ Estrategia Siglo XXI.
2.2. Apoyar la formación de recursos humanos a nivel técnico y tecnológico, para satisfacer las necesidades del sector productivo.	<p>2.2.1. Formar al menos 1000 graduados en el período, en especialidades técnicas, relacionadas con carreras científico-tecnológicas y de innovación empresarial.³¹</p> <p>2.2.2. Favorecer la formación de profesional técnico de apoyo a tareas de investigación científica, tecnológica y de innovación empresarial.</p>	5 millones de USD (INA y el Programa Specialist-CR del Ministerio de Trabajo /Fondo FODESAF).	MICIT / MEIC / COMEX Ministerio de Trabajo / INA/ Universidades e Instituciones de Educación Superior/ Estrategia Siglo XXI/ Colegios Técnicos.
2.3. Promover instrumentos que apoyen la innovación y transferencia tecnológica en las áreas estratégicas, articulando la participación de los sectores gubernamental, académico y empresarial.	<p>2.3.1 Establecer un Programa Nacional de Formación que capacite en el período al menos 200 gestores de innovación del ámbito público y privado.</p> <p>2.3.2. Apoyar la ejecución de al menos 50 proyectos de innovación en empresas con recursos de diferentes mecanismos de financiamiento.</p>	1.500.000 de USD (Recursos MICIT, Fondo de Incentivos, Fondo Propyme, UTN, sector privado, Capital Semilla, Sistema Nacional de Banca para el Desarrollo, Fodemipyme y empréstito internacional en negociación.	MICIT / UTN / Empresas privadas/ Estrategia Siglo XXI.

31 Se debe tomar en cuenta que la línea base son 5 doctores graduados a nivel nacional por año y 25 doctores graduados en el extranjero, para un total de 30. Se pretende aumentar esta cifra en 20 doctores adicionales por año, durante los próximos 3 años, hasta alcanzar un total de 150 personas cursando doctorados.

<p>2.4. Incrementar la inversión de los programas de reinserción y atracción de investigadores de alto nivel en centros de investigación y empresas.</p>	<p>2.4.1. Apoyar el establecimiento de una red virtual que vincule a científicos e ingenieros costarricenses residentes en el exterior, para fortalecer el medio científico y productivo nacional (RED TICOTAL).</p> <p>2.4.2. Atraer al menos 30 investigadores de alto nivel a centros de investigación o empresas, durante el período.³²</p> <p>2.4.3. Apoyar las iniciativas existentes para el monitoreo del mercado laboral y los estudios de requerimiento de personal científico-técnico en el sector productivo.</p>	<p>1 fase: 35.000 USD (Fondo de Incentivos).</p> <p>720.000 USD (empréstito internacional en negociación).</p> <p>50.000 USD (Recursos propios MICIT, con apoyo de COMEX, y CINDE).</p>	<p>MICIT/ Ministerio de Trabajo/ Academia Nacional de las Ciencias/ CONICIT/ COMEX/CINDE/CONARE/ Estrategia Siglo XXI/ INA/ Cámaras/ Ministerio de Trabajo.</p>
<p>2.5. Promover instrumentos que permitan la creación del Sistema Nacional de Investigadores en los campos de ciencias básicas, aplicadas e ingenierías.</p>	<p>2.5.1. Realizar propuestas de estímulos (mentorías, talleres, apoyo editorial, traducciones, revistas científicas) para que los investigadores realicen publicaciones científicas de alto impacto.</p> <p>2.5.2. Actualizar la información y sistemas que respaldan el Registro Científico Tecnológico (RCT).³³</p>	<p>500.000 USD (100.000 mediante recursos CONICIT y complemento con empréstito internacional en negociación).</p>	<p>MICIT / Universidades / CONICIT/ Estrategia Siglo XXI.</p>
<p>2.6. Fortalecer la formación en gerencia y gestión de proyectos de los investigadores nacionales.</p>	<p>2.6.1. Establecer un programa de formación en destrezas gerenciales para los investigadores nacionales (talleres de gestión de proyectos de investigación e innovación).</p> <p>2.6.2. Elaborar un plan para superar las trabas administrativas, financieras y legales que dificultan las actividades de investigación.</p>	<p>560.000 USD mediante empréstito internacional en negociación y recursos del Fondo de Incentivos.</p>	<p>Universidades / MICIT / INA / UTN/ Contraloría General de la República/ MEIC / MICIT / CONICIT.</p>
<p>2.7. Apoyar la participación de investigadores en eventos científicos, así como la organización de dichos eventos en el país.</p>	<p>2.7.1. Generar 240 ayudas económicas para pasantías, cursos cortos y organización de eventos científicos en el período.</p>	<p>1.800.000 de USD (mediante recursos MICIT- CONICIT -Fondo de Incentivos).</p>	<p>MICIT / Universidades / CONARE / CONICIT.</p>

32 A cada investigador de alto nivel se le reconoce aproximadamente 4.000 USD mensuales, lo que significa en promedio 24.000 USD semestrales, asumiendo que hagan visitas durante el verano; dando como resultado un total de 750.000USD anuales, para 30 investigadores.

33 RCT existente en el CONICIT.

Estrategia 3: Apropiación social de la ciencia y fomento de las vocaciones científico tecnológicas y el espíritu emprendedor.

Objetivo

Desarrollar acciones que potencien la divulgación, percepción, apropiación, reconocimiento social y uso de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Líneas de Acción	Metas 2011-2014	Recursos requeridos	Actores Involucrados
<p>3.1. Promover y reforzar las vocaciones científico-tecnológicas y las conductas innovadoras.</p>	<p>3.1.1 Establecer al menos un programa nacional de orientación a las vocaciones científicas y tecnológicas en esquemas de educación no formal, utilizando plataformas virtuales, presenciales y medios de comunicación (ferias científicas, museos, exhibiciones itinerantes, retos, campamentos).</p>	<p>1 Etapa: 1 millón USD (recursos MICIT, sector privado y cooperación internacional).</p>	<p>MICIT / Banco Nacional / Massachusetts Institute of Technology (MIT) / MEP/ Empresas privadas.</p>
<p>3.2. Promover la aceleración y masificación del acceso, uso y apropiación de las tecnologías digitales en toda la población, en todos los lugares del país.</p>	<p>Apoyar el Acuerdo Social Digital para el acceso, uso y apropiación de las tecnologías digitales a través de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3.2.1 Implementar el Programa Costa Rica Wireless. • 3.2.2. Fortalecer y mejorar los centros de acceso público a las tecnologías digitales (CECI's 2.0), en diferentes comunidades del país. • 3.2.3. Impulsar el Programa Firma Digital. • 3.2.4. Contribuir al fortalecimiento de otras iniciativas relacionadas con el Acuerdo Social Digital tales como: Red de Conectividad en Centros Educativos, Gobierno Digital, Programa de computadoras para escolares y Programas de Seguridad Cibernética. 	<p>CRWireless: 15 millones de USD mediante recursos MICIT, UIT, FONATEL. CECIs: \$1.000.000 de presupuesto MICIT y 9.000.000 de recursos FONATEL.</p>	<p>MICIT, Gobierno Digital, Casa Presidencial, Cámaras, SUTEL, MIDEPLAN / OEA POETA/ UTN/ Fundación Omar Dengo/ UIT.</p>
<p>3.3. Promover la cultura científica, tecnológica y de innovación a través de los medios de comunicación electrónica e impresos, difundiendo los resultados de las investigaciones e innovaciones exitosas y de impacto social.</p>	<p>3.3.1. Documentar y divulgar casos de éxito en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) que demuestren al país la rentabilidad, impacto y beneficios que se obtienen de la inversión en estos campos. Editar al menos un boletín trimestral sobre "Conocimiento e Innovación para el desarrollo".</p> <p>3.3.2. Establecer un programa de formación de periodismo científico, dirigido a comunicadores sociales.</p>	<p>100.000 USD (recursos MICIT y Universidades).</p>	<p>MICIT/ Universidades/ CONARE / actores internacionales, medios de comunicación/ Red CYTEC.</p>

Estrategia 4: Fortalecimiento del marco institucional del sector Ciencia, Tecnología e Innovación.

Objetivo:

Consolidar el marco institucional del sector Ciencia, Tecnología e Innovación de forma tal, que sea funcional al nuevo enfoque programático, que esté en condiciones de absorber el incremento del volumen de recursos a ser canalizados y que responda eficientemente a la demanda de los diferentes actores nacionales.

Líneas de Acción	Metas 2011-2014	Recursos requeridos	Actores Involucrados
4.1. Evaluar el diseño y desempeño de los diversos instrumentos de financiamiento a la ciencia, tecnología e innovación en particular su capacidad para atender las áreas prioritarias establecidas.	4.1.1. Proponer un nuevo esquema de instrumentos de financiamiento que apoye las actividades de la ciencia, tecnología e innovación. ³⁴		MICIT / CONICIT / ECA/ANC/CEA/CITA/ CENIBIOT.
4.2. Revisar y actualizar la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico, y los actores e instrumentos de su competencia, propiciando su eficiencia y la apropiada rendición de cuentas.	4.2.1. Elaborar una propuesta de reforma al marco legal vigente. ³⁵	\$100.000 (mediante cooperación técnica MICIT-BID, aprobada y en proceso de ejecución.	
4.3. Evaluar las capacidades institucionales de las agencias ejecutoras de instrumentos de apoyo a la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, planteando acciones de fortalecimiento institucional.	4.3.1. Realizar una propuesta de fortalecimiento institucional para las principales agencias ejecutoras de la ciencia, tecnología e innovación del país. ³⁶		

34 Existen algunos diagnósticos a los instrumentos de financiamiento a la Ciencia, Tecnología e Innovación.

35 Existen algunas iniciativas en el Congreso pendientes de aprobación.

36 El Sector incluye: MICIT, CONICIT, Academia Nacional de las Ciencias, ECA, CITA, CENIBIOT, Comisión de Energía Atómica.

4.2 Consideraciones y Desafíos

Así, la propuesta planteada pretende sentar las bases para eliminar las principales barreras a la inversión en I+D, identificadas en el primer apartado como: falta de capital humano, falta de financiamiento, bajo nivel de protección a la propiedad intelectual, y falta de competencia. En el Cuadro No. 1 se presenta un resumen de las estrategias y líneas de acción propuestas para apoyar las siete áreas programáticas.

Son muchos los desafíos que presenta el sector Ciencia, Tecnología e Innovación en Costa Rica. Sin embargo, en el corto plazo es imprescindible enfocarse en atraer y redireccionar la inversión en I+D, disponer de una mayor cantidad de recursos humanos de alto nivel, fortalecer el marco institucional del sector y promover una mayor apropiación social del conocimiento científico y desarrollo tecnológico. Algunos detalles específicos de estos retos, implican las siguientes consideraciones:

- Costa Rica debe trabajar con miras a llegar al esperado 1% del PIB en I+D, para lo que requiere avanzar en varias dimensiones, principalmente garantizar la atracción y redirección de recursos financieros hacia el sector de ciencia y tecnología.
- Como umbral de desarrollo dedicado a la CTI, se ha planteado alcanzar escalonadamente durante el período 2006-2015, junto con las metas de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) de Naciones Unidas, el 1% del PIB para I+D. Actualmente, el sector privado reporta, según informe de Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación 2009, una tercera parte de la inversión total y el sector público las dos terceras partes restantes. A partir del 2015, la meta sería invertir esa relación, es decir, que el aporte del sector privado sea alrededor de 66% de la inversión total en I+D, como es el caso de los países desarrollados.
- Para apoyar el sistema de educación superior costarricense, el país debe empezar por proponerse duplicar el porcentaje de jóvenes matriculados en carreras científico-tecnológicas en las universidades; así mismo, duplicar la producción de doctorados en las áreas estratégicas. Otros aspectos claves serán mejorar la calidad de los contenidos curriculares, promover la creatividad y el emprendimiento, incorporar al sector productivo dentro de los programas de formación y eliminar las asimetrías de información en la orientación vocacional.
- Así también, se requiere fortalecer la institucionalidad del sector Ciencia, Tecnología e Innovación, a través de la actualización del marco jurídico, el rediseño y orientación programática de los instrumentos financieros y la modernización de las agencias ejecutoras, de modo que se esté en condiciones de satisfacer eficientemente y con mayor volumen de recursos, las áreas prioritarias establecidas, en un ambiente de transparencia y con la apropiada rendición de cuentas.
- El desafío de un buen mecanismo de apoyo a la ciencia, tecnología e innovación a mediano y largo plazo estriba en la capacidad de institucionalización. El Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación es una iniciativa responsabilidad del MICIT que deberá proporcionar los fundamentos técnicos y profesionales necesarios para su ejecución y seguimiento.
- En términos prácticos, así definidos los contornos del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, su lógica de construcción arranca con la definición de áreas estratégicas, seguido de líneas y metas para su potencialización. El impulso de mecanismos de monitoreo y evaluación como soporte del Plan, será apoyado por el Departamento de Planificación del MICIT, que dispone de las herramientas para construir y monitorear los indicadores nacionales de la ciencia, tecnología e innovación.

Cuadro No. 6. Cuadro resumen de las estrategias y líneas de acción propuestas para apoyar las 7 áreas programáticas. Costa Rica

Estrategia	Líneas de Acción	Áreas *						
		CTE	NM	BIOT	CN	EA	TD	S
1. Robustecer las capacidades nacionales en ciencia, tecnología e innovación y su incidencia en la mejora de productividad y desarrollo socioeconómico del país, mediante una mayor y mejor redirección de la Inversión.	1.1. Fortalecer y ampliar el sistema de fondos concursables para proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico, alineados con las áreas prioritarias y donde participen el sector académico, sector público así como el sector privado.							
	1.2. Aumentar la inversión en infraestructura científica, tecnológica y de innovación, apoyos complementarios para equipamiento de laboratorios, acceso compartido por parte de instituciones, empresas e investigadores.							
	1.3. Promover el establecimiento de parques científico - tecnológicos.							
	1.4. Incentivar la innovación, el registro y los mecanismos de protección de la propiedad intelectual.							
	1.5. Fortalecer el Subsistema Nacional de Indicadores en Ciencia, Tecnología e Innovación, de manera que permita su disponibilidad y seguimiento para la toma de decisiones.							
	1.6. Incentivar la atracción y el emprendimiento de empresas de base científico-tecnológicas, mediante esquemas como: formación y consolidación de clústeres, centros de incubación de empresas, capital de riesgo, fondos no reembolsables, incentivos fiscales.							
	1.7. Otorgar apoyo para la acreditación de ensayos y laboratorios en centros de investigación y empresas.							
2. Fortalecer la formación y actualización del recurso humano de alto nivel y desempeño en ciencias básicas e ingenierías.	2.1. Apoyar la formación de recursos humanos de alto nivel, que respondan a las necesidades específicas de las diversas áreas estratégicas.							
	2.2. Apoyar la formación técnica de los recursos humanos a nivel técnico y tecnológico, para satisfacer las necesidades del sector productivo.							
	2.3. Promover instrumentos que apoyen la innovación y transferencia tecnológica en las áreas estratégicas, articulando la participación de los sectores gubernamental, académico y empresarial.							
	2.4. Incrementar la inversión de los programas de reinserción y atracción de investigadores de alto nivel en centros de investigación y empresas.							
	2.5. Promover instrumentos que permitan la creación del Sistema Nacional de Investigadores principalmente en los campos de las ciencias básicas, ciencias aplicadas y tecnológicas.							
	2.6. Fortalecer la formación en gerencia y gestión de proyectos de los investigadores nacionales.							
	2.7. Apoyar la participación de investigadores en eventos científicos, así como la organización de dichos eventos en el país.							
3. Apropiación social de la ciencia y fomento de las vocaciones científico-tecnológicas y el espíritu Emprendedor	3.1. Promover y reforzar las vocaciones científico-tecnológicas y las conductas innovadoras.							
	3.2. Promover la aceleración y masificación del acceso, uso y apropiación de las tecnologías digitales en toda la población, en todos los lugares del país.							
	3.3. Promover la cultura científica, tecnológica y de innovación a través de los medios de comunicación electrónica e impresos, difundiendo los resultados de las investigaciones e innovaciones exitosas y de impacto social.							
4. Fortalecimiento del marco institucional del sector ciencia, tecnología e innovación.	4.1. Evaluar el diseño y desempeño de los diversos instrumentos de financiamiento a la ciencia, tecnología e innovación en particular su capacidad para atender las áreas prioritarias establecidas.							
	4.2. Revisar y actualizar la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico, y los actores e instrumentos de su competencia, propiciando su eficiencia y la apropiada rendición de cuentas.							
	4.3. Evaluar las capacidades institucionales de las agencias ejecutoras de instrumentos de apoyo a la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, planteando acciones de fortalecimiento institucional.							

CTE: Ciencias de la Tierra y el Espacio.
 NM: Nuevos materiales
 BIOT: Biotecnología.
 CN: Capital Natural.
 EA: Energías Alternativas
 TD: Tecnologías Digitales
 S: Ciencias de la Salud: Enfermedades emergentes.

4.3 Indicadores de estrategia

Los siguientes cuadros presentan una guía para el seguimiento a las metas planteadas en este Plan para cada una de las estrategias.

Indicadores de Estrategia 1

METAS	INDICADORES 2011-2014
1.1.1. Implementar una línea de financiamiento para proyectos de I+D asociativos.	Número de proyectos en desarrollo
1.1.2. Crear una línea de financiamiento que apoye proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico (de carácter exploratorio pero con alta rentabilidad potencial).	Número de proyectos en desarrollo
1.1.3. Crear una línea especial que apoye proyectos estratégicos de amplio interés nacional.	Número de proyectos en desarrollo
1.2.1. Crear una nueva línea de financiamiento del Fondo de Incentivos dirigida a la adquisición de equipos estratégicos para laboratorios, de acceso compartido.	Cantidad de equipos adquiridos
1.3.1. Apoyar las iniciativas nacionales para la creación de parques científico-tecnológicos, que incluyan asocio con la Academia, Gobierno y Sector Privado (implica articulación de una red de Parques, talleres conceptuales, intercambio de expertos, entre otros).	Red de articulación de parques creada
1.3.2. Apoyar la elaboración de un estudio de prefactibilidad sobre el establecimiento de un Parque Científico-Tecnológico.	Estudio de prefactibilidad elaborado
1.4.1. Establecer una línea de financiamiento dentro del Fondo de Incentivos para apoyar los procesos de registro de propiedad intelectual.	Número de patentes
1.4.2. Desarrollar, junto con el Ministerio de Justicia y la Comisión Interinstitucional de Propiedad Intelectual, una campaña sobre el uso de las herramientas de propiedad intelectual.	Campaña realizada
1.4.3. Apoyar la iniciativa para el establecimiento de la Academia Centroamericana de Propiedad Intelectual, en el país.	Red de instauración con principales actores establecida
1.4.4. Impulsar acciones que fortalezcan al INTA en aspectos de propiedad intelectual.	Programa de capacitación e incentivos en ejecución
1.5.1. Reforzar la capacidad institucional para la construcción de indicadores nacionales de CTI y su proyección con organismos internacionales en este campo (RICYT, OCDE, Foro Económico Mundial, KAM - BM).	Número de publicaciones sobre indicadores nacionales de CTI
1.5.2 Apoyar las iniciativas del Programa Estrategia Siglo XXI para la elaboración y actualización de informes sobre el estado de la Ciencia, Tecnología e Innovación en el país.	Informe sobre el estado de la ciencia, tecnología e innovación

1.6.1. Impulsar los instrumentos de fomento al emprendimiento científico y tecnológico tales como: encuentros tecnológicos, foros de ideas, concursos de emprendimiento, formación de capacidades, entre otros.	Número de actividades de fomento al emprendimiento realizadas
1.6.2. Crear una nueva línea de financiamiento del Fondo de Incentivos -y en otras entidades financieras-, para apoyar emprendimientos en su etapa de acceso al mercado.	Línea de financiamiento establecida
1.6.3. Apoyar la creación de un fondo de capital semilla para incrementar la inversión nacional en empresas de base tecnológica.	Propuesta de reorientación a fondos de capital semilla existentes
1.7.1. Establecer una línea de financiamiento dentro de los Fondos de Incentivos y otras entidades de financiamiento, para apoyar la acreditación de laboratorios y ensayos.	Línea de financiamiento establecida
1.7.2. 160 ensayos y laboratorios acreditados con las normas específicas en el período.	Número de certificados de acreditación de ensayos y laboratorios emitidos

Indicadores de Estrategia 2

METAS	INDICADORES 2011-2014
2.1.1. Impulsar que al menos 150 personas cursen doctorados en el período 2011-2014.	Número de personas cursando doctorados
2.1.2. Realizar encuentros nacionales e internacionales de opciones de becas de posgrado en Ciencia y Tecnología.	Número de encuentros realizados
2.1.3. Apoyar la creación de al menos 5 nuevos programas de posgrado en ciencias básicas, ingenierías y tecnologías.	Número de nuevos programas de posgrado relacionados con ciencia y tecnología
2.2.1. Formar al menos 1000 graduados en el período, en especialidades técnicas, relacionadas con carreras científico-tecnológicas y de innovación empresarial.	Cantidad de técnicos graduados
2.2.2. Favorecer la formación de profesional técnico de apoyo a tareas de investigación científica, tecnológica y de innovación empresarial.	Documento sobre estudio de requerimientos de perfiles técnicos medios elaborado
2.3.1 Establecer un Programa Nacional de Formación que capacite en el período al menos 200 gestores de innovación del ámbito público y privado.	Número de personas capacitadas
2.3.2. Apoyar la ejecución de al menos 50 proyectos de innovación en empresas con recursos de diferentes mecanismos de financiamiento.	Cantidad de proyectos en ejecución

2.4.1. Apoyar el establecimiento de una red virtual que vincule a científicos e ingenieros costarricenses residentes en el exterior, para fortalecer el medio científico y productivo nacional (RED TICOTAL).	Red TICOTAL establecida
2.4.2 Atraer al menos 30 investigadores de alto nivel a centros de investigación o empresas, durante el período.	Número de investigadores incorporados en centros de investigación o empresas
2.4.3. Apoyar las iniciativas existentes para el monitoreo del mercado laboral y los estudios de requerimiento de personal científico-técnico en el sector productivo.	Estudio de mercado laboral realizado
2.5.1. Realizar propuestas de estímulos (mentorías, talleres, apoyo editorial, traducciones, revistas científicas) para que los investigadores realicen publicaciones científicas de alto impacto.	Esquema de estímulos establecido para que los investigadores publiquen
2.5.2. Actualizar la información y sistemas que respaldan el Registro Científico Tecnológico (RCT).	RCT actualizado
2.6.1. Establecer un programa de formación en destrezas gerenciales para los investigadores nacionales (talleres de formulación de proyectos de investigación e innovación).	Cantidad de talleres de gestión de proyectos realizados
2.6.2. Elaborar un plan para superar las trabas administrativas, financieras y legales que dificultan las actividades de investigación.	Documento de propuesta elaborada
2.7.1. Generar 240 ayudas económicas para pasantías, cursos cortos y organización de eventos científicos en el período.	Número de ayudas económicas para pasantías, cursos cortos y organización de eventos científicos

Indicadores de Estrategia 3

METAS	INDICADORES 2011-2014
3.1.1 Establecer al menos un programa nacional de orientación a las vocaciones científicas y tecnológicas en esquemas de educación no formal, utilizando plataformas virtuales, presenciales y medios de comunicación (ferias científicas, museos, exhibiciones itinerantes, retos, campamentos).	Un programa nacional de orientación de vocaciones científico-tecnológicas establecido
3.2.1 Implementar el Programa Costa Rica Wireless.	Programa en ejecución
3.2.2. Fortalecer y mejorar los centros de acceso público a las tecnologías digitales (CECI's 2.0), en diferentes comunidades del país.	Número de nuevos centros de acceso público a las tecnologías digitales.

3.2.3. Impulsar el Programa Firma Digital.	Número de certificados de firma digital emitidos y cantidad de instituciones públicas utilizando esta aplicación
3.2.4. Contribuir al fortalecimiento de otras iniciativas relacionadas con el Acuerdo Social Digital tales como: Red de Conectividad en Centros Educativos, Gobierno Digital, Programa de computadoras para escolares y Programas de Seguridad Cibernética.	Número de programas desarrollados
3.3.1. Documentar y divulgar casos de éxito en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) que demuestren al país la rentabilidad, impacto y beneficios que se obtienen de la inversión en estos campos. Editar al menos un boletín trimestral sobre "Conocimiento e Innovación para el desarrollo".	Boletín de divulgación trimestral implementado
3.3.2. Establecer un programa de formación de periodismo científico, dirigido a comunicadores sociales.	Un programa de adiestramiento en periodismo científico establecido

Indicadores de Estrategia 4

METAS	INDICADORES 2011-2014
4.1.1. Proponer un nuevo esquema de instrumentos de financiamiento que apoye las actividades de la ciencia, tecnología e innovación.	Documento de diagnóstico elaborado
4.2.1. Elaborar una propuesta de reforma al marco legal vigente.	Documento propuesta de reforma elaborado
4.3.1. Realizar una propuesta de fortalecimiento institucional para las principales agencias ejecutoras de la ciencia, tecnología e innovación del país.	Documento de propuesta de fortalecimiento institucional elaborado

Finalmente, el mayor desafío como país en este campo, será que los costarricenses reconozcan y valoren, en la cotidianidad, los aportes de la ciencia, la tecnología y la innovación al desarrollo humano y económico, a la solución de problemas sociales y ambientales, así como para el mejoramiento de la calidad de vida de la población.



REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS
Y ANEXOS

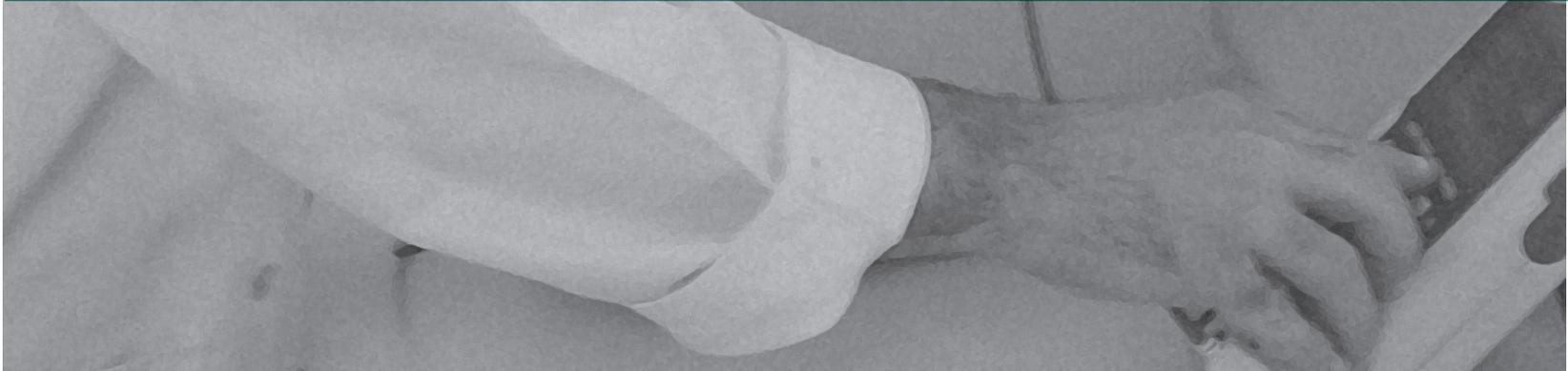


Foto: Laboratorio PROCAME

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco Mundial (2003).** Construir Sociedades del Conocimiento: Nuevos desafíos para la educación terciaria. Washington. 244 p.
- CEPAL (2008).** Espacios Iberoamericanos: la economía del conocimiento. Santiago, Chile, 136 p.
- CEPAL (2009).** Innovar para Crecer: Desafíos y oportunidades para el desarrollo sostenible e inclusivo en Iberoamérica. Santiago, Chile, 237 p.
- Crespi, Gustavo (2010)** Nota Técnica sobre el Sistema Nacional de Innovación de Costa Rica. División de Ciencia y Tecnología, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Estrategia Siglo XXI (2006).** Situación actual de la ciencia y la tecnología en Costa Rica: aportes para su diagnóstico. Fundación CR-USA para la Cooperación. San José, Costa Rica.
- Foragro, IICA (2006).** Situación institucional de las biotecnologías aplicadas a la agricultura en América Latina y el Caribe. San José, Costa Rica.
- Freeman, C. (1987)** Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan. Pinter, London.
- Hall, B. (2007)** Measuring the Returns of R&D: The depreciation problem. National Bureau of Economic Research. Working Paper 13473.
- Hidalgo, Hugo (2010).** Impactos de la variabilidad y cambio hidro-climático en sistemas humanos y ambientales: preparación de desastres, manejo de los recursos hídricos y planeamiento. En: Revista Estrategia Siglo XXI, Vol 3 (en prensa).
- Hurtado Cam, Guillermo (2010).** El potencial de Costa Rica en la acuicultura. En: industriaspesqueras.com.
- MINAE (2008).** V Plan Nacional de Energía 2008-2021. San José, Costa Rica.
- MINAET (2010).** Hacia un nuevo modelo energético para nuestro país: Estrategia energética 2010-2014. San José, Costa Rica.
- Monge, Ricardo y González, Carlos (2007).** The role and impact of MNCs in Costa Rica on skills development and training: The case of Intel, Microsoft and Cisco. CAATEC. 42p.
- Nicolás, Mateo (2007).** Utilización de la biodiversidad con fines económicos. Instituto Nacional de Ecología. En: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/286/mateo.html>
- PREVENTEC, Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias.** I Congreso Nacional de Desastres: Grandes Desastres y II Foro Nacional de Gestión de riesgos. San José, Costa Rica. 24 y 25 de noviembre 2010.
- Programa Estado de la Nación (2009).** XV Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Costa Rica.
- Programa Estado de la Nación (2010).** "Armonía con la Naturaleza". En: XVI Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Costa Rica.
- Proyecto UNEP-GEF (2004).** Desarrollo de un Marco Nacional en Bioseguridad para Costa Rica. Estado Actual de la Biotecnología en CR. LAGROIN S.A. 2004.
- Rojas Chaves, Miguel (2010).** Biotecnología: herramienta para el desarrollo. Instituto Tecnológico de Costa Rica (en prensa).
- Rojas Jiménez, K. (2011).** ¿Por qué invertir en I+D?. Ministerio de Ciencia y Tecnología. San José, Costa Rica.
- Rouvinen, P.R&D (2002).** Productivity Dynamics: Causality, Lags and Dry Holes. In: Journal of Applied Economics. 5(1): 123-156.
- Segreda Mata, Julio; Sierra, Pedro (2007)** Estudio sobre el sistema de incentivos públicos a la innovación en Costa Rica. Manuscrito BID.
- Sierra, Pedro (2007).** Estudio sobre el sistema de incentivos públicos a la innovación en Costa Rica. Banco Interamericano de Desarrollo.
- UNESCO (2010).** Sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe. Guillermo Lemarchand (ed.). Montevideo, Uruguay, 329 p.
- UNESCO (2010).** UNESCO Science Report 2010: The current status of science around the world. Paris, Francia, 542 p.
- Valdez, M.; López R. & Jiménez L. (2004).** Estado actual de la biotecnología en Costa Rica. En: Revista Biología Tropical, 52.
- Vargas, Leiner (2007).** Reforma institucional y energías limpias en Costa Rica. CINPE-UNA, Costa Rica.
- Vestergaard, Jakob (2007).** A Strategy for Innovation and Sustainable Development in Costa Rica. Manuscrito BID.
- Viniegra, G. y Viniegra, C.** ¿Contribuyen la Ciencia y la Tecnología a abatir la pobreza? En: Revista Ciencias, octubre 2010, p. 48-54.

ANEXOS

Anexo 1. Metodología utilizada en la técnica de Juicio Grupal Ponderado

- Identificación de las personas u organizaciones relevantes que son actores en el sector.
- Reunión del panel con un moderador.
- Fijación del tema mediante una pregunta generadora.
- Cada miembro responde a la pregunta de forma escueta, sin argumentación ni discusión, la que se anota a vista de todos.
- Una vez recopiladas las respuestas se someten a una discusión una a una.
- Mediante votación, se reduce el número de respuestas.
- Se procede a aclarar las respuestas anotadas mediante la discusión de los patrones de votación inconsistente, cuando corresponda se pueden eliminar duplicaciones o lograr una mejor clasificación.
- Se valoran y seleccionan respuestas mediante la asignación de prioridades, para quedarse con unas diez respuestas.
- Se levanta la información sobre las percepciones de éxito de las respuestas, mediante una valoración de los miembros del panel.
- En pasos sucesivos y con cálculos específicos se llega a la selección de un conjunto pequeño de asuntos sobre los que se expresa acuerdo en cuanto a su importancia y prioridad.

Anexo 2. Especialistas involucrados en los documentos de las áreas prioritarias:

- **Ciencias de la Tierra y el Espacio:**
Redacción: MSc. María Santos; revisión: Dr. Walter Fernández, Dr. Marino Protti, Dr. Mauricio Mora, Dr. Hugo Hidalgo, Ing. Carlos Alvarado Briceño, Dr. Francisco Frutos.
- **Nanotecnología y Nuevos Materiales:**
Redacción: MSc. Rosemary Hernández; revisión: MSc. Juan Scott Chaves Noguera, Dr. José Vega Baudrit, Dr. Iván Vargas Blanco.
- **Biotecnología:**
Redacción: MSc. María Santos; revisión: Dra. Marta Valdez, Dr. Miguel Rojas, MSc. Carmela Velásquez, Dr. Keilor Rojas, MSc. Dora Flores Mora, MSc. Ileana Moreira González, MSc. Mauricio Chacón.
- **Capital Natural:**
Redacción: MSc. María Santos; revisión: Dr. Rodrigo Gámez, Dr. Keilor Rojas, Dr. Jorge Lobo.
- **Salud: Enfermedades Emergentes:**
Redacción y revisión: MSc. Alejandro Hernández.
- **Energías alternativas:**
Redacción y revisión: MSc. Rosemary Hernández.
- **Tecnologías Digitales:**
Redacción y revisión: MSc. Alexander Mora y MSc. Otto Rivera.