Estado de la Ciencia la Tecnología y la Innovación

Es necesario convertir a la ciencia, tecnología e innovación en el principal motor de nuestro desarrollo humano

PROGRAMA ESTADO DE LA NACIÓN

APDO. 1174-1200 PAVAS | COSTA RICA

www.estadonacion.or.cr

338.972.86
P964e Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (Costa Rica)
Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación / PEN. - - San José CR
: EDISA S.A 2014.
380 paginas. : Ilustraciones. ; 28 cm.

ISBN: 978 -9968 -806 -77 -0

1 CIENCIA Y TECNOLOGIA. 2. DIASPORA CIENTIFICA. 3. RECURSO HUMANO. 4. PRODUCCION DEL CONOCIMIENTO. 5. POLITICAS. 6. COMUNIDADES. 7. INSTITUCIONALIDAD. 8. USO DEL CONOCIMIENTO. 9. INFRAESTRUCTURA. 10. COSTA RICA. I. Título.

CAT. MMR

Equipo responsable

Consejo Consultivo
Eduardo Alonso, Ramiro Barrantes, Alejandro Cruz, Walter Fernández, Clotilde Fonseca, María Luisa Fournier, Gerardo Fumero, Rodrigo Gámez, Carlos González, Silvia Hernández, Luis Jiménez, Román Macaya, Gabriela Marín, José Andrés Masís, Ricardo Monge, Alexander Mora, Manuel María Murillo, Jeffry Orozco, Debbie Ponchner, Keilor Rojas, Keinor Ruiz, Olman Segura, Eduardo Sibaja, Guillermo Velásquez, Carmela Velázquez y Mary Jane West.

Consejo Directivo
Henning Jensen, José Andrés Masís.

Consejo Asesor
Gabriel Macaya, Pedro León, Leda Muñoz, Jorge Vargas Cullell y Miguel Gutiérrez Saxe.

Director a.i., Programa Estado de la Nación
Jorge Vargas Cullell.

Coordinadora general de investigación
María Santos.

Investigadores principales
Eduardo Alonso, Ana Beatriz Azofeifa, Oswald Céspedes, Carlos Alberto González, Rafael Herrera, Ricardo Matarrita, Vanessa Nielsen, Luis Alonso Sancho y Mario Segnini.

Equipo técnico
Ronald Alfaro, Karen Chacón, Fraya Corrales, Diego Fernández, Daniela García, Ivannia García, Steffan Gómez, Jennyfer León, Karla Meneses, Leonardo Merino, Alberto Mora, Natalia Morales, Dagoberto Murillo, Susan Rodríguez, Isabel Román, Jorge Vargas Cullell, Evelyn Villarreal.

Área de Estadística
Natalia Morales, Diego Fernández, Jennyfer León, Antonella Mazzei, Karla Meneses, Dagoberto Murillo y Rafael Segura.

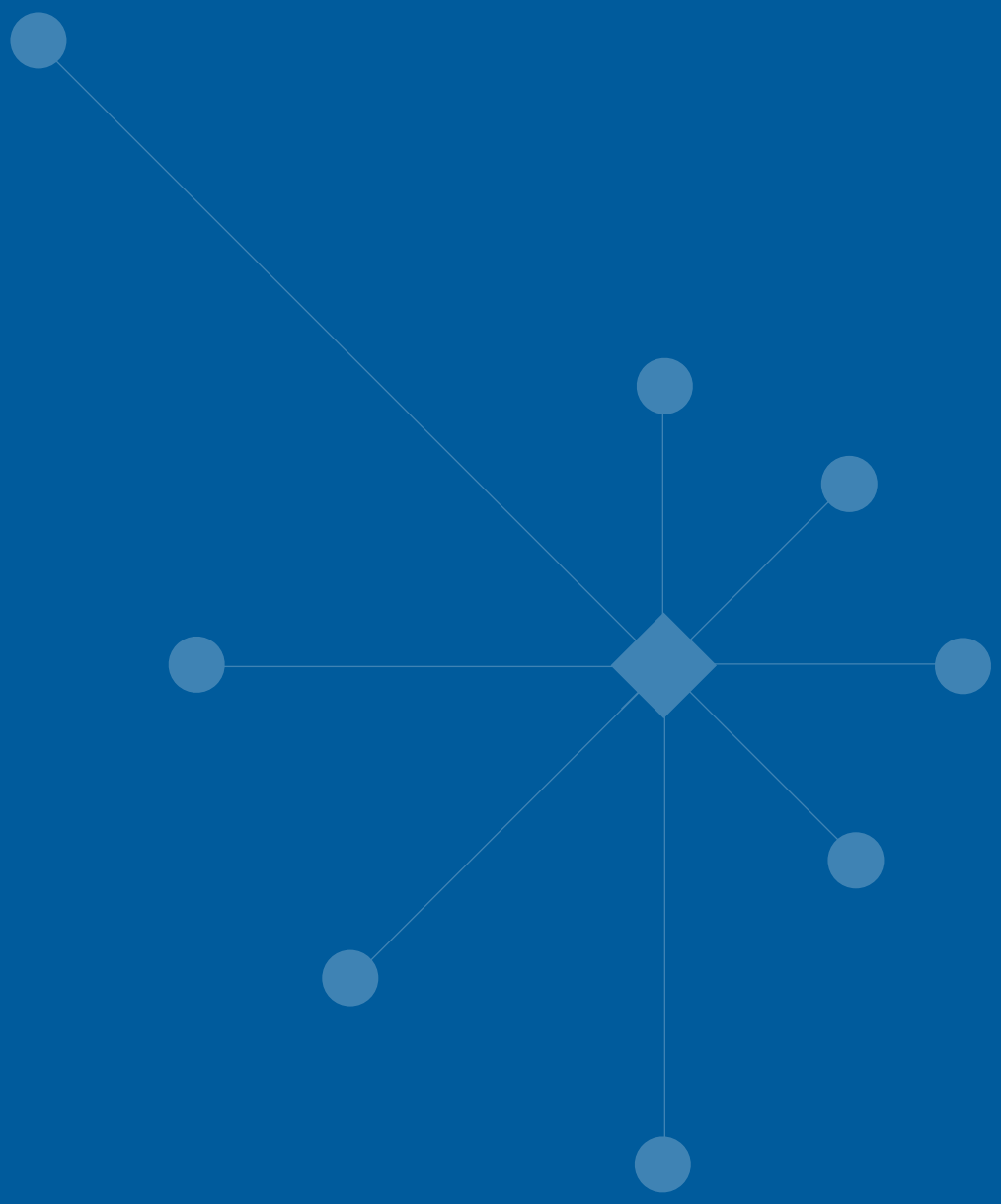
Área de Difusión
Vera Brenes, Manuel Alfaro, Guido Barrientos, María Laura Brenes, y Arlene Méndez.

Área administrativa
Susan Rodríguez, Karol Arroyo, José Jorge Montero, Susan Navarro, Giselle Rojas y Joani Valverde.

Editor
Programa Estado de la Nación.

Edición de textos y corrección de estilo
Alexandra Steinmetz y Ana Lucía Lizano.

Diseño y diagramación
Erick Valdelomar | Insignia | ng



Reconocimentos

Este Informe es el resultado de un extenso proceso de investigación y consulta en el que participó un amplio y diverso grupo de instituciones, organizaciones y personas de todos los ámbitos de la sociedad costarricense, quienes mediante su asistencia a reuniones y talleres de consulta, el suministro de información, la lectura crítica de documentos o la vinculación en el desarrollo de estudios específicos, potenciaron los objetivos de esta iniciativa. Aun a riesgo de cometer alguna omisión, el Programa Estado de la Nación y sus auspiciadores dejan constancia de su agradecimiento a quienes se involucraron directamente en el análisis y lectura de temas específicos y, en estas líneas, a quienes colaboraron en tareas de orden general.

Se agradece al Consejo Nacional de Rectores (Conare) por las facilidades brindadas al Programa, tanto en espacio físico como en los servicios administrativos, de soporte técnico, de red y de Internet. En especial a José Andrés Masís, Director de OPES/Conare, por su valioso respaldo. Además se reconoce el apoyo brindado y la vocación de servicio de las divisiones de OPES/Conare: Académica, de Sistemas, de Coordinación, Unidad Coordinadora del Área Administrativo Financiero, Centro de Tecnologías de Información y la Sección Administrativa.

Se agradece también al BID y, muy especialmente, el apoyo brindado por Ezequiel Tacsir.

Se realizaron las siguientes investigaciones: "Monitoreo del estado de avance en las "Acciones de puesta al día" del *Plan de Medio Siglo*", de Oswald Céspedes; "Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica", de Carlos González; "Estado de la infraestructura científico-tecnológica en unidades de investigación y desarrollo", de Mario Segnini; "Uso del conocimiento científico- tecnológico", de Eduardo Alonso; "Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011", de Ana Beatriz Azofeifa y Vanessa Nielsen; "Relevancia histórica y prospectiva de los recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación", de Ricardo Matarrita y Luis Alonso Sancho; "Sistematización sobre la institucionalidad de la ciencia, la tecnología y la innovación", de Rafael Herrera.

La redacción de las "Preguntas" y los procesamientos de información estuvieron a cargo de: Carolina Baltodano, Jason Chaves, Michael Andrés Contreras, Fraya Corrales, Ivannia García, Miguel Gutiérrez Saxe, Roslyn Jiménez, Jennyfer León, Antonella Mazzei, Karla Meneses, Natalia Morales, Dagoberto Murillo, Adrián Pacheco, Susan Rodríguez, Isabel Román, María Santos, Jimena Vargas, Jorge Vargas-Cullell y Evelyn Villarreal.

Colaboraron en la elaboración de estudios de casos: Carlos Acosta, Eladio Madriz, Kenneth Madriz y Juan Valdez.

Especial reconocimiento merecen las numerosas instituciones y organizaciones que suministraron información o facilitaron el acceso a bases de datos y otros registros durante el proceso de investigación para este Informe. Asimismo, muchas entidades brindaron valiosa información para los estudios en las diversos temas analizados, entre ellas: Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica, BID, Conare, Conicit, Estrategia Siglo XXI, Fundevi, INA, INEC, Micitt, Nic-Internet de Costa Rica, Oficina de Asuntos Internacionales y cooperación Externa-UCR, Procomer, Registro de Propiedad Industrial, Vicerrectorías de Investigación del TEC, la UCR, la UNA y la UNED. La lectura de las fuentes, citas y referencias bibliográficas da cuenta del alcance e importancia de sus contribuciones.

Un valioso grupo de personas acudió a las distintas actividades realizadas en el marco de la preparación de este Informe. Los talleres de consulta se llevaron a cabo los días 11, 17 y 18 de junio de 2013, con la participación de: Carlos Acosta, Eduardo Alonso, Cristina Alvarado, Silvia Argüello, Elizabeth Arnáez, Ana Beatriz Azofeifa, Ramíro Barrantes, Alvaro Carvajal, Esteban Chaves, Saray Córdoba, Marianela Cortés, Rolando Dobles, Clotilde Fonseca, Rodrigo Gámez, Roberto Guillén, José María Gutiérrez, Rafael Herrera, Allan Jiménez, Pedro León, Gabriel Macaya, Eladio Madrigal, Ricardo Matarrita, Micaela Mazzei, Ricardo Monge, Carlos Mora, Jorge Muñoz, Leda Muñoz, Manuel Murillo, Eduardo Navarro, Vanessa Nielsen, Santiago Núñez, Jeffry Orozco, Johnny Sanabria, César Parral, Debbie Ponchner, Otto Rivera, Keilor Rojas, Marlene Salazar, Viviana Salgado, Olman Segura, Eduardo Sibaja, Claudio Soto, Ezequiel Tacsir, Carmela Velázquez, Arturo Vicente y Mary Jane West. La reunión en que se discutió la "Sinopsis" se efectuó el 10 de junio de 2014, con la asistencia de: Eduardo Alonso, Rodrigo Gámez, Pedro León, Gabriel Macaya, Ricardo Monge, Carlos Mora, Leda Muñoz, Marlene Salazar, Olman Segura, Eduardo Sibaja, Ezequiel Tacsir, Arturo Vicente y Mary Jane West. Se recibieron comentarios de José María Gutiérrez. Para estos talleres se contó con la lectura crítica de: Ramiro Barrantes, Roberto Guillén, Ricardo Matarrita, Manuel María Murillo, Jeffrey Orozco, Arturo Ramírez y Carmela Velásquez.

Además se agradece a todas las personas que facilitaron información o colaboraron de manera más directa, varias de ellas citadas en las respectivas secciones del Informe: Fátima Acosta, Alejandra Araya, Carlos Manuel Araya, Silvia Argüello, Mayra Castrillo, Carla Cordero, Gustavo Crespi, Félix de Moya, Rolando Dobles, Leda Flores, Francisco Gamboa, Guadalupe González, Roberto Guillén, William Mora, Eduardo Navarro, Mauricio Oviedo, Karen Quesada, Ana Javier Quintero, Keilor Rojas, Christhian Sanabria, Gabriela Tejada, Diego Vargas, Francisco Vargas y Arturo Vicente.

Índice general

EQUIPO RESPONSABLE 0

RECONOCIMIENTOS

PRESENTACIÓN

PRÓLOGO

Punto de partida: ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo humano
Acerca del Informe
Principios
Alcance
Principales limitaciones
Errores y omisiones
Palabras finales
Referencias bibliográficas

PARTE I: CONTEXTO DE SEGUIMIENTO

SINOPSIS

Resumen
Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo
CTI para el desarrollo en el discurso internacional y nacional
CTI, productividad y desarrollo humano
Factores que limitan el potencial de la CTI para el desarrollo
Estado de situación
Contexto de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación
Preguntas abordadas
Panorama general
Síntesis de respuestas
Recursos humanos para la Ciencia y la Tecnología
Preguntas abordadas
Panorama general
Síntesis de respuestas

Producción científico tecnológica
Preguntas abordadas
Panorama general
Síntesis de respuestas
Infraestructura para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación
Preguntas abordadas
Panorama general
Síntesis de respuestas
Sistemas de apoyo para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación
Preguntas abordadas
Panorama general
Síntesis de respuestas
Desafíos para el desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación
Pocas pero importantes fortalezas ofrecen una plataforma de mejora
Atraer a más jóvenes hacia las áreas de ciencia y tecnología
Revertir la fuga de cerebros
Múltiples cuellos de botella encienden señales de alerta
Fortalecer grupos de investigación importantes pero débiles
Promover la vinculación entre la academia y los sectores productivos
Asegurar la correspondencia entre oferta y demanda de personal en CTI
Promover la formación de profesionales y técnicos altamente calificados
Promover encadenamientos a través de las políticas de CTI
Crítica situación en temas clave impide desarrollo
Aumento y recomposición de la inversión en I+D
Mejorar la calidad de la educación científica y tecnológica preuniversitaria
Corregir la distorsión de los incentivos académicos en las universidades
Reflexión final

PARTE II: CUERPO DEL INFORME

PREGUNTA 1
¿Cuenta Costa Rica con recursos humanos calificados que sustenten el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuentes de información
Limitaciones del estudio
Conceptos clave
Principales resultados
Adscripción institucional, relevo generacional y brechas de género
Nivel profesional
Correspondencia con áreas estratégicas de la política pública
Endogamia académica
Vinculación con instituciones de I+D
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 2
¿Es Costa Rica un país líder en la producción de conocimiento científico y tecnológico de impacto?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Conceptos clave
Limitaciones del estudio
Principales resultados
Aumenta la producción científico-tecnológica, pero disminuye su impacto
Posición internacional desfavorable de la productividad científica
Posicionamiento internacional según el impacto del conocimiento generado
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 3
¿Es Costa Rica un país líder en América Latina en la apropiación del conocimiento tecnológico?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuentes de información
Conceptos clave
Limitaciones
Principales resultados
Patentes
Exportaciones de alta y media tecnología
Dualidad de la economía marca la dinámica del aparato productivo
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 4
¿Es el patrón de la inversión en I+D un factor conducente a sustentar una estrategia de desarrollo basada en la innovación?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuentes de información
Conceptos clave
Limitaciones del estudio
Principales resultados
Inversión total en I+D
Inversión en I+D según el sector que la financia
Inversión en I+D según el sector que la ejecuta
Inversión según tipos de investigación
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación

Referencias bibliográficas
Entrevistas y comunicaciones personales

PREGUNTA 5
¿Ha avanzado Costa Rica en el cumplimiento del Plan de Medio Siglo propuesto en el 2006?

Importancia del tema **4**
Hallazgos relevantes
Metodología
Instrumentos de monitoreo
Fuentes de información
Limitaciones del estudio
Principales resultados
Punto de partida: el Plan de Medio Siglo
Los cuatro cimientos del PMS
Situación en el Cimiento I
Situación en el Cimiento II
Situación en el Cimiento III
Situación en el Cimiento IV: información fragmentaria impide valorar avances
Brechas entre la Costa Rica actual y la Costa Rica ideal de 2050
Dictamen
Implicaciones
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 6
¿En cuáles campos del conocimiento científico y tecnológico se ha logrado crear comunidades de investigación sostenibles?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuentes de información
Método de análisis
Limitaciones del estudio
Conceptos clave
Principales resultados
La producción científica se sostiene por un reducido número de actores estratégicos
Análisis de los grupos de investigación por áreas del conocimiento
Análisis de grupos de investigación según balance generacional
Análisis de grupos de investigación según adscripción institucional
Análisis de grupos de investigación por sexo
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 7
¿Se encuentran las comunidades de investigación vinculadas con los sectores socioeconómicos?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología

Fuentes de información
Concepto clave
Limitaciones del estudio
Principales resultados
Modalidades de vinculación
Sectores demandantes
Modalidades de vinculación según áreas del conocimiento
Patrones según centros de investigación
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 8
¿Cuán cercanas están las competencias en Ciencias y Matemáticas de los jóvenes costarricenses a las de jóvenes de los países miembros de la OCDE?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuente de información
Conceptos clave
Principales resultados
Resultados generales en las pruebas PISA
Desempeño de los estudiantes en las pruebas PISA de competencia matemática
Desempeño de los estudiantes en las pruebas PISA de competencia científica
Factores asociados al rendimiento académico
Mejores prácticas internacionales para promover la educación científica y matemática
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 9
¿Se complementa el perfil académico de la diáspora científica costarricense con el del recurso humano local?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuentes de información
Conceptos clave
Limitaciones del estudio
Principales resultados
Formación profesional
Procedencia del título universitario más alto
Complementariedad entre la diáspora científica y las comunidades locales
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 10
¿Predomina en la diáspora científica costarricense la fuga o la movilidad de cerebros?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuentes de información
Conceptos clave
Principales resultados
La intención de retornar
Vinculaciones de la diáspora científica con el quehacer científico-tecnológico del país
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 11
¿Cuáles incentivos tiene la diáspora científica para reinsertarse en Costa Rica?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuentes de información
Limitaciones del estudio
Principales resultados
Marco normativo de incentivos para investigadores
Preparación de las unidades locales de I+D para recibir a científicos que regresan
La visión desde la diáspora científica costarricense
Iniciativas para potenciar la reinserción de la diáspora científica costarricense
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 12
¿Se observa una correspondencia entre la oferta de recurso humano en las disciplinas relacionadas con ciencia y tecnología, y la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuentes de información
Limitaciones del estudio
Principales resultados
El punto de partida: la pirámide distorsionada en ciencia y tecnología
Oportunidades académicas en la educación superior
Oportunidades académicas en la educación técnica media
Correspondencia con las áreas de intervención de la política pública en ciencia y tecnología
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 13
¿Se ajusta la estructura ocupacional en ciencia y tecnología a los cambios en el sector productivo?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuentes de información
Limitaciones del estudio
Conceptos clave
Principales resultados
Demanda potencial de profesionales y técnicos en el área de ciencia y tecnología
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 14
¿Premia el mercado laboral a quienes se forman en ciencia y tecnología?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Principales resultados
Profesionales en ciencia y tecnología tienen ventajas laborales
Amplias brechas territoriales entre los ocupados en ciencia y tecnología
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 15
¿Se corresponden los campos más robustos de producción de conocimiento científico y tecnológico con las áreas estratégicas de la política pública en la materia?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Limitaciones del estudio
Conceptos clave
Principales resultados
Producción científica según el campo de conocimiento
Impacto relativo del conocimiento generado
Áreas del conocimiento en las que Costa Rica tiene ventajas competitivas
Correspondencia con las prioridades de política pública
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 16
¿Priorizan los centros de educación superior la producción, la protección y la transferencia del conocimiento científico-tecnológico a otros sectores de la sociedad?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuentes de información
Limitaciones del estudio
Concepto clave
Principales resultados
Incentivos a publicaciones científicas, patentes y contratos de vinculación
Incentivos no asociados a la producción, protección y transferencia de conocimiento
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 17
¿Cuentan las unidades de I+D con la infraestructura idónea para facilitar la generación, transferencia y uso del conocimiento científico y tecnológico?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuente de información
Conceptos clave
Limitaciones
Principales resultados
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 18
¿Es el uso compartido de la infraestructura en las unidades de I+D una práctica extendida en Costa Rica?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Fuente de información
Conceptos clave
Limitaciones
Principales resultados
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 19
¿Provee Costa Rica un entorno favorable a la consolidación de emprendimientos basados en el uso del conocimiento endógeno?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Método de análisis
Selección de casos
Limitaciones del estudio
Conceptos clave
Principales resultados
Situación actual de los emprendimientos innovadores estudiados
Primera historia: TurboEoms S.A.
Segunda historia: Energías Biodegradables S.A.
Tercera historia: Biotécnica Análisis Moleculares S.A.
Cuarta historia: BioTD S.A.
Análisis comparado
Acceso a financiamiento
Instituciones de enlace con el mercado
Protección de la propiedad intelectual
Apoyo gubernamental
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PREGUNTA 20
¿Brinda el perfil de las políticas en ciencia, tecnología e innovación una plataforma robusta para impulsar el desarrollo humano del país?

Importancia del tema
Hallazgos relevantes
Metodología
Dimensiones consideradas en el estudio
Conceptos clave
Fuentes de información
Limitaciones de investigación
Principales resultados
Balance comparativo del perfil de política costarricense con el de la OCDE
Comparación del portafolio de políticas con América Latina
Acople con políticas industriales
Dictamen
Implicaciones
Frontera de investigación
Referencias bibliográficas

PARTE III: FICHAS DE LAS INVESTIGACIONES DE BASE

Ficha 1. Uso del conocimiento científico-tecnológico
Ficha 2. Estado de la infraestructura científico-tecnológica en unidades de investigación y desarrollo
Ficha 3. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011
Ficha 4. Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica

Ficha 5. Relevancia histórica y prospectiva de los recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación
Ficha 6. Sistematización sobre la institucionalidad de la ciencia, la tecnología y la innovación
Ficha 7. Monitoreo del estado de avance en las "Acciones de puesta al día" del *Plan de Medio Siglo*

SIGLAS

ÍNDICE DE CUADROS

0.1 Preguntas sobre el contexto nacional para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación
0.2 Síntesis de las valoraciones sobre el contexto nacional para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación
0.3 Preguntas sobre el tema de recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación
0.4 Síntesis de las valoraciones sobre los recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación
0.5 Preguntas en el tema de la producción científico-tecnológica
0.6 Síntesis de las valoraciones sobre la producción científico-tecnológica
0.7 Preguntas en el tema de infraestructura para la ciencia, la tecnología y la innovación
0.8 Síntesis de las valoraciones sobre la infraestructura para la ciencia, la tecnología y la innovación
0.9 Preguntas sobre los sistemas de apoyo para la ciencia, la tecnología y la innovación
0.10 Síntesis de las valoraciones sobre los sistemas de apoyo para la ciencia, la tecnología y la innovación
0.11 Áreas de fortaleza relativa, alertas y temas críticos en ciencia, tecnología e innovación en Costa Rica
1.1 Perfil del recurso humano en las áreas de ciencia y tecnología. 2013
1.2 Edad promedio de los profesionales según área de ciencia y tecnología. 2013
1.3 Recurso humano en ciencia y tecnología, por grupos de edades, según áreas y subáreas del conocimiento. 2013
1.4 Doctores graduados en las universidades catalogadas entre las cien primeras del mundo, por grupos de edades, según áreas y subáreas de ciencia y tecnología. 2013
1.5 Profesionales con los mejores perfiles asociados a las áreas de intervención del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*. 2013
2.1 Brecha de resultado de publicaciones científicas por 100.000 habitantes en Costa Rica. 1991-2007
2.2 Publicaciones en revistas del primer cuartil por millón de dólares del PIB (PPA), para Costa Rica y una selección de países de la OCDE. 2009
3.1 Distribución porcentual de las solicitudes de patentes por sector tecnológico. 2008-2012
3.2 Productos "descubiertos" de las zonas francas y de la economía nacional. 1996-2008
5.1 Indicadores de desempeño para la Costa Rica del 2005 (CR-2005) y la "Costa Rica ideal" del 2050 (CR-2050)
5.2 Evolución de las brechas CR-2005 y Costa Rica actual (*circa* 2009) con respecto a los escenarios ideales estimados en 2005 y 2009
6.1 Ejemplos de posiciones de los actores en la red y su potencial grado de impacto
6.2 Actores relevantes por grupo de edad, según grupo de investigación. 2001-2011
7.1 Distribución porcentual de los proyectos de Fundevi realizados por unidades de ciencia y tecnología, según sector del demandante. 2012
7.2 Áreas académicas contactadas, según el sector demandante de los proyectos. 2012
7.3 Distribución porcentual de los proyectos de investigación, según sector demandante. 2012
8.1 Puntajes en las pruebas PISA 2012 para países seleccionados, por competencia
8.2 Puntaje promedio obtenido por Costa Rica en las pruebas PISA, según competencia y sexo
8.3 Perfiles asociados a un alto rendimiento en la prueba de competencia matemática. PISA 2009
8.4 Políticas para mejorar la educación en ciencia, tecnología y Matemáticas implementadas por países miembros de la OCDE
9.1 Perfil de la diáspora científica costarricense, según áreas de ciencia y tecnología. 2013
9.2 Distribución de la diáspora científica, según área y subárea de ciencia y tecnología. 2013
9.3 Personas que obtuvieron doctorados en una de las cien mejores universidades del mundo, según área y subárea de formación. 2013
10.1 Talento en el extranjero: planes de retorno a Costa Rica en los próximos cinco años, según área y subárea de formación
10.2 Perfiles de la diáspora científica, por intención o no de volver a Costa Rica en los próximos cinco años
10.3 Talento en el extranjero: actividades de vinculación con Costa Rica, según los tres principales países de destino

10.4 Iniciativas de cooperación más frecuentes entre la diáspora científica y sus colegas en Costa Rica, según áreas y subáreas del conocimiento
10.5 Talento en el extranjero: vinculación con colegas en Costa Rica, según sectores e instituciones nacionales
11.1 Principales condiciones y logros de miembros de la diáspora científica costarricense en los países donde desarrollan su labor
11.2 Personas de la diáspora científica que planean regresar y porcentaje de unidades de I+D que cuentan con el equipamiento idóneo para el logro de sus objetivos
11.3 Incentivos que podrían atraer a la diáspora científica costarricense, según científicos e ingenieros entrevistados
12.1 Compromisos adquiridos por las universidades estatales en cuanto a la matrícula en carreras de Ingeniería e Informática. 2012
12.2 Carreras acreditadas y reacreditadas según área de ciencia y tecnología. 2014
12.3 Títulos otorgados por las universidades públicas y privadas en las disciplinas más relacionadas con las áreas de intervención de la política pública en ciencia y tecnología, por sector. 2012
12.4 Tasa de desempleo de graduados en disciplinas asociadas a las siete áreas estratégicas del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. 2010*
13.1 Ocupaciones emergentes durante el período 2000-2011
13.2 Comparación entre las estructuras de los ocupados en ciencia y tecnología y el total del país. 2011
13.3 Estimación anual de la brecha entre oferta educativa y demanda laboral a nivel técnico y universitario, según estimaciones de Cinde. 2011
14.1 Distribución de las ocupaciones en ciencia y tecnología, por nivel profesional, según área. 2000 y 2011
14.2 Ocupaciones en ciencia y tecnología con mayor número de personas. 2011
14.3 Perfil de los trabajadores en ciencia y tecnología versus el resto de ocupados en la economía. 2011
15.1 Áreas en las que Costa Rica tiene fortalezas científicas, según campo de especialización e impacto académico. 2001-2011
16.1 Mecanismos utilizados por las universidades públicas para incentivar la producción, protección y transferencia de conocimiento
16.2 Puntajes asignados por las universidades a la producción intelectual, para el ascenso en el régimen académico. 2014
16.3 Puntajes asignados por las universidades adscritas al Conare a los trabajos de producción intelectual
16.4 Puntajes que se asignan en el TEC por publicación, según el número de autores
16.5 Mecanismos para el reconocimiento de la propiedad intelectual en las universidades adscritas al Conare
16.6 Distribución porcentual de las regalías por patentes en el TEC y la UCR
16.7 Mecanismos para promover la transferencia del conocimiento de las universidades mediante proyectos de vinculación remunerada
17.1 Unidades de I+D, según sector y disciplina de ciencia y tecnología. 2013
17.2 Unidades de I+D consultadas, según las actividades científicas y tecnológicas que realizan. 2013
17.3 Situación de obsolescencia del equipamiento, por tipo de actividad. 2013
17.4 Obsolescencia de los equipos, según pertenencia a las áreas de intervención de la política pública. 2013
17.5 Unidades de I+D con equipamiento idóneo para cumplir sus objetivos, según subárea de ciencia y tecnología. 2013
17.6 Unidades de I+D que disponen o no del equipamiento idóneo para el logro de sus objetivos, según su relación con las áreas estratégicas de la política pública. 2013
17.7 Razones por las cuales las unidades de I+D no cuentan con equipamiento idóneo para potenciar su vinculación con otros actores. 2013
17.8 Aspectos de infraestructura que requieren mejoras en las unidades de I+D, por áreas de ciencia y tecnología y áreas estratégicas de la política pública. 2013
17.9 Variables de infraestructura que requieren mejoras para aumentar la vinculación entre las unidades de I+D, por áreas de ciencia y tecnología y áreas estratégicas de la política pública. 2013
17.10 Variables de infraestructura que requieren mejoras en las unidades de I+D en las siete áreas estratégicas de la política pública. 2013
18.1 Intensidad de uso del equipamiento, según sector institucional
18.2 Equipo compartido intramuros y extramuros, según jornada en que se comparte, por áreas de ciencia y tecnología
19.1 Criterios aplicados en el estudio de casos de empresas de base tecnológica
19.2 Descripción general de los cuatro casos de innovación estudiados
19.3 Avance en el proceso de innovación de los cuatro casos estudiados

19.4 Análisis comparado de los emprendimientos según los criterios del estudio de casos
20.1 Comparación de programas de apoyo a la CTI en Costa Rica con respecto a América Latina y el Caribe. *Circa* 2010
20.2 Oferta de servicios para empresas agropecuarias por parte del sector público en Costa Rica. 2008

ÍNDICE DE RECUADROS

1.1 Endogamia académica en el mundo
1.2 Grado de vinculación entre profesionales de ciencia y tecnología
3.1 Limitaciones para una mayor vinculación de las empresas locales con las exportaciones de alta tecnología
5.1 Plan de Medio Siglo: ¿visión, estrategia y plan?
6.1 El análisis de redes
7.1 Razones que dificultan la vinculación intersectorial de las unidades de I+D
8.1 Características de las pruebas PISA
8.2 Factores asociados al rendimiento en Matemáticas
8.3 Recomendaciones para mejorar el desempeño estudiantil en Matemáticas
10.1 Red de Talento Costarricense en el Extranjero (Red Ticotal)
11.1 La experiencia del regreso
12.1 Diplomas en ciencia y tecnología otorgados en el contexto latinoamericano
12.2 Préstamos otorgados a estudiantes de carreras de ciencia y tecnología
12.3 Seguimiento de la condición laboral de las y los graduados universitarios
13.1 Posicionamiento del capital humano de Costa Rica a nivel internacional
16.1 Políticas de incentivos aplicadas internacionalmente para promover la producción científica y tecnológica
20.1 El estudio de la institucionalidad pública para la ciencia, la tecnología y la innovación en Costa Rica
20.2 Políticas de fomento industrial y desarrollo económico

ÍNDICE DE GRÁFICOS

0.1 Recurso humano calificado inscrito en el Registro Científico Tecnológico: distribución etaria según área de ciencia y tecnología. 2013
0.2 América Latina: porcentaje de las solicitudes de patentes presentadas por los residentes del país. 2011
0.3 Evolución de los 24 indicadores de desempeño KAM para Costa Rica, en relación con los escenarios meta del 2050
0.4 Mejores perfiles: comparación entre el talento local y la diáspora científica, según área de ciencia y tecnología. 2013
0.5 Pirámide de la educación científico-técnica en Costa Rica. 2012
0.6 Evolución de los ocupados en ciencia y tecnología, según tipos de economía. 2001- 2011
0.7 Unidades de I+D con equipamiento idóneo para cumplir sus objetivos, según subáreas de ciencia y tecnología. 2013
1.1 Distribución etaria de las mujeres profesionales en ciencia y tecnología, según áreas del conocimiento. 2013
1.2 Distribución etaria de los hombres profesionales en ciencia y tecnología, según áreas del conocimiento. 2013
1.3 Doctores graduados de universidades catalogadas entre las cien primeras del mundo, según áreas de ciencia y tecnología. 2013
1.4 Endogamia académica en países de Europa. *Circa* 2009
1.5 Actividades de vinculación en que participan los profesionales de ciencia y tecnología. 2013
2.1 Evolución del número de artículos publicados en todas las áreas del conocimiento y los artículos sobre ciencia y tecnología en Costa Rica
2.2 Número de publicaciones anuales de autores afiliados a instituciones costarricenses, en las áreas de ciencia y tecnología
2.3 Evolución de las publicaciones en ciencia y tecnología en Costa Rica
2.4 Citación promedio de los artículos sobre ciencia y tecnología producidos en Costa Rica
2.5 Tasas de variación anual de los artículos totales y de los artículos publicados en las revistas del primer cuartil (Q1) en Costa Rica
2.6 Número total de publicaciones con y sin coautores extranjeros realizadas desde Costa Rica
2.7 Inversión en I+D como proporción del PIB en América Latina y el Caribe y promedio de los países miembros de la OCDE. 2010

2.8 Publicaciones anuales relacionadas con ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías en países de América Latina
2.9 Citas por documento en las distintas áreas del conocimiento para una selección de países de América Latina y el Caribe. 2001-2011
3.1 Patentes de invención solicitadas por nacionales y extranjeros
3.2 Patentes de invención otorgadas a nacionales y extranjeros
3.3 Solicitudes de patentes presentadas en Costa Rica, total y por la vía del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT)
3.4 Países seleccionados: patentes por cada 100.000 habitantes, según estadio de desarrollo
3.5 América Latina: porcentaje de patentes solicitadas por los nacionales de cada país. 2011
3.6 Brechas en la producción de patentes por 100.000 habitantes, según valores efectivo y predicho
3.7 Composición de las exportaciones de bienes de Costa Rica
3.8 Distribución porcentual de las exportaciones de bienes, según la intensidad de la tecnología incorporada
3.9 Exportaciones de Intel en Costa Rica como porcentaje de las exportaciones totales de bienes
3.10 Brechas en los resultados de las exportaciones de alta tecnología, según valores efectivo y predicho, con y sin Intel
3.11 Países seleccionados: participación de los bienes de media y alta tecnología en el total de exportaciones, según estadios de desarrollo
3.12 Cantidad y monto de los encadenamientos generados por Procomer
4.1 Países seleccionados: inversión en I+D como porcentaje del PIB
4.2 Países seleccionados: inversión en I+D, según el sector que la financia. 2011
4.3 Inversión en I+D, según el sector que la ejecuta
4.4 Países seleccionados: inversión en I+D, según el sector que la ejecuta. 2011
4.5 Países seleccionados: inversión en I+D, según tipo de investigación. 2011
4.6 Corea del Sur: estructura de la inversión en I+D, por tipo, según sector ejecutor
4.7 Proyectos de investigación en Costa Rica, según el sector que los ejecuta
5.1 Comparación de escenarios CR-2005 y CR-2050 en veinticuatro indicadores de desempeño
5.2 Cimiento I del Plan de Medio Siglo: indicadores relevantes sobre la formación de técnicos y gestores de innovación. Cifras acumuladas 2006-2012
5.3 Plan de Medio Siglo: tipo y disponibilidad de información para valorar la situación en el Cimiento I
5.4 Cimiento II del *Plan de Medio Siglo*: indicadores relevantes sobre la vinculación de la ciencia y la tecnología a la innovación empresarial. Cifras acumuladas 2006-2012
5.5 Evolución de los veinticuatro indicadores de desempeño en la Costa Rica actual versus los escenarios meta del 2050
7.1 Proyectos activos de Fundevi, según modalidad de vinculación. 2012
7.2 Distribución porcentual de los proyectos activos de Fundevi, según sector demandante. 2012
7.3 Razones que afectan la vinculación intersectorial de las unidades de I+D. 2013
7.4 Distribución porcentual de los proyectos activos de Fundevi, según intensidad de investigación y área académica del oferente. 2012
7.5 Distribución porcentual de los proyectos activos de Fundevi, según área de la unidad académica ejecutora. 2012
8.1 Comparación de puntajes promedio en las pruebas PISA 2009, por países seleccionados
8.2 Distribución de estudiantes según niveles de desempeño en la prueba de competencia matemática, PISA 2012
8.3 Distribución de estudiantes según niveles de desempeño en la prueba de competencia científica, PISA 2012
8.4 Distribución de los estudiantes costarricenses según niveles de desempeño en la prueba PISA de competencia matemática
8.5 Distribución de los estudiantes costarricenses según niveles de desempeño en la prueba PISA de competencia científica
9.1 Distribución etaria de la diáspora científica, por áreas de ciencia y tecnología. 2013
9.2 Distribución etaria del talento local, por áreas de ciencia y tecnología. 2013
9.3 Grado académico del recurso humano residente en el país y en el extranjero, según áreas de ciencia y tecnología. 2013
9.4 Mejores perfiles académicos: comparación entre el talento local y la diáspora científica, según área de ciencia y tecnología. 2013
10.1 Comparación por área científica y tecnológica, de la totalidad de la diáspora costarricense consultada y el grupo que planea regresar en los próximos cinco años
10.2 Talento en el extranjero: razón por la que abandonó el país la última vez

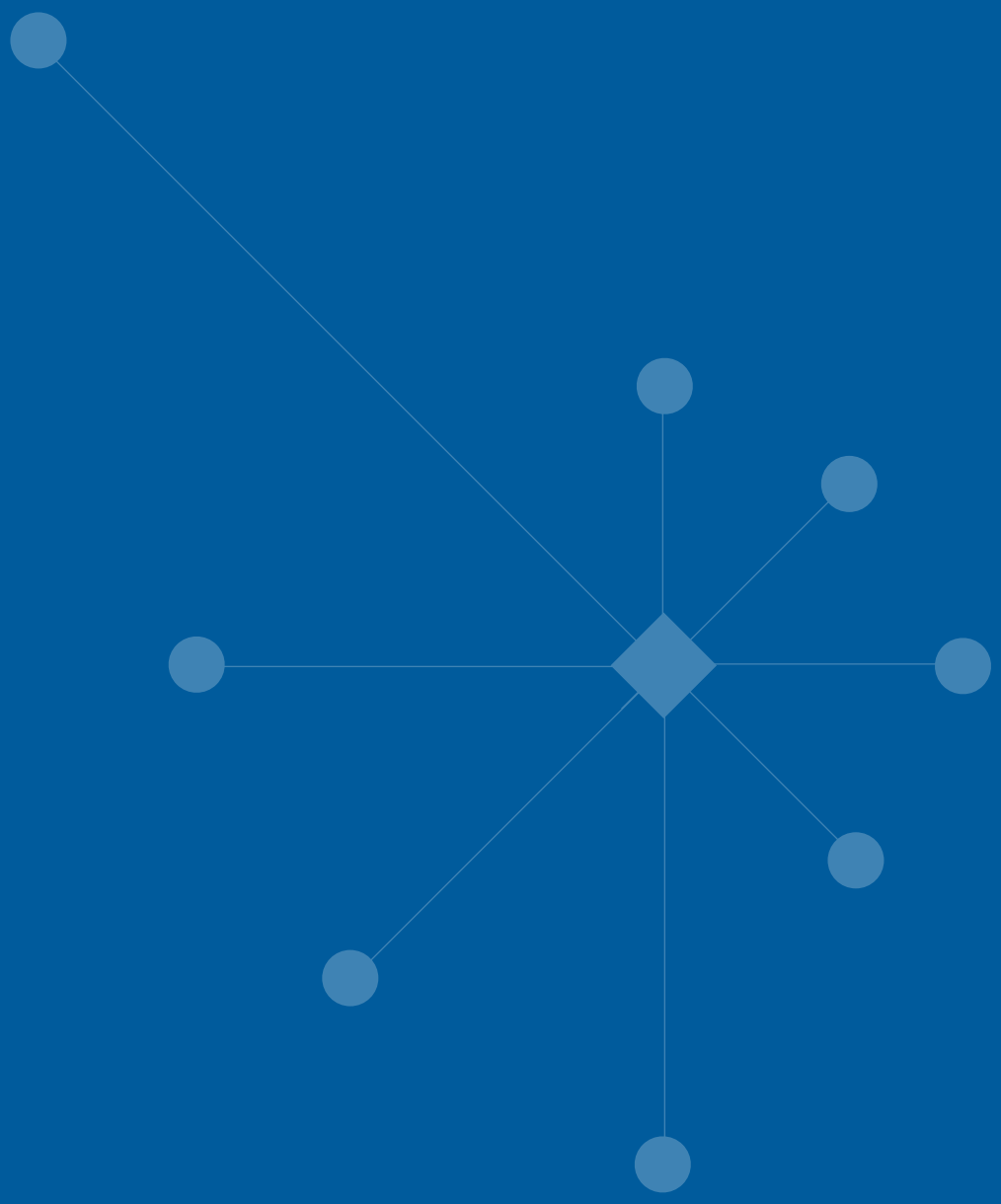
10.3 Intención de retorno de la diáspora científica costarricense, según condición de actividad
12.1 Pirámide de la educación científico-técnica en Costa Rica. 2012
12.2 Carreras creadas en las universidades públicas y privadas de Costa Rica, por década
12.3 Diplomas otorgados a nivel de grado y posgrado en ciencia y tecnología, según área del conocimiento
12.4 Títulos de grado por área de ciencia y tecnología para Costa Rica y el promedio de América Latina y el Caribe. 2011
12.5 Diplomas otorgados por las universidades en carreras relacionadas con ciencia y tecnología, según sector
12.6 Préstamos otorgados por Conape, según área. 2008-2012
12.7 Egresados de planes y programas del INA a nivel técnico y técnico especializado, en algunos subsectores relacionados con ciencia y tecnología. 2010-2012
12.8 Graduados como técnicos medios en colegios del MEP, según áreas de ciencia y tecnología
13.1 Evolución de los ocupados, según tipos de economía
13.2 Evolución de los ocupados en ciencia y tecnología, según tipos de economía
13.3 Estructura de los ocupados según tipo de economía, por categoría laboral. 2012
13.4 Estructura de los ocupados en ciencia y tecnología, por sector productivo
13.5 Cambio en la estructura porcentual de los trabajadores en ciencia y tecnología y del total de ocupados, según sector productivo. 2000-2011
13.6 Proyección de la demanda de médicos especialistas por parte de la CCSS
13.7 Índice de capital humano: comparación entre Costa Rica y distintos grupos de países. 2013
13.8 Comparación internacional de la fuerza de trabajo, por ocupación
14.1 Estructura de las ocupaciones en ciencia y tecnología, según nivel profesional. 2011
14.2 Ingreso de los ocupados en ciencia y tecnología con respecto a otras ocupaciones en los mismos niveles profesionales. 2011
14.3 Estructura de los ocupados en ciencia y tecnología, por categoría, según sexo. 2011
14.4 Distribución de los ocupados, por tipo de ocupación, según zona
15.1 Especialización científica de Costa Rica en relación con el resto del mundo
15.2 Citas por documento en Costa Rica y el mundo, según área temática. 2001-2011
16.1 Distribución presupuestaria de la masa salarial en la UCR. 2013
16.2 Recargo sobre el salario base por anualidad y dedicación exclusiva en las universidades adscritas al Conare
17.1 Funcionamiento confiable de los instrumentos en las unidades de I+D, según subáreas del conocimiento en ciencia y tecnología. 2013
17.2 Estado de actualización de los instrumentos, por disciplina de ciencia y tecnología. 2013
17.3 Unidades de I+D sin el equipamiento idóneo para cumplir sus objetivos, ni para potenciar su vinculación con otros actores, según sectores y áreas estratégicas. 2013
17.4 Unidades de I+D sin equipamiento idóneo para cumplir sus objetivos, ni para potenciar su vinculación, según áreas de ciencia y tecnología. 2013
18.1 Intensidad de uso del equipamiento, por áreas de ciencia y tecnología
18.2 Intensidad de uso del equipamiento, según las áreas estratégicas del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI) 2011-2014*
18.3 Condiciones que propiciarían un mayor uso del equipamiento, según sector institucional
18.4 Condiciones que propiciarían un mayor uso del equipamiento, según las áreas de intervención del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*
18.5 Uso compartido de equipos, intramuros y extramuros, según la jornada durante la cual se comparten
18.6 Equipo compartido intramuros, según proporción de tiempo en que se comparte, por sector
18.7 Equipo compartido extramuros, según proporción de tiempo en que se comparte, por sector
18.8 Equipamiento compartido intramuros y extramuros por las unidades de I+D, en las áreas estratégicas del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*

ÍNDICE DE FIGURAS

0.1 Dimensiones analizadas en el *Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*
0.2 Comparación entre las áreas estratégicas del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014 y las temáticas más robustas de producción científica
5.1 Hitos relacionados con el Cimiento III del Plan de Medio Siglo. 2006-2012
11.1 Cronología de los esfuerzos por consolidar un marco de incentivos para atraer a la diáspora científica costarricense
11.2 Beneficios previstos en el artículo 46 de la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico y su estatus actual
11.3 Condiciones para el otorgamiento de ayudas financieras del Programa de Atracción de Talentos. Ley 9218
11.4 Recomendaciones para una mejor reinserción laboral del talento que regresa al país
11.5 Evaluación de las posibilidades de reincorporación de la diáspora científica
20.1 Comparación de la tendencia del perfil de políticas en ciencia, tecnología e innovación de Costa Rica y la OCDE
20.2 Comparación de la tendencia del portafolio de políticas de CTI de Chile y la OCDE

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

0.1 Biomedicina: ejemplo de una comunidad robusta
6.1 Costa Rica: grupos de investigación científica. 2001-2011
6.2 Costa Rica: grupos de investigación según las áreas del conocimiento en que se desempeñan. 2001-2011
6.3 Red en el área de Biomedicina
6.4 Red en el área de Genética Molecular Humana
6.5 Subred EA1 en el área de Ecosistemas Acuáticos
6.6 Subred EA2 en el área de Ecosistemas Acuáticos
6.7 Red de investigación en Veterinaria
6.8 Subred de investigación en Veterinaria
6.9 Red de investigación en Ciencias de la Tierra
6.10 Red de investigación en Física
6.11 Red en el área de Ciencias Agrícolas
6.12 Red en el área de Microbiología-Parasitología
6.13 Red en el campo de la Zoología
6.14 Red de investigadores según la institución de adscripción. 2001-2011
6.15 Red de investigadores según sexo. 2001-2011
7.1 Red de vinculación entre oferentes y demandantes en los contratos activos de Fundevi. 2012
15.1 Comparación entre las áreas estratégicas del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* y las áreas más robustas de producción científica
19.1 Primera historia: TurboEoms S.A. y las dificultades de innovar con una turbina eólica
19.2 Segunda historia: Energías Biodegradables S.A. y la producción de biodiésel
19.3 Tercera historia: Biotécnica Análisis Moleculares S.A. y las plantas más resistentes a agentes patógenos
19.4 Cuarta historia: BioTD S.A. y los productos biomédicos



Sinopsis

Resumen

El presente Informe da cuenta del estado actual y los desafíos de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) en Costa Rica. A lo largo de veinte secciones, además de esta "Sinopsis", efectúa una primera valoración de las capacidades nacionales en este ámbito al inicio de la segunda década del siglo XXI. El panorama que emerge es el de un país que necesita, sabe y puede hacer mucho más y mejor CTI pero que, en la práctica, hace mucho menos de lo que requiere para su desarrollo humano. El documento plantea tres afirmaciones generales:

- **Primera afirmación**: una robusta plataforma para la CTI endógena es crucial para el futuro del país. Por CTI endógena se entiende aquella producida, adaptada y difundida principalmente por actores nacionales y orientada a satisfacer las necesidades del desarrollo humano en la sociedad costarricense.

- **Segunda afirmación:** la plataforma actual para la CTI endógena es frágil, desigual, poco o mal incentivada y relativamente desconocida. En términos generales, los logros son menores a los esperados de acuerdo con el nivel de desarrollo del país y la modernización experimentada en las últimas décadas.

- **Tercera afirmación:** las políticas nacionales en CTI son débiles, fragmentadas y desconectadas de las fortalezas científicas que han logrado construir las comunidades locales de investigadores e innovadores. También están desvinculadas de las políticas de fomento productivo, las que a su vez muestran una alta dispersión y escasos impactos.

Estudiar el quehacer científico, tecnológico y de innovación en un país es un esfuerzo complejo y multidimensional. Este Informe, un primer ejercicio que no procura ser exhaustivo, se centra en responder cuatro interrogantes básicas (figura 0.1):

- **¿Quiénes hacen ciencia y tecnología?** Esta interrogante implica valorar el acervo y la calidad de los recursos humanos para la CTI.

- **¿Qué producen?** Esta interrogante implica examinar la producción del conocimiento científico-tecnológico y sus usos reportados.

- **¿Qué capacidad instalada hay para el quehacer científico y tecnológico?** Esta interrogante remite al análisis de la infraestructura dedicada a investigación y desarrollo (I+D) en el país.

- **¿Qué apoyo hay para hacer CTI en Costa Rica?** Esta interrogante implica examinar las políticas y programas públicos para la ciencia, la tecnología y la innovación.

Las anteriores no son, obviamente, las únicas cuestiones que deben ser investigadas. Sin embargo, proveen un esquema sencillo para el análisis y ofrecen una hoja de ruta para futuros

Figura 0.1

Dimensiones analizadas en el *Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*

estudios. Adicionalmente, el Informe se ocupa de examinar el contexto de la CTI, un tema importante en la medida en que su conocimiento general ayuda a entender las condiciones (facilitadoras u obstaculizadoras) del desarrollo nacional en los ámbitos científico, tecnológico y de innovación.

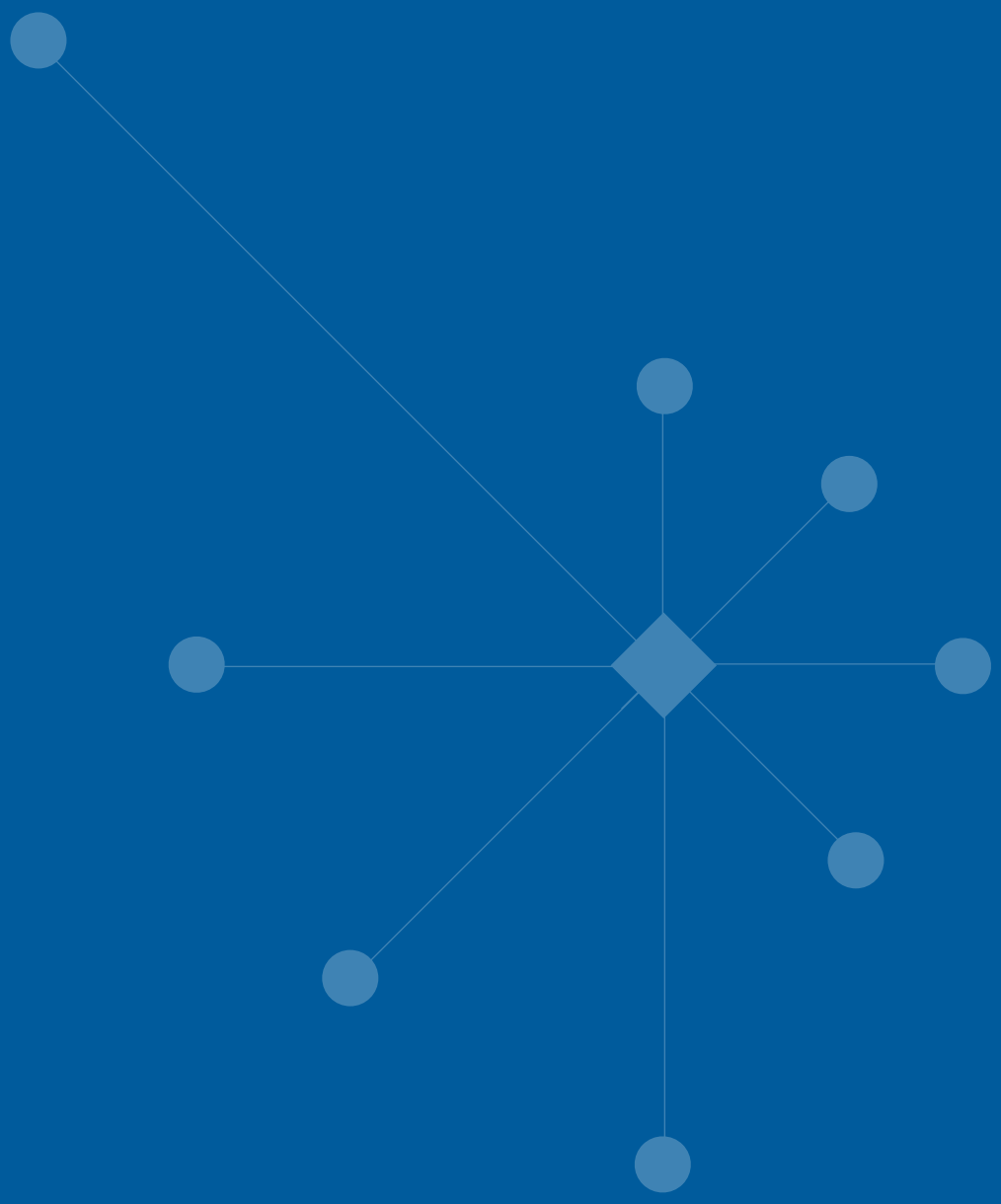
En el tema de los **recursos humanos** el Informe analiza las competencias científicas y matemáticas de las y los jóvenes costarricenses, las cualidades de los profesionales dedicados a la ciencia y la tecnología y la correspondencia entre la oferta curricular y la política pública en la materia. Se pone especial énfasis en la dinámica de los grupos de investigación, usando como punto de partida las iniciativas de colaboración para la generación de conocimiento científico. Además se explora el perfil de la diáspora científica –la comunidad de científicos e ingenieros costarricenses que estudian o trabajan en el extranjero–, sus planes de regresar o no al país y los incentivos para su eventual reinserción. Finalmente, se examina la relevancia que tienen las ocupaciones científico-tecnológicas en la estructura de la producción nacional de los últimos veinte años.

En el tema de la **producción científico-tecnológica y de innovación** se valora el desempeño de las comunidades de CTI durante la primera década del siglo XXI, mediante indicadores susceptibles de comparación internacional. Se estudia la dinámica de la producción y el impacto académico de los artículos científicos publicados en las revistas especializadas de la "corriente principal" e indexadas en la plataforma *Scopus* (en futuras ediciones se procurará incluir publicaciones no indexadas). En el caso de la innovación, la aplicación del conocimiento científico se mide a partir de la tasa de suficiencia tecnológica, determinada a su vez por la cantidad de patentes de invención generadas por nacionales y extranjeros. Este parámetro se complementa con datos sobre el avance logrado en las exportaciones de alto y medio contenido tecnológico. Por último, y con el recurso de la investigación secundaria, se valora el grado en que el tejido productivo local ha podido alcanzar las capacidades tecnológicas mínimas, para aprovechar las oportunidades esperadas de las empresas de inversión extranjera directa que se han instalado en el país en las últimas décadas.

En el tema de la **infraestructura científico-tecnológica** se analiza el estado general de la infraestructura física y el equipamiento de corte mediano y mayor de un grupo de unidades de I+D que respondieron una consulta efectuada por el Programa Estado de la Nación, y la medida en que esos recursos las habilitan para cumplir sus objetivos y potenciar una mayor vinculación intersectorial. Se procuró aproximar la tasa de uso del parque instrumental de las unidades de I+D y el grado en que éste se comparte, asuntos importantes dadas las limitaciones de financiamiento que padece el sector y la necesidad de hacer un uso racional y planificado de los recursos disponibles.

El tema de los **sistemas de apoyo** para la CTI es el menos desarrollado en el Informe. En el plano "micro" se recurrió al estudio de casos de empresas innovadoras, para valorar en qué medida las políticas y programas facilitan (o no), en la práctica, el desarrollo de los emprendimientos de base tecnológica. En el plano "macro", y con un objetivo similar, se analiza el perfil de las políticas de CTI vigentes a la luz de la situación imperante en el contexto internacional, y su grado de articulación con las estrategias de fomento productivo.

La presente "Sinopsis" se organiza en cuatro partes, además de este resumen introductorio. El segundo acápite describe el marco conceptual del Informe, centrado en la relación entre ciencia y desarrollo humano. La tercera y principal sección, denominada "Estado de situación", recorre de manera selectiva todos los apartados de esta publicación, con el fin de presentar sus hallazgos y conclusiones más relevantes. La cuarta sección plantea los desafíos que enfrenta el país en cada uno de los grandes temas examinados. El último apartado ofrece una reflexión final sobre la importancia estratégica de la CTI para Costa Rica, un país pequeño de renta media, alto desarrollo humano y avanzada transición demográfica.



Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo

El presente Informe parte de la premisa de que la CTI es una poderosa palanca para el desarrollo humano[1]. Tiene potencial para promover un crecimiento económico socialmente inclusivo, en la medida en que hace posible aumentos generalizados en la productividad, lo que a su vez permite reducir la pobreza y elevar los ingresos y las condiciones de vida de la población.

Las capacidades tecnológicas e innovadoras de un país contribuyen a resolver desafíos sociales, económicos y ambientales. La aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en áreas como educación, salud y gobernabilidad ha demostrado su utilidad para fortalecer la inclusión social. Asimismo, disciplinas como la Biotecnología y la Nanotecnología inciden sobre un amplio conjunto de sectores sociales y productivos y son críticas para enfrentar los retos actuales del cambio climático, las enfermedades emergentes y la seguridad alimentaria, entre otros. Por ello, estudios recientes insisten en la necesidad de que la CTI tenga un papel central en las agendas de desarrollo de las naciones de América Latina y que se constituya en un ámbito de cooperación entre los gobiernos, los organismos internacionales, las empresas y la sociedad (Navarro y Zúñiga, 2011).

Es importante recordar que se requiere un mínimo de capacidades locales incluso para la adaptación de tecnología extranjera (Carvajal, 2012)[2]. Sin embargo, la positiva relación entre la CTI y el desarrollo humano no actúa de modo automático. Está profundamente condicionada por factores políticos, institucionales y sociales, cuya presencia (o ausencia) puede potenciar (o anular) los impactos de la CTI. Por ello es indispensable estudiar el contexto en que se desenvuelve el quehacer científico y tecnológico, como lo hace este Informe, para valorar sus impactos sobre el desarrollo humano.

CTI para el desarrollo en el discurso internacional y nacional

Estudios efectuados en varios países demuestran la existencia de un círculo virtuoso entre la inversión en I+D, la innovación, la productividad y el ingreso per cápita. Estos factores se refuerzan mutuamente y conducen a altas y sostenidas tasas de crecimiento económico a lo largo del tiempo. Asimismo, la evidencia indica que esa relación positiva ocurre también en el nivel particular: en las naciones más avanzadas, las empresas que más invierten en I+D son las más innovadoras y productivas (Crespi y Zúñiga, 2010).

La capacidad de la CTI para promover el desarrollo humano sostenible ha sido reconocida por diversas organizaciones internacionales. Con motivo de la Cumbre Extraordinaria de las Américas, realizada en enero del 2004, los países miembros de la OEA subrayaron la importancia de la CTI para el desarrollo social, la democracia y los derechos humanos[3]. Los mandatarios del hemisferio occidental señalaron que la CTI puede contribuir a la atención de necesidades básicas como agua, alimentación, nutrición, sanidad, energía, medio ambiente y cuidado de la salud, así como a la generación de

ingresos, la reducción de la pobreza, creación de empleo, equidad de género, educación científica, acceso a tecnología de la información y competitividad[4]. Desde esta perspectiva, la separación tradicional entre CTI y desarrollo social no es aceptable. Las instituciones de ciencia y tecnología deben contar con información sobre las necesidades sociales, de manera que se aliente y propicie la investigación en temas asociados a ellas (OEA, 2005).

En su *Informe sobre Desarrollo Humano* de 2001, el PNUD señala que es posible poner "el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano" (PNUD, 2001c). Las personas pueden crear y utilizar la tecnología para mejorar sus vidas. Sin embargo, para que ello ocurra se requieren políticas públicas orientadas a que los países aumenten su inversión en este rubro. La tecnología puede proporcionar a los individuos herramientas para ser más productivos y prósperos, de manera análoga a como lo hace la educación formal. Con esa finalidad, el citado Informe enfatiza la importancia de crear las aptitudes que les permitan a las personas aprovechar eficazmente la tecnología y adaptarla a las necesidades locales, mediante el fortalecimiento de la educación en todos los niveles y modalidades, incluyendo la formación técnica y la capacitación para el empleo. Bajo este enfoque, la tecnología se concibe como un instrumento, no solo como un beneficio del crecimiento y el desarrollo económicos. El informe del PNUD va más allá y propone un indicador para monitorear el desempeño de las naciones en este campo. El índice de adelanto tecnológico (IAT), que muestra una fuerte correlación con el índice de desarrollo humano (IDH), busca reflejar la medida en que un país crea y difunde tecnología y construye una base de conocimientos que permita a las personas apropiarse de las innovaciones en este ámbito (PNUD, 2001a).

La Unesco, por su parte, reconoce la necesidad de potenciar la contribución de la CTI a la competitividad de las naciones, el mejoramiento de la calidad de vida, la protección de la biodiversidad y el ambiente, la reducción de la exclusión social y la promoción de la cooperación regional (Unesco, 2009). Los foros sobre *Políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe: "Hacia un nuevo contrato social de la ciencia"*, organizados por esa entidad durante el año 2009, analizaron los progresos y resultados alcanzados por los países de la región durante la primera década del siglo XXI y resultaron en la formulación de una *Declaración Regional*. En ella se establece un programa estratégico orientado a la resolución de problemas comunes y se señala que "es un imperativo ético y estratégico que la ciencia, la tecnología y la innovación integren también a la inclusión social como una dimensión transversal de sus actividades (CTI+I)" (Lemarchand, 2010).

En opinión de la OCDE, hoy la CTI es más importante que nunca, y su desarrollo ha de buscar la reducción de la pobreza y el desempleo, así como el mejoramiento de las condiciones de vida de la población, dentro de un marco de respeto al ambiente (agenda de desarrollo sostenible). Tal convergencia se logra mediante la promoción del "crecimiento verde"[5] (*green growth*) (OCDE, 2011), entendido como la principal estrategia para alcanzar las aspiraciones propuestas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible 2012, "Río +20", y en los acuerdos de Cancún para enfrentar el cambio climático. La OCDE señala que las agendas de CTI de los países emergentes (los llamados BRICS)[6] se están volviendo "verdes", hecho que se refleja en la prioridad asignada a los aspectos ambientales, el cambio climático y la energía, además de los temas de salud, calidad de vida y cambio demográfico (OCDE, 2010).

La relación entre CTI y "crecimiento verde" también ha sido destacada en el plano nacional. En una investigación apoyada por el BID y basada en entrevistas a informantes clave, Vestergaard y Díaz, recomiendan una "estrategia verde para Costa Rica". Señala que las agendas de innovación y desarrollo sostenible deben coordinarse y unirse bajo un enfoque intersectorial de carácter transversal, en el marco de un objetivo común denominado el "modelo de crecimiento verde", y propone que, en lugar de hablar de un sistema nacional de innovación, se aluda a un "ecosistema nacional de innovación" (Vestergaard y Díaz).

El enfoque de la CTI como motor de desarrollo ha permeado en los estudios realizados por diversos autores costarricenses. En los años ochenta del siglo anterior se asoció con el modelo del "Triángulo de Sábato", que relaciona los componentes de un sistema de ciencia, tecnología en innovación con sus repercusiones sobre el desarrollo (Carvajal, 2012)[7]. En la década de los noventa, las referencias sobre CTI y desarrollo no solo aparecen en los discursos políticos e

intelectuales, sino también en los documentos oficiales (Carvajal, 2012)[8]. Por su parte, la Sala Constitucional ha señalado la finalidad pública de "impulsar el progreso nacional por medio de las actividades de investigación y de transferencia científica y tecnológica" (Guillén, 2011)[9].

La visión de desarrollo en que se sustenta el *Plan de Medio Siglo* (PMS), presentado por la Asociación Estrategia Siglo XXI en 2006, es congruente con esta conceptualización. Se advierte que la ciencia y la tecnología deben estar vinculadas a los modelos sociales en los cuales se van a aplicar y, más concretamente, que deben responder a las necesidades de la sociedad costarricense. En este sentido, el PMS resalta que el proceso de desarrollo tiene dos prioridades fundamentales que se complementan y enriquecen entre sí: el desarrollo humano y social y el desarrollo productivo para el crecimiento económico (Asociación Estrategia Siglo XXI, 2006).

El PMS plantea un horizonte de desarrollo nacional para el año 2050, al cual se llegaría mediante una estrategia basada en los logros sociales, culturales y económicos de cinco países de muy alto desarrollo humano: Noruega, Dinamarca, Suiza, Finlandia y Suecia. El norte es inspirado por una "ética del desarrollo"[10] que promueve la creación de plataformas tecnológicas estratégicas[11], capaces de encarar los retos en agricultura, energía, ambiente, atención de la salud, seguridad, servicios y transporte (Asociación Estrategia Siglo XXI, 2006).

Varios autores afirman que el conocimiento científico y tecnológico adquiere mayor relevancia cuando se aplica a los procesos productivos y sociales. De ahí la importancia de implementar mecanismos eficientes para vincular los centros de investigación con las demandas y retos particulares de la sociedad (Adamson, 2011). Ello requiere un proceso previo de aprehensión de la realidad natural y social en sus diversos aspectos, por lo cual es necesario promover el desarrollo científico endógeno (Gutiérrez, 2011).

Monge y Hewitt (2009), por su parte, obtuvieron evidencia sólida de externalidades positivas asociadas a la aplicación del conocimiento a la actividad económica. En un estudio sobre el sector privado relacionado con las tecnologías de información y comunicación (TIC) en Costa Rica, documentaron impactos favorables en el crecimiento de la productividad empresarial. Asimismo, investigaciones recientes sobre los efectos de distintos tipos de innovación en el mercado laboral de cuatro países latinoamericanos, incluida Costa Rica, encontraron una relación positiva entre la innovación en productos y la creación de empleo (Crespi y Tacsir, 2013; Monge et al., 2010). En Costa Rica se determinó que la innovación en productos y procesos por parte del sector manufacturero genera más empleo en todas las empresas, sin importar su tamaño. En ambos casos –productos y procesos– las empresas requirieron más personal técnico; las que innovaron sus productos necesitaron, adicionalmente, más recursos humanos de alta calificación (Monge et al., 2010).

CTI, productividad y desarrollo humano

Desde mediados del siglo XX diversos estudios económicos han identificado una relación consistente entre la innovación y el crecimiento de la productividad. En las últimas décadas el análisis empírico de esta relación condujo a la generación de modelos complejos para estimar el impacto de las actividades de investigación y desarrollo (I+D) sobre la productividad (referencias sobre esa trayectoria con respecto a los estudios de Schumpeter, Solow y Griliches, entre otros, pueden encontrarse en BID, 2010).

De acuerdo con esa evidencia, trabajos realizados en países de la OCDE concluyen que la inversión en I+D es la causa del aumento de la productividad y no lo contrario. Los beneficios sociales de esa inversión tienden a ser más altos que los costos de oportunidad de no haber dedicado los recursos, por ejemplo, a infraestructura física. Sáenz y Parraguez (2005) explican que el retorno social de la inversión en I+D es mayor que el privado, debido a las externalidades positivas derivadas del aprendizaje social que implica la adopción de la tecnología nueva, así como por los impactos sobre el empleo, el pago de impuestos y los efectos demostrativos de los emprendimientos innovadores. Además, "el consumidor de los productos mejorados gana, sea por una rebaja en el precio, por la obtención de mayor calidad, o ambas. Finalmente, si se logra exportar el producto existirían nuevos ingresos de divisas y las implicaciones macroeconómicas positivas que normalmente estos aumentos conllevan" (Sáenz y Parraguez, 2005).

Estudios recientes señalan que las tasas de retorno social de la I+D en las economías desarrolladas pueden ser de un 40% o más (Hall et al., 2009; citados en Crespi et al., 2010). En los

países en vías de desarrollo, como Costa Rica, los beneficios pueden ser aún mayores. Lederman y Maloney (2003) calcularon un rendimiento promedio de alrededor del 60% para naciones de ingresos medios como México y Chile, aunque en el caso costarricense estimaron una tasa cercana al 40%.

Para emular el notable desarrollo económico y social alcanzado por Irlanda, Finlandia y Singapur, naciones de tamaño similar al suyo, Costa Rica debe crecer de manera sostenida a una tasa superior a la que ha registrado en los últimos treinta años. En ese período el PIB nacional tuvo una tasa promedio de expansión cercana al 4%, lo que implica crecimientos per cápita menores al 3% anual. A este ritmo se requerirían más de dos décadas para duplicar el nivel de ingreso de la población y sería muy limitada la capacidad para lograr mejoras rápidas y significativas en el bienestar social. Es un horizonte que está lejos de ser el deseable (Adamson, 2011; Monge et al., 2010). En adición a lo anterior, el comportamiento errático que ha mostrado la economía costarricense en las últimas décadas ha aumentado la brecha de crecimiento per cápita que la separa de los países líderes en progreso tecnológico y eficiencia (Monge et al., 2010).

Sin embargo, el salto deseable hacia niveles más altos de desarrollo humano no es posible a menos que Costa Rica modifique su estilo de crecimiento, que se basa fundamentalmente en la acumulación de capital físico y humano, y en mejoras marginales en la eficiencia de los procesos operativos. Es indispensable lograr un aumento sustantivo y generalizado en la productividad mediante una mayor apropiación (creación y transferencia) del conocimiento tecnológico. Ello ocurriría como resultado de una mayor inversión en I+D y de procesos de innovación que permitan producir más con las mismas dotaciones de recursos (trabajo, capital, recursos naturales) o incluso menos (Monge, 2011).

La estabilización de la tasa de crecimiento demográfico, la ausencia de *commodities* y el hecho de que la frontera agrícola llegó a su límite refuerzan la urgencia de que Costa Rica produzca cada vez con menos insumos. Para ello resulta crítico aumentar la inversión en I+D, que en el período 2007-2012 tuvo un incremento del 0,36% al 0,57% del PIB[12], en principio una evolución levemente positiva (en la dirección correcta, pero en niveles muy bajos). Es claro que el valor más alto de la serie temporal, 0,57% del PIB en 2012, está por debajo del promedio de América Latina y el Caribe (véase la Pregunta 4 de este Informe). Países con niveles de desarrollo y estructuras productivas similares a la costarricense promedian una inversión cercana al 0,90% del PIB (BID, 2010)[13].

Además de su exigua inversión en I+D, Costa Rica se destaca por la baja participación del sector privado en ese esfuerzo. En 2011 solo el 21,4% de la inversión nacional en I+D fue financiado por la iniciativa privada (Ricyt, 2014), mientras que en países que tienen niveles de desarrollo similares el aporte de ese sector ronda el 50%. El déficit de inversión privada en I+D se asocia tanto al desempeño de empresas existentes, como a la baja creación de emprendimientos de base tecnológica.

Una investigación realizada en Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Panamá y Uruguay, encontró que en todos esos países las empresas manufactureras que más invierten en conocimiento son más proclives a introducir avances tecnológicos, y que aquellas que innovan tienen mayor productividad laboral que las que no lo hacen. Sin embargo, los factores que determinan la inversión en innovación son más heterogéneos que en las naciones miembros de la OCDE. En el caso de Costa Rica los elementos decisivos son el mayor tamaño de la empresa, haber recibido financiamiento público, haber patentado y tener a mano conocimiento científico. Otras variables, como el hecho de exportar o la presencia de capital extranjero (mayor al 10%) no inciden en la actividad innovadora (Crespi y Zúñiga, 2010). Este y otros estudios sobre el contexto nacional demuestran el alto impacto que tienen las políticas públicas en el esfuerzo innovador de las empresas (véase también Monge y Rodríguez, 2013) e ilustran la importancia del acceso a financiamiento y al sistema de protección de la propiedad intelectual. Se ha señalado, además, que la decisión empresarial de invertir en I+D varía según el sector; en actividades asociadas a la inversión extranjera directa la principal restricción es la escasa oferta de recursos humanos de alta calificación[14].

Adamson (2011) plantea una serie de requisitos adicionales para lograr una inversión en I+D que contribuya al desarrollo humano, más allá de los beneficios que sin duda puede brindar a las empresas. Hace énfasis en la necesidad de que esta inversión se financie fundamental-

mente con recursos locales, de potenciar una vinculación sólida y constructiva entre la academia y el sector privado[15] y de incentivar los procesos de innovación en todas las actividades económicas. No obstante, cabe indicar que en Costa Rica, por el momento, la orientación principal de la política pública en materia de desarrollo económico es el comercio internacional y la atracción de inversión extranjera directa, condiciones necesarias pero insuficientes para obtener mejoras sostenidas y generalizadas en la productividad y la equidad.

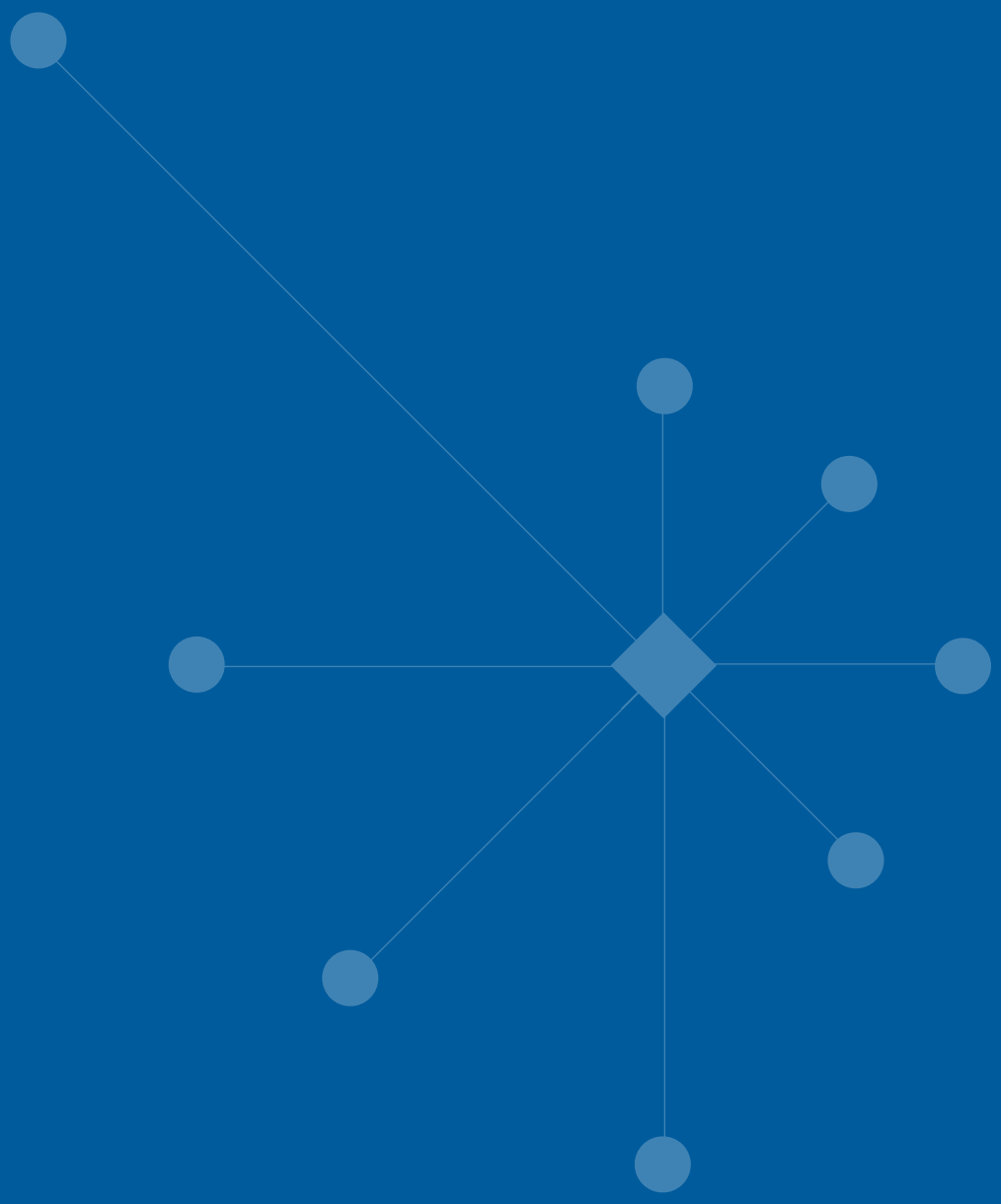
Factores que limitan el potencial de la CTI para el desarrollo

Las habilidades científico-tecnológicas específicas delimitan el rango de productos y tecnologías que, realistamente, pueden ser aprovechados en un país, en virtud de su dotación de capital físico, desarrollo humano y recursos naturales. Sin embargo, ese potencial no se traslada automáticamente a la economía y la sociedad. Para lograrlo se debe invertir en nuevos factores productivos, infraestructura e I+D, así como en la reubicación de recursos. Desde este punto de vista, las políticas públicas tienen una importancia crucial para hacer efectivo el potencial de la CTI para promover el desarrollo, pues son las que establecen las prioridades, normas e incentivos que rigen en esta materia (Nübbler, 2014).

Los conocimientos de los individuos, comunidades, empresas y organizaciones, y las cadenas de valor que se establecen entre ellos, son a la vez causas y consecuencias de la transformación productiva hacia estadios superiores de desarrollo humano (Nübbler, 2014). Si en su diario vivir las personas, organizaciones y empresas tienen un acceso limitado al conocimiento científico y tecnológico, y al empleo de productos o servicios innovadores en la resolución de sus problemas, el potencial de desarrollo de la CTI se ve seriamente perjudicado. En estas circunstancias el conocimiento pierde su capacidad de inclusión social y se convierte, por el contrario, en un factor que amplía las brechas sociales y económicas. De ahí que resulte clave la aplicación de políticas que incentiven su diseminación a lo largo y ancho del tejido social.

El esfuerzo innovador de un país se ve afectado por la infraestructura, las inversiones y las políticas para la CTI. Son éstas las que determinan su alcance y éxito (Porter et al., 2000). A su vez, la innovación es resultado del aprendizaje y la interacción entre un amplio abanico de actores pertenecientes a sistemas muy distintos, como el educativo, el productivo y el de CTI, razón por la cual suele requerir períodos de incubación bastante largos. Por ello es importante que las estrategias de desarrollo provean un contexto estable y positivo para la CTI (OEA, 2005). Cambios súbitos en los instrumentos de política pública o en su orientación pueden desestimularla. Lo mismo sucede en ausencia de políticas efectivas que favorezcan la innovación.

Finalmente, las demandas sobre la ciencia y la capacidad de los sectores productivos para utilizarla están asociadas a factores estructurales de la economía. La organización económica de los países subdesarrollados no ejerce presión positiva sobre la CTI y genera menores oportunidades para su aplicación que en las naciones más avanzadas (Láscaris, 2002). Este enfoque sistémico subraya la importancia de colocar la CTI no solo en el centro de la política industrial, sino en el corazón de la estrategia de desarrollo y destaca los problemas de coordinación que bloquean la comunicación, la integración y el uso del conocimiento entre los diversos actores.



Estado de situación

Esta sección ofrece una síntesis de este *Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. En cada uno de los grandes temas se exponen las preguntas abordadas y un panorama general sobre la situación encontrada; luego se recorre cada uno de los asuntos específicos presentando los principales hallazgos, conclusiones y retos de investigación pendientes. Aunque las y los lectores se darán una idea clara del contenido, los alcances y las limitaciones del Informe, esta síntesis es inevitablemente selectiva: han quedado por fuera datos y análisis de gran valor para entender la situación de la CTI en Costa Rica. La verdadera riqueza de esta publicación se halla en los próximos capítulos –denominados "Preguntas"–, por lo que se invita a utilizar este resumen como una puerta de entrada, una especie de mapa de ruta para navegarlo, y no como un sustituto de su lectura.

Contexto de la ciencia, la tecnología y la innovación

Preguntas abordadas

Las preguntas asociadas al contexto nacional para el desarrollo de la CTI ofrecen una introducción a los temas de recursos humanos, producción de conocimiento y políticas públicas, que posteriormente son retomados en profundidad en el resto del Informe (cuadro 0.1). Constituyen un punto de partida para entender la situación general del país en esas temáticas.

Cuadro 0.1

Preguntas sobre el contexto nacional para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación

Número	Pregunta	Resumen
1	¿Cuenta Costa Rica con recursos humanos calificados que sustenten el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación?	Recursos humanos para el desarrollo
2	¿Es Costa Rica un país líder en la producción de conocimiento científico y tecnológico de impacto?	Liderazgo en producción de conocimiento
3	¿Es Costa Rica un país líder en América Latina en la apropiación del conocimiento tecnológico?	Liderazgo en apropiación de conocimiento
4	¿Es el patrón de la inversión en I+D un factor conducente a sustentar una estrategia de desarrollo basada en la innovación?	Suficiencia de la inversión en I+D
5	¿Ha avanzado Costa Rica en el cumplimiento del *Plan de Medio Siglo* propuesto en el 2006?	Cumplimiento del *Plan de Medio Siglo*

Panorama general

Costa Rica no ofrece un contexto robusto para la CTI. El principal esfuerzo de modernización económica desplegado en las últimas décadas, guiado por la estrategia de inserción internacional y atracción de inversión extranjera directa (IED), ha sido insuficiente para promover el desarrollo tecnológico. En la actualidad el país

Cuadro 0.2

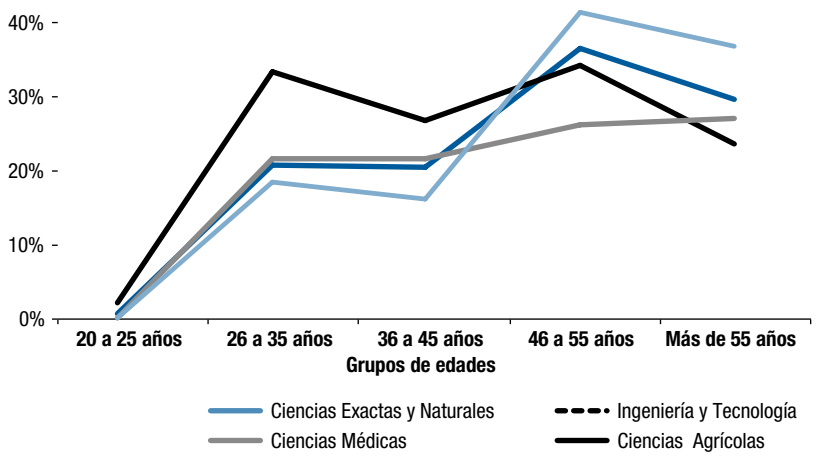
Síntesis de las valoraciones sobre el contexto nacional para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación

Pregunta	Valoración
Recursos humanos para el desarrollo	☐
Liderazgo en producción de conocimiento	☒
Liderazgo en apropiación de conocimiento	☐
Suficiencia de la inversión en I+D	☒
Cumplimiento del *Plan de Medio Siglo*	☐

☑ Fortaleza ☐ Alerta ☒ Área crítica

Gráfico 0.1

Distribución etaria del recurso humano calificado[a/] en ciencia y tecnología, según áreas del conocimiento[b/]. 2013



a/ El análisis no se basa en un inventario de todas los profesionales del país con formación en ciencia y tecnología. Únicamente incluye a aquellas que cumplen con las siguientes condiciones: i) realizó actividades científico-tecnológicas durante el período 2011-2013, ii) cuenta como mínimo con un bachillerato universitario, y iii) se encuentra registrada en el Directorio de Investigadores Activos del RCT (en su versión de noviembre de 2013).
b/ No se contó con información sobre la edad de 44 personas.

Fuente: Elaboración propia con datos del Registro Científico y Tecnológico (RCT) del Conicit.

muestra rezagos importantes en aspectos clave del quehacer de la CTI. Preocupan en particular las debilidades observadas en el ámbito de la innovación del tejido productivo nacional. En términos generales, Costa Rica tiene una limitada oferta de personal científico y técnico, bajos niveles de inversión en I+D y pocas patentes de invención generadas por costarricenses. A consecuencia de ello, no es un país líder en América Latina en producción científica.

De persistir esta situación, las perspectivas de la CTI endógena en los próximos años no son buenas. Un primer ejercicio de seguimiento del *Plan de Medio Siglo*, la más importante iniciativa de planificación de largo plazo del desarrollo científico-tecnológico nacional, refleja avances desiguales y modestos en el cumplimiento de las metas propuestas.

En el tema del contexto para la CTI, visto en su conjunto, el Informe encuentra espacio para amplias mejoras que resuelvan las debilidades identificadas. En dos de las cinco preguntas examinadas la situación existente se valora como crítica y en las tres restantes, pese a ciertas innegables fortalezas, hay importantes vulnerabilidades que deben ser atendidas (cuadro 0.2).

Síntesis de respuestas

Pregunta 1: Recursos humanos para el desarrollo

El recurso humano calificado con que cuenta el país para el apoyo a la CTI es escaso (según la demanda proyectada por Cinde) y muestra problemas de relevo generacional, brechas de género y endogamia académica. Los cuadros mejor formados por lo general tienen más de 55 años y están concentrados especialmente en las áreas de Biología y Agronomía. Existen dificultades de relevo generacional en el personal relacionado con los campos de Ciencias de la Tierra y el Espacio, Física, Ingeniería Agronómica, Ciencias de la Salud y las distintas disciplinas de las Ciencias Agrarias (gráfico 0.1). No obstante, en ámbitos nuevos de las ingenierías y las tecnologías, en Biotecnología y Computación, y en carreras más tradicionales como Ingeniería Mecánica, hay una fuerte presencia de cuadros jóvenes. Finalmente, la gran mayoría de los científicos e ingenieros tiene un nivel de maestría o menos, y solo una minoría ha conseguido un doctorado.

Los hallazgos subrayan la importancia de que los programas de becas de posgrado

privilegien las universidades más prestigiosas del extranjero, especialmente en áreas en las que convergen una prioridad de política pública, problemas de relevo generacional y acentuadas brechas de género.

Para valorar de manera más precisa las capacidades del país en esta materia será necesario ampliar la cobertura de las bases de datos que recogen información individualizada, a fin de mejorar la representación de los profesionales que laboran en el sector privado.

Pregunta 2: Liderazgo en producción de conocimiento

Costa Rica genera menos conocimiento científico del que se esperaría según su nivel de desarrollo, de modo que su producción la coloca en una posición modesta con respecto a otros países de Latinoamérica. Este hallazgo remite a la importancia de revisar las políticas de incentivos que ofrecen las universidades públicas y privadas, así como de implementar acciones dirigidas a fortalecer los grupos de investigación.

Más aun, el Informe halló un decrecimiento en la relevancia de la producción científica del país, medida por el número de citas (citación) de trabajos de autores nacionales que hace la comunidad científica internacional. La disminución que muestran los valores de citación promedio anual en revistas especializadas sugiere la necesidad de realizar un estudio posterior para explorar sus posibles causas.

Cabe destacar que la utilización de las bases bibliométricas de la "corriente principal" de revistas especializadas tiene la desventaja de subestimar el alcance real de la actividad científica y tecnológica en el país, pues no toma en cuenta las publicaciones en revistas no indexadas. Pese a ello, su uso tiene la ventaja de que permite la comparación internacional.

Pregunta 3: Liderazgo en apropiación de conocimiento

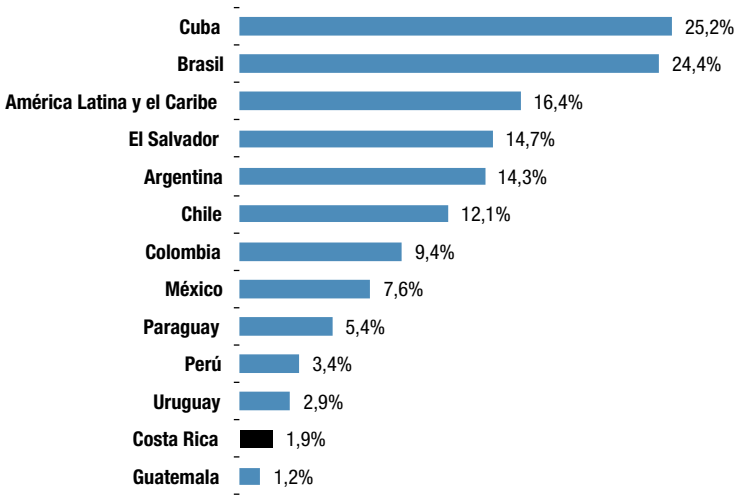
Costa Rica es líder en América Latina y el Caribe en la producción de patentes por habitante. Sin embargo, ese liderazgo se desvanece cuando se considera el porcentaje de solicitudes de patentes efectuadas por los residentes en el país (gráfico 0.2). En ese caso la situación desmejora significativamente, pues el número de patentes solicitadas por nacionales es casi nueve veces menor que el promedio de la región y únicamente supera a Guatemala (Ricyt, 2011).

Por otra parte, el contenido tecnológico de las exportaciones es favorable. Costa Rica se ubica por encima de economías en el mismo estadio de desarrollo en América Latina, el Caribe y el mundo, en ventas externas de bienes de alta y media tecnología. No obstante, el conocimiento que difunden a nivel global las compañías instaladas en zonas francas no está siendo efectivamente incorporado en el resto del aparato productivo. Así lo sugieren las escasas oportunidades de encadenamientos que generan esas exportaciones y la débil participación que las empresas locales tienen en ellas. La insuficiente capacidad de absorción tecnológica de las empresas locales contribuye a que el valor agregado nacional sea limitado.

Costa Rica exhibe una heterogeneidad productiva y social que debe ser atendida mediante políticas públicas de nueva generación, que liguen la exitosa estrategia de comercio exterior que se ha venido implementando, con programas de fomento a la innovación dirigidos a aumentar la sofisticación tecnológica del tejido empresarial local. Hasta ahora los esfuerzos se han centrado en la adaptación de tecnologías provenientes del exterior, no en el desarrollo de la capacidad endógena en este campo, para lo cual se requiere el rediseño de los instrumentos de apoyo a la CTI.

Gráfico 0.2

América Latina: porcentaje de patentes solicitadas por los nacionales de cada país. 2011



Fuente: Elaboración propia con base en datos de Ricyt, 2014.

En un segundo ejercicio convendrá estudiar con más profundidad el valor agregado de las exportaciones y la participación relativa de las empresas nacionales en las de mayor contenido tecnológico. Es importante subrayar que en esta oportunidad el análisis se enfocó en las patentes con el fin de posibilitar la comparación internacional, y no se incorporó información sobre otros métodos de protección de la propiedad intelectual que pueden ser relevantes para conocer otras dimensiones del proceso de apropiación del conocimiento tecnológico.

Pregunta 4: Suficiencia de la inversión en I+D

El volumen y la composición de la inversión en I+D constituyen una marcada debilidad nacional. Costa Rica invierte entre dos y seis veces menos que países cuyas exportaciones muestran estructuras tecnológicas similares. A ello se agrega una débil participación del sector productivo privado, que en 2012 tan solo aportó el 31,3% de la exigua inversión en I+D, una contribución que dista de la prevaleciente en las economías más avanzadas.

La mayoría de los pocos fondos de inversión existentes se enfoca en la investigación aplicada y el desarrollo experimental, en detrimento de la investigación en ciencia básica. Este hecho, *per se*, constituye una debilidad, pues la ciencia básica no es un lujo propio de los países avanzados, sino una plataforma para el desarrollo humano. El Informe además encontró que la mayor parte de la investigación aplicada y el desarrollo experimental es ejecutada por el sector público. La iniciativa privada tiene poca presencia en esas actividades. La necesidad de compensar este vacío puede explicar el aparente descuido de la inversión pública en investigación básica, una tarea que en otros países normalmente es asumida por el Estado. La convergencia de estos factores (baja inversión en ciencia básica y poca participación privada en I+D) genera condiciones muy asimétricas entre las distintas áreas de la CTI.

Entre los asuntos por abordar en futuros estudios se encuentra el análisis de la rentabilidad económica de la I+D en varios ámbitos, con el fin de estimar su magnitud específica y determinar a cuáles sectores impacta. Tal información será de utilidad para orientar más recursos al financiamiento de esta inversión. En el presente Informe las limitaciones en las fuentes disponibles impidieron ahondar en este tema. Además, para precisar la estructura de la inversión en CTI en el país es necesario mejorar el registro de la inversión en I+D según tipo y sector.

Pregunta 5: Cumplimiento del Plan de Medio Siglo

Costa Rica muestra un progreso moderado y heterogéneo en el cumplimiento del *Plan de Medio Siglo* (PMS) propuesto por la Asociación Estrategia Siglo XXI en 2006. Los datos disponibles para efectuar una evaluación en esta materia son fragmentarios, dispersos y, en varios casos, insuficientes, por lo que resulta difícil determinar cuánto ha avanzado el país en los temas estratégicos. De los cuatro componentes del PMS, denominados "Cimientos", se logró identificar avances concretos y puntuales en el primero, el segundo y, en menor medida, el tercero. No fue posible realizar una valoración del Cimiento IV por falta de información apropiada.

Desde una perspectiva "macro", el país logró reducir la brecha que en el 2006 lo alejaba del horizonte normativo ideal al año 2050, de acuerdo con la metodología *Knowledge Assessment Methodology* (KAM), desarrollada por el Banco Mundial. Sin embargo, el avance es desigual en las distintas áreas, modesto en general, y las distancias con respecto al horizonte ideal siguen siendo amplias. El gráfico 0.3 muestra las curvas que arroja el análisis de la KAM y permite observar la evolución de los veinticuatro indicadores de desempeño seleccionados para este ejercicio, en relación con los escenarios meta del 2050. Una explicación detallada de este hallazgo se encuentra en la Pregunta 5 de este Informe.

Como producto del análisis realizado, se generó una herramienta que podría ser de utilidad en el subsecuente monitoreo de los avances en el PMS: la "Matriz de Información sobre Cimientos, Acciones y Programas del Plan de Medio Siglo" (Micap-PMS).

Recursos humanos para la ciencia y la tecnología

Preguntas abordadas

Las preguntas asociadas al tema de los recursos humanos para la CTI conforman la batería más nutrida del Informe. Reflejan la concentración de los esfuerzos de investigación desplegados, con el fin de determinar la magnitud y composición de esos recursos en

Costa Rica a partir de información inédita (cuadro 0.3).

Panorama general

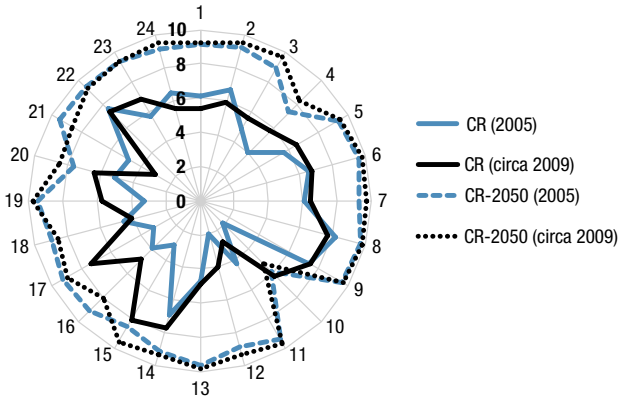
El análisis de los recursos humanos para la CTI en Costa Rica devela un panorama preocupante, aunque no crítico, en el que es posible encontrar algunas fortalezas.

El punto más delicado son las bajas competencias de las y los jóvenes en las disciplinas de Matemáticas y Ciencias, lo que ciertamente ha restringido, y restringirá, la disponibilidad de personal científico y técnico en los estadios superiores de formación académica. Este hecho indudablemente está relacionado con la distorsión que se observa en la pirámide ocupacional para la CTI, pues el país muestra una crítica carencia de ingenieros y técnicos de nivel medio y superior, pese al "premio" que el mercado laboral ofrece a estos profesionales, un hallazgo muy positivo de este Informe.

Un primer análisis de las redes de investigación científica reveló que la mayoría son frágiles y tienen pocos vínculos interdisciplinarios y entre investigadores de diversas instituciones. Se identificó una comunidad relativamente más robusta en el área de la Biomedicina.

Gráfico 0.3

Evolución de los 24 indicadores de desempeño KAM[a/] para Costa Rica, en relación con los escenarios meta del 2050



a/ Con base en la *Knowledge Assessment Methodology* (KAM), del Banco Mundial.
Los valores de 1 a 24 corresponden a los siguientes indicadores: 1. PIB per cápita (miles de dólares). 2. Índice de desarrollo humano. 3. Propiedad intelectual bien protegida. 4. Nivel de competencia local. 5. Calidad de la regulación. 6. Marco legal. 7. Efectividad del gobierno. 8. Voz y rendición de cuentas. 9. Control de la corrupción. 10. Matrícula en ciencia y tecnología (porcentaje de estudiantes en el nivel terciario). 11. Investigadores en I+D por millón de habitantes. 12. Inversión total en I+D como porcentaje del PIB; 13. Artículos en revistas científicas y técnicas por millón de habitantes. 14. Aplicación de patentes otorgadas por la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO) por mil habitantes. 15. Desarrollo del estado de situación de los *clusters*. 16. Años promedio de escolaridad. 17. Matrícula en secundaria. 18. Matrícula en educación terciaria. 19. Profesionales y técnicos como porcentaje de la PEA. 20. Calidad de la educación en Ciencias y Matemáticas. 21. Teléfonos por mil habitantes. 22. Computadoras por mil habitantes. 23. Nodos de internet por 10.000 personas; ancho de banda internacional de internet (bits por persona). 24. Usuarios de internet por 10.000 habitantes.

Fuente: Céspedes, 2013

Cuadro 0.3

Preguntas sobre el tema de recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación[a/]

Número	Pregunta	Resumen
6	¿En cuáles campos del conocimiento científico y tecnológico se han logrado crear comunidades de investigación sostenibles?	Comunidades científicas
8	¿Cuán cercanas están las competencias en Ciencias y en Matemáticas de los jóvenes costarricenses con las de los jóvenes de los países miembros de la OCDE?	Competencias de las y los jóvenes
9	¿Se complementa el perfil académico de la diáspora científica costarricense local?	Perfil de la diáspora científica
10	¿Predomina en la diáspora científica costarricense la fuga o la movilidad de cerebros?	Fuga o movilidad de cerebros
11	¿Cuáles incentivos tiene la diáspora científica para reinsertarse en Costa Rica?	Reinserción de la diáspora científica
12	¿Se observa correspondencia entre la oferta de recursos humanos en las disciplinas relacionadas con la CTI y el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación?	Oferta de recurso humano
13	¿Se ajusta la estructura ocupacional en CTI a los cambios en el sector productivo?	Estructura ocupacional
14	¿Premia el mercado laboral a quienes se forman en ciencia y tecnología?	Premio laboral

a/ Como se puede notar, en esta sección se interrumpe la secuencia numérica de las preguntas, al pasar de 6 a 8. Ello se debe a que, por afinidad temática (vinculación de las comunidades de investigación en el contexto de la producción científico-tecnológica) los hallazgos de la pregunta 7 se presentan en el siguiente apartado.

En su diáspora científica Costa Rica tiene un importante activo. En términos generales, los científicos e ingenieros nacionales que residen en el extranjero tienen niveles de formación superior a los de sus colegas locales y trabajan en áreas de gran interés para el desarrollo nacional. Una proporción significativa de ellos mantiene vínculos con investigadores radicados en el país o desea tenerlos en el futuro. No obstante, los incentivos para su reinserción son pocos y débiles.

La literatura especializada subraya que cuanto más elevados sean el nivel y la especialización del recurso humano, más amplio será el umbral de desarrollo al que puede aspirar cada país, y que las deficiencias en este ámbito se consideran más difíciles de superar que la insuficiente inversión en CTI. Por ello preocupa que el Informe encuentre señales de alerta o temas críticos en siete de las ocho preguntas estudiadas en el tema de los recursos humanos para la CTI (cuadro 0.4).

Síntesis de respuestas

Pregunta 6: Comunidades científicas

En Costa Rica existe una gran variedad de grupos de investigación en múltiples disciplinas científicas. Sin embargo, por lo general son redes con escasa redundancia[16], altamente centralizadas en uno o pocos actores relevantes, la mayoría de ellos en edad madura. Pocos grupos han logrado conformarse como comunidades científicas sostenibles, cohesionadas, con redundancia y considerable productividad. Las que se aproximan a este perfil están asociadas a las áreas de Biomedicina, Genética Molecular Humana, Ciencias de la Tierra y Veterinaria. A manera de ejemplo, el diagrama 0.1 presenta la comunidad científica en Biomedicina.

La diversidad de las redes y grupos existentes plantea la necesidad de implementar sistemas de apoyo específicos y promover una mayor interconexión dentro y entre comunidades, incentivando la investigación multi y transdisciplinaria y las posibilidades de compartir conocimientos y capacidades.

El enfoque aplicado en este análisis permite valorar los efectos de las políticas públicas orientadas a la formación de recursos humanos y al fomento de la producción científica, y monitorear la presencia de cambios significativos en la sinergia entre actores en las redes, antes y después de la aplicación de esas políticas, asumiendo un tiempo prudencial para que tales efectos sean observables.

Es importante indicar que el análisis de redes efectuado, que se basó en la coautoría en la publicación de artículos indexados en la plataforma *Scopus*, no refleja de manera adecuada los grupos relacionados con las áreas de ingenierías y tecnologías, que suelen divulgar los resultados de sus investigaciones en otro tipo de publicaciones. Consecuentemente, no permite visibilizar comunidades exitosas conformadas alrededor de la temática de las Ciencias de la Computación y el desarrollo de *software*, un tema pendiente que se procurará abordar en un próximo Informe.

Pregunta 8: Competencias de los jóvenes

Los estudiantes de secundaria se ubican en los niveles mínimos de desempeño en Matemáticas y Ciencias, según los resultados de las pruebas del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA, por su sigla en inglés), de la OCDE. Las diferencias por género son significativas. Costa Rica aún se encuentra lejos de obtener resultados similares a los de los países miembros de la OCDE y tiene grandes desigualdades internas de rendimiento (PEN, 2013).

Para mejorar las competencias de las y los jóvenes será necesario implementar de manera

Cuadro 0.4

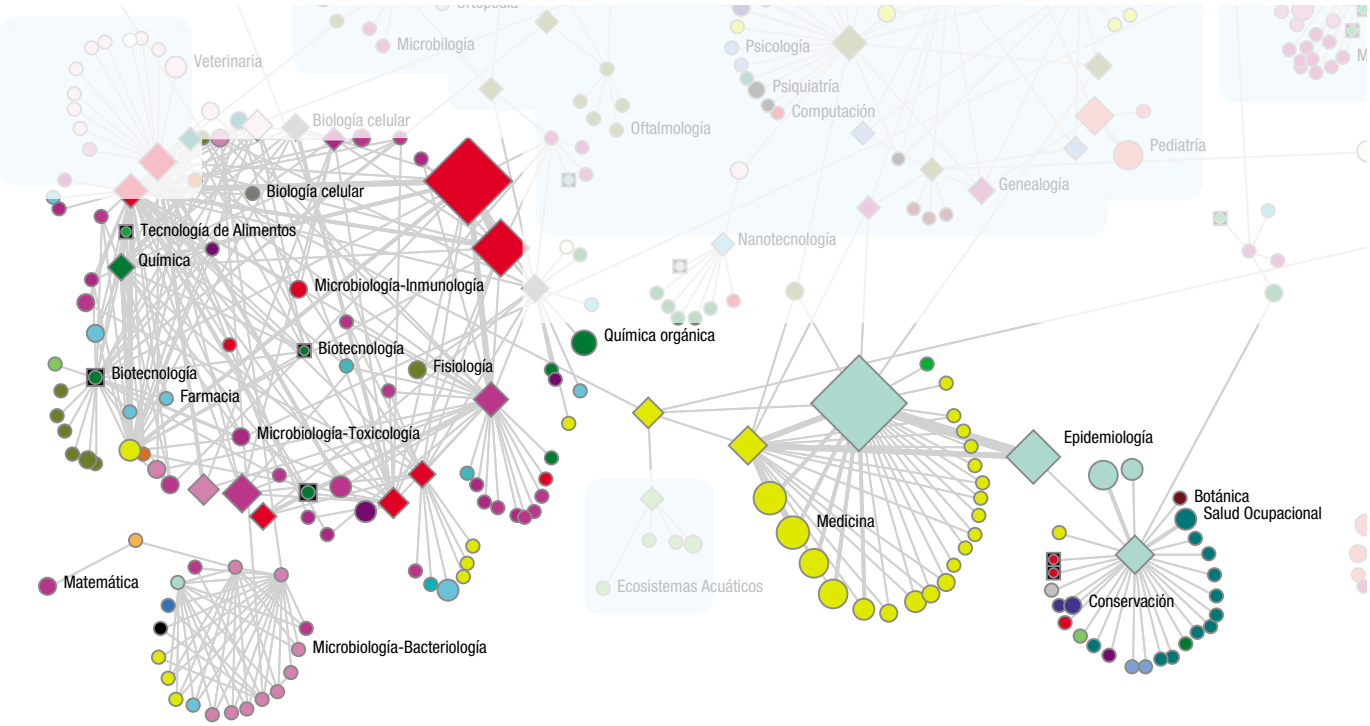
Síntesis de las valoraciones sobre el contexto nacional para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación

Pregunta	Valoración
Comunidades científicas	☐
Competencias de jóvenes	☒
Perfil de la diáspora científica	☑
Fuga o movilidad de cerebros	☐
Reinserción de la diáspora	☐
Oferta de recurso humano	☐
Estructura ocupacional	☐
Premio laboral	☒

☑ Fortaleza ☐ Alerta ☒ Área crítica

Diagrama 0.1

Red en el área de Biomedicina[a/]



a/ Cada uno de los nodos representa a un autor; se muestra una línea que une a dos autores cuando estos han participado como coautores en la elaboración de al menos un artículo científico. El tamaño del nodo indica el total de artículos para cada autor. Con la figura de rombo se destacan los investigadores estratégicos, que de manera arbitraria se han definido como aquellos que produjeron al menos cinco publicaciones durante la década y conectan un mínimo de tres alianzas. El color del nodo indica la subárea a la que se dedica el investigador. El ancho de la línea que conecta a los autores indica el número de artículos científicos publicados en coautoría.

eficaz los cambios introducidos recientemente en los programas de Matemáticas para secundaria, continuar la evaluación de las competencias académicas con base en pruebas estandarizadas, mejorar la formación inicial y continua de los docentes, así como los recursos didácticos y la infraestructura, a fin de dinamizar los ambientes de aprendizaje. Entre los retos pendientes pueden destacarse los siguientes:

- Investigar las causas de los bajos rendimientos de los estudiantes en las pruebas PISA.

- Mejorar la medición y evaluación de las políticas adoptadas para elevar la calidad de la educación. Para tal efecto sería de utilidad efectuar más investigaciones basadas en las pruebas del Segundo y Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo (Serce y Terce), que se aplican en la educación primaria en el marco de las acciones globales de la Oficina Regional de Educación de la Unesco para América Latina y el Caribe (Orealc-Unesco), así como en las pruebas diagnósticas que realiza el MEP.

- Explotar otras fuentes de información como los exámenes de admisión de las universidades, para analizar con mayor profundidad la procedencia de los estudiantes, sus características, su desempeño y las carreras que eligen.

Pregunta 9: Perfil de la diáspora científica

Los científicos e ingenieros costarricenses que estudian o trabajan en diversas áreas de la CTI en el extranjero tienen un alto perfil acadé-

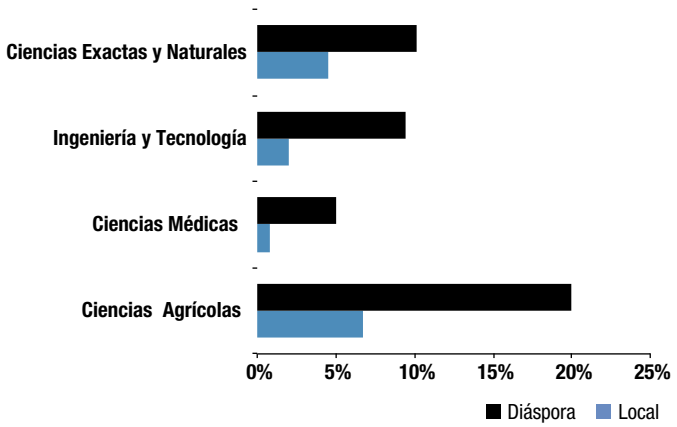
mico. Esto los convierte en un activo valioso que debe movilizarse a favor del desarrollo de la CTI en el país. La diáspora científica tiene formación en más de veinte disciplinas y es una comunidad joven: el 62% tiene entre 20 y 35 años.

Existen oportunidades de atraer y vincular a la diáspora en áreas en las que se han identificado carencias a nivel nacional, como es el caso de las ingenierías y tecnologías. Estas oportunidades se presentan no solo por el hecho de que la diáspora cuenta con representación de profesionales en esas áreas, sino porque su alto perfil académico complementa la acentuada escasez local de profesionales con esa alta calificación (gráfico 0.4).

La diáspora científica es una comunidad fluctuante. Por ello, en una segunda consulta que efectuará el Programa Estado de la Nación (PEN) se procurará actualizar y aumentar la cobertura de los datos recolectados. Es importante anotar que las fuentes en que se basa la comparación con los recursos humanos calificados residentes en el país no contienen registros exhaustivos del personal en ciencia y tecnología. Por tanto, los hallazgos que aquí se reportan tienen un margen de error de magnitud difícil de estimar. Pese a esta limitación, son las únicas fuentes disponibles sobre el tema.

Gráfico 0.4

Mejores perfiles académicos[a/]: comparación entre el talento local y la diáspora científica[b/], según área de ciencia y tecnología. 2013



a/ Doctores graduados en las universidades catalogadas entre las primeras cien posiciones del *QS Ranking 2013.*
b/ El análisis no se basa en un inventario de todos los profesionales, en el país y en el extranjero, con formación en ciencia y tecnología. En el primer caso, únicamente incluye a aquellos que cumplen con las siguientes condiciones: i) realizó actividades científico-tecnológicas durante el período 2011-2013, ii) cuenta como mínimo con un bachillerato universitario, y iii) se encuentra registrado en el Directorio de Investigadores Activos del Registro Científico y Tecnológico (RCT) en su versión de noviembre de 2013. En el segundo caso se utilizan los datos de la consulta efectuada por el PEN. Se consideró entre los mejores perfiles a cuatro personas cuyo título tiene la denominación "Universidad de Carolina del Norte", a pesar de que en el RCT no se especifica si se trata de la sede Chapel Hill, incluida entre las cien primeras del mundo.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN, datos del RCT, del Conicit, y el *QS World University Ranking 2013*.

Pregunta 10: Fuga o movilidad de cerebros

Alrededor del 40% de la diáspora científica costarricense no tiene planes de repatriarse en el corto plazo y menos de una cuarta parte ha tenido alguna vinculación con sus contrapartes locales. La pérdida de estos profesionales representa un lujo que el país no puede permitirse, dada la carencia de recursos humanos calificados en ciencia y tecnología.

Entre el talento que no planea regresar en el corto plazo destacan los profesionales formados en campos en los que Costa Rica tiene las carencias más acentuadas de recurso humano y que coinciden con cinco de las siete áreas que el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* considera estratégicas para impulsar el fortalecimiento del sector. No obstante, la buena noticia es que se encuentra en marcha una red para la vinculación de la diáspora científica con sus colegas residentes en el país: la Red de Talento Costarricense en el Extranjero (Ticotal). De no actuar en esta materia, Costa Rica perdería la oportunidad de convertir a estos valiosos profesionales en agentes de su desarrollo.

Para el país es indispensable transformar el actual panorama de fuga de cerebros en uno más favorable: de movilidad. Para ello debe atender dos frentes en forma paralela. El primero supone la implementación de programas permanentes para subsidiar el retorno del talento que hoy se encuentra en el extranjero, y el segundo consiste en vincular a quienes no quieren o no pueden regresar, para que compartan sus conocimientos y contactos con los distintos actores del sector local de CTI.

Un tema pendiente es indagar la demanda de conocimientos del talento costarricense en el extranjero por parte del sector empresarial local.

Pregunta 11: Reinserción de la diáspora

La reinserción de la diáspora científica se ve obstaculizada por el debilitamiento de los incentivos financieros para el retorno de profesionales al país, previstos en la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico (nº 7169, de 1990) y las limitaciones asociadas al estado de la infraestructura y el número de plazas disponibles en las unidades de I+D. Las personas formadas en Química, Ciencias Biológicas, Ingeniería Industrial y Agronomía que planean regresar, podrían enfrentar dificultades debido a que cerca de la mitad de las unidades de I+D consultadas y que trabajan en esos campos, no cuenta con el equipamiento idóneo para cumplir con sus objetivos.

Estos hallazgos señalan la conveniencia de establecer un programa permanente de incentivos para la reinserción de la diáspora científica, fomentar los vínculos entre institutos e investigadores locales y radicados en el extranjero y aplicar criterios de arraigo al país en los contratos de becas de posgrado en el extranjero, financiados por el Fondo de Incentivos del Conicit/Micitt y por el Programa de Atracción de Talentos previsto en la recién aprobada Ley 9218 (Contrato de préstamo suscrito entre la República de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo para financiar el Programa de Innovación y Capital Humano para la Competitividad).

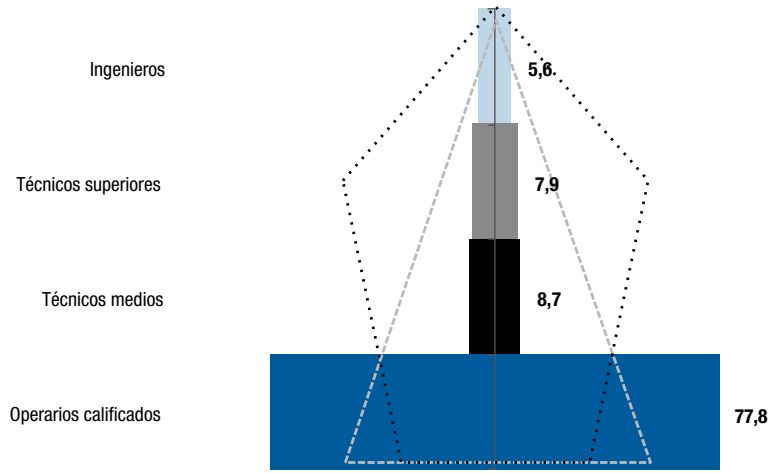
Los datos que presenta el Informe constituyen un primer acercamiento al tema. La información no es completa y podría afinarse siguiendo los lineamientos sugeridos en el estudio sobre el estado de la infraestructura en las unidades locales de I+D (Segnini, 2013).

Pregunta 12: Oferta de recurso humano

Costa Rica sigue mostrando asimetrías en la formación profesional y técnica de su personal en las áreas de ciencia y tecnología. La estructura según niveles de calificación, que en países avanzados se representa con la metáfora de una pirámide o incluso de un pentágono (ensanchado en los estratos técnicos), en Costa Rica adquiere la forma de una pirámide distorsionada, debido a la escasa oferta de técnicos medios y superiores (gráfico 0.5). Una de las razones que contribuyen a mantener esa estrecha "cintura"

Gráfico 0.5

Pirámide[a/] de la educación científico-técnica en Costa Rica. 2012
(porcentajes)



a/ Las líneas punteadas son representaciones ideales de una pirámide o pentágono científico-técnico balanceado.

Fuente: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho), del INEC.

es la diversidad de ofertas, desvinculadas entre sí y carentes de conexión entre los distintos niveles del sistema educativo. Esa falta de integración curricular hace que se pierda el sentido de continuidad en la formación.

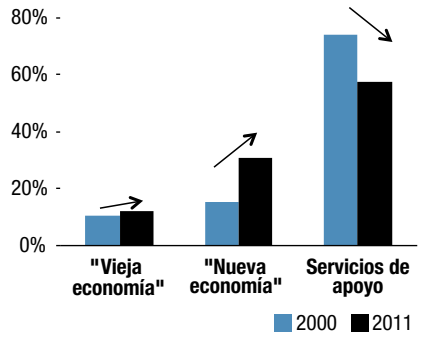
La proporción de graduados a nivel de grado y posgrado en los campos de ingenierías y tecnologías, estancado en alrededor de un 6% de la matrícula universitaria durante la primera década del siglo XXI, está muy por debajo del promedio cercano al 14% que se registra en América Latina y el Caribe (Ricyt, 2011). Por otra parte, la experiencia internacional muestra que los países desarrollados se han preocupado por generar una amplia capa de técnicos medios y especializados, como estrategia para apalancar tanto la movilidad social como la productividad de sus economías.

Existe una amplia tarea pendiente para dar cuenta del avance en la formación del recurso humano. Entre otras cosas, será necesario disponer de indicadores básicos como la matrícula en la educación universitaria y parauniversitaria, generar un registro completo de las instituciones educativas y construir datos desagregados sobre graduados de universidades privadas.

Asimismo, para obtener estimaciones más precisas de la oferta y demanda de recursos humanos será necesario desarrollar registros de investigadores que vinculen, por una parte, datos del Conare sobre títulos otorgados por las universidades (usando como registro único la cédula del individuo) y, por otra, el seguimiento de los profesionales en el mercado laboral, con datos de la CCSS. Adicionalmente, se puede considerar incluir una pregunta sobre "carrera universitaria completa" en el Censo Nacional de Población.

Gráfico 0.6

Evolución de los ocupados en ciencia y tecnología, según tipos de economía



Fuente: Elaboración propia con base en datos censales.

Pregunta 13: Estructura ocupacional en ciencia y tecnología

Las políticas de apertura comercial y promoción de las exportaciones impulsadas en las últimas décadas alentaron el desarrollo de nuevos sectores productivos estrechamente vinculados con la economía mundial. Estos sectores, que en conjunto conforman lo que puede denominarse "la nueva economía", requieren transformaciones aceleradas en la estructura laboral. Pese a ser poco intensivos en mano de obra, han sido una importante fuente de empleo para los trabajadores con formación en ciencia y tecnología, los cuales pasaron de representar el 15% de todos los ocupados en esos sectores en 2001, al 30% en 2011. Este dinamismo contrasta con el estancamiento que en esta materia exhibe la "vieja economía" (actividades tradicionales de agroexportación e industria manufacturera) y la contracción registrada en los "servicios de apoyo" (comercio, sector público y servicios no especializados). Estos sectores no son fuente de empleo para el personal con formación en ciencia y tecnología (gráfico 0.6).

Lamentablemente, los datos disponibles no permiten examinar con certeza la relación entre el mayor peso de estos profesionales en la estructura laboral y las ramas productivas que más contribuyen al crecimiento del PIB. Ello daría evidencia, aunque indirecta, del aporte de la CTI al desarrollo nacional. La información incluso muestra algunos resultados opuestos a los esperados. En consecuencia, no es posible analizar el grado de acoplamiento entre el cambio de la estructura productiva del país y las variaciones en la estructura ocupacional de los profesionales y técnicos en ciencia y tecnología. Para realizar estimaciones más precisas se requerirán sistemas de registro de la oferta y la demanda de profesionales que lleven a cuantificar de modo certero la escasez (o exceso) de mano de obra calificada en los diversos sectores económicos.

Pregunta 14:
Premio en el mercado laboral

Los profesionales vinculados a la ciencia y la tecnología tienen ventajas laborales sobre los demás trabajadores del país. Tienen más años de escolaridad, mayor dominio de un segundo idioma, ganan mejores salarios y un alto porcentaje de ellos cuenta con aseguramiento. La participación de este grupo en la población ocupada casi se duplicó en la última década, aunque a partir de una base muy reducida. No obstante, debe destacarse que existe una alta variabilidad en el incremento según la ocupación específica que se analice.

Los datos censales permiten una primera aproximación al estudio de los profesionales en ciencia y tecnología. Sin embargo, no son suficientes para analizar su evolución y existen grandes vacíos de información acerca de su estructura ocupacional y las ventajas con que cuentan, que podrían subsanarse mediante las encuestas de hogares. Adicionalmente, la Encuesta Continua de Empleo, que el INEC realiza cada tres meses, podría aportar valiosos insumos para conocer la estabilidad del empleo en estas ocupaciones.

Producción científico-tecnológica

Preguntas abordadas

Las preguntas asociadas al tema de la producción científico-tecnológica profundizan en el análisis de las redes de investigación, a partir de un cuidadoso estudio bibliométrico de las publicaciones indexadas de autores costarricenses, y de los incentivos existentes para estimular esta producción en los principales centros de educación superior del país (cuadro 0.5).

Panorama general

En el tema de la producción científico-tecnológica el Informe encuentra una situación crítica. Existe poca correspondencia entre las áreas más productivas del quehacer científico, por una parte, y las prioridades establecidas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI) 2011-2014* y en las políticas de atracción de IED, por otra. Hay competencias robustas en áreas juzgadas como no prioritarias, y competencias mermadas en áreas que se consideran prioritarias.

No fue posible efectuar un análisis comprensivo de los nexos entre la academia y el sector productivo. Sin embargo, el Informe realizó un estudio de los vínculos externos establecidos por la UCR en el año 2012. El principal hallazgo es que, más que satisfacer una demanda de los sectores productivos por la transferencia de conocimiento tecnológico (*demand driven*), las experiencias de vinculación responden a esfuerzos por financiar las investigaciones, dadas las limitaciones del presupuesto universitario (*supply driven*). Además, el principal "cliente" de la Universidad es el resto del sector público,

Cuadro 0.5

Preguntas en el tema de la producción científico-tecnológica

Número	Pregunta	Resumen
15	¿Se corresponden los campos más robustos de producción de conocimiento científico y tecnológico con las áreas estratégicas según la política pública en la materia?	Correspondencia entre el conocimiento generado y la política pública
7	¿Se encuentran las comunidades de investigación locales vinculadas a los sectores socioeconómicos?	Vinculación de las comunidades
16	¿Priorizan los centros de educación superior la producción, protección y transferencia del conocimiento científico-tecnológico a otros sectores de la sociedad?	Incentivos para la producción y la vinculación

mientras que los contratos con el sector privado tienen una presencia marginal. Un factor que actúa en contra de una mejora en el corto plazo es el hecho de que las universidades estatales no asignan a la vinculación con sectores productivos un peso importante entre los incentivos para el ascenso en la carrera académica.

En conjunto, estos resultados sugieren que el quehacer en CTI está poco vinculado con la dinámica productiva y con las prioridades la política pública en la materia. Este es un punto medular, que debe ser investigado con más profundidad con el fin de subsanar las debilidades y sustentar de manera sostenible una economía basada en el conocimiento (cuadro 0.6).

Cuadro 0.6

Síntesis de las valoraciones sobre la producción científico-tecnológica

Pregunta	Valoración
Correspondencia de la producción	☒
Vinculación de las comunidades	☐
Incentivos para la producción y la vinculación	☒

☑ Fortaleza ☐ Alerta ☒ Área crítica

Síntesis de respuestas

Pregunta 15: Correspondencia de la producción científica

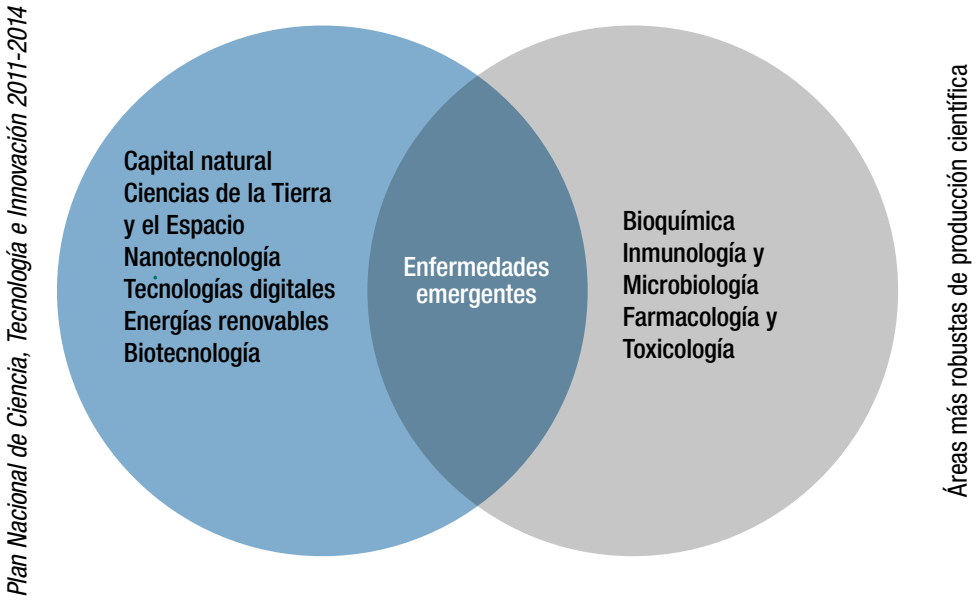
Costa Rica muestra sus mayores fortalezas en Bioquímica, Inmunología, Microbiología, Farmacología y Toxicología, que de manera general se pueden ubicar en el área de Biomedicina. El volumen de la producción científica en este campo posiciona al país como especialista a nivel global y es en este ámbito donde el conocimiento publicado tiene una influencia superior al promedio mundial.

Sin embargo, estas disciplinas no guardan mayor relación con las áreas estratégicas establecidas en la política científica y tecnológica –el *PNCTI 2011-2014*– ni con los sectores en los que el Ministerio de Comercio Exterior y Cinde concentran sus esfuerzos de atracción de IED. En otras palabras, las áreas más robustas de la producción científica nacional no corresponden con aquellas señaladas como prioritarias por la política pública (diagrama 0.2).

Evidentemente, esta desconexión pone de relieve la conveniencia de generar coincidencias

Diagrama 0.2

Comparación entre las áreas estratégicas del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* y las áreas más robustas de producción científica



entre la política pública y las áreas en las que el país tiene mayores capacidades científicas, a fin de encadenarlas con los sectores productivos. Para ello será necesario incluir esas áreas entre las prioridades de la política pública. Además es importante fortalecer los grupos de investigación en disciplinas de relevancia social y económica, como las Ciencias Agrícolas, y dar continuidad a las políticas de apoyo a las tecnociencias formuladas en el *PNCTI 2011-2014*.

En otro orden de ideas, cabe indicar que el estudio sobre este tema se vio afectado por el hecho de que las plataformas *Web of Knowledge* y *Scopus*, utilizadas como fuentes de información, agrupan varias disciplinas dentro de una misma categoría y, con ello, generan un traslape que dificulta un discernimiento más claro del desempeño en algunas áreas. Adicionalmente, el uso de estas bases de datos deja por fuera valiosos acervos del conocimiento local que, al no estar indexados en esas plataformas, no fueron considerados en el estudio realizado para este Informe.

Es parte de una agenda de estudio futura identificar las decisiones y políticas, implícitas y explícitas, que han contribuido a forjar las fortalezas encontradas e identificar estrategias que puedan aplicarse a otras comunidades de investigación.

Pregunta 7: Vinculación de las comunidades

El tema de la vinculación de las comunidades científicas con los sectores productivos solo pudo abordarse de manera parcial y limitada. Se realizó un primer ejercicio a partir de la base de datos de la Fundación de la Universidad de Costa Rica para la Investigación (Fundevi), para el año 2012. Pese a su alcance acotado, el hecho de que la UCR sea el principal centro de investigación científica del país permite identificar una serie de características relevantes de las modalidades de vinculación.

Los datos disponibles revelan la concentración de los vínculos en pocos actores (personas y centros de investigación). La principal motivación de las interacciones con los sectores productivos es la necesidad de financiar las investigaciones, dadas las limitaciones del presupuesto universitario, y no tanto el interés de atender una necesidad planteada por otros sectores, públicos o privados. El peso de la interacción con las empresas privadas es bajo y corresponde fundamentalmente a la actividad agrícola. Estudios previos señalan que esta baja importancia es una característica de larga data.

Para dinamizar la vinculación externa de la academia se ha sugerido invertir más recursos en la I+D dirigida a segmentos productivos socialmente prioritarios, así como promover, desde la universidad, mecanismos más ágiles para la vinculación.

Un análisis más comprensivo sobre este tema requiere:

- Construir una base de datos de actividades de vinculación que abarque varios años y cuente con una representación amplia de las otras universidades, estatales y privadas.
- Contar con información sobre los montos pagados y los efectos generados por los contratos, a fin de analizar los beneficios económicos e intelectuales para los investigadores universitarios, según el tipo de vinculación.
- Identificar las causas que explican el peso que tienen figuras individuales en varias áreas del conocimiento.
- Conocer los resultados obtenidos de las experiencias de vinculación, en términos de publicaciones, protección de propiedad intelectual, *spin-offs*[17], entre otros.

Esta información permitirá plantear recomendaciones que contribuyan al diseño e implementación de políticas públicas y mejoren los incentivos a la vinculación entre la academia y los sectores productivos.

Pregunta 16: Incentivos para la producción y la vinculación

Dado que los principales incentivos laborales en las universidades estatales son las anualidades y el escalafón, los académicos no se sienten "presionados" para investigar, publicar, proteger y transferir los productos de su quehacer intelectual. En la UCR, los componentes "automáticos" antes mencionados representan el 44% de la masa salarial, mientras que el "reconocimiento por régimen académico" tan solo aporta un 8,5%. No se incorporó en el estudio, información sobre el tema en el caso de las universidades privadas, aunque la participación de esas instituciones en

el quehacer científico-tecnológico es, con pocas excepciones, muy limitada.

Este hallazgo confirma la pertinencia de atender desafíos planteados por el Conare, para que los incentivos académicos respondan a consideraciones de calidad y mérito.

Entre los temas pendientes de investigar a futuro destacan:

- Un análisis comparado de las partidas presupuestarias salariales, a fin de construir un panorama más preciso de la estructura de los incentivos en las universidades estatales.
- Los incentivos académicos de las universidades privadas.
- Comparación internacional con otras universidades que se destacan por sus logros en esta materia.

Cuadro 0.7

Preguntas en el tema de infraestructura para la ciencia, la tecnología y la innovación

Número	Pregunta	Resumen
17	¿Cuentan las unidades de I+D con la infraestructura idónea para facilitar la generación, transferencia y uso del conocimiento científico y tecnológico?	Idoneidad de la infraestructura
18	¿Es el uso compartido de la infraestructura en las unidades de I+D una práctica extendida en Costa Rica?	Uso compartido de la infraestructura

Cuadro 0.8

Síntesis de las valoraciones sobre la producción científico-tecnológica

Pregunta	Valoración
Idoneidad de la infraestructura	☐
Uso compartido de la infraestructura	☑

☑ Fortaleza ☐ Alerta ☒ Área crítica

Infraestructura para la ciencia, la tecnología y la innovación

Preguntas abordadas

Las preguntas asociadas al tema de la infraestructura para la CTI son pocas, pero refieren a asuntos clave en el uso de las capacidades instaladas (cuadro 0.7). En el contexto de un país con fuertes limitaciones para el quehacer científico, conocer la idoneidad del equipamiento disponible y las prácticas de uso compartido de las instalaciones y equipos, ayuda a visualizar los desafíos para la optimización de la infraestructura existente.

Panorama general

Costa Rica posee una modesta red de centros de I+D en las distintas disciplinas de la CTI. La mayor parte de ella pertenece a las universidades estatales u otras instituciones del sector público y muestra problemas de idoneidad en su equipamiento de corte mediano y mayor. La práctica de uso compartido intra o extramuros se encuentra extendida, lo que es una buena base para la optimización de la escasa capacidad instalada para el quehacer científico y tecnológico. No obstante, una proporción no despreciable de centros rehúsa compartir sus equipos (cuadro 0.8).

Síntesis de respuestas

Pregunta 17: Idoneidad de la infraestructura

La mayoría de las unidades de I+D consultadas no dispone del equipamiento o la infraestructura idóneas para el cumplimiento de sus objetivos y para potenciar su vinculación con otros sectores (cuadro 0.9). Una proporción significativa de los equipos pertenecientes a la academia y el Gobierno está desactualizada. Un paso importante para paliar esta situación sería la efectiva implementación de la Ley 9218, mencionada en la síntesis de la Pregunta 11, y la Ley 9144 (Contrato de préstamo entre la República de Costa Rica y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento para financiar el Proyecto de Mejoramiento de la Educación Superior), aprobada en 2013.

La consulta realizada en el marco de la preparación de este Informe es una primera aproximación al conocimiento de las unidades de I+D que operan en el país. Cabe señalar

Cuadro 0.9

Unidades de I+D con equipamiento idóneo para cumplir sus objetivos, según subárea de ciencia y tecnología. 2013

Área de ciencia y tecnología			
Ciencias Naturales y Exactas	Ingeniería y Tecnología	Ciencias Médicas	Ciencias Agrícolas
Total del área (39%)	Total del área (40%)	Total del área (35%)	Total del área (52%)
Ciencias Físicas (67%)	Nanotecnología (100%)		
	Ingeniería Eléctrica y Electrónica (75%)		
Química (56%)	Computación, Inteligencia (53%)	Medicina Clínica (50%)	Agronomía (53%)
Matemáticas (50%)	Ingeniería Civil (50%)		Silvicultura (50%)
Ciencias Biológicas (36%)	Tecnología de Alimentos (33%)	Ciencias de la Salud (36%)	
Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente (25%)	Ingeniería Industrial, Química y Ambiental, Bioinformática (0%)	Veterinaria (0%)	

■ Del 60% al 100% ■ Del 40% al 59% ■ Del 0% al 39%

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

que el registro resultante no es exhaustivo y su alcance varía según el sector. La principal dificultad fue la cobertura de las instalaciones privadas, pues no existe un inventario preciso de ellas. Aun así, los datos recabados brindan valiosa información sobre más de un centenar de estos centros. A futuro conviene efectuar una segunda consulta, para examinar más de cerca la infraestructura de los laboratorios de centros e institutos de investigación pública y de organizaciones gremiales, el grado en que ésta se comparte, tanto con otras entidades públicas y académicas como con el sector privado, para apoyar los procesos de innovación de las empresas de base tecnológica.

Pregunta 18: Uso compartido de la infraestructura

El 42% de los equipos de corte mediano y mayor de las unidades de I+D registradas por este Informe se utiliza durante la mayor parte de la jornada laboral y por lo general se comparte, sobre todo dentro de la misma organización. El sector gubernamental es el que muestra menos prácticas de uso compartido extramuros.

Los datos disponibles sugieren que existe un amplio margen para mejorar la colaboración entre centros públicos y académicos de investigación, entre sí y con las empresas de base tecnológica, mediante el incentivo al uso compartido intra y extramuros del equipamiento con que cuentan estas unidades de I+D.

Las limitaciones de financiamiento y la necesidad de hacer un uso racional y planificado de los recursos llaman a crear instancias formales de coordinación de la inversión en infraestructura de apoyo a la CTI.

Sistemas de apoyo para la ciencia, la tecnología y la innovación

Preguntas abordadas

Las respuestas a las preguntas asociadas al tema de los sistemas de apoyo para la CTI son las más tentativas del Informe (cuadro 0.10). La escasez de indicadores sistemáticos sobre los asuntos abordados es casi completa, por lo que el análisis realizado debe tomarse como un primer acercamiento.

Panorama general

El entorno general para la consolidación de

Cuadro 0.10

Preguntas sobre los sistemas de apoyo para la ciencia, la tecnología y la innovación

Número	Pregunta	Resumen
19	¿Provee Costa Rica un entorno favorable a la consolidación de emprendimientos basados en el uso del conocimiento endógeno?	Entorno para los emprendimientos innovadores
20	¿Brinda el perfil de las políticas en ciencia, tecnología e innovación una plataforma robusta para impulsar el desarrollo humano del país?	Perfil de las políticas públicas

Cuadro 0.11

Síntesis de las valoraciones sobre los sistemas de apoyo para la ciencia, la tecnología y la innovación

Pregunta	Valoración
Entorno para los emprendimientos innovadores	☒
Perfil de las políticas públicas	☐

☑ Fortaleza ☐ Alerta ☒ Área crítica

emprendimientos de base tecnológica parece ser hostil. El estudio en profundidad de cuatro empresas muestra que, en ningún caso, el apoyo público logró constituirse en un factor habilitador. Aun cuando los emprendimientos fueron reconocidos con premios a la innovación, los empresarios enfrentaron múltiples barreras que podrían haberse resuelto con la intervención oportuna de políticas, programas o servicios públicos.

Si se analiza el perfil de políticas públicas para la CTI con base en indicadores generales, Costa Rica tiende a acercarse a las tendencias que se observan en las naciones de la OCDE. Sin embargo, en la práctica los instrumentos son pocos, débiles y están escasamente vinculados con las políticas de desarrollo. Existen programas que han obtenido resultados interesantes en materia de incubación de empresas, o de encadenamientos sociales, productivos y fiscales del tejido productivo con las áreas más dinámicas de la economía. Desafortunadamente, son experiencias con una escala reducida. En general, el país carece de políticas industriales robustas que promuevan la innovación como estrategia para fomentar los encadenamientos. En consecuencia, el Informe valora como negativa la situación de los sistemas de apoyo para la CTI (cuadro 0.11).

Síntesis de respuestas

Pregunta 19: Entorno para los emprendimientos innovadores

El análisis en profundidad de cuatro emprendimientos de base tecnológica muestra un entorno desfavorable para la consolidación de ese tipo de iniciativas, pese al alto nivel del conocimiento científico involucrado y la capacidad creadora de los emprendedores. Múltiples barreras conspiran contra la innovación: dificultades para el acceso al financiamiento, falta de entidades de enlace que permitan vincular los emprendimientos con los procesos y actividades de la institucionalidad para la CTI, escasa articulación del sistema público de apoyo al sector y procesos engorrosos y caros para la protección de la propiedad intelectual. En consecuencia, el Informe subraya la necesidad de fortalecer las instituciones de enlace, garantizar una eficaz coordinación interinstitucional, facilitar el acceso al financiamiento y mejorar la asesoría para el desarrollo de emprendimientos de base tecnológica.

El uso de la metodología de estudio de casos, de corte eminentemente exploratorio, atestigua las dificultades encontradas para investigar el tema y que conviene atender mediante las siguientes acciones:

- Construir una base de datos de los emprendimientos de base tecnológica.
- Realizar investigaciones con diseños metodológicos que permitan la inferencia estadística.
- Establecer criterios comunes para estudiar los casos de innovación.
- Analizar casos que se hayan desarrollado antes y después de la modificación de normas relacionadas con el sistema nacional de

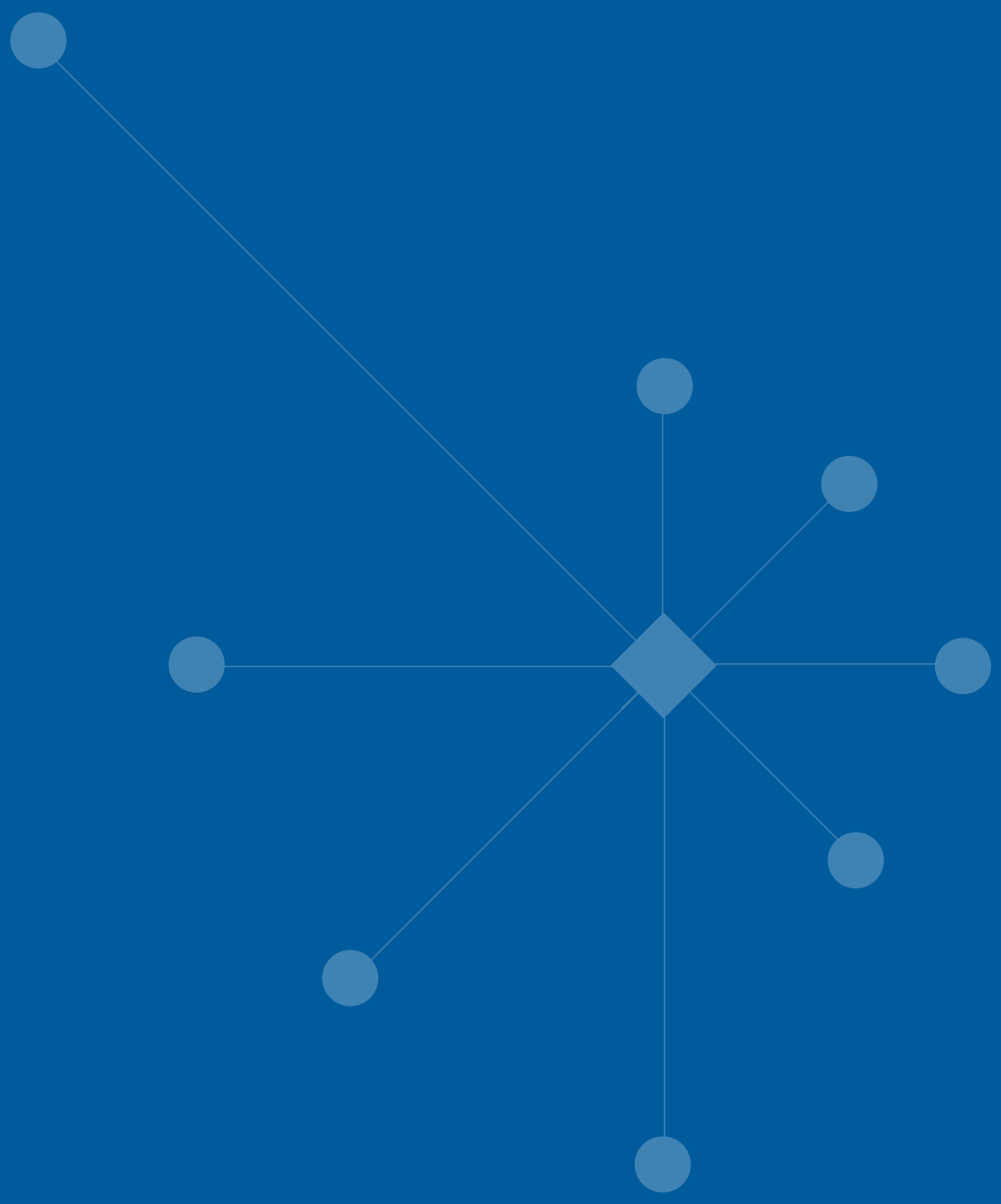
ciencia, tecnología e innovación, para obtener evaluaciones más precisas de los efectos de esos cambios.

Pregunta 20: Perfil de las políticas públicas

La CTI basada en capacidades propias (o CTI endógena) es crecientemente valorada como un factor indispensable para el desarrollo del país. En los últimos años en Costa Rica se han formulado políticas y se han creado instituciones e instrumentos para tal fin. Hoy existen más políticas, más herramientas, más recursos que cinco o diez años atrás. Sin embargo, el perfil de las políticas públicas en esta materia no constituye una plataforma robusta para el avance de la CTI, y la información sobre su desempeño y resultados es escasa.

Un primer ejercicio de comparación del perfil de la política costarricense en CTI con el de los países de la OCDE, en las pocas dimensiones en que es posible hacerlo, arroja una convergencia mayor que la registrada cinco o diez años atrás. No obstante, ese resultado no es producto de una evolución gradual, sino de fuertes cambios en la orientación de las estrategias. En relación con América Latina y el Caribe, el último estudio comparado disponible señala que el portafolio de instrumentos para la CTI en Costa Rica es más limitado que el de las naciones más avanzadas de la región.

El vínculo entre las políticas de CTI y las de fomento productivo es débil. Las primeras han tendido a verse como estrategias sectoriales, sin mayor relación con los programas, proyectos y servicios de apoyo a la producción. Es indispensable, por tanto, dirigir esfuerzos a la efectiva articulación de ambos tipos de políticas.



Desafíos para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación

El estado de la CTI en Costa Rica es preocupante. En seis de los veinte temas analizados este Informe encontró una situación crítica, especialmente en asuntos como las competencias de los jóvenes y la correspondencia entre la producción científico-tecnológica y las prioridades de la política pública en la materia. En once más fue evidente que la mezcla de fortalezas y rezagos genera cuellos de botella. En términos generales, esos obstáculos pueden ser removidos a corto y mediano plazo, pero para ello se requieren acuerdos políticos y una capacidad de ejecución que hoy parecen no existir. Solo en tres de los veinte asuntos examinados el país tiene fortalezas indiscutibles, ventajas que son una plataforma –reducida pero indispensable– para mejoras futuras (cuadro 0.12). El panorama indica, pues, que al iniciar la segunda década del siglo XXI Costa Rica muestra un desarrollo desigual y desequilibrado en el campo de la ciencia, la tecnología y la innovación.

El país necesita la CTI para su desarrollo humano. Su acervo de profesionales, centros de I+D y dinámicos sectores productivos le otorga importantes capacidades acumuladas para hacer las cosas mucho mejor. Sin embargo, en muchos ámbitos del quehacer científico, tecnológico y de innovación se observa una actitud proclive a "dejar de hacer", que puede tener consecuencias estratégicas desfavorables para las perspectivas de desarrollo humano. Necesitar, poder, pero no hacer la necesaria CTI endógena es, en síntesis, la principal conclusión del presente Informe.

Cuadro 0.12

Áreas de fortaleza relativa, alertas y temas críticos en ciencia, tecnología e innovación en Costa Rica

Fortalezas relativas	Premio laboral	☑
	Perfil de la diáspora científica	☑
	Uso compartido de la infraestructura	☑
Alertas	Recursos humanos para el desarrollo	☐
	Oferta de recursos humanos	☐
	Estructura ocupacional	☐
	Comunidades científicas	☐
	Fuga o movilidad de cerebros	☐
	Reinserción de la diáspora científica	☐
	Liderazgo en la apropiación de conocimiento	☐
	Vinculación de las comunidades de investigación	☐
	Idoneidad de la infraestructura	☐
	Perfil de las políticas públicas	☐
	Cumplimiento del *Plan de Medio Siglo*	☐
Temas críticos	Competencias de los jóvenes	☒
	Liderazgo en la producción de conocimiento	☒
	Correspondencia entre el conocimiento generado y la política pública	☒
	Incentivos para la producción y la vinculación	☒
	Suficiencia de la inversión en I+D	☒
	Entorno para los emprendimientos innovadores	☒

☑ Fortaleza ☐ Alerta ☒ Área crítica

Pocas pero importantes fortalezas ofrecen una plataforma de mejora

Costa Rica exhibe pocas pero importantes fortalezas en temas clave y tiene el desafío no solo de preservarlas, sino de utilizarlas como palancas para resolver las debilidades y rezagos en otras áreas. En este sentido adquiere especial relevancia la existencia de un "premio" que el mercado laboral otorga a los profesionales en ciencia y tecnología, y que se traduce en mejores salarios y mayor cobertura de la seguridad social. Este "premio" parece ser una respuesta del mercado a la escasez relativa de este recurso humano. Sin embargo, constituye una buena base para atraer a más personas hacia estos campos, si los beneficios mencionados se mantienen y se despliegan activas campañas de reclutamiento.

La principal fortaleza detectada por el Informe es el perfil de la diáspora científica, en términos de su alto nivel académico y del interés de muchos de sus miembros de establecer vínculos con el país. Una acción recomendable es convertir en una prioridad de la política pública la creación de condiciones favorables para la repatriación del talento nacional. Si en algunos casos el retorno no es posible, o incluso deseable, el esfuerzo debe orientarse a aprovechar los conocimientos y contactos de la diáspora científica, mediante el desarrollo de iniciativas conjuntas con los actores locales de la CTI. Costa Rica tiene la oportunidad de transformar el panorama actual de fuga de cerebros, en un más positivo escenario de movilidad, que la pondría en contacto con los centros de investigación más avanzados del mundo.

Atraer a más jóvenes hacia las áreas de ciencia y tecnología

Para atraer a más jóvenes hacia oficios relacionados con la ciencia y la tecnología es necesario desarrollar acciones en diversos campos. En la enseñanza secundaria es importante atender desafíos ya señalados en varias ediciones del *Informe Estado de la Educación*, como los siguientes:

- Fortalecer –o aumentar el número– de colegios científicos y técnicos[18].
- Lograr que Costa Rica sea líder latinoamericano en los resultados de las pruebas PISA.
- Reorientar la oferta académica del INA para dar un mayor énfasis a los niveles de técnico medio y superior.

En la educación superior conviene fomentar las carreras relacionadas con la CTI, a través de incentivos para que las universidades aumenten la matrícula en disciplinas consideradas prioritarias y que tengan demanda en el mercado laboral. Asimismo, deben desplegarse esfuerzos más amplios para difundir información vocacional y de acceso a empleo en estas ocupaciones. Finalmente, podría implementarse un programa de becas para estudiantes de grado que deseen especializarse en investigación, en el marco de proyectos aprobados y ejecutados en las universidades públicas. Este tipo de programa ha sido implementado en Argentina[19].

En el caso del Micitt, sería importante fortalecer los programas que forman parte del eje de desarrollo humano, en el marco de las prioridades de acción definidas por ese Ministerio.

Revertir la fuga de cerebros

El desafío de revertir la fuga de cerebros implica atender dos frentes en forma paralela. El primero consiste en poner en marcha un agresivo programa de retención y reinserción del talento, que incluya incentivos económicos pero no se limite a ellos. Es necesario que el Estado asigne la mayor prioridad a la I+D y, de manera consecuente, aporte recursos para su desarrollo. La creación de ambientes colaborativos de investigación, a partir del fortalecimiento de centros interdisciplinarios de alto nivel, puede ser una estrategia útil para atraer y retener talento científico. También será pertinente revisar el marco legal que ampara los incentivos directos a quienes se dedican a la CTI, por cuanto los promulgados en la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico (nº 7169) prácticamente han sido desmantelados.

En lo que concierne a la repatriación de la diáspora científica, convendría mejorar la cláusula de arraigo que se incluye en los contratos de becas en el extranjero, así como establecer un programa estatal permanente que estimule el retorno del talento con base en una amplia oferta de oportunidades laborales. Las experiencias generadas tras la implementación del Programa de Atracción de Talentos, como parte de la ya citada Ley 9218, serán de utilidad para

tal efecto, lo mismo que experiencias internacionales como los programas "Raíces" de Argentina, "Prometeo" de Ecuador, "Es Tiempo de Volver" de Colombia, "ChileGlobal" de Chile y el Programa de Movilidad Científica de Brasil.

El segundo frente consiste en fortalecer la vinculación de la diáspora científica con sus contrapartes locales. Un primer paso en esa dirección es asegurar la estabilidad de la Red Ticotal, que puede ser clave para acercar a ambos grupos a través de iniciativas como la facilitación del acceso a becas y pasantías en el extranjero y la participación en conferencias, seminarios, redes temáticas, alianzas estratégicas y proyectos conjuntos de investigación. Cabe indicar que estos mecanismos han sido señalados por las comunidades locales y por la diáspora científica como los más efectivos para capitalizar los conocimientos y contactos de esta última en beneficio del país. Su utilización requerirá un cuidadoso estudio de las fortalezas y debilidades de las redes locales y las del extranjero, con el fin de evitar duplicaciones y usos no prioritarios de los escasos recursos disponibles. En general, los esfuerzos para reducir la fuga de cerebros deberán considerar las particularidades del talento de la diáspora y estar expresamente concebidos como parte de la estrategia de desarrollo nacional.

Múltiples cuellos de botella encienden señales de alerta

El presente Informe encontró cuellos de botella que generan situaciones de riesgo para el desarrollo de la CTI en Costa Rica. En diversas áreas hay puntos fuertes que son anulados por rezagos que impiden aprovechar las ventajas acumuladas. El desafío es, entonces, remover las debilidades sin descuidar los avances logrados.

Una primera área de preocupación son las comunidades científicas. Por una parte, Costa Rica tiene un notable acervo de expertos en múltiples campos, pero sus comunidades científicas muestran problemas de relevo generacional, baja redundancia y falta de colaboración interdisciplinaria e interinstitucional.

Por otra parte, las comunidades científicas tienen una vinculación insuficiente con los sectores productivos, a pesar de ricas experiencias de transferencia de conocimiento tecnológico, sobre todo en el campo agropecuario. Es importante recordar que la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico confiere a las universidades amplias facultades para desarrollar vínculos externos y las autoriza para vender "servicios técnicos y de transferencia de tecnología a terceros". No obstante, hace falta implementar mecanismos ágiles y claros, así como incentivos que promuevan la interacción de los centros de educación superior con los sectores socioproductivos, para satisfacer necesidades planteadas por los segundos.

Una segunda área de preocupación es la oferta de recurso humano para la CTI. El peso de las Ciencias Exactas y Naturales y las ingenierías en la matrícula universitaria no ha cambiado en las últimas décadas, el acervo de personal es insuficiente y la proporción de doctorados sigue siendo minoritaria. Por ello, parece indispensable dedicar esfuerzos especiales a fortalecer la matrícula en estas carreras, tanto en los centros públicos como en los privados, así como a mejorar el perfil del personal con formación avanzada (doctorado) en ciencia y tecnología.

Una tercera área de alerta es la desconexión entre las políticas de CTI y las políticas de desarrollo nacional, que frena y acota los esfuerzos para lograr aumentos generalizados de la productividad en la economía. Una consecuencia de esta situación son los modestos progresos del país en el cumplimiento del *Plan de Medio Siglo* (PMS), casi una década después de su formulación. La desvinculación se observa especialmente en el nivel "micro", pues los emprendimientos innovadores enfrentan múltiples barreras para utilizar la plataforma de servicios públicos de financiamiento, capacitación y apoyo para proteger la propiedad intelectual (un tema crítico). También es evidente en el nivel "macro", donde la profusión y la falta de escalamiento de las políticas de fomento productivo han contribuido a crear una escisión entre la "nueva economía", prioridad de la acción pública, y el resto del tejido productivo.

Costa Rica necesita fortalecer la red de instituciones públicas encargada del diseño e implementación de las políticas de fomento productivo y crear mecanismos de coordinación entre estas y las entidades a cargo de la políticas en CTI y en educación.

Un requisito básico para lograr esa conexión es el ordenamiento de la difusa oferta de programas, proyectos y servicios, compuesta fundamentalmente por instrumentos de pequeña

escala, sin mayores vínculos entre sí y en algunas iniciativas clave, como el Sistema de Banca para el Desarrollo, con defectos de diseño que bloquean su efectiva implementación. La estrategia de apoyo a las pymes y a los nuevos emprendimientos puede ser el catalizador de la vinculación que se requiere.

Conectar las políticas para la CTI con las de fomento productivo ciertamente demanda una reingeniería institucional que resuelva los problemas de diseño, ejecución y rendición de cuentas que tienen muchas de los programas y proyectos del Estado. Sin embargo, el desafío no es solo un asunto de transformación institucional. En lo fundamental, se necesita reorientar la estrategia de desarrollo que el país ha seguido en las últimas décadas, con miras a forjar encadenamientos productivos, sociales y fiscales entre los diversos sectores productivos.

Fortalecer grupos de investigación importantes pero débiles

Atender este desafío requiere la implementación de sistemas de apoyo específico. Convendría emular las estrategias seguidas por las comunidades que han mostrado mayor sostenibilidad en el tiempo, como la de Biomedicina, para adaptarlas a las áreas que, pese a tener una gran relevancia social y económica, no logran despuntar o se encuentran retraídas. Este es el caso de las Ciencias Agrícolas y las tecnociencias, disciplinas caracterizadas por una alta transversalidad que les permite impactar a múltiples sectores (la segunda incluso es una de las áreas de intervención prioritaria del *PNCTI 2011-2014*).

Es importante estructurar la investigación alrededor de temáticas de interés para el desarrollo nacional, cuyo abordaje requiera perspectivas multidisciplinarias, y la integración de los investigadores a redes internacionales. Debe hacerse un esfuerzo especialmente intenso para reducir la dependencia de los grupos de investigación en relación con unos pocos actores relevantes y de edad madura.

Promover la vinculación entre la academia y los sectores productivos

Para estimular de manera más eficaz la vinculación entre la academia y los sectores productivos es necesario revisar el marco normativo y los reglamentos institucionales. Los centros de educación superior pública tienen un rol protagónico en la investigación científica que se realiza en el país, pero se requiere mayor apertura para la transferencia del conocimiento generado. Una medida factible es hacer más sencillo y ágil el acceso de los sectores socioproductivos a la infraestructura universitaria de I+D. Otra es flexibilizar los reglamentos (como el de dedicación exclusiva) para posibilitar la movilidad y cooperación entre el personal académico y otros actores de la institucionalidad para la CTI.

Fortalecer esta vinculación requeriría, además, una política explícita que dedique parte del presupuesto de investigación a I+D enfocada en sectores productivos prioritarios por su alto interés social. Actualmente una proporción significativa del financiamiento de la I+D contratada a las universidades proviene de recursos internacionales, que están sujetos a prioridades definidas en el exterior (Adamson, 2011).

Finalmente, para promover un acercamiento universidad-sector privado es importante crear espacios de intercambio entre investigadores y empresarios, en temas relacionados con los ámbitos estratégicos de la política para la CTI, tanto en áreas de la frontera del conocimiento como en investigación "precompetitiva".

Asegurar la correspondencia entre oferta y demanda de personal en CTI

La atención de este desafío implica el fortalecimiento de las capacidades de coordinación de las instituciones relacionadas con la deliberación y articulación de las políticas públicas en CTI. En este marco sería útil robustecer el Consejo Presidencial de Competitividad e Innovación (CPCI), conformado mediante el decreto ejecutivo 36024, en el cual participan delegados de distintos sectores. Esta es una instancia efectiva para coordinar las políticas asociadas a la CTI que ejecutan diversas entidades públicas, para deliberar sobre las prioridades, situación y perspectivas de la CTI y para evaluar avances y problemas en las áreas críticas para el desarrollo científico y tecnológico. Una posibilidad es que el CPCI se transforme en el "Consejo Presidencial de Ciencia, Innovación y Competitividad". Este cambio permitiría la incorporación de otros actores –representación más amplia del sector privado e inclusión de la academia– para complementar la presencia de representantes gubernamentales (Herrera, 2013). También es importante dar continuidad a iniciativas generadas en el seno del CPCI, como el Grupo Interinstitucional de Capital Humano para la Competitividad.

Por otra parte, es necesario desarrollar sistemas de información para registrar la oferta y demanda de profesionales y técnicos en ámbitos relacionados con la CTI. Por el lado de la oferta es fundamental contar con indicadores básicos como matrícula por universidad y carrera, incluyendo los centros privados y los parauniversitarios. Por el lado de la demanda se requieren estadísticas periódicas y comparables de producción y empleo por rama productiva.

Promover la formación de profesionales y técnicos altamente calificados

A corto plazo Costa Rica debe aumentar la cantidad y las destrezas de sus científicos, ingenieros y técnicos medios y superiores, en un marco en el que prevalezca la equidad de género. Con tal finalidad será necesario poner en marcha acciones como las siguientes:

- Incrementar progresivamente los cupos de matrícula en las carreras universitarias de mayor demanda proyectada, como las ingenierías y la Informática, así como en aquellas áreas en las que se evidencia un débil relevo generacional, tal como sucede en Ciencias de la Tierra y el Espacio, Física, Ingeniería Agronómica y Ciencias Agrarias.

- Fortalecer los programas de becas de doctorado en universidades de prestigio internacional.

- Asegurar la calidad de la oferta curricular en áreas vinculadas a la CTI, a través del Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior (Sinaes).

- Atender las limitaciones derivadas de una educación secundaria que no se ha logrado universalizar y que muestra serios problemas de calidad.

Asimismo, se requiere adaptar la oferta de formación vocacional a las demandas del sector productivo y exportador, lo cual implica reorientar las prioridades de las políticas y programas de la educación secundaria técnica y la formación de técnicos medios y superiores, poniendo énfasis, como se dijo antes, en la acreditación de la oferta curricular. Otra acción importante será la expansión de la red de colegios técnicos profesionales, tal como ha sugerido el *Informe Estado de la Educación* en sus diversas ediciones.

Promover encadenamientos a través de las políticas de CTI

Costa Rica debe considerar la posibilidad de diseñar una nueva generación de políticas públicas en los ámbitos de la CTI y la atracción de IED, con el propósito de fortalecer los encadenamientos productivos y aumentar el valor agregado local. Es por ello que este Informe insiste en la necesidad de superar la perspectiva sectorial e integrar las políticas en las áreas de fomento productivo, educación y CTI, alrededor de objetivos comunes y metas claras. Las políticas de nueva generación implican un cambio de enfoque: de objetivos orientados fundamentalmente a estimular el crecimiento económico, a objetivos que incluyan, además, el desarrollo de capacidades tecnológicas nacionales y la incorporación de valor local a la producción.

Es importante fortalecer la red de instituciones encargadas de diseñar e implementar las políticas de fomento productivo y de apoyo a la CTI. En la actualidad varias de ellas se cuentan entre las más débiles del sector público. En lo que concierne al sector de CTI, es conveniente ordenar y ampliar las capacidades y funciones del Micitt y el Conicit.

También es esencial lograr que los procesos de elaboración y puesta en marcha de las políticas y programas creen espacios para la construcción de acuerdos entre los actores, públicos y privados, que participan en el quehacer de la CTI. Pasos importantes en esa dirección son el mantenimiento de los consejos para la competitividad creados en los últimos años y el restablecimiento de la Comisión Legislativa Especial para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación.

Finalmente, las estrategias de fomento de las pymes y los emprendimientos de base tecnológica pueden ser catalizadoras de la articulación entre las políticas de fomento productivo y las de CTI. Es necesario realizar cambios en los instrumentos de apoyo a la innovación, solucionar los problemas de diseño del Sistema de Banca para el Desarrollo y crear nuevos mecanismos de cooperación y vinculación tecnológica, como parques empresariales intensivos en conocimiento, así como actualizar la oferta de servicios de los centros de investigación universitaria (Herrera, 2013; Adamson, 2011; Láscaris, 2002; Maggi et al., 2012; Paus, 2014; Arias et al., 2011).

Crítica situación en temas clave impide desarrollo

El presente Informe halló situaciones

críticas en más temas del quehacer de la CTI y de la educación científico-tecnológica de los que inicialmente habría esperado o, quizás, habría querido encontrar. La prioridad discursiva asignada a la CTI en los planes nacionales y sectoriales no se ha traducido en medidas efectivas para atender los serios y persistentes rezagos en esta materia. En esos temas críticos el desafío general es implementar, con urgencia, acciones decididas para remediar un estancamiento que frena el desarrollo científico, tecnológico y de innovación en Costa Rica.

Un primer desafío es el aumento y recomposición de la inversión nacional en I+D. No se trata solo de duplicar, al menos, esta inversión como porcentaje del PIB, asunto insistentemente planteado por diversos actores a lo largo de los años, sino también de variar su composición. El Informe señala la necesidad de no desatender la investigación básica y, al mismo tiempo, estimular la inversión privada en I+D, todo ello sujeto a mecanismos de rendición de cuentas sobre los resultados obtenidos.

La reformulación de la inversión en I+D debe verse como parte del ajuste en el perfil de las políticas públicas, proceso que a su vez debe sustentarse en una agenda de competitividad basada en la generación de capacidades para la CTI endógena, y no solo en el aprovechamiento de ventajas comparativas estáticas. Ello implicará profundizar el debate sobre la orientación y el financiamiento de las políticas de comercio exterior y atracción de IED.

La generación de capacidades endógenas para la CTI es una condición necesaria para atacar el fuerte rezago del país con respecto a la producción científica internacional y la escasa presencia de costarricenses en la solicitud y obtención de patentes. En ambos temas Costa Rica muestra un atraso explicable pero inexcusable. Un factor que incide en este hecho es la distorsión en los regímenes de incentivos para la carrera académica en las universidades, pues en la actualidad privan los incentivos "automáticos", como el escalafón y las anualidades, sobre los relacionados con la productividad científica.

El país tiene una estructura educativa que la literatura especializada denomina "de centro faltante o débil", lo cual significa que tiene una baja cobertura en la educación secundaria y una formación de técnicos medios escasa y de poca calidad. Tal situación es inaceptable dado el nivel de desarrollo humano alcanzado por Costa Rica. Al amparo de la alta inversión pública que se destina a este rubro y de la existencia de una amplia red de centros de enseñanza secundaria, terciaria y parauniversitaria, puede tomarse una serie de acciones decisivas para mejorar la calidad de la educación en los temas señalados en los párrafos anteriores.

Aumento y recomposición de la inversión en I+D

De acuerdo con su nivel de desarrollo, los expertos estiman que en Costa Rica la inversión en I+D debería situarse en un 0,9% del PIB, aunque, considerando la rentabilidad social de esta inversión, recomiendan llegar a un 1,6% del PIB. Maggi et al. (2012) proponen alcanzar esta meta mediante un proceso gradual de ampliación de los programas públicos de apoyo a la CTI.

Además es importante modificar la estructura de la inversión en I+D, de modo que incluya como prioridad la movilización de recursos en favor de la generación de capacidades para la CTI endógena. Ello implicaría crear un balance, actualmente inexistente, entre la adopción y adaptación de tecnologías provenientes de otras partes del mundo y el desarrollo tecnológico de base local según prioridades consensuadas, prácticas de rendición de cuentas y metas susceptibles de evaluación.

Asimismo, la recomposición de la inversión en I+D implica estimular la inversión privada. En su *Atlas para la innovación en Costa Rica*, el Micitt (2007) planteó una propuesta en ese sentido, que incluye créditos con condiciones especiales para la innovación, fondos concursables para actividades de investigación e innovación (tipo Propyme), incentivos fiscales, capital de riesgo y fondos para la formación de recursos humanos, todo ello basado en una estrategia asentada sobre fuentes de financiamiento nacionales. La implementación de estos y otros incentivos para fomentar la inversión privada en I+D debe ser acompañada de instrumentos de control y certificación adecuados, a fin de garantizar su correcta operación y el uso de los recursos en consonancia con los objetivos para los que fueron creados. Herrera (2013) propone un plan piloto de cinco años que, luego de una evaluación económica y de impacto, permita crear mecanismos permanentes para el financiamiento de la innovación. Para tal efecto las experiencias de los países miembros de la OCDE pueden ser de utilidad (OCDE, 2012).

Mejorar la calidad de la educación científica y tecnológica preuniversitaria

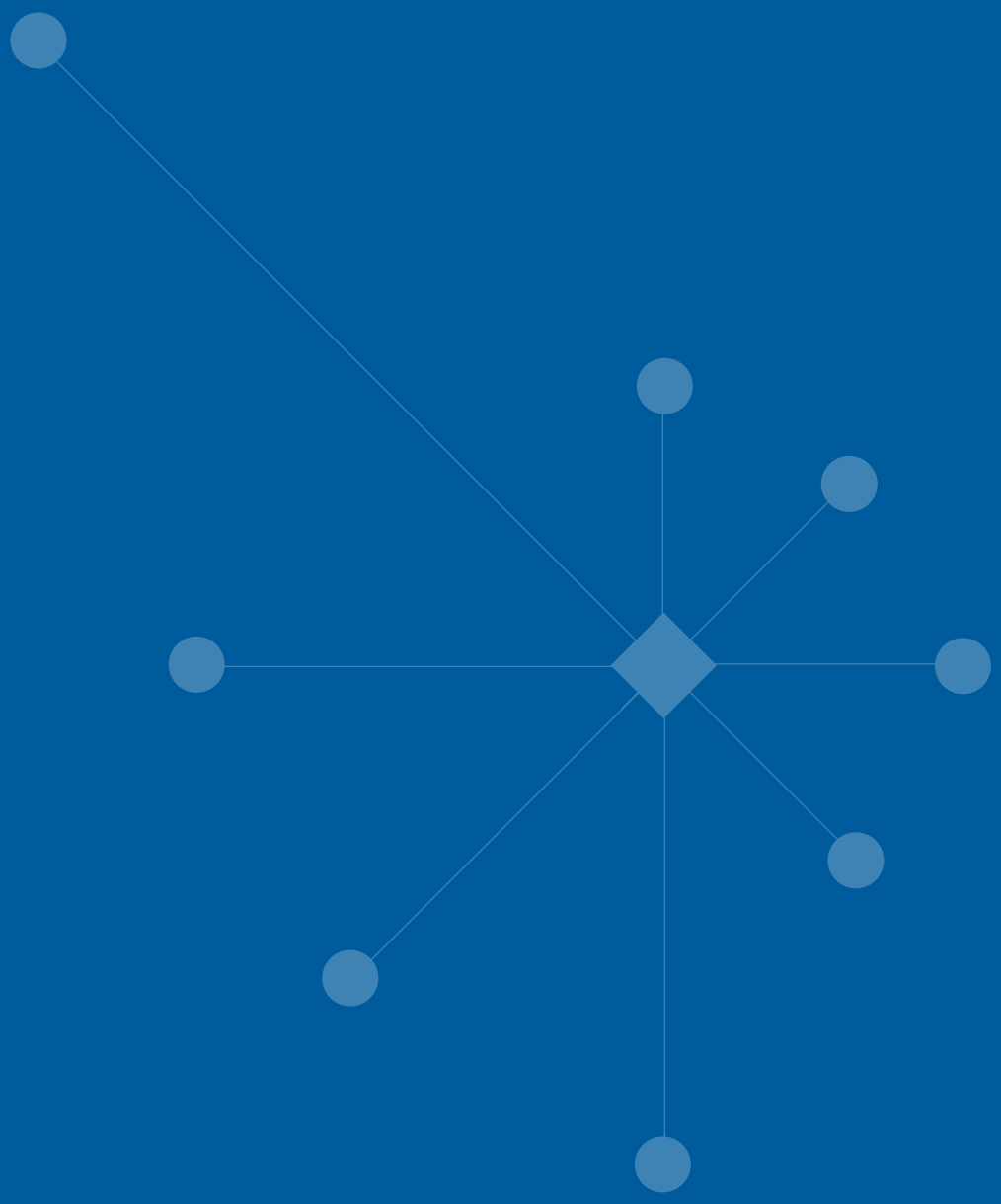
El mejoramiento de la calidad de la enseñanza científica en el nivel preuniversitario requiere incentivar metodologías basadas en la indagación y la resolución de problemas, que han dado buenos frutos en los países de mayor desarrollo científico-tecnológico. Se trata de propiciar un balance entre contenidos conceptuales, el desarrollo de las destrezas propias del pensamiento científico como la observación, la indagación y la resolución de problemas, y el fomento de las vocaciones científico-tecnológicas. Además de aspectos ya comentados en secciones anteriores, referidos a la participación de las y los jóvenes costarricenses en las pruebas PISA y la aplicación efectiva de los nuevos programas de Matemáticas y Ciencias en la educación secundaria, es necesario actuar en otros frentes, a saber:

- Optimización de los recursos didácticos para la enseñanza de las Ciencias.
- Mejora en los ambientes de aprendizaje, mediante la ampliación de la dotación de infraestructura (laboratorios) en los colegios.
- Fortalecimiento de la formación inicial y el desarrollo profesional continuo de las y los profesores de Ciencias.

Corregir la distorsión de los incentivos académicos en las universidades

Es necesario disminuir el peso de los incentivos salariales automáticos en los regímenes académicos de las universidades públicas y aumentar la importancia de aquellos relacionados con la producción, protección y transferencia de conocimiento científico-tecnológico por parte de las y los investigadores. Esta corrección implica poner en marcha acciones como las siguientes:

- Atender las recomendaciones planteadas por el Conare, para que los incentivos académicos respondan principalmente a consideraciones de calidad y mérito (OPES-Conare, 2011).
- Revisar los esquemas de valoración de las publicaciones en coautoría.
- Implementar un sistema de investigadores que favorezca la productividad y la excelencia.



Reflexión final

Costa Rica es una economía pequeña que atraviesa las etapas finales de una acelerada transición demográfica y en pocos años comenzará a experimentar un lento crecimiento de su población, en el contexto de una sociedad envejecida. En esas condiciones la expansión económica basada en la agregación de más factores de la producción, como ha sido la norma hasta ahora, no será una estrategia factible. El rápido crecimiento de su economía y el mejoramiento sustantivo del bienestar social de sus habitantes dependerá de continuos y generalizados incrementos de productividad. Estos últimos, a su vez, requerirán robustas políticas de CTI, el fortalecimiento de las políticas de fomento productivo y la articulación entre ambas.

Lograr estos objetivos demanda una modificación de fondo en las políticas de desarrollo nacional. En las últimas décadas éstas se redujeron, en la práctica, a promover la inserción internacional y atraer inversión extranjera directa, objetivos de gran importancia, pero insuficientes. No se impulsó la creación de cadenas de valor que favorecieran los encadenamientos productivos, sociales y fiscales. Esto generó un crecimiento desequilibrado, con una profunda escisión entre los sectores más dinámicos y modernos de la economía y el tejido productivo de base local. Esta ruptura tiene costos políticos, pues genera antagonismos entre grupos beneficiados y perjudicados, y costos sociales, pues ha provocado un notable aumento en la desigualdad de ingresos.

La clave para cambiar este estado de cosas es que todos los grupos sociales participen en los beneficios del desarrollo, haciendo tolerables los costos transitorios que en un momento dado algunos de ellos deberán soportar (Hirschman, 1986). Para tal propósito, no basta con efectuar una reorganización de las instituciones y sus políticas, o fomentar la participación privada en el desarrollo científico-tecnológico. El problema básico es de economía política: se requieren acuerdos políticos que abran paso a una reorientación de la estrategia y las políticas de desarrollo, y a un reacomodo de los incentivos y sacrificios que Costa Rica debe hacer a fin de crear una sólida plataforma para la CTI endógena.

Debe recordarse que ningún país ha logrado pasar de la extendida pobreza rural a la riqueza posindustrial, sin el empleo de políticas gubernamentales orientadas y selectivas (Salazar et al., 2014). Tampoco han podido las naciones, sobre la base de situaciones de relativo éxito, transitar a estadios superiores sin la creación de condiciones de contexto y esfuerzos de CTI. En resumen, al decir de don José María Castro Madriz, no habrá desarrollo humano futuro para el país sin "mucho conocimiento y mucha ciencia" (Castro Madriz, 1844, citado en Monge Alfaro, 1975).

Referencias bibliográficas

Adamson, M. 2011. "Interrelación universidad-sector productivo y endogenización de la I+D: grandes desafíos y soluciones para un crecimiento sostenido de Costa Rica". En: Herrera y Gutiérrez (eds.).

Arias, R. et al. 2011. "Transformación productiva y desigualdad en Costa Rica", en Ciencias Económicas 29 (1).

Asociación Estrategia Siglo XXI. 2006. Estrategia Siglo XXI: Conocimiento e innovación hacia el 2050 en Costa Rica: síntesis de la visión y Plan de Medio Siglo en ciencia y tecnología en Costa Rica. San José: Fundación Crusa.

BID. (s.f.). Programa de innovación y capital humano para la competitividad (proyecto CR-L1043): propuesta de préstamo. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.

_____. 2010. "La importancia de las ideas: innovación y productividad en América Latina". En: Pagés (ed.).

Carvajal, A. 2012. Filosofía y discursos: la ciencia y la tecnología en el desarrollo de Costa Rica. San José: Editorial Guayacán.

Céspedes, O. 2013. Monitoreo del estado de avance en las "Acciones de puesta al día" del *Plan de Medio Siglo*. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

CIN. 2012. Reglamento del Programa de Becas de Estímulo a las Vocaciones Científicas (acuerdo plenario 809/12). Buenos Aires: Consejo Interuniversitario Nacional.

Crespi, G. et al. 2010. Nota técnica sobre el sistema nacional de innovación de Costa Rica: una contribución al diálogo de políticas públicas entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo (nota técnica IDB-TN-142). San José: BID.

Crespi, G. y Tacsir, E. 2013. Effects of innovation on employment in Latin America (nota técnica IDB-TN-496). San José: División de Competitividad e Innovación, BID.

Crespi, G. y Zúñiga, P. 2010. Innovation and productivity: evidence from six Latin American countries (IDB Working Papers Series IDB-WP-218). Washington D.C.: División de Competitividad e Innovación, BID.

Guillén, R. 2011. "Hacia un sistema de financiamiento que fortalezca la investigación y la innovación". En: Herrera y Gutiérrez (eds.).

Gutiérrez, J.M. 2011. "La importancia de la generación endógena de conocimiento científico para el sistema ciencia-tecnología-innovación". En: Herrera y Gutiérrez (eds.).

Herrera, R. 2013. Sistematización sobre la institucionalidad de la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Herrera, R. y Gutiérrez, J.M. (eds.). 2011. Conocimiento, innovación y desarrollo. San José: UCR.

Hirschman, A. 1986. "Confesión de un disidente: nueva visita a la «estrategia del desarrollo económico»". En: Meier y Seers (eds.).

Insulza, J.M. 2005. "Prefacio a la segunda edición". En: OEA.

Láscaris, T. 2002. "Estructura organizacional para la innovación tecnológica: el caso de América Latina", en Revista Iberamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación 3.

Lederman, D. y Maloney, W.F. 2003. R&D and development (World Bank Policy Research Working Paper 3024). Wasgington D.C.: Banco Mundial.

Lemarchand, G.A. (ed.). 2010. Sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe (Estudios y Documentos de Política Científica en ALC, 1). Montevideo: Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Maggi, C. et al. 2012. Fortalecimiento del sistema de ciencia, tecnología e innovación de Costa Rica (documento de debate IDB-DP-221).BID.

Meier, G.M. y Seers, D. (eds.). 1986. Pioneros del desarrollo. Madrid: Editorial Tecnos, para el Banco Mundial.

Micitt. 2007. Atlas para la innovación en Costa Rica. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Monge, M. et al. 2012. "La creación de *spin-off* universitarias: caso del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)", en Revista Recrearte 12+1.

Monge, R. 2011. "¿Cómo mejorar el crecimiento económico de Costa Rica mediante mejoras en la competitividad e innovación?". En: Ministerio de la Presidencia y PNUD-Costa Rica.

Monge, R. et al. 2010. Productive development policies in Costa Rica: market failures, government failures and policy outcomes (IDB working paper series IDBWP-157). BID.

Monge, R. y Hewitt, J. 2009. Innovation, R&D, investment and productivity in the Costa Rican ICT sector: a case study.. Washington D.C.: BID.

Monge, R. y Rodríguez, J.A. 2013. Impact evaluation of innovation and linkage development programs in Costa Rica: the cases of Propyme and CR Provee. San José: BID.

Monge Alfaro, C. 1975. La educación superior en Costa Rica. San José: Oficina de Publicaciones, UCR.

Mukherjee, R. 2012. "La ciencia se une a los derechos humanos: hechos y cifras". En: <http://www.scidev.net/america-latina/agua/especial/la-ciencia-se-une-a-los-derechos-humanos-hechos-y-cifras.html>.

Navarro, J.C. y Zúñiga, P. 2011. La necesidad de innovar: el camino hacia el progreso de América Latina y el Caribe (2a ed.). Washington D.C.: BID.

Nübbler, I. 2014. "A theory of capabilities for productive transformation: learning to catch up". En: Salazar et al. (eds.).

OCDE. 2010. OECD Science, Technology and Industry Outlook 2010. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2010-en>.

_____. 2011. Towards green growth. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

_____. 2012. OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2012-en>.

OEA. 2005. Ciencia, tecnología, ingeniería e innovación para el desarrollo: una visión para las Américas en el siglo XXI. Washington D.C.: Oficina de Educación, Ciencia y Tecnología, Organización de los Estados Americanos.

OPES-Conare. 2011. Plan Nacional de la Educación Superior Universitaria Estatal 2011-2015 (OPES-19/2010). San José: Oficina de Planificación de la Educación Superior, Consejo Nacional de Rectores.

Pagés, C. (ed.). 2010. La era de la productividad: ¿cómo transformar las economías desde sus cimientos? Washington D.C.: BID.

Paus, E. 2014. "Industrial development strategies in Costa Rica: when structural change and domestic capability accumulation diverge". En: Salazar et al. (eds.).

PEN. 2012. Decimoctavo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: Programa Estado de la Nación.

_____. 2013. Cuarto Informe Estado de la Educación. San José: Programa Estado de la Nación.

PNUD. 2001a. "El índice de adelanto tecnológico: una nueva medida de la participación de los países en la era de las redes" (anexo). En: PNUD, 2001b.

_____. 2001b. Informe sobre Desarrollo Humano 2001: Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano. Madrid: Mundi-Prensa Libros S.A., para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

_____. 2001c. "Panorama general: poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano". En: PNUD, 2001b.

Porter, M.E. et al. 2000. "The drivers of national innovative capacity: implications for Spain and Latin America. Claves de Economía Mundial", en Claves de Economía, en http://smgworld.bu.edu/jefffurman/files/2012/05/PFS-NIC-Latin-America-Spain-english-Claves-2000.pdf

Ricyt. 2011. El Estado de la Ciencia: Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos 2011. Buenos Aires: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos e Interamericanos.

_____. 2014. Indicadores. Sitio oficial, en <http://www.ricyt.org/indicadores>.

Sábato, J. y Botana, N. 1968. "La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina", en Revista de la Integración 3.

Sáenz, P. y Parraguez, M. 2005. Lecciones aprendidas en la evaluación de proyectos de innovación (Serie de Estudios Económicos y Sectoriales RE2-05-005). Washington D.C.:BID.

Salazar, J. et al. (eds.). 2014. Transforming economies: making industrial policy work for growth, jobs and development. Ginebra: OIT.

Segnini, M. 2013. Estado de la infraestructura científico-tecnológica en unidades de investigación y desarrollo. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN

.

Sen, A. 1999. Development as freedom. Oxford: Oxford University Press.

_____. 2009. The idea of justice. Cambridge: Cambridge University Press.

Unesco. 2009. Declaración de América Latina y el Caribe en el décimo aniversario de la Conferencia Mundial sobre la Ciencia. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Vestergaard, J. y Díaz, C. s.f. A strategy for innovation and sustainable development in Costa Rica. Washington D.C.: BID.

Créditos

Esta sección fue redactada por María Santos y Jorge Vargas Cullell.

Los miembros del Consejo Consultivo del Informe **realizaron sugerencias y comentarios críticos a la primera versión del texto**. También **se contó con los aportes** de Ezequiel Tacsir, especialista de la División de Competitividad e Innovación del Banco Interamericano de Desarrollo.

Notas

1 Siguiendo a Amartya Sen (1999, 2009), el desarrollo humano se concibe como un proceso de generación de capacidades y oportunidades de y para la gente, de manera que puedan acrecentarse la libertad y la equidad que disfrutan las presentes y las futuras generaciones.

2 En vísperas de la Cuarta Cumbre de las Américas (2005), convocada para deliberar sobre la ciencia y la tecnología en el hemisferio occidental, el Secretario General de la OEA, José Miguel Insulza, señaló que: "el desarrollo y mantenimiento de una capacidad nacional en ciencia y tecnología permitirán a nuestros países ser más que consumidores de exportaciones tecnológicas de otras naciones y facilitarán a los ciudadanos mejorar su situación y bienestar económico y social. Un país que no es consciente de esto y de la importancia de invertir en su capacidad científica y tecnológica, tan requerida en la sociedad del conocimiento, quedará rezagado en el tiempo" (Insulza, 2005).

3 Más recientemente, Mukherjee (2012) ha descrito la relación entre los derechos humanos y los debates sobre la ciencia y la tecnología, aclarando que los científicos deben ir más allá de saber cómo se vincula su trabajo con los derechos humanos y esforzarse para asegurarlos a través del conocimiento que producen. Además, recalca que el acceso a la información científica es un derecho incluido en la Declaración Universal sobre Derechos Humanos (artículo 27, inciso 1), lo cual implica que los beneficios del progreso científico deben ser compartidos abiertamente, sin restricciones para grupos sociales, entidades corporativas o Estados. Por otra parte, la ciencia y la tecnología también fortalecen el desarrollo y el cumplimiento de los derechos humanos, a través de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Estas influyen en la práctica democrática a través del gobierno digital y las redes sociales, pero también pueden suprimirse mediante la censura o el subdesarrollo, generando una brecha que crea nuevas formas de exclusión. Otra manera en que la CTI se "cruza" con los derechos humanos es en el uso de la tecnología geoespacial, las imágenes satelitales y los sistemas de posicionamiento geográfico para identificar y monitorear violaciones a estos derechos (Mukherjee, 2012).

4 En la Declaración de Nuevo León, producto de la reunión mencionada, los representantes de los países asistentes manifestaron: "…reafirmamos, pues, nuestro compromiso para construir una sociedad de la información centrada en las personas, inclusiva y orientada al desarrollo, que esté inspirada por objetivos de inclusión social, reducción de la pobreza y el progreso en el marco de un desarrollo económico y social equilibrado" (OEA, 2005).

5 Este concepto reafirma el valor del capital natural como un factor de producción y crecimiento. Se enfoca en las vías para adoptar nuevos patrones de crecimiento que eviten traspasar umbrales ambientales críticos a nivel local, regional y global. También advierte que centrarse en el PIB como medida de progreso económico lleva a ignorar la contribución de los activos naturales a la riqueza, la salud y el bienestar. Por ello, propone medidas de progreso que involucran la calidad y composición del crecimiento, y cómo éste afecta la riqueza y el bienestar de las personas. En este y otros aspectos, el "crecimiento verde" es un componente esencial dentro del amplio contexto del desarrollo sostenible (OCDE, 2011).

6 Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica.

7 El Triángulo de Sábato, una propuesta ampliamente discutida en Latinoamérica durante la década de los setenta, afirma que la política científica y tecnológica es la base del desarrollo social y económico de los países. Plantea que la existencia de un sistema científico-tecnológico depende del cumplimiento de tres postulados: i) el Estado debe ser el diseñador y ejecutor de política, ii) el sector académico, mediante su infraestructura científico-tecnológica, debe estar a cargo de la oferta de nuevo conocimiento científico-tecnológico y iii) el sector productivo debe demandar la nueva tecnología generada por la academia. La propuesta estaba orientada a la promoción del desarrollo tecnológico como estrategia para alcanzar el desarrollo social y económico de América Latina. Aunque varios autores contribuyeron a su conceptualización, el modelo fue elaborado por Jorge Sábato, quien utilizó la figura del triángulo para explicar las relaciones dinámicas ideales entre los tres sectores mencionados (Sábato y Botana, 1968).

8 En 1992 el Conicit consideraba que en los años ochenta esta institución funcionaba como una instancia "facilitadora de las relaciones entre sectores para llevar a la práctica los conceptos contenidos en el Triángulo de Sábato, haciendo que los productores entiendan la importancia de la ciencia

y la tecnología, que los investigadores y académicos internalicen las necesidades del sector productivo y que los políticos otorguen el espacio y los recursos requeridos" (Carvajal, 2012).

9 En el voto 6412-967, referido al tema de la vinculación entre las universidades públicas y las empresas, la Sala Constitucional señala que: "la venta de bienes o la prestación de servicios por parte de las universidades públicas solo pueden darse en respuesta al propósito de realizar una finalidad de orden público, asignado tanto por la Constitución Política como por la Ley a estas instituciones: la de impulsar el progreso nacional por medio de las actividades de investigación y de transferencia científica y tecnológica" (Guillén, 2011).

10 De acuerdo con el PMS, la ética para el desarrollo está modelada a partir de una serie de imperativos para la CTI: contribuir a generar mayor ingreso con calidad de vida, promover el desarrollo humano con equidad, el desarrollo tecnológico y la innovación, la competitividad sistémica en lo "macro" y en lo "micro", el uso de recursos con eficiencia y sostenibilidad y una relación hacia el resto del mundo basada en la solidaridad (Asociación Estrategia Siglo XXI, 2006).

11 Por plataformas tecnológicas estratégicas se entiende "un grupo de tecnologías cuya aplicación no se limita a un producto vertical único, o a un sector productivo estrecho; se construyen sobre una gama subyacente de conocimiento científico y de habilidades y su identificación y desarrollo pueden facilitar el crear para un país o región un rasgo distintivo, significativo y durable de ventaja competitiva" (Asociación Estrategia Siglo XXI, 2006).

12 El monto absoluto de la inversión en I+D mostró un incremento sostenido durante el período para el cual se dispone de indicadores oficiales (2007-2012): pasó de 118,8 a 257,7 millones de dólares.

13 Los países que se usan en la comparación son Finlandia, Irlanda, Corea del Sur, Singapur, Taipei China y Malasia, "evaluados cuando tenían un nivel de ingreso per cápita y una estructura productiva similares a los de Costa Rica en la actualidad" (BID, s.f.).

14 El recurso humano con nivel de posgrado que se requiere para cerrar la brecha en innovación se estima en 800 profesionales (BID, s.f.).

15 Ello es así porque, como se verá más adelante, en Costa Rica la I+D se realiza mayoritariamente en las universidades estatales.

16 En este contexto, el término "redundancia" alude a la masa crítica (o número mínimo de personas) que es deseable en un grupo de investigación.

17 En sentido amplio, el término *spin-off* se refiere al proceso de creación de nuevas empresas a partir de otras ya existentes. En este estudio se utiliza el concepto de "*spin-off* académica", que Monge et al. (2012) definen como "un tipo particular de *spin off*, creada con el propósito de explotar comercialmente conocimiento, tecnología o resultados de investigación, desarrollados en el seno de una universidad".

18 El tema de los colegios científicos fue ya mencionado en el *Decimoctavo Informe Estado de la Nación*. Ahí se consignó que entre 1989 (año de su creación) y 2009, los colegios científicos graduaron un total de 2.154 estudiantes, de los cuales el 63% provenía de zonas rurales y un 40% eran mujeres (PEN, 2012).

19 Este programa forma parte del "Plan de Fortalecimiento de la Investigación Científica, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación en las Universidades Nacionales", que impulsa el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) de la República Argentina (CIN, 2012).

PREGUNTA 1

¿Cuenta Costa Rica con recursos humanos calificados que sustenten el **desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación?**

Conceptos clave

Relevo generacional

Mejores perfiles académicos

Grado de vinculación

Endogamia académica

Situación del país

Personal en ciencia y tecnología con problemas de relevo generacional, brechas de género y endogamia académica

Importancia del tema

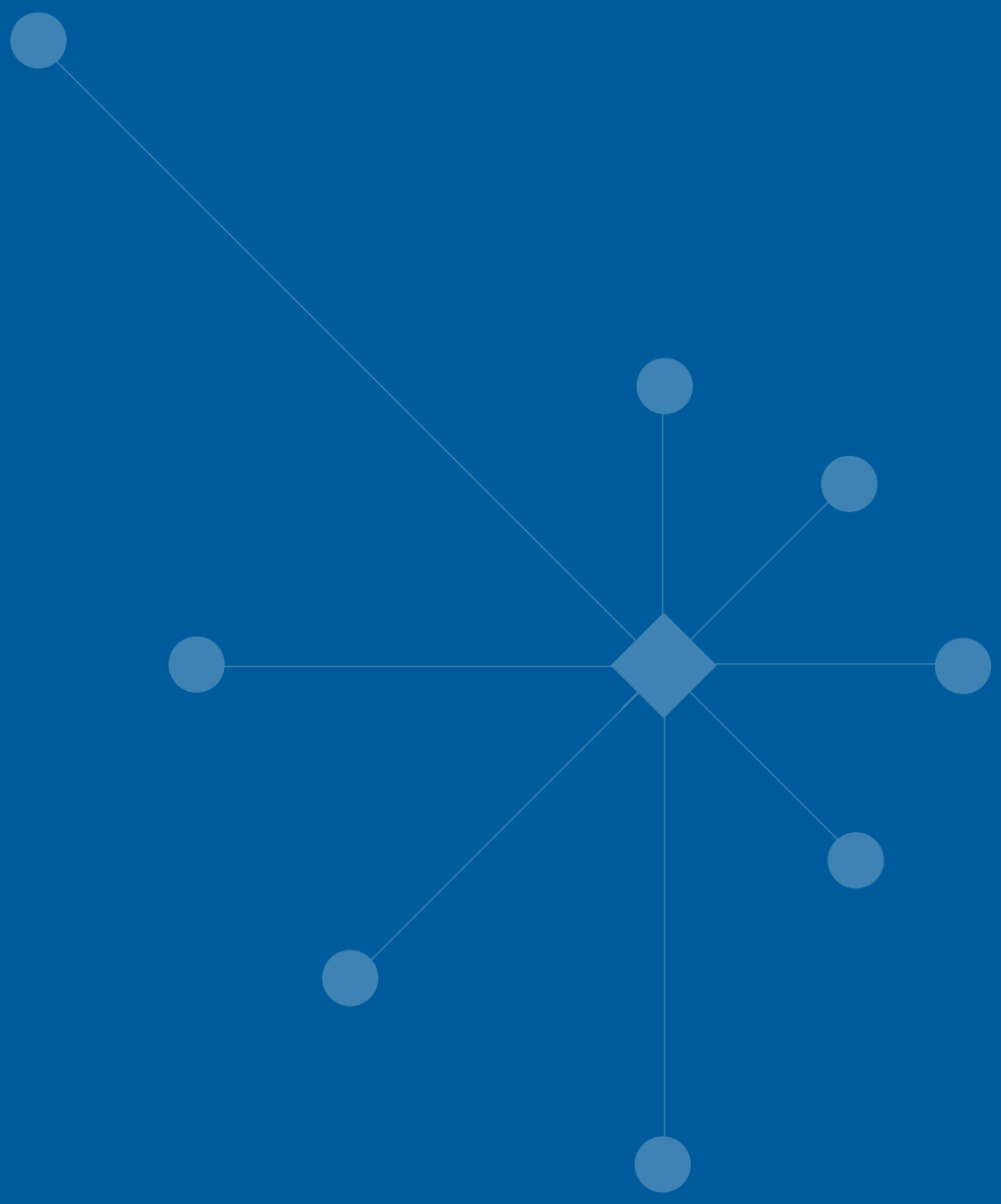
Costa Rica debe preparar recursos humanos en sintonía con los requerimientos del desarrollo, capaces de adaptarse al cambio y de generar progreso para todos los habitantes de la nación

Implicaciones de política pública

- Atender con urgencia el relevo generacional en las áreas de Ciencias Agrícolas e Ingeniería Agronómica.
- Formular programas de becas de posgrado que privilegien las universidades más prestigiosas en el extranjero.

Investigación de base

González, C. 2013. Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

Al iniciar el siglo XXI, Costa Rica debe preparar recursos humanos en sintonía con los requerimientos del desarrollo, capaces de adaptarse al cambio y de generar progreso para todos los habitantes de la nación. Ese es uno de los retos que señala el *Plan de Medio Siglo*, iniciativa en la que participó un grupo diverso y nutrido de profesionales de los distintos sectores y áreas del conocimiento del país (Asociación Estrategia Siglo XXI, 2006).

Sin embargo, estudios recientes advierten que una de las principales barreras para concretar la apuesta que ha hecho el país, por un modelo de desarrollo basado en la innovación, es la carencia de recurso humano calificado en las áreas de ciencias experimentales y, de manera más acentuada, en ingenierías y tecnologías (Micitt, 2012; Trejos et al., 2012; Banco Mundial, 2011). Esto llevó a posicionar el tema como uno de los ejes centrales del *Plan Nacional de Desarrollo 2011-2014* en materia de competitividad e innovación.

¿Más información sobre los avances en el Plan de Medio Siglo

Véase
- Pregunta 5 de este Informe

Hallazgos relevantes

- La edad promedio de los profesionales en ciencia y tecnología es de 47 años. Los agrónomos son los mayores: el 64% tiene más de 46 años.
- El capital humano relacionado con las disciplinas de Ciencias de la Tierra y el Espacio, Física, Ingeniería Agronómica, Ciencias de la Salud[1] y los distintos campos de las Ciencias Agrícolas muestra dificultades de relevo generacional. En cambio, se observa un gran dinamismo en la llegada de jóvenes profesionales a las nuevas áreas de la Ingeniería, como Biotecnología y Computación, y a otras más tradicionales, como la Ingeniería Mecánica.
- En general, el relevo generacional entre los ingenieros y tecnólogos es más favorable que en otros grupos, pero no llega a los niveles de posgrado.
- El 64% de los profesionales en Ciencias Agrícolas cuenta con algún nivel de posgrado. En Ciencias Médicas y las áreas relacionadas con ingenierías y tecnologías la proporción de personas con maestría o doctorado es menor al 30%.
- Solo el 18% del personal en ciencia y tecnología registrado por el Conicit cuenta con un doctorado; este valor se reduce al 3% si se considera solo a quienes obtuvieron ese grado en una universidad de prestigio en el extranjero.
- Los cuadros mejor formados del país por lo general son mayores de 55 años y se desempeñan en las disciplinas de Biología y Agronomía.
- Solo un 35% de los mejores perfiles profesionales se asocia a las áreas estratégicas definidas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*.
- En el ámbito de la ciencia y la tecnología existe una brecha de género que se refleja en una menor participación de las mujeres y se acentúa en los niveles más altos de formación; de los 34 mejores perfiles del país, solo tres son mujeres.
- De acuerdo con el Registro Científico y Tecnológico del Conicit, más del 82% de los profesionales activos en los distintos campos de ciencia y tecnología trabaja en la educación superior, con la salvedad de las ingenierías y tecnologías, cuyo porcentaje es inferior (60%).
- Según los resultados de una consulta realizada para este Informe, el 63% del personal que se dedica a actividades de ciencia y tecnología no ha participado en iniciativas de vinculación con unidades de investigación de otras instituciones. Entre aquellos que lo han hecho, prevalecen los proyectos de naturaleza académica (75%) y es menos frecuente la transferencia de conocimiento mediante asesorías, contratos de investigación y desarrollo (I+D) y venta de servicios (10%).

Metodología

Este estudio ofrece un primer acercamiento a las características de los profesionales en las cuatro áreas del conocimiento en ciencia y tecnología: Ciencias Exactas y Naturales, Ingeniería y Tecnología, Ciencias Médicas y Ciencias Agrícolas (en adelante denominadas "ciencia y tecnología"), que sirve de base para los análisis más detallados que se realizan en este mismo Informe. Para ello se consideraron las siguientes dimensiones:

- Perfil del recurso humano calificado dedicado a actividades científico-tecnológicas.

- Análisis descriptivo de los vínculos que mantienen los profesionales con unidades de I+D de otras instituciones.

Fuentes de información

Las fuentes de información para este trabajo fueron dos bases de datos, a saber:

- El Directorio de Investigadores Activos[2], que incluye a los profesionales inscritos en el Registro Científico y Tecnológico (RCT) del Conicit. Esta base de datos no constituye un inventario de la totalidad del personal en ciencia y tecnología del país; su conformación y representatividad están determinadas por las características de sus fuentes de información y sus criterios de registro[3]. A noviembre 2013 el Directorio contenía información de 1.272 personas que llevaron a cabo alguna actividad científico-tecnológica durante el período 2011-2013 y contaban como mínimo con un bachillerato universitario. Cabe señalar además que, a pesar del nombre que le fue asignado, este Directorio es más amplio, pues no solo registra a personas dedicadas a labores de I+D (comúnmente llamadas investigadores) sino que incluye, como se dijo, a profesionales que realizan actividades científico-tecnológicas. Abarca también a personal que labora en el sector privado. A la fecha, el RCT es la base de datos de mayor cobertura y con la información más detallada disponible en el país. Por ello, salvo que se indique lo contrario, el análisis de esta sección se basa en esa fuente.

- Una base de datos sobre las características individuales del personal formado en ciencia y tecnología, construida a partir de los resultados de una consulta a través de internet efectuada por el Programa Estado de la Nación entre noviembre de 2012 y febrero de 2013[4].

Por esas razones, así como por el hecho de que las bases de datos se deriva de distintos procesos de consulta, no se efectúan comparaciones con los indicadores anuales de recursos humanos en I+D en los sectores público y académico generados por el Micitt, y como no se trata de indicadores susceptibles de comparación internacional tampoco se coteja a ese nivel.

Limitaciones del estudio

Dado que las fuentes de información consultadas no contienen registros exhaustivos de los recursos humanos en ciencia y tecnología, los datos y hallazgos que aquí se reportan tienen un margen de error que resulta difícil estimar. Pese a esta limitación, son las únicas fuentes disponibles sobre el tema.

El alcance del análisis en esta sección es descriptivo. Para procesamientos más elaborados sobre el personal en ciencia, tecnología e innovación es necesario consultar otras secciones del Informe.

Conceptos clave

- **Mejores perfiles académicos:** se refiere a los profesionales que obtuvieron el grado de doctorado en universidades catalogadas entre las mejores cien del mundo, según la edición 2013 del *QS World University Rankings*, que es una de las tres clasificaciones más influyentes y consultadas a nivel internacional.

- **Endogamia académica por adscripción:** es la situación del profesional que labora en la misma institución universitaria en la que obtuvo su título más reciente[5].

Principales resultados

Adscripción institucional, relevo generacional y brechas de género

El 82% de los profesionales registrados en el RCT trabaja en la educación superior, un 9% lo hace en el sector privado, un 7% en el público y un 1% en otras organizaciones (cuadro 1.1). Según disciplinas, los ingenieros y tecnólogos son los que en mayor proporción laboran en el

sector privado. La participación de las mujeres es menor que la de los hombres.

Por otra parte, la edad promedio de los profesionales es de 47 años, sin grandes diferencias entre las cuatro áreas del conocimiento en ciencia y tecnología (cuadro 1.2). La mayoría se ubica en los rangos de 26 a 35 años y de 46 a 55 años.

Desde este punto de vista destaca el grupo de los graduados en Ciencias Agrícolas, ya que el 64% de sus miembros son mayores de 46 años. Este hecho sugiere que no se están preparando cuadros de relevo y, dado que esta disciplina no fue incluida entre las áreas de intervención del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*, existe el riesgo de que esta debilidad no sea atendida.

Cuadro 1.1

Perfil del recurso humano[a/] en las áreas de ciencia y tecnología. 2013

	Ciencias Exactas y Naturales	Ingeniería y Tecnología	Ciencias Médicas	Ciencias Agrícolas
Personas	**580**	**345**	**187**	**160**
Distribución porcentual				
Sexo				
Hombres	61,7	64,1	41,7	69,4
Mujeres	38,3	35,9	58,3	30,6
Grado académico				
Bachillerato	10,4	24,9	2,1	4,4
Licenciatura	19,3	45,5	40,2	15,6
Maestría	30,0	16,5	17,1	41,9
Doctorado	24,8	7,2	12,3	21,9
Otro	0,0	0,0	2,1	0,6
Sin información	15,5	5,8	26,2	15,6
Distribución etaria				
18 a 25 años	0,5	1,8	0,0	0,0
26 a 35 años	16,9	27,3	17,7	15,0
36 a 45 años	16,6	21,7	17,6	13,1
46 a 55 años	29,7	27,8	21,4	33,8
Más de 56 años	24,1	19,1	21,9	30,0
Sin información	12,2	2,3	21,4	8,1
Lugar de trabajo				
Educación superior	91,2	60,3	93,6	82,5
Sector privado	5,3	21,7	2,1	1,3
Sector público	1,9	14,5	3,7	11,9
Organismos regionales, internacionales o extranjeros	0,2	0,0	0,0	3,1
Otros	0,7	2,0	0,0	0,0
Sin información	0,7	1,5	0,5	1,3

a/ El análisis no se basa en un inventario de todos los profesionales del país con formación en ciencia y tecnología. Únicamente incluye a aquellos que cumplen con las siguientes condiciones: i) realizó actividades científico-tecnológicas durante el período 2011-2013, ii) cuenta como mínimo con un bachillerato universitario, y iii) se encuentra registrado en el Directorio de Investigadores Activos del RCT (en su versión de noviembre de 2013).

Fuente: Elaboración propia con datos del Registro Científico y Tecnológico (RCT) del Conicit.

Cuadro 1.2

Edad promedio de los profesionales[a/] según área de ciencia y tecnología. 2013

Área	Edad	
	Promedio	Desviación estándar
Ciencias Agrícolas	49,6	10,9
Ciencias Exactas y Naturales	48,1	11,4
Ciencias Médicas	47,1	11,8
Ingeniería y Tecnología	44,3	11,3
Promedio	**47,3**	**11,5**

a/ El análisis se basa en un inventario de profesionales del país con formación en ciencia y tecnología, que cumplen con las siguientes condiciones: i) realizó actividades científico-tecnológicas durante el período 2011-2013, ii) cuenta como mínimo con un bachillerato universitario, y iii) se encuentra registrado en el Directorio de Investigadores Activos del RCT (en su versión de noviembre de 2013).

Fuente: Elaboración propia con datos del Registro Científico y Tecnológico (RCT) del Conicit.

En el extremo opuesto se encuentran las y los ingenieros y tecnólogos, quienes constituyen el grupo con el perfil más joven: la mitad de ellos tiene menos de 46 años. Este hecho obedece fundamentalmente a la participación femenina. Tal hallazgo hace pensar que la brecha entre géneros en esta área disminuirá en unos años, en la medida en que se observa un mayor relevo generacional entre las mujeres. Esa tendencia, aunque menos acentuada, también se presenta en Ciencias Agrícolas (gráficos 1.1 y 1.2).

El cuadro 1.3 presenta la distribución etaria de los profesionales según disciplinas. Allí se observa que al menos el 60% del capital humano relacionado con Ciencias de la Tierra y el Espacio, Física, Ingeniería Agronómica y los distintos campos de las Ciencias Agrícolas tiene más de 45 años, y no se perciben señales de relevo. Al mismo tiempo se aprecia el dinamismo que han cobrado áreas nuevas de la Ingeniería, como Biotecnología y Computación, y otras más tradicionales, como la Ingeniería Mecánica.

Nivel profesional

La mayoría de los profesionales activos registrados en el RCT no alcanza el grado académico máximo; solo el 18% tiene un doctorado. Esa carencia se acentúa en las áreas de Ciencias Médicas e Ingeniería y Tecnología, que presentan menos personas con nivel de posgrado, y de ellas más del 40% corresponde a licenciados. En Ciencias Agrícolas, Exactas y Naturales predominan los graduados de maestrías, especialmente en Agronomía y Biología.

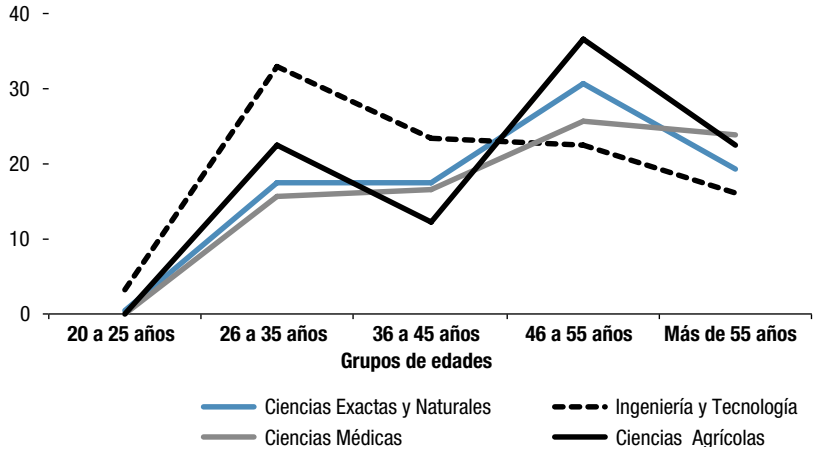
Las mujeres aventajan a los hombres en la obtención de maestrías (31% versus 23%). No obstante, de acuerdo con Castillo et al. (2014), la situación se invierte al considerar el grado académico más alto: mientras el 23% de los hombres cuenta con doctorado, entre las mujeres la proporción es de apenas un 9%. El más bajo desempeño de las jóvenes costarricenses en las pruebas PISA de Ciencias y Matemáticas, según se analiza en la Pregunta 8 de este Informe, no es un buen augurio de la posibilidad de revertir esta situación a corto plazo.

Únicamente el 3,1% de los profesionales en ciencia y tecnología obtuvo el doctorado en una universidad catalogada entre las cien primeras del mundo según el *QS World University Rankings* del 2013. Las personas que forman parte de este grupo se consideran los mejores perfiles académicos del país; son más numerosas en Ciencias Agrícolas (6,7%) y más escasas en Ingeniería y Tecnología (0,6%; gráfico 1.3).

Los mejores perfiles del país, en su mayoría, corresponden a personas que tienen más de 55 años y se desempeñan en los ámbitos de

Gráfico 1.1

Distribución etaria de las mujeres profesionales[a/] en ciencia y tecnología, según áreas del conocimiento[b/]. 2013

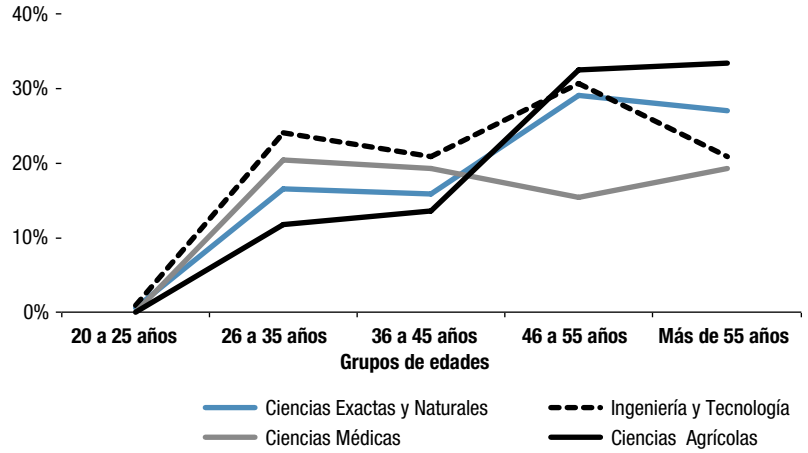


a/ El análisis no se basa en un inventario de todas los profesionales del país con formación en ciencia y tecnología. Únicamente incluye a aquellas que cumplen con las siguientes condiciones: i) realizó actividades científico-tecnológicas durante el período 2011-2013, ii) cuenta como mínimo con un bachillerato universitario, y iii) se encuentra registrada en el Directorio de Investigadores Activos del RCT (en su versión de noviembre de 2013).
b/ No se contó con información sobre la edad de 57 mujeres.

Fuente: Elaboración propia con datos del Registro Científico y Tecnológico (RCT) del Conicit.

Gráfico 1.2

Distribución etaria de los hombres profesionales[a/] en ciencia y tecnología, según áreas del conocimiento[b/]. 2013



a/ El análisis no se basa en un inventario de todos los profesionales del país con formación en ciencia y tecnología. Únicamente incluye aquellos que cumplen con las siguientes condiciones: i) realizó actividades científico-tecnológicas durante el período 2011-2013, ii) cuenta como mínimo con un bachillerato universitario, y iii) se encuentra registrado en el Directorio de Investigadores Activos del RCT (en su versión de noviembre de 2013).
b/ No se contó con información sobre la edad de 75 hombres.

Fuente: Elaboración propia con datos del Registro Científico y Tecnológico (RCT) del Conicit.

Cuadro 1.3

Recurso humano en ciencia y tecnología[a/], por grupos de edades, según áreas y subáreas del conocimiento. 2013

		Distribución porcentual por grupos de edades						
Área y subárea	Personas	20 a 25 años	26 a 35 años	36 a 45 años	46 a 55 años	Más de 55 años	Sin información	Total
Ciencias Exactas y Naturales	**580**	**0,5**	**16,9**	**16,6**	**29,7**	**24,1**	**12,2**	**100,0**
Ciencias Biológicas	238	0,4	17,6	17,6	37,4	24,4	2,5	100,0
Química	89	2,2	19,1	19,1	29,2	28,1	2,2	100,0
Matemáticas e Informática	76	0,0	15,8	27,6	30,3	26,3	0,0	100,0
Ciencias de la Tierra y el Espacio	50	0,0	10,0	14,0	38,0	38,0	0,0	100,0
Ciencias Físicas	37	0,0	16,2	16,2	32,4	35,1	0,0	100,0
Sin información	90	0,0	17,8	3,3	3,3	5,6	70,0	100,0
Ingeniería y Tecnología	**345**	**1,7**	**27,2**	**21,7**	**27,8**	**19,1**	**2,3**	**100,0**
Ingeniería Agronómica	100	1,0	17,0	16,0	40,0	23,0	3,0	100,0
Tecnología de Alimentos	39	0,0	17,9	28,2	30,8	23,1	0,0	100,0
Ingeniería Química	25	4,0	16,0	20,0	28,0	28,0	4,0	100,0
Biotecnología	25	8,0	80,0	4,0	4,0	0,0	4,0	100,0
Ingeniería Industrial	21	4,8	28,6	38,1	23,8	4,8	0,0	100,0
Otras	19	0,0	21,1	15,8	31,6	26,3	5,3	100,0
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	18	0,0	33,3	16,7	33,3	16,7	0,0	100,0
Ingeniería en Computación	16	0,0	37,5	31,3	12,5	12,5	6,3	100,0
Arquitectura	15	0,0	33,3	13,3	20,0	33,3	0,0	100,0
Ingeniería Forestal	15	0,0	20,0	40,0	33,3	6,7	0,0	100,0
Ingeniería Civil	12	0,0	16,7	50,0	16,7	16,7	0,0	100,0
Ingeniería Mecánica	8	0,0	62,5	12,5	12,5	12,5	0,0	100,0
Ingeniería Ambiental	4	25,0	0,0	0,0	25,0	50,0	0,0	100,0
Ingeniería Electromecánica	3	0,0	66,7	33,3	0,0	0,0	0,0	100,0
Ingeniería de los Materiales	3	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Bioinformática	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Sin información	21	0,0	28,6	33,3	9,5	23,8	4,8	100,0
Ciencias Médicas	**187**	**0,0**	**17,6**	**17,6**	**21,4**	**21,9**	**21,4**	**100,0**
Medicina Clínica	51	0,0	7,8	29,4	29,4	31,4	2,0	100,0
Ciencias de la Salud	45	0,0	15,6	15,6	33,3	33,3	2,2	100,0
Medicina Fundamental	37	0,0	40,5	18,9	18,9	21,6	0,0	100,0
Medicina Veterinaria	5	0,0	0,0	20,0	40,0	40,0	0,0	100,0
Sin información	49	0,0	14,3	6,1	2,0	0,0	77,6	100,0
Ciencias Agrícolas	**160**	**0,0**	**15,0**	**13,1**	**33,8**	**30,0**	**8,1**	**100,0**
Agronomía	101	0,0	8,9	14,9	41,6	30,7	4,0	100,0
Producción Animal	23	0,0	4,3	17,4	21,7	56,5	0,0	100,0
Silvicultura y afines	11	0,0	9,1	9,1	54,5	18,2	9,1	100,0
Sin información	25	0,0	52,0	4,0	4,0	8,0	32,0	100,0
Total	1.272	0,7	19,6	17,7	28,5	23,2	10,4	100,0

a/ El análisis se basa en un inventario de profesionales del país con formación en ciencia y tecnología, que cumplen con las siguientes condiciones: i) realizó actividades científico-tecnológicas durante el período 2011-2013, ii) cuenta como mínimo con un bachillerato universitario, y iii) se encuentra registrado en el Directorio de Investigadores Activos del RCT (en su versión de noviembre de 2013).

Fuente: Elaboración propia con datos del Registro Científico y Tecnológico (RCT) del Conicit.

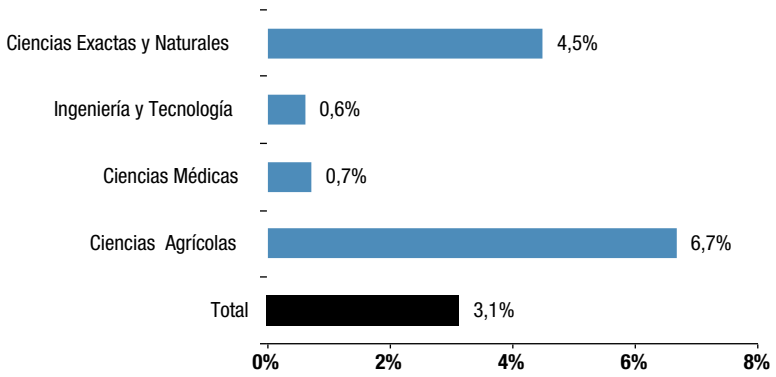
la Biología y la Agronomía (cuadro 1.4). Este hallazgo ayuda a explicar el hecho de que Biología es una de las áreas en las que Costa Rica destaca por su producción de conocimiento (Nielsen y Azofeifa, 2013)[6]. En otras disciplinas del quehacer científico y tecnológico no se registran doctorados de universidades posicionadas en los *rankings* internacionales y, en otras, hay uno o dos.

Correspondencia con áreas estratégicas de la política pública

Solo un 35% de los mejores perfiles académicos del país puede asociarse a las siete áreas de intervención del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*[7] (cuadro 1.5). Así lo sugiere un ejercicio preliminar, que no es posible llevar más allá debido a que esas áreas incluyen tanto campos del conocimiento como tecnologías convergentes, lo que impide un cotejo *vis a vis* entre la política pública y la formación de los profesionales aquí considerados.

Gráfico 1.3

Doctores graduados[a/] de universidades catalogadas entre las cien primeras del mundo[b/], según áreas de ciencia y tecnología. 2013



a/ El análisis no se basa en un inventario de todos los profesionales del país con formación en ciencia y tecnología. Únicamente incluye a aquellos que cumplen con las siguientes condiciones: i) realizó actividades científico-tecnológicas durante el período 2011-2013, ii) cuenta como mínimo con un bachillerato universitario, y iii) se encuentra registrado en el Directorio de Investigadores Activos del RCT (en su versión de noviembre de 2013). Entre los mejores perfiles se incluyó a cuatro personas cuyo título tiene la denominación "Universidad de Carolina del Norte", a pesar de que en el RCT no se especifica si se trata de la sede Chapel Hill, incluida entre las cien primeras del mundo.
b/ Según el *QS World University Rankings 2013*.

Fuente: Elaboración propia con datos del RCT, del Conicit, y el *QS World University Rankings 2013.*

Cuadro 1.4

Doctores graduados[a/] en las universidades catalogadas entre las cien primeras del mundo[b/], por grupos de edades, según áreas y subáreas de ciencia y tecnología. 2013

	Grupos de edades					
Área y subárea	**26 a 35 años**	**36 a 45 años**	**46 a 55 años**	**Más de 55 años**	**Sin información**	**Total**
Ciencias Exactas y Naturales	**1**	**5**	**8**	**8**		**22**
Ciencias Biológicas	1	1	1	4		7
Ciencias Físicas		1	1	3		5
Química		1	3			4
Matemáticas e Informática		1	1	1		3
Ciencias de la Tierra y el Espacio		1	2			3
Ingeniería y Tecnología		**1**		**1**		**2**
Ingeniería Civil		1		1		2
Ciencias Médicas			**1**			**1**
Medicina Fundamental			1			1
Ciencias Agrícolas		**2**		**6**	**1**	**9**
Agronomía		1		5		6
Producción Animal		1		1		2
Silvicultura y afines					1	1
Total	**1**	**8**	**9**	**15**	**1**	**34**

a/ El análisis se basa en un inventario de profesionales del país con formación en ciencia y tecnología, que cumplen con las siguientes condiciones: i) realizó actividades científico-tecnológicas durante el período 2011-2013, ii) cuenta como mínimo con un bachillerato universitario, y iii) se encuentra registrado en el Directorio de Investigadores Activos del RCT (en su versión de noviembre de 2013).
b/ Según el *QS World University Rankings 2013*.

Fuente: Elaboración propia con datos del RCT, del Conicit, y el *QS World University Rankings 2013.*

Endogamia académica

La importancia de analizar la endogamia académica del personal en ciencia y tecnología radica en el hecho de que ese fenómeno se considera como un factor de riesgo para la calidad y la productividad investigativa de las instituciones universitarias (Fernández et al., 2010; Acosta, 2011). No existe consenso en cuanto a los límites aceptables de endogamia (recuadro 1.1). Para efectos operativos, en este análisis se utiliza el parámetro que se emplea en el contexto estadounidense, según el cual la endogamia no debe superar el 25% (Cleveland y Eells, 1999, citados por Fernández et al., 2010). Sin embargo, por ser Costa Rica un país pequeño, con pocas universidades activas en el quehacer científico y tecnológico –que además está muy concentrado en la UCR– es de esperar que el fenómeno se encuentre por encima del parámetro de referencia.

Para estimar la endogamia en el país se recabaron datos de los profesionales en ciencia y tecnología adscritos a las universidades miembros del Conare[8] y que además se encuentran inscritos en el RCT. A partir de esa información, se estimó el porcentaje de académicos que labora en la misma institución donde obtuvo su grado académico más reciente. Los resultados muestran amplias diferencias entre instituciones: 61% en la UCR, 29% en el TEC y 21% en la UNA.

Cabe reiterar que, por el factor de escala de Costa Rica (un país pequeño), la endogamia resulta inevitable, pero no por ello los riesgos sobre la calidad y la productividad son menores. Asimismo, conviene tener en cuenta que el tamaño de la oferta de posgrados de las distintas universidades adscritas el Conare, puede contribuir a explicar las diferencias encontradas entre ellas en esta materia.

Vinculación con instituciones de I+D

La capacidad de innovar y utilizar tecnologías de mayor valor agregado en conocimiento no depende solo de la cantidad y el grado de calificación de las y los profesionales en ciencia y tecnología, sino también de su vinculación con otros colegas, instituciones y unidades de I+D. Con el fin de explorar este tema, se incluyó una serie de preguntas al respecto en la consulta efectuada por el Programa Estado de la Nación (PEN).

Si bien el análisis de este apartado se basa en una fuente de información distinta a la base de

Cuadro 1.5

Profesionales con los mejores perfiles[a/] asociados a las áreas de intervención[b/] del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*. 2013
(absolutos)

Área de intervención	Número de profesionales
Ciencias de la Tierra y el Espacio	5
Capital natural	3
Biotecnología	1
Nanotecnología	2
Enfermedades emergentes	1
Total	**12**

a/ El cotejo con las áreas de intervención se basó en el énfasis de los títulos de doctorado y, cuando esa información no estaba disponible, en el área en que se desempeña el profesional según la base de datos del RCT.
b/ No se incluyeron las áreas de tecnologías digitales y energías alternativas debido a que no se encontraron profesionales que cumplieran con los requisitos para ser considerados como "mejores perfiles".

Fuente: Elaboración propia con datos del Registro Científico y Tecnológico (RCT) del Conicit.

datos del RCT, a partir de la cual se construyó el perfil presentado en las secciones previas, sus resultados son similares[9]. Este hecho indica que no hay grandes diferencias entre ambos subconjuntos. El recuadro 1.2 sintetiza los principales hallazgos de la consulta realizada por el PEN en el tema de la vinculación.

Dictamen

El análisis del perfil de los profesionales que se dedican a actividades científico-tecnológicas, según la información del RCT, pone de manifiesto debilidades importantes que van más allá del tamaño relativamente reducido del capital humano con que cuenta el país en este ámbito.

La edad promedio de los profesionales inscritos en la base de datos consultada evidencia dificultades para el reemplazo generacional en los campos de Ciencias de la Tierra y el Espacio, Física, Ingeniería Agronómica, Ciencias de la Salud (que incluye las áreas de Salud Pública, Higiene del Trabajo, Higiene del Medio Ambiente, Enfermería y Epidemiología) y las disciplinas pertenecientes a las Ciencias

Recuadro 1.1

Endogamia académica en el mundo

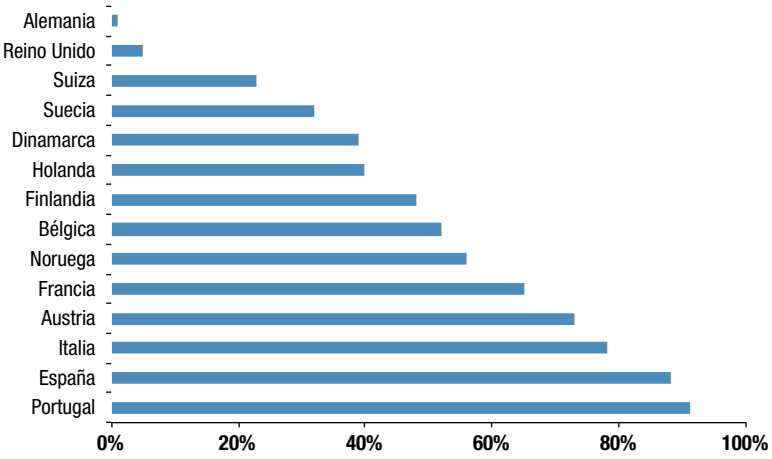
Aunque no tiene un comportamiento homogéneo, la endogamia académica universitaria es motivo de preocupación y tema de debate en los círculos académicos, científicos y políticos de todo el mundo. En países europeos como Portugal, España e Italia, el nivel de endogamia en las universidades supera el 70%. El Reino Unido y Alemania, en el otro extremo, registran cifras de 5% y 1%, respectivamente (gráfico 1.4). En España este fenómeno llevó a promover cambios en la legislación universitaria.

En el caso de las naciones en desarrollo se señala que la endogamia académica está muy diseminada. En América Latina son pocas las investigaciones que han estimado esta variable. A manera de ejemplo, un estudio realizado en México, sobre carreras universitarias relacionadas con las Ciencias del Mar, reporta una endogamia de entre 60% y 70% (Aldama, 1999, citado por Fernández et al., 2010).

Fuente: Fernández et al., 2010.

Gráfico 1.4

Endogamia académica en países de Europa. *Circa* 2009
(porcentajes)



Fuente: Elaboración propia a partir de Fernández et al., 2010.

Recuadro 1.2

Grado de vinculación entre profesionales de ciencia y tecnología

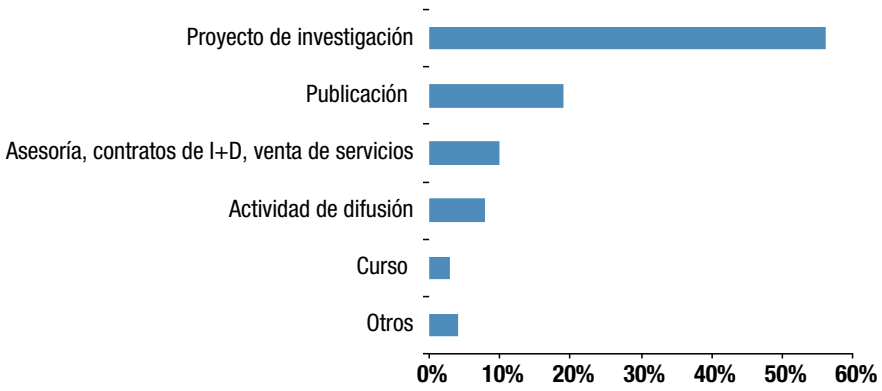
Entre noviembre de 2012 y febrero de 2013, el Programa Estado de la Nación llevó a cabo una consulta a través de internet, con el propósito de conocer las características del recurso humano en ciencia y tecnología con que cuenta el país. Entre otros temas, se preguntó a los profesionales sobre su vinculación con unidades de investigación de otras instituciones y el tipo de actividades implicadas. El 63% de los consultados afirmó que no participa en iniciativas de vinculación. Entre quienes sí lo hacen, se identificaron las siguientes tendencias:

- Los profesionales con el mayor grado académico (PhD) son los que se vinculan con otros colegas.
- Las actividades de vinculación son más frecuentes en el área de Ciencias Exactas y Naturales (39%).
- El 75% de las iniciativas es de carácter académico (proyectos de investigación y publicaciones en coautoría) y solo un 10% se asocia con la transferencia de conocimiento mediante actividades de asesoría, contratos de I+D y venta de servicios (gráfico 1.5).
- En términos de intensidad de la vinculación, el 17% de las personas consultadas únicamente ha participado en una actividad y tan solo el 5% contabiliza más de cinco.
- La mayoría de las vinculaciones (69%) se da con otros profesionales dentro del país.
- Entre los vínculos con el extranjero, los más frecuentes son los que se establecen con colegas de Europa (23%), en particular de España y Alemania (7% y 4%, respectivamente). Un 7% de los vínculos ocurre con profesionales de Estados Unidos y en la región latinoamericana destacan México y Brasil como contrapartes, con un 3% cada uno.
- Según su naturaleza endógena o con el extranjero, en el primer caso prevalecen los nexos relacionados con el área de Ciencias Agrícolas, mientras que los biólogos se conectan tanto con colegas nacionales como extranjeros.

Fuente: González, 2013.

Gráfico 1.5

Actividades de vinculación en que participan los profesionales de ciencia y tecnología[a/]. 2013



a/ Según la consulta efectuada por el Programa Estado de la Nación a un total de 519 personas. Se indagó sobre los siguientes tipos de vínculos: proyectos de investigación activos, en cooperación; publicaciones en conjunto; asesorías, contratos de I+D y venta de servicios a otras instituciones públicas y privadas, nacionales o extranjeras; actividades conjuntas de difusión de conocimiento en ciencia y tecnología (seminarios, conferencias, foros); cursos impartido en conjunto. La categoría "otros" incluye redes de cooperación y tutorías a estudiantes.

¿Más información sobre comunidades de investigación de la UCR vinculadas con los sectores productivos?

Veáse
- Pregunta 7 de este Informe

Agrícolas. En cambio, los ingenieros y tecnólogos se encuentran en una situación más favorable: el 51% tiene menos de 46 años, debido, fundamentalmente, a la contribución de las mujeres.

Por otra parte, solo un 3% de las personas inscritas en el RCT cuenta con un doctorado de universidades de prestigio internacional. Estos profesionales tienen en promedio más de 55 años, son hombres en su gran mayoría y solo un 35% se desempeña en campos relacionados con las áreas de intervención del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*.

La débil conexión encontrada entre los profesionales dedicados a la ciencia y la tecnología corrobora que está pendiente el reto de articular esfuerzos para la transferencia de conocimiento entre las universidades y otros sectores del país, a fin de potenciar tanto el uso de los recursos como el impacto de sus contribuciones.

El efecto de escala de un país pequeño como Costa Rica, aunado a la escasa movilidad académica en términos de becas para cursar posgrados en el extranjero, así como la falta de programas de repatriación de la diáspora científica, repercute en una alta endogamia académica en las universidades adscritas al Conare.

Implicaciones

Resulta imperativo desarrollar programas de becas de posgrado para el personal científico y tecnológico, que privilegien las mejores universidades en el extranjero y hagan énfasis en las áreas en que convergen una prioridad de política pública, problemas de relevo generacional y acentuadas brechas de género.

Dos empréstitos otorgados a las universidades adscritas al Conare, uno del Banco Mundial (Proyecto de Mejoramiento de la Educación Superior, contrato de préstamo nº 8194-CR) y otro del BID (Ley 9218), contemplan el fortalecimiento de las capacidades de capital humano en varias de las áreas que muestran problemas de reemplazo generacional, así como el aumento en el número de profesionales con niveles de posgrado. Cabe anotar, sin embargo, que las disciplinas de Ciencias Agrícolas e Ingeniería Agronómica no están contempladas en estas iniciativas.

Frontera de investigación

Es indispensable ampliar la cobertura de las bases de datos que recogen información individualizada sobre el capital humano en ciencia y tecnología, así como sobre sus vínculos, a fin de lograr, entre otros objetivos, una adecuada representación de los profesionales que laboran en el sector privado.

Referencias bibliográficas

Acosta, O. 2011. La calidad de la educación superior y la formación académica de sus docentes. Presentación realizada en el I Congreso Iberoamericano y I Nacional por una Educación de Calidad, celebrado en Cartagena del 24 al 26 de octubre.

Asociación Estrategia Siglo XXI. 2006. Estrategia Siglo XXI: conocimiento e innovación hacia el 2050 en Costa Rica. San José: Fundación Crusa.

Banco Mundial. 2011. Mejores empleos para Costa Rica: el rol del capital humano. Washington: Banco Mundial.

Castillo, R. et al. 2014. Women in science and technology: what does the literature say? Washington: BID.

Conicit. 2013. Registro Científico y Tecnológico: Directorio de Investigadores Activos. Sitio oficial, en <http://www.conicit.go.cr/servicios/RCT.html>. San José: Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

Fernández, R. et al. 2010. "La endogamia académica universitaria en México: hacia una valoración del riesgo", en Revista Fuente 5.

González, C. 2013. Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Micitt. 2011. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014. San José: Ministerio de Ciencia y Tecnología.

_____. 2012. Indicadores Nacionales 2010-2011 Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Nielsen, V. y Azofeifa, A. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Trejos, A. et al. 2012. Desarrollo del talento humano: la clave para competir en la atracción de la inversión extranjera directa. Alajuela: Incae.

Entrevistas y comunicaciones personales

Vargas, F. 2014. Encargado de la Oficina de Gestión de la Información, Conicit.

Créditos

La preparación de esta sección fue efectuada por Susan Rodríguez.
Los procesamientos de información los realizaron Ivania García y Antonella Mazzei.
María Santos y Jorge Vargas Cullell participaron en la **edición técnica.**
Se agradece a Francisco Vargas y William Mora, del Registro Científico y Tecnológico del Conicit, la **base de datos facilitada**.

Notas

1 Se incluyen los campos de Salud Pública, Higiene del Trabajo, Higiene del Medio Ambiente, Enfermería y Epidemiología.

2 "Esta base de datos se encuentra en permanente proceso de actualización por parte del Conicit" (E: Vargas, 2014).

3 La conformación del Directorio, en su versión de noviembre 2013, está supeditada a las siguientes condiciones: "i) los profesionales incluidos en el Directorio representan en su mayoría al sector de la educación superior (aproximadamente un 80%), debido al énfasis de la base de datos en la actividad de investigación científica y desarrollo experimental, ii) las principales fuentes de información son las vicerrectorías de investigación de las universidades, en especial las del sector público, así como las oficinas o departamentos de investigación de otras instituciones y empresas, iii) debido a una normativa existente, los profesionales de las empresas que participan como unidades de implementación en el Fondo Propyme deben inscribirse en el RCT" (E: Vargas, 2014).

4 La consulta fue respondida por 553 personas, lo que equivale a un nivel de respuesta del 55%. En función de los recursos presupuestarios disponibles, en este primer ejercicio el esfuerzo se concentró en el ámbito académico, luego en el gubernamental y, en menor medida, en el sector privado. Para más información sobre la manera en que se condujo la consulta véase González, 2013.

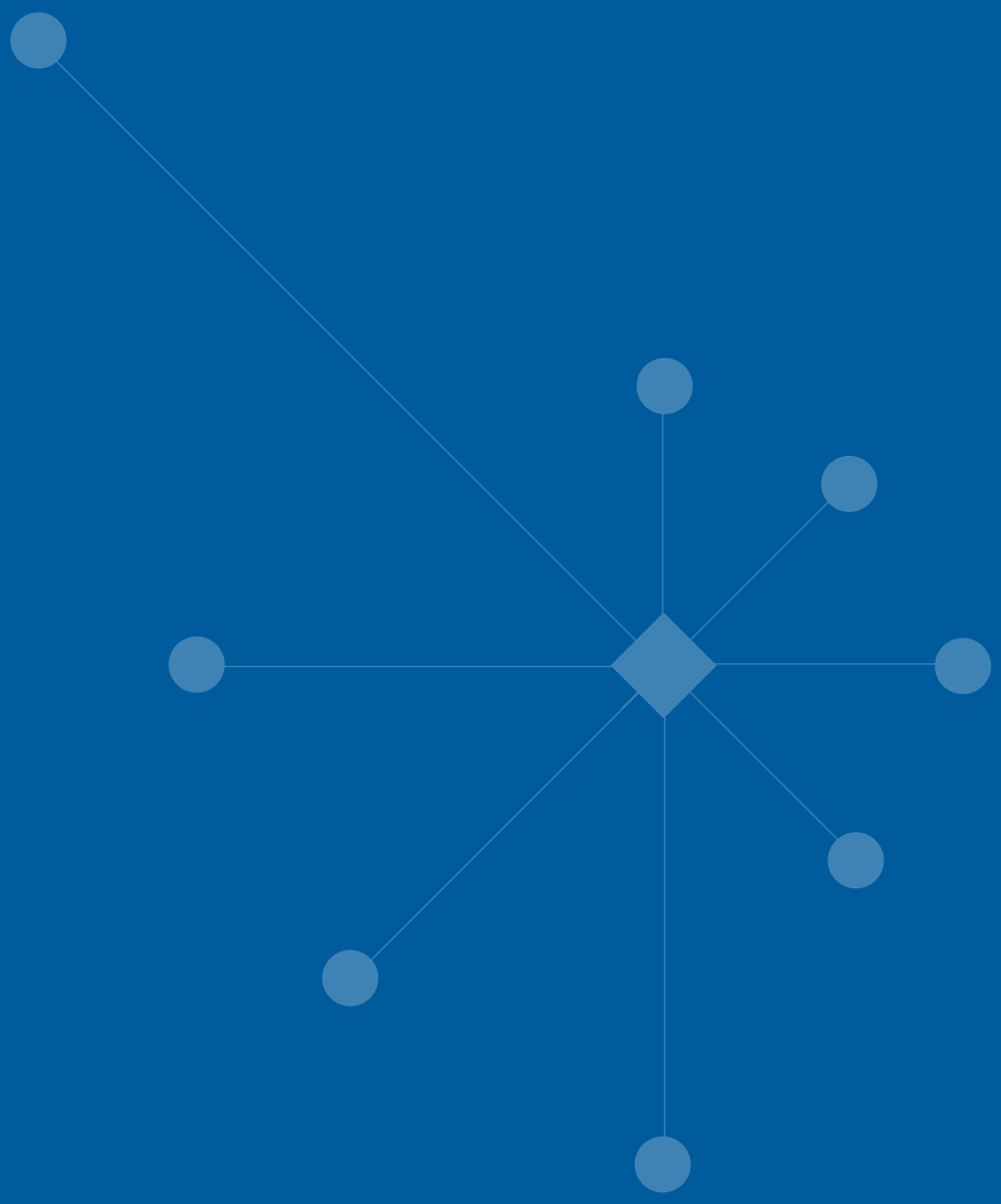
5 Fernández et al. (2010) explican que: "El término *endogamia* referido a los ámbitos universitarios es usado ampliamente en España, Francia, Portugal, Italia y algunos países latinoamericanos. En los países anglófonos no se habla de *endogamy* dentro del ámbito académico. El vocablo utilizado desde principios del siglo XX es *inbreeding*, que es sinónimo de *endogamy* pero da una idea menos genética y más social del proceso (…) se habla de *faculty inbreeding* como endogamia de los docentes".

6 De acuerdo con Nielsen y Azofeifa (2013), Costa Rica también destaca internacionalmente por la publicación de artículos científicos en el ámbito de la Medicina.

7 Según el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*, las siete áreas de intervención son: Ciencias de la Tierra y el Espacio, capital natural, Biotecnología, Nanotecnología, enfermedades emergentes, energías renovables y tecnologías digitales (Micitt, 2011).

8 El análisis no incluyó a la UNED, debido a que tiene una baja representación en el RCT.

9 Tanto en el perfil resultante de la consulta realizada por el PEN como en el derivado del RCT se observa una escasa disponibilidad de doctores, el predominio de los profesionales mayores de 45 años, una mayor participación masculina –con la excepción de Ciencias Médicas– y problemas asociados al relevo generacional en el caso de las Ciencias Agrícolas.



PREGUNTA 2

¿Es Costa Rica un país líder en la producción de **conocimiento científico y tecnológico de impacto?**

Conceptos clave

Producción científica

Impacto académico

Publicaciones en revistas del primer cuartil

Situación del país

☒	No se posiciona como un país líder regional y produce menos de lo que debería según su nivel de desarrollo.
☐	
☑	

Importancia del tema

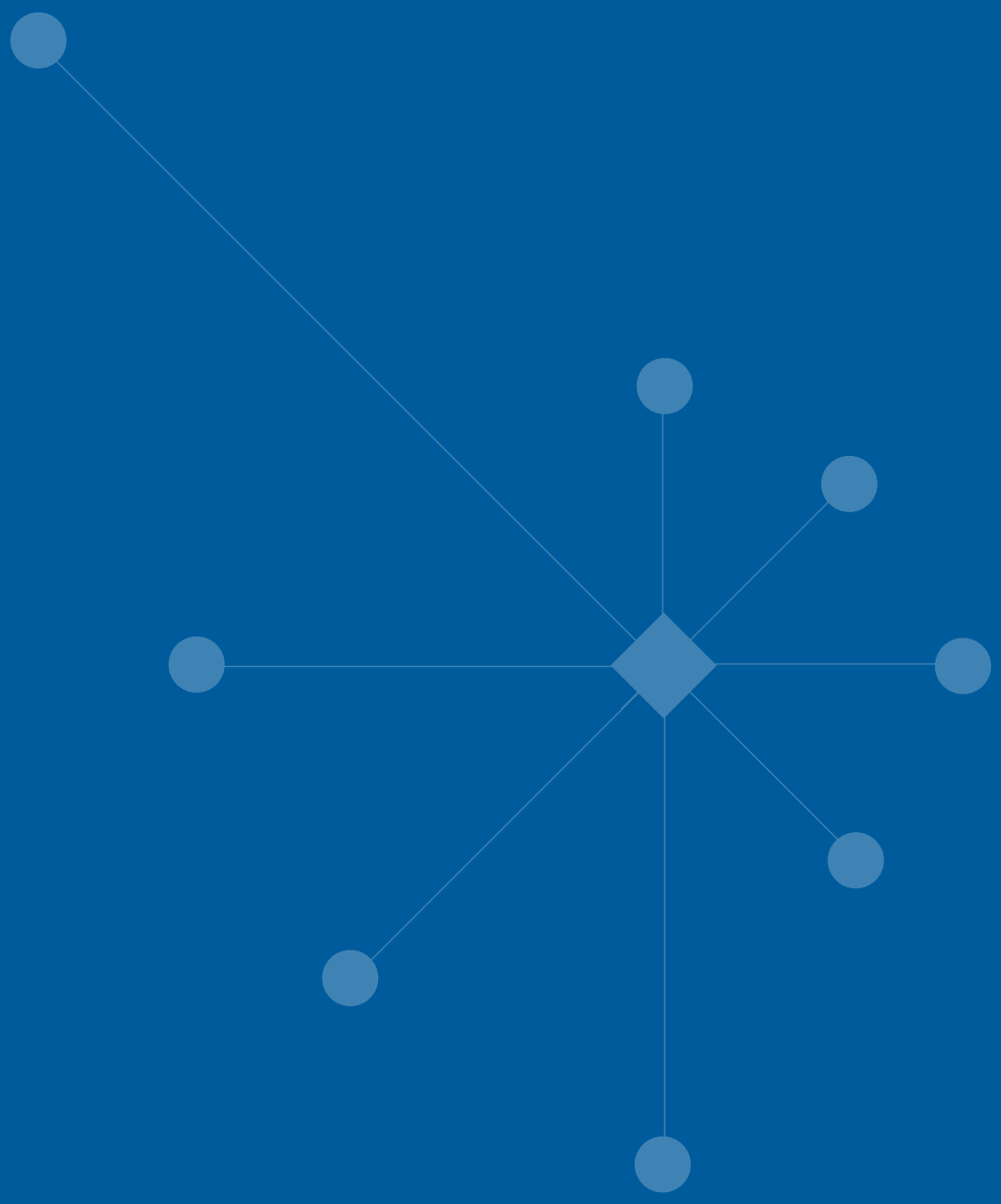
El número e impacto de las publicaciones científicas producidas por un país se considera entre los predictores de potencialidades de desarrollo científico y tecnológico.

Implicaciones de política pública

- Revisión de las políticas de incentivos que ofrecen las universidades adscritas al Conare.
- Fortalecimiento de grupos de investigación.

Investigación de base

Nielsen, V. y Azofeifa, A. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

La capacidad endógena del país para generar conocimiento científico y tecnológico original, de alto valor académico y relacionado con su entorno natural, es un componente central en la estrategia para desarrollar un sistema de ciencia, tecnología e innovación. Diversos estudios muestran cómo esa capacidad se ha traducido en avances en la producción agrícola, en la gestión ambiental y en la salud, que no hubiesen podido construirse y sostenerse sin un proceso continuo de generación de nuevo conocimiento (Ulate y Fallas, 2011; Gutiérrez, 2011). Esta constatación es congruente con la experiencia internacional: sin el conocimiento científico y tecnológico, los procesos de innovación son limitados y de poco alcance (Conway y Waage, 2010, citado por Gutiérrez, 2011).

Para sustentar políticas que propicien el fortalecimiento del desarrollo en este ámbito, es importante tomar en cuenta las publicaciones científicas que realiza el país en revistas especializadas, sobre temas relacionados con ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías. Estas publicaciones se consideran predictores del potencial de ese desarrollo (Santelices, 2010). Para tal efecto, interesa valorar el desempeño nacional en la producción de conocimiento en los últimos años y su grado de influencia académica, con una perspectiva ampliada que permita la comparación internacional.

Hallazgos relevantes

- **La producción científica de Costa Rica en las temáticas de ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías se duplicó entre 2001 y 2011, siguiendo la tendencia en Latinoamérica y el Caribe.**

- **La tasa de crecimiento anual de la producción en ciencia y tecnología muestra un comportamiento cíclico, que podría asociarse a los efectos esperados de una comunidad científica pequeña.**

- **El país produce menos de lo que debería estar produciendo según su nivel de desarrollo. Durante el período 2001-2007 este rezago se agudizó progresivamente. Asimismo, aunque su inversión en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB es mayor que la de otras naciones de América Latina y el Caribe, como Puerto Rico, México, Chile y Uruguay, su producción científica por cada 100.000 habitantes es menor.**

- **Costa Rica no logra ubicarse como un líder regional en la generación de conocimiento científico y tecnológico. No obstante, su posicionamiento a ese nivel mejora sustantivamente cuando se considera el impacto que tiene su producción.**

- **En el período 2003-2012, cerca de un 40% del conocimiento generado en el país se publicó en las revistas de mayor impacto académico internacional. Tal desempeño ubica a Costa Rica por debajo de las naciones de la OCDE, según los valores correspondientes al 2009.**

Metodología

El estudio abarcó el período 2001-2012 y tuvo como base la plataforma *Scopus*[1], desarrollada por la empresa editorial Elsevier. Las dimensiones consideradas fueron las siguientes:

- Análisis del número de publicaciones científicas (artículos y revisiones) y de citas por documento, para la serie temporal 2001-2011, en las áreas de ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías.

- Análisis comparativo de la producción científica nacional en relación con Latinoamérica y el Caribe, y del número de citas por documento en las distintas áreas del conocimiento en relación con el mundo. Estas comparaciones se basan en datos de la plataforma *SCImago Journal & Country Rank*, también desarrollada por la empresa editorial Elsevier.

- Análisis de la tasa de crecimiento de la producción científica y del número de publicaciones en el primer cuartil (Q1) durante el período 2003-2012.

- Análisis comparativo del desempeño de Costa Rica en publicaciones en el primer cuartil (Q1) por millón de dólares del PIB (PPA), con respecto a países miembros de la OCDE para el año 2009. Se consideraron publicaciones en los distintos campos del conocimiento y, al igual que en el punto anterior, se utilizó la plataforma *SCImago Journal & Country Rank* (Elsevier).

Conceptos clave

- **Producción científica costarricense:** es aquella generada por las instituciones nacionales y extranjeras cuyos afiliados se ubican geográficamente en Costa Rica. Aunque la producción científica de un país incluye una gran diversidad de documentos, en este estudio solo se tomaron en cuenta artículos científicos y revisiones, específicamente los que se encuentran indexados en la base de datos *Scopus* para el período 2001-2011. De manera complementaria, para algunos análisis se recurrió a indicadores bibliométricos de las plataformas *Web Of Science*, *SCImago* (Elsevier) y *Ricyt* para Costa Rica e Iberoamérica. Salvo indicación expresa en sentido contrario, la producción considerada es aquella que se enfoca en las temáticas de ciencias experimentales, tecnologías e ingenierías (agrupadas bajo la denominación "ciencia y tecnología").

- **Impacto académico:** grado de influencia o impacto que han tenido en el mundo los resultados de las investigaciones realizadas en instituciones de Costa Rica. Se utiliza como parámetro el número de veces que un artículo o revisión fue citado durante los dos años posteriores a su publicación, en otros artículos indexados en la base seleccionada (Moed, 2005). La citación promedio anual se estimó a partir del promedio ponderado de la cantidad de citas por artículo.

- **Publicaciones en revistas del primer cuartil (Q1):** documentos publicados en el 25% de las revistas especializadas de mayor prestigio a nivel mundial (en su categoría, en el período de referencia, por autores afiliados a una institución en un país determinado). Este *ranking* se basa en el indicador *SCImago Journal & Country Rank* (<www.scimagojr.com>) y mide la frecuencia con la cual ha sido citado un "artículo promedio" de una revista en un año en particular. Ese indicador, a su vez, se construye con la información de citaciones generada por la base de datos *Scopus*.

Limitaciones del estudio

Los estudios efectuados a partir de las bases bibliométricas *Scopus* y *Web Of Science* constituyen una subrepresentación del alcance real de la actividad científica y tecnológica de cualquier país, ya que existe abundante literatura científica en publicaciones no registradas en esas plataformas. Si bien se reconoce que esos productos pueden ser valiosos acervos del conocimiento local, para efectos de comparación internacional no se contabilizan en los indicadores tradicionales de los resultados de la investigación y el desarrollo.

Principales resultados

Aumenta la producción científico-tecnológica, pero disminuye su impacto

La generación de conocimiento en ciencia y tecnología explica en alto grado la totalidad del conocimiento producido por Costa Rica en todas las áreas del saber, incluyendo Ciencias Sociales

y Humanidades. En el período 2003-2011, su participación representó el 84% de los artículos publicados en revistas indexadas, por autores de instituciones establecidas en el territorio nacional, lo que habla de la gran importancia que tiene la producción científico-tecnológica en el país (gráfico 2.1).

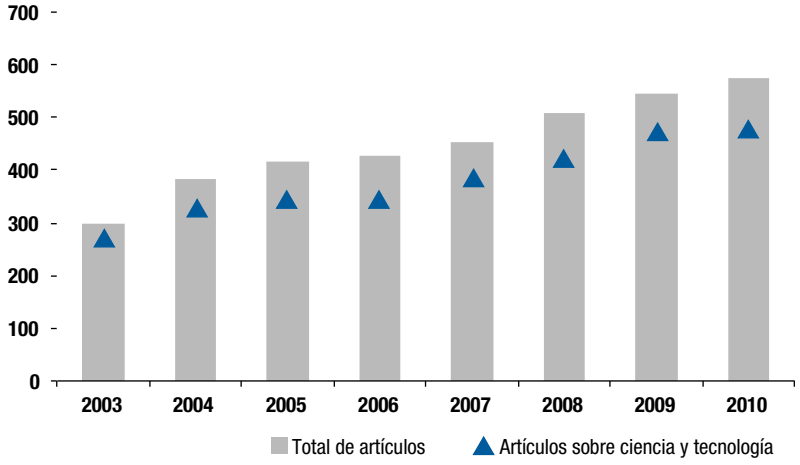
Esta producción aumentó de manera sostenida entre 2001 y 2010. El número de artículos experimentó un crecimiento de 97,5%, al pasar de 243 a 480 (gráfico 2.2)[2]. Sin embargo, en términos comparativos este no es un resultado excepcional, pues coincide con lo reportado para Iberoamérica en general para el período 2000-2009 (Ricyt, 2011). Cabe indicar que los registros de las publicaciones costarricenses sobre ciencia y tecnología son muy similares en las plataformas *Web Of Science* y *Scopus*[3], con excepción del año 2006[4].

Durante la primera década del siglo XXI, la producción científica registró una tasa de crecimiento promedio anual de 7,2%[5] y además mostró un comportamiento cíclico que podría asociarse a un efecto esperado en comunidades científicas pequeñas, que dependen de un conjunto relativamente reducido de grandes productores. En estos casos, cualquier cambio en la situación de esas personas (jubilación, cambio de trabajo, traslado a otro país) tiene un fuerte impacto sobre la producción total de conocimiento, pues no puede ser compensado por otros científicos o tecnólogos, cuya participación en la dinámica es mucho menor (gráfico 2.3). Ello podría reflejar la fragilidad observada en la conformación de las comunidades científicas, tal como se indicó en la sección dedicada a este tema (Pregunta 6). Un estudio con una secuencia temporal más amplia permitiría corroborar esta hipótesis.

Aunque la producción de conocimiento científico-tecnológico creció durante el período 2002-2011, al mismo tiempo se redujo un indicador relevante del impacto de ese conocimiento: el número de veces que, en promedio, un documento es citado en otras publicaciones, lo que se conoce como "citación". El aumento abrupto que muestra el gráfico 2.4 en el año 2003, se explica por la publicación de dos artículos que recogieron más citas que cualquier otro durante la década. Contabilizaron valores muy superiores al número de citas promedio que recibe un documento escrito en Costa Rica, que es 17,2. Cabe indicar que uno de esos trabajos fue

Gráfico 2.1

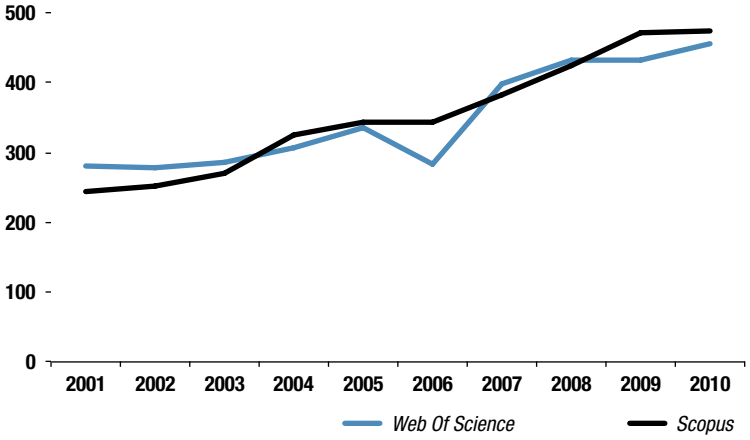
Evolución del número de artículos publicados en todas las áreas del conocimiento y los artículos sobre ciencia y tecnología en Costa Rica



Fuente: Elaboración propia con datos de *Scopus* y *SCImago*.

Gráfico 2.2

Número de publicaciones anuales[a/] de autores afiliados a instituciones costarricenses, en las áreas de ciencia y tecnología

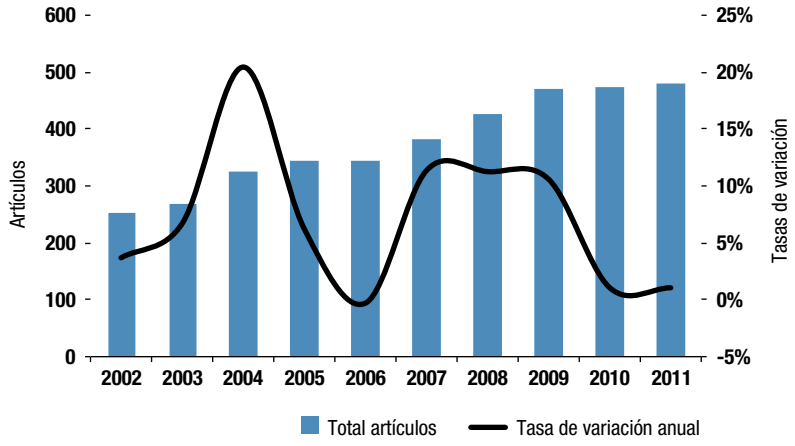


a/ Publicaciones indexadas en las bases de datos *Web Of Science* y *Scopus*.

Fuente: Elaboración propia con datos de *Ricyt* (<www.ricyt.org>) y *Scopus*.

Gráfico 2.3

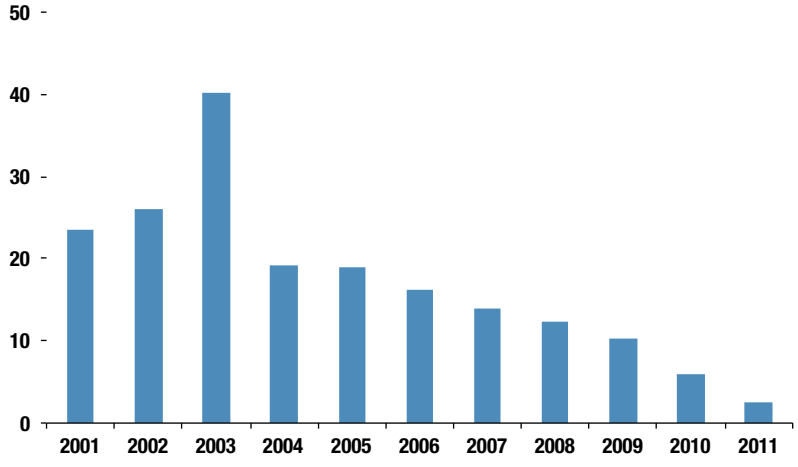
Evolución de las publicaciones en ciencia y tecnología en Costa Rica



Fuente: Elaboración propia con datos de *Scopus*.

Gráfico 2.4

Citación promedio[a/] de los artículos sobre ciencia y tecnología producidos en Costa Rica



a/ La citación promedio anual se estimó a partir del promedio ponderado de la cantidad de citas por artículo.

Fuente: Elaboración propia con datos de *Scopus*.

elaborado por el autor más prolífico del país. A pesar de este hecho, en el transcurso del período la citación promedio decreció un 88,8% (gráfico 2.4). Este es un hallazgo particularmente preocupante, sobre todo si se analiza desde la perspectiva del liderazgo que Costa Rica aspira a tener en América Latina. Y es que el descenso, aun eliminando el valor extremo del 2003, es muy fuerte.

Otro dato que permite valorar el impacto del conocimiento que genera Costa Rica es la proporción de documentos producidos en el país que fueron publicados en el 25% de las revistas especializadas de mayor prestigio a nivel mundial (denominadas revistas del primer cuartil o Q1). Entre 2003 y 2012, en promedio, esa cifra fue del 39,8%. La tasa de crecimiento de las publicaciones en revistas Q1, que idealmente debería estar siempre en terreno positivo (mayor que 0) no solo es muy volátil, sino que registró valores negativos en varios años del período considerado (gráfico 2.5). Pese a los vaivenes, y en línea con la tasa de crecimiento de la producción anual, el indicador de Q1 tiende a la baja. Sin embargo, hay poco acople en el comportamiento de ambos indicadores, que en algunos años se mueven en direcciones contrarias.

La desmejora en la influencia del conocimiento endógeno que se registró entre 2001 y 2011 no pudo ser compensada por el aumento en la coautoría en general, ni por la internacionalización de la producción científica. Esta última sería, en principio, una estrategia para optimizar el impacto de una publicación, en la medida en que autores de un país pequeño como Costa Rica podrían encontrar en las coautorías, con colegas de naciones más desarrolladas y centros más reconocidos a nivel mundial, una vía para captar un mayor interés de la comunidad científica internacional.

Solo un 8,8% de los artículos es elaborado por un solo autor y la mayoría (casi el 60%) tiene entre dos y cinco autores de instituciones nacionales o foráneas[6]. En promedio, el 79%[7] de la producción científica es realizada en conjunto con colegas extranjeros y este comportamiento tiende al alza, un dato congruente con la tendencia mundial en este campo (gráfico 2.6). La colaboración internacional[8] se da primordialmente con Estados Unidos; a una larga distancia le siguen, en orden de importancia, España, México, Brasil y Alemania, países cuya producción científica se caracteriza por tener un

alto impacto, según su desempeño en la tasa de publicaciones totales en revistas de Q1 por millón de dólares del PIB, como se detalla más adelante. Alemania, Estados Unidos y España coinciden con el valor encontrado para el promedio de países de la OCDE (0,02) para el año 2009 (OCDE, 2012).

Posición internacional desfavorable de la productividad científica

En promedio, Costa Rica invierte más en investigación y desarrollo (I+D) como porcentaje del PIB que otras naciones de América Latina y el Caribe, como Puerto Rico, México, Chile y Uruguay, aunque esa inversión, como es de esperar, está muy por debajo del promedio de la OCDE (gráfico 2.7). Sin embargo, su producción científica por cada 100.000 habitantes es menor que la de otros países de la región (gráfico 2.8).

Al comparar la productividad nacional con la del subconjunto de países de América Latina y el Caribe que registran más publicaciones, se encuentra que Costa Rica solo supera a Colombia, aunque este país es el que menos invierte en I+D como proporción del PIB dentro de ese grupo. Asimismo, al repetir este análisis partiendo del indicador de la inversión en I+D por investigador, la comparación regional con datos del 2009 indica que Costa Rica supera a Chile, México, Uruguay y Argentina, pero su producción científica es menor que la de esas naciones (Ricyt, 2011)[9].

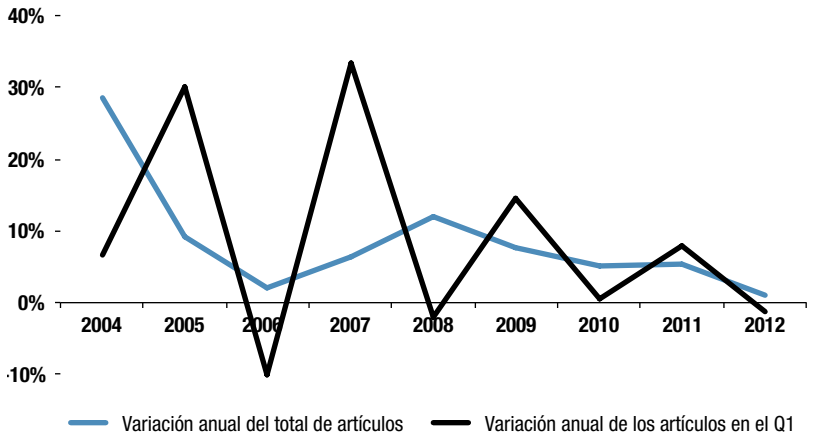
Cuando se examina la producción esperada en ciencia y tecnología de acuerdo con el nivel de desarrollo del país, la posición de Costa Rica también es desfavorable. Crespi et al. (2010) aplicaron un método de regresión local[10] y detectaron no solo un rezago significativo en esta relación, sino también una desmejora en el tiempo. En el período analizado (2001-2007) el país publicó menos de la mitad de lo que debería haber producido según su grado de desarrollo (cuadro 2.1).

Posicionamiento internacional según el impacto del conocimiento generado

Según los datos de la plataforma *SCImago* para la primera década del siglo XXI, Costa Rica ocupa el décimo lugar en cuanto a producción científica, con respecto a los principales países generadores de conocimiento en América Latina y el Caribe. Sin embargo, y esto es una buena noticia, se ubica en la segunda posición

Gráfico 2.5

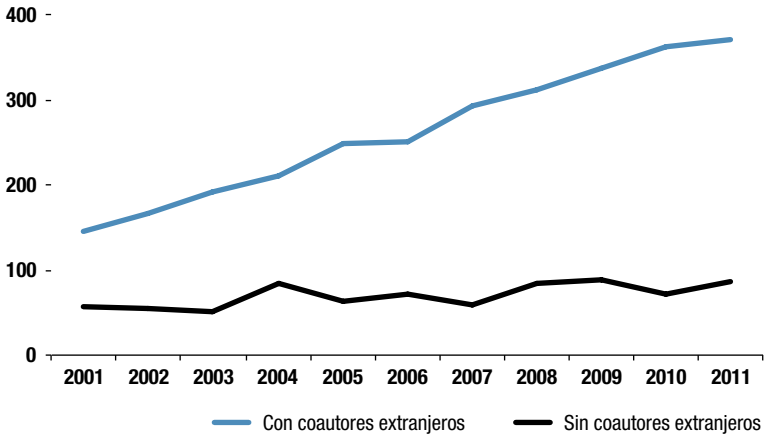
Tasas de variación anual de los artículos totales y de los artículos publicados en las revistas del primer cuartil (Q1) en Costa Rica



Fuente: Elaboración propia con datos de S*CImago Journal & Country Rank*.

Gráfico 2.6

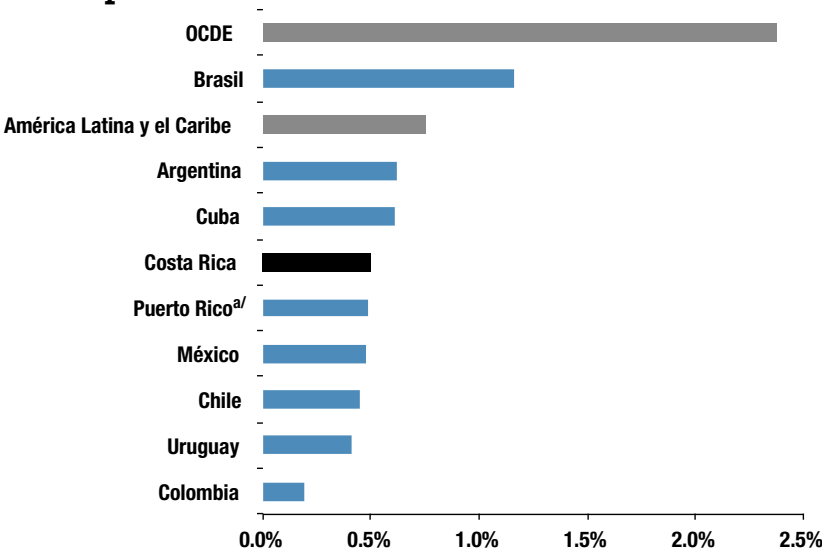
Número total de publicaciones con y sin coautores extranjeros realizadas desde Costa Rica



Fuente: Elaboración propia con datos de *Scopus*.

Gráfico 2.7

Inversión en I+D como proporción del PIB en América Latina y el Caribe y promedio de los países miembros de la OCDE. 2010

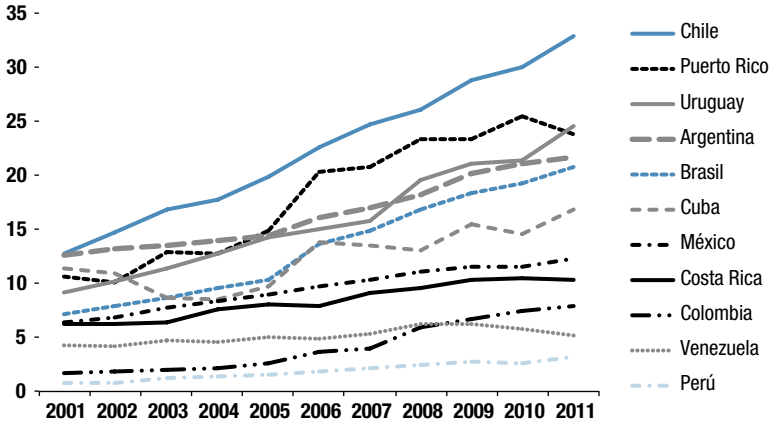


a/ Dato del año 2009.

Fuente: Elaboración propia con datos de R*icyt* y Micitt, 2014.

Gráfico 2.8

Publicaciones anuales relacionadas con ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías en países de América Latina
(por cada 100.000 habitantes)



Fuente: Elaboración propia con datos de *Scopus* y el Banco Mundial.

Cuadro 2.1

Brecha de resultado de publicaciones científicas por 100.000 habitantes en Costa Rica. 1991-2007

Período	Efectivo	Predicho	Razón[a/]
1991-1995	4,1	5,2	0,80
1996-2000	4,4	6,9	0,65
2001-2007	5,1	11,1	0,46

a/ Cociente entre el valor efectivo y el valor predicho por el modelo de regresión.

Fuente: Crespi et al., 2010, con datos de ISI Web of Science, National Science Indicators e indicadores del Banco Mundial.

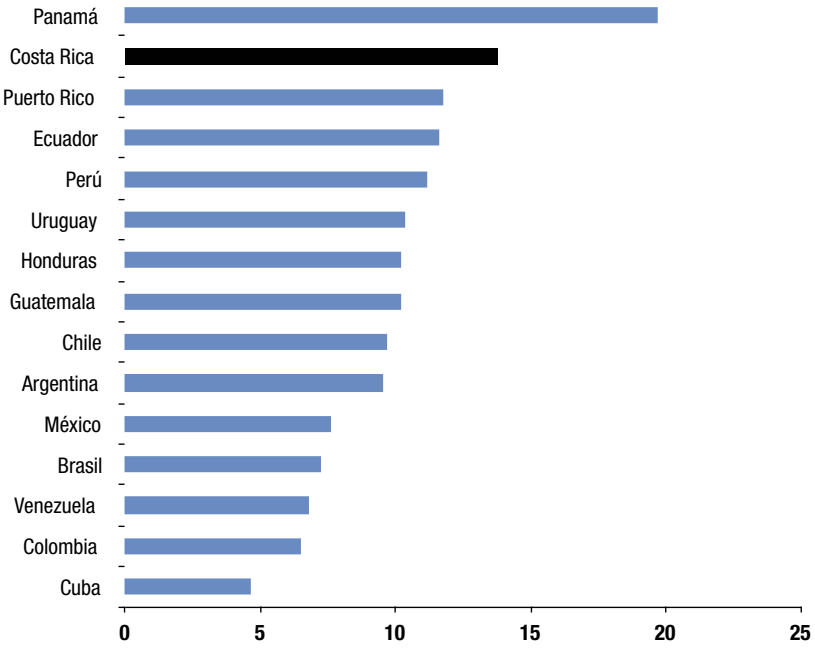
en términos de su impacto, medido a través del número de citaciones por documento publicado. El primer puesto corresponde a Panamá[11] (gráfico 2.9). El 83,1% de los manuscritos generados por Costa Rica ha sido citado por otras publicaciones y el 97,7% ha recibido entre 1 y 99 citas.

Las naciones miembros de la OCDE constituyen otro escenario de comparación relevante, dado el interés de Costa Rica por ingresar a esa organización. En ese contexto el país muestra un notable rezago.

Para determinar el impacto de la investigación científica de los países, la OCDE utiliza la tasa de publicaciones totales en revistas de Q1 por millón de dólares del PIB[12], que provee una medida de "calidad ajustada", ya que toma en cuenta las revistas especializadas de mayor prestigio a nivel mundial. Según un cálculo realizado para este Informe con datos de 2009, Costa Rica obtiene un valor de 0,005 en esta variable. Como se observa en el cuadro 2.2, ese resultado ubica al país por debajo de los miembros de la OCDE, con excepción de México e Indonesia, que registran valores similares (0,00). Sin embargo, como también puede apreciarse en el cuadro, los datos de la OCDE solo contienen dos decimales, en tanto que la estimación efectuada para este Informe tiene tres; por tal motivo, no es posible determinar la

Gráfico 2.9

Citas por documento en las distintas áreas del conocimiento para una selección de países de América Latina y el Caribe. 2001-2011



Fuente: Elaboración propia con datos de *SCImago Journal & Country Rank*.

posición de Costa Rica con respecto a los dos últimos países. Cuando se emplea este indicador, Chile y Brasil se ubican en una posición mejor que la de Costa Rica, que cuando se consideran las citaciones en todo tipo de revistas especializadas.

Dictamen

Costa Rica no es un líder en América Latina en la generación de conocimiento científico y tecnológico. Así lo indica el hecho de que produce menos que otros países de la región, a pesar de que invierte más en I+D como porcentaje del PIB. Según la inversión en I+D por investigador, se ubica en un modesto quinto lugar. Los dos datos clave que arroja el presente estudio son, por una parte, que durante la primera década del siglo XXI disminuyó la citación promedio de las publicaciones científicas costarricenses y, por otra, que en el período 2001-2007 desmejoró la tasa de productividad, pues el país generó menos de la mitad de lo que debe-

¿Más información sobre producción del conocimiento?

Véase
- Pregunta 15 de este Informe

Cuadro 2.2

Publicaciones en revistas del primer cuartil por millón de dólares del PIB (PPA), para Costa Rica y una selección de países de la OCDE. 2009

País	Valor	Posición[a/]
Suiza	0,050	1
Suecia	0,040	2
Dinamarca	0,040	5
Finlandia	0,040	7
Canadá	0,030	11
Noruega	0,030	14
Irlanda	0,020	16
Alemania	0,020	20
España	0,020	23
Estados Unidos	0,020	22
Chile	0,010	30
China	0,010	34
Brasil[b/]	0,010	36
México	0,000	38
Indonesia[b/]	0,000	40
Costa Rica[c/]	0,005	
OCDE (promedio)	0,020	

a/ De 1 a 40, donde 1 corresponde a la mejor posición.
b/ En los casos de Brasil e Indonesia el cálculo se realizó a partir del PIB per cápita, con datos del FMI (2013).
c/ Según el cálculo realizado para este Informe, el valor de esta variable para Costa Rica es 0,0047 (que se redondea a 0,005). Éste se obtuvo a partir de los siguientes datos: PIB (PPA): 48.754 (según el FMI), número de publicaciones en las distintas áreas del conocimiento: 546, número de publicaciones en revistas Q1: 228. Dado que esta estimación tiene tres decimales, en tanto que las cifras de la OCDE solo presentan dos, no es posible conocer la posición de Costa Rica con respecto a México e Indonesia.

Fuente: Elaboración propia con datos de OCDE, 2012 y E: Moya-Anegón, 2014 con datos de *SCImago*.

¿Más información sobre los grupos de investigación del país?

Véase
• Pregunta 6 de este Informe

ría, según su nivel de desarrollo. Esto sugiere que, contrario a las tendencias regionales y globales, el crecimiento económico nacional podría estar ocurriendo en áreas no asociadas al conocimiento que se genera internamente (Smith, 2010).

Cuando se analiza la producción científica para la década sin considerar tendencias y valorando el impacto del conocimiento generado, el posicionamiento del país en la región mejora. Ello indica que, pese a la pequeña escala de sus comunidades científicas y tecnológicas, en varias disciplinas Costa Rica ha logrado una producción de alto impacto. No obstante, en el más exigente escenario de la OCDE, al cual desea pertenecer, el país muestra un importante rezago.

Es preciso investigar si el decrecimiento de la citación promedio en revistas internacionales obedece, o no, a la posibilidad de que la producción científica nacional esté viviendo un proceso paulatino de maduración, con una mayor concentración en temas del entorno nacional. Esa "endogenización" contribuiría a explicar la disminución de la influencia del conocimiento producido en términos de su citación a nivel mundial (E: Macaya, 2013).

Implicaciones

Al ser las instituciones de educación superior las principales productoras de conocimiento científico y tecnológico en Costa Rica, el modesto desempeño del país hace que sea pertinente una revisión de las políticas de incentivos de las universidades adscritas al Conare, con miras a su reforzamiento.

Asimismo, conviene diseñar procesos tendientes al fortalecimiento de los grupos de investigación. Dada su naturaleza heterogénea, ello implicará estrategias diferenciadas que atiendan particularidades, aunque exigiendo en todos los casos estándares claros de excelencia académica (Gutiérrez, 2005 y 2011).

Frontera de investigación

La disminución que muestran los valores de citación promedio anual en revistas especializadas sugiere la necesidad de realizar un estudio posterior, a fin de valorar sus posibles causas.

Referencias bibliográficas

Colciencias. 2008. Colombia construye y siembra futuro: Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación. Bogotá: Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología.

Córdoba, S. et al. 2012. La producción científica de las instituciones de educación superior de América Central y República Dominicana. Ponencia presentada en el Primer Encuentro Bienal de Estudios de Posgrado e Investigación de las Universidades Miembros del Csuca, celebrado en San Salvador los días 26 y 27 de octubre.

Crespi, G. et al. 2010. Nota técnica sobre el sistema nacional de innovación de Costa Rica: Una contribución al diálogo de políticas públicas entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo (nota técnica IDB-TN-142). San José: BID.

FMI. 2013. World Economic Outlook Database. Sitio oficial, en <www.imf.org>.

González, R. y Gutiérrez, J.M. (eds.). 2011. Conocimiento, innovación y desarrollo. San José: UCR.

Gutiérrez, J.M. 2005. "La investigación en la Universidad de Costa Rica: situación actual y perspectivas", en Revista Reflexiones 84 (2).

_____. 2011. "La importancia de la generación endógena de conocimiento científico para el sistema ciencia-tecnología-innovación". En: González y Gutiérrez (eds.).

Lomonte, B. y Ainsworth, S. 2000. Desarrollo científico en Costa Rica: un análisis bibliométrico a través del SCI: 1980-1998. Memoria de la Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica. San José: Academia Nacional de Ciencias.

Macaya, G. 2010. "Las comunidades científicas pequeñas". En: Santelices (coord.).

Micitt. 2014. Indicadores Nacionales Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica 2012. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Moed, H.F. 2005. Citation analysis in research evaluation. Nueva York: Springer.

Nielsen, V. y Azofeifa, A. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

OCDE. 2012. OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2012-en>.

Ricyt. 2011. El Estado de la Ciencia: Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos. Santiago: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología –Iberoamericana e Interamericana–.

Santelices, B. (coord.). 2010. Educación Superior en Iberoamérica: informe 2010: "El rol de las universidades en el desarrollo científico y tecnológico". Santiago: Cinda y Universia.

Sanz-Casado, E. 2011. "La ciencia costarricense en el contexto latinoamericano: una visión crítica a partir de la base de datos *Web of Science*". En: <http://latindex.ucr.ac.cr/docs/Presentacion_costa%20ricavslatinoamerica.pdf>.

Smith, E. 2010. The Productivity of Science. Washington: IDB.

The Royal Society. 2011. Knowledge, networks and nations: global scientific collaboration in the 21st century (RS policy document 03/11). Londres: The Royal Society.

Ulate, A. y Fallas, A. 2011. Investigación y desarrollo en la Universidad de Costa Rica. San José: Observatorio del Desarrollo, UCR.

Entrevistas y comunicaciones personales

Macaya, G. 2013. Investigador, CIBCM, UCR.

Moya-Anegón, F. 2014. Director, Grupo SCImago.

Créditos

La preparación de esta pregunta estuvo a cargo de María Santos.
Los procesamientos de información los efectuó Ivania García.
La edición técnica fue realizada por Jorge Vargas Cullell.

Notas

1 Para elegir la base de datos se analizaron los componentes de las principales plataformas disponibles para estudios bibliométricos: *Web Of Science* y *Scopus*. Nielsen y Azofeifa (2013) realizaron una comparación y encontraron que, si bien en términos generales ambas permiten evaluar las mismas variables, hay ciertas diferencias entre ellas en cuanto a los indicadores y las agrupaciones de las áreas temáticas. En el país se han efectuado análisis bibliométricos previos (entre ellos, Lomonte y Ainsworth, 2000 y Córdoba et al., 2012) basados en uno u otro índice. Sin embargo, en la literatura nacional e internacional de los últimos años se observa una inclinación por la base *Scopus*. Cabe destacar que un estudio independiente sobre la producción de conocimiento científico de Costa Rica en el contexto latinoamericano, a partir de la base de datos *Web Of Science* y para el mismo período del presente trabajo (Sanz-Casado, 2011), llegó a resultados muy similares.

2 Hay que tener en cuenta que, en los últimos años, *Scopus* ha ampliado su cobertura de revistas latinoamericanas, por lo que el aumento en las publicaciones a lo largo del tiempo se refleja en estos resultados. Esta tendencia también se observa en los registros de la plataforma *Web Of Science*.

3 El estudio se apoya mayoritariamente en la plataforma Scopus. Sin embargo, en ciertos casos se recurre a *Web Of Science* para extraer algunos indicadores bibliométricos exclusivos de ese índice.

4 La diferencia para ese año asciende a sesenta artículos.

5 Colombia reporta una tasa cercana al 10% para el período 2001-2007 (Colciencias, 2008). Sin embargo, este dato abarca todas las áreas de conocimiento, en tanto que las publicaciones costarricenses, según se indicó, se restringen a las relacionadas con ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías, con excepción de algunos análisis, debidamente identificados, en los que se hizo un abordaje general.

6 El porcentaje de coautoría internacional de Costa Rica está por encima del promedio de la OCDE y de una muestra de países de Latinoamérica y el Caribe, aunque es menor si se compara con el resto de las naciones centroamericanas, exceptuando a El Salvador.

7 En este análisis se procedió de tal que forma que, cuando en una publicación figuraban dos o más instituciones de un mismo país, se contabilizó un solo registro para ese país.

8 Un estudio sobre la coautoría internacional de varios países encontró que hay un aumento generalizado en el tiempo, aunque con diferencias en el grado de incremento. Así por ejemplo, en contraste con países más desarrollados o en rápido desarrollo, las naciones más pequeñas y en proceso de desarrollo colaboran a una tasa más alta. De acuerdo con el estudio, estas diferencias reflejan la intensidad de la investigación, la disponibilidad de recursos y la escala de la comunidad de investigadores de cada país (The Royal Society, 2011) y se ha reportado una correlación negativa entre el porcentaje de cooperación internacional en publicaciones de Iberoamérica y la inversión en I+D (Santelices, 2010).

9 Macaya (2010) afirma que en los países de Iberoamérica se ha podido documentar una débil correlación positiva (R^2=0,107) entre el gasto por investigador y la productividad medida en publicaciones por investigador.

10 El modelo de regresión local ajusta en forma no paramétrica la relación más cercana entre dos variables, en este caso producción de conocimiento y PIB per cápita.

11 Cabe señalar la alta repercusión que tiene en este resultado el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, una dependencia de Estados Unidos con sede en Panamá, que representa el 66,6% de la producción de ese país (1.710 artículos en *Scopus*; Córdoba et al., 2012).

12 La idea de expresar las publicaciones de Q1 por millón de dólares del PIB (PPA) tiene la finalidad de tomar en consideración el tamaño y la riqueza relativa de cada país.

PREGUNTA 3

¿Es Costa Rica un país líder en América Latina en **la apropiación del conocimiento tecnológico?**

Conceptos clave

Patentes

Exportaciones de alta y media tecnología

Encadenamientos productivos

Apropiación de conocimiento

Situación del país

Es líder en producción de patentes por habitante y exportaciones de contenido tecnológico, pero el aporte del tejido productivo local es mínimo.

Importancia del tema

La prosperidad futura del país demanda un cambio en el estilo de desarrollo basado en la acumulación de capital –físico y humano– y en la eficiencia de sus procesos, para avanzar hacia un aumento sustantivo de la productividad mediante una mayor apropiación del conocimiento tecnológico.

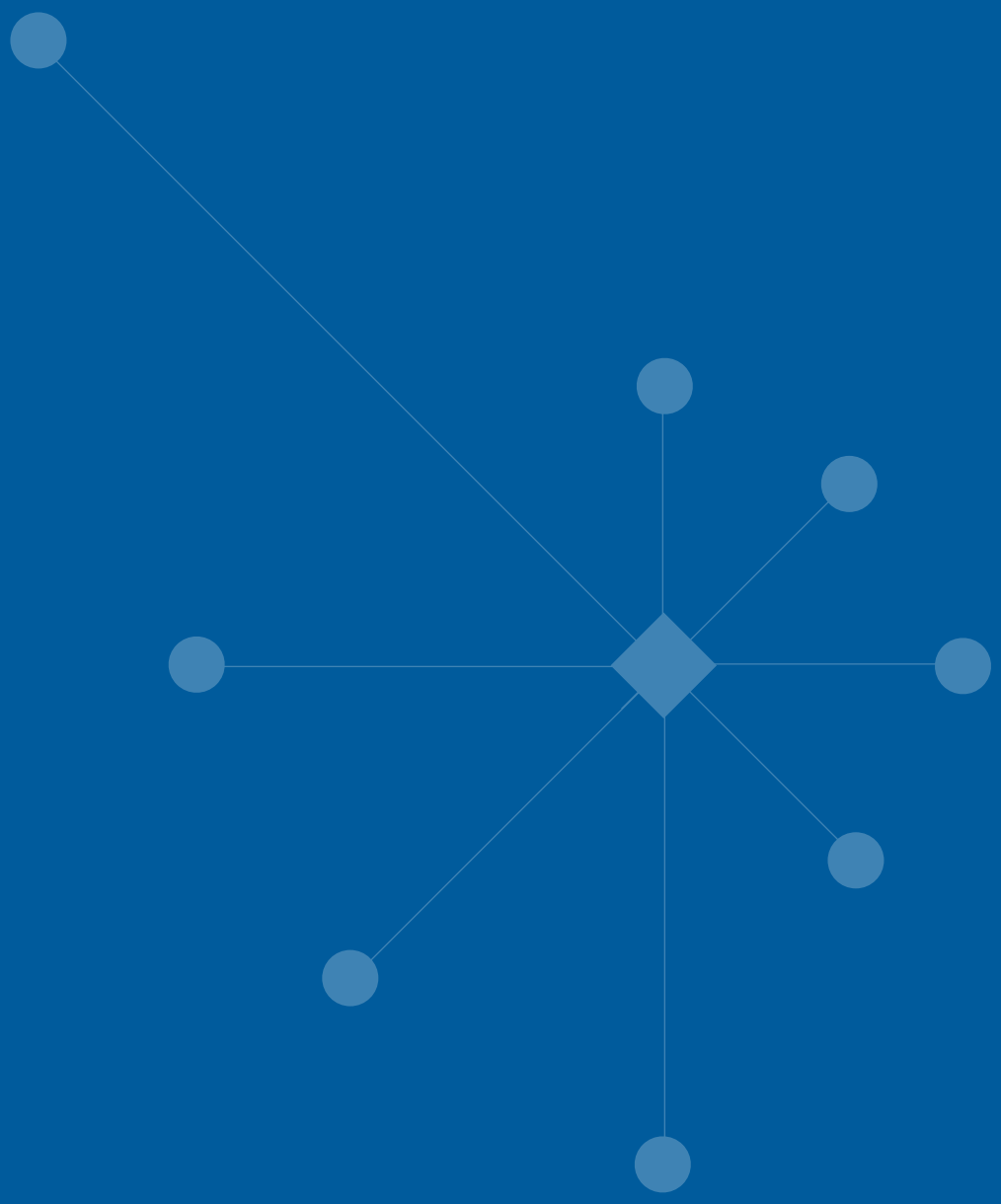
Implicaciones de política pública

Políticas públicas de nueva generación, que articulen la estrategia comercial vigente con acciones de fomento a la innovación dirigidas a aumentar la sofisticación tecnológica del tejido empresarial.

Investigaciones de base

Nielsen, V. y Azofeifa, A. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Padilla, R. y Alvarado, J. 2014. Desempeño exportador y heterogeneidad estructural en Costa Rica (Serie Aportes para el Análisis del Desarrollo Humano Sostenible 12). San José: PEN.



Importancia del tema

Para emular el notable desarrollo económico y social alcanzado por otras naciones pequeñas, como Irlanda, Finlandia y Singapur, Costa Rica debe crecer, de manera sostenida, a un ritmo superior al que ha venido registrando en las últimas tres décadas. Según la literatura reciente, tal salto no es posible a menos que el país cambie su estilo de desarrollo, basado fundamentalmente en la acumulación de capital físico y humano, así como en la eficiencia de los procesos. Se requiere un aumento sustantivo en la productividad, mediante una mayor apropiación del conocimiento tecnológico y su aplicación a los procesos productivos (Monge, s.f.).

Un factor clave para el incremento de la productividad es la capacidad del tejido empresarial para transformar el conocimiento tecnológico en productos que los consumidores locales y globales necesiten, deseen y estén dispuestos a adquirir.

Hallazgos relevantes

- **Costa Rica es líder en América Latina y el Caribe en la generación de patentes por habitante, pero casi todas ellas han sido otorgadas a extranjeros. El número de patentes concedidas a costarricenses no supera las dos por año.**
- **La tasa de autosuficiencia (relación entre las patentes solicitadas por nacionales y el total de patentes solicitadas), considerada como un predictor del nivel de desarrollo industrial de los países, descendió de 0,09 a 0,03 entre 2001 y 2011.**
- **La estructura del comercio exterior de Costa Rica refleja importantes avances en la intensidad tecnológica. En 1990, el 57,6% de las exportaciones de bienes correspondía a productos primarios y un 9,3% a manufacturas de tecnología media y alta. En 2012 estas últimas ascendieron a 44%.**
- **En términos de exportaciones de alta y media tecnología, Costa Rica supera a países de su mismo estadio de desarrollo en América Latina y el Caribe, así como a aquellos que, en el resto del mundo, tienen un ingreso per cápita similar.**
- **Las exportaciones de manufacturas de media y alta tecnología son poco intensivas en conocimientos (I+D y diseño) y más intensivas en escala y mano de obra no calificada (ensamblaje y montaje).**
- **El conocimiento tecnológico de alcance global, que se difunde a través de las compañías ubicadas en zonas francas, no está siendo efectivamente incorporado por el resto del tejido productivo nacional, tal como sugieren los escasos encadenamientos que generan las exportaciones de alta y media tecnología, así como la mínima participación de las empresas locales en esa actividad.**

Metodología

Las dimensiones consideradas en el estudio sobre el desempeño del país en la creación, difusión y apropiación del conocimiento tecnológico son:

- Análisis descriptivo de la serie temporal de las patentes solicitadas y otorgadas por la vía del Tratado de Cooperación en materia de Patentes, que administra la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), considerando si fueron gestionadas por residentes de Costa Rica o no.

- Análisis comparativo del desempeño en las solicitudes de patentes nacionales con respecto a América Latina, el Caribe y otros países en el mismo estadio de desarrollo según la clasificación del Foro Económico Mundial.

- Estructura de las exportaciones, con énfasis en los bienes de medio y alto contenido tecnológico[1]. Análisis comparativo del desempeño nacional con respecto a América Latina, el Caribe y otros países del mundo en el mismo estadio de desarrollo según la clasificación del Foro Económico Mundial.

Fuentes de información

La información de base para realizar el presente análisis se obtuvo de tres fuentes principales: la Oficina de Patentes del Registro de Propiedad Industrial, perteneciente al Registro Nacional (patentes solicitadas y otorgadas en Costa Rica), la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI; clasificación de las patentes por sector tecnológico) y la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología –Iberoamericana e Interamericana– (Ricyt; comparación de patentes entre países). Con fines comparativos también se utilizó la serie de indicadores publicada por el Micitt (2014), pese a algunas limitaciones que se comentan más adelante.

Otra información relevante fue obtenida de fuentes secundarias, como los registros de exportaciones y encadenamientos productivos de la Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (Procomer). También se empleó el Sistema Interactivo Gráfico de Datos de Comercio Internacional (Sigci) de la Cepal, en el cual se clasifican las exportaciones según intensidad tecnológica, con base en la categorización propuesta por Lall (2000). Finalmente, se consultó el *Informe Global de Competitividad 2013-2014*, del Foro Económico Mundial (FEM), para conocer la clasificación de los países según su estadio de desarrollo. De acuerdo con ese Informe, Costa Rica se encuentra en la fase de transición entre las etapas 2 y 3[2] , lo cual significa que se ubica a mitad de camino entre las economías guiadas por la eficiencia y las sustentadas en la innovación (FEM, 2013).

Conceptos clave

- **Patente:** título de protección jurídica de una invención, concedido por una oficina nacional (o una oficina regional actuando por cuenta de varios países) previa solicitud y a condición de que se hayan cumplido ciertas condiciones jurídicas. La patente crea una situación jurídica en la que la invención protegida normalmente solo puede explotarse con autorización del titular. La protección está limitada en el tiempo (por regla general, su duración es de quince a veinte años a partir de la fecha de presentación de la solicitud o la concesión del título). También está restringida al territorio del país o los países interesados (OMPI, 2013).

- **Apropiación del conocimiento:** efectiva incorporación del conocimiento científico y tecnológico mediante su creación, transferencia y adaptación a los procesos productivos. En este estudio se asume que esto ocurre cuando se cumplen dos condiciones: i) el país es sede de compañías que realizan procesos productivos de alto contenido tecnológico, cuyo desempeño exportador representa un porcentaje significativo de la actividad económica, y ii) la operación de esas compañías contribuye a un aumento en la sofisticación tecnológica de las empresas locales, el cual se manifiesta en su aporte sustantivo a la generación de patentes y a las exportaciones de base tecnológica.

- **Encadenamientos productivos:** relación de largo plazo que establecen unidades empresariales con el propósito de obtener beneficios conjuntos. El interés de las políticas públicas por promoverlos se sustenta en los beneficios económicos y sociales que se derivan de ellos, no en los encadenamientos *per se* (Matarrita, 2005).

Limitaciones

Se encontraron diferencias sistemáticas, aunque pequeñas, entre los datos de patentes reportados por el Micitt para el período 2008-2012 y la información del Registro Nacional, pese a que este último es la fuente utilizada por el Ministerio para generar sus indicadores en la materia. Para el 2008 la discrepancia se da en el total de patentes solicitadas, y para los años 2009 a 2012 en la participación de nacionales y extranjeros, sin afectar los valores totales. Se procurará coordinar con estas entidades los esfuerzos necesarios, de manera que en la próxima edición de este Informe se puedan presentar datos oficiales y definitivos sobre este tema.

Es importante considerar que, si bien la evolución del número de patentes es el indicador usado tradicionalmente para medir y comparar a nivel internacional los resultados de procesos de innovación, no todas las iniciativas de este tipo que se llevan a cabo en un país son patentables. Las empresas pueden optar por otros métodos de protección de la propiedad intelectual, como el secreto comercial o las técnicas de comercialización, según la tecnología de que se trate. No era parte de los objetivos de este trabajo reunir información sobre esos otros métodos, por lo que el panorama que aquí se describe es una aproximación parcial al tema de la apropiación del conocimiento tecnológico en la producción costarricense.

En el tema de encadenamientos productivos, los registros de Procomer solo consideran los que esa entidad ha generado y las estadísticas corresponden a la primera vez que se lleva a cabo un negocio, es decir, no contabilizan la interacción posterior entre las empresas.

Principales resultados

Patentes

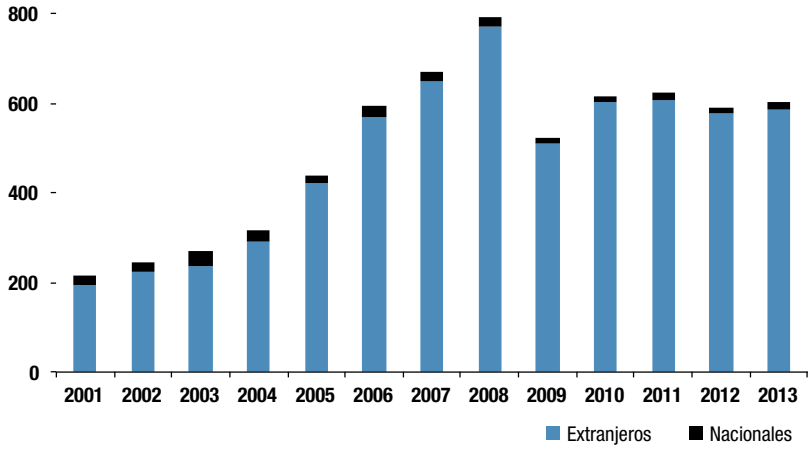
Entre 2001 y 2013 el número de solicitudes de patentes[3] en Costa Rica pasó de 214 a 605, lo que representa un crecimiento de 182,7%. Esta tendencia es congruente con la observada en otros países de América Latina durante el período 1990-2007[4]. Cabe señalar que en la primera década de este siglo hubo una mejora de la legislación costarricense sobre propiedad intelectual, lo que probablemente incidió en el aumento de solicitudes. Sin embargo, con la información disponible no es posible afirmar que existe una relación causal entre estos factores.

El aporte real de los costarricenses en las solicitudes de patentes es mínimo y ha desmejorado con el tiempo: pasó de representar un 8,9% del total en 2001 a tan solo un 3,5% en 2013 (gráfico 3.1). La tasa de autosuficiencia (relación entre las patentes solicitadas por nacionales y el total de patentes solicitadas) descendió de 0,09 a 0,03 entre 2001 y 2011, tendencia que se repite, aunque con distinta intensidad, en Latinoamérica y el Caribe. En promedio, la tasa de la región decreció durante el período considerado, de 0,18 a 0,16, mientras que en Estados Unidos se mantuvo en alrededor de 0,53[5] . Las diferencias entre el número de patentes solicitadas por nacionales y extranjeros se considera un indicador de los niveles de desarrollo industrial de los países.

Las patentes otorgadas entre 2005 y 2013 aumentaron a un ritmo mayor que las solicitudes; pasaron de 12 a 106. Al igual que con las solicitudes, casi todas las patentes fueron concedidas a extranjeros, mientras que las de costarricenses no superaron las dos por año (gráfico 3.2). Existen tres tipos de patentes: de invención, modelos de utilidad y diseños industriales. La mayoría de los títulos otorgados, tanto

Gráfico 3.1

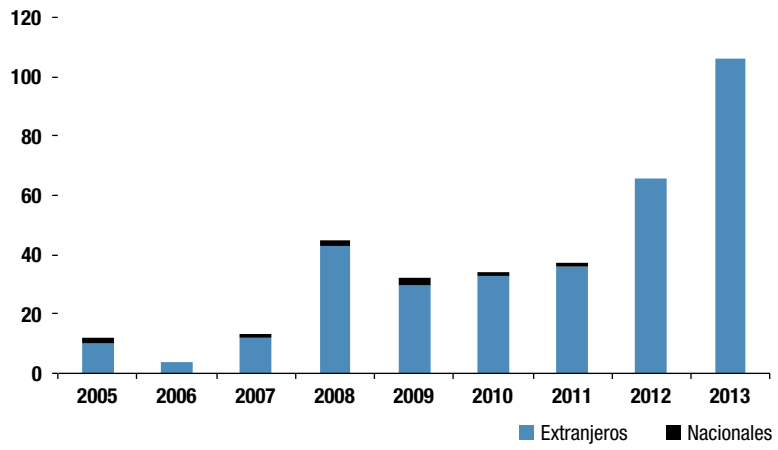
Patentes de invención solicitadas por nacionales y extranjeros



Fuente: Elaboración propia con datos de la Oficina de Patentes del Registro de Propiedad Industrial.

Gráfico 3.2

Patentes de invención otorgadas a nacionales y extranjeros



Fuente: Elaboración propia con datos de la Oficina de Patentes del Registro de Propiedad Industrial.

Cuadro 3.1

Distribución porcentual de las solicitudes de patentes por sector tecnológico[a/]. 2008-2012

Sector	Porcentaje
Química de alimentos	10,6
Componentes mecánicos	8,8
Ingeniería Civil	8,3
Productos farmacéuticos	7,4
Tecnología médica	7,2
Mobiliario, juegos	6,3
Otra maquinaria especial	5,8
Dispositivos manuales de impresión	4,9
Química de materiales	4,9
Transporte	3,8
Otros	32,0
Total	**100,0**

a/ Con base en la Clasificación Internacional de Patentes y Schmoch, 2008.

Fuente: Elaboración propia con datos de OMPI, 2014b.

a extranjeros como a nacionales, corresponde a patentes de invención.

Las solicitudes de patentes por sector tecnológico se distribuyen principalmente en química de alimentos (10,6%), componentes mecánicos (8,8%), ingeniería civil (8,3%), productos farmacéuticos (7,4%), tecnología médica (7,2%), mobiliario y juegos (6,3%), entre otros[6] (cuadro 3.1).

Costa Rica es signataria del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT, por su sigla en inglés), el cual ratificó en 1998 (Ley 7836). Ese tratado permite a los inventores costarricenses o radicados en el país acceder a otra modalidad de protección de propiedad intelectual administrada por la OMPI, que consiste en presentar una única solicitud de patente que tiene efecto simultáneamente en varios países. Entre 2001 y 2013 las patentes gestionadas por esta vía oscilaron entre el 74% y el 94% del total de solicitudes (gráfico 3.3).

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación a Empresas 2012, realizada por el Micitt (2014), únicamente un 2,5% de las empresas consultadas ha obtenido patentes, ya sea en el país o en el exterior. Además de Costa Rica, estas han sido otorgadas en otras naciones centroamericanas y en Estados Unidos. Una proporción muy pequeña de las empresas (9,3%) recibió apoyo de las universidades para lograr este propósito.

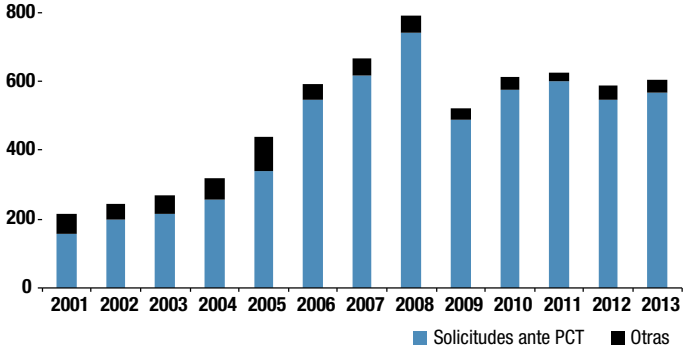
Costa Rica ocupa una posición de liderazgo en América Latina y el Caribe según la producción de patentes por cada 100.000 habitantes (gráfico 3.4). Sin embargo, se observa un aumento de la brecha que la separa de los países cuyas economías se basan en la innovación (estadio 3 de desarrollo, según la clasificación del Foro Económico Mundial), como Japón, Estados Unidos, Corea del Sur y Finlandia, pues sus resultados del período 2005-2009 revelan una desmejora con respecto al quinquenio 1995-1999 (BID, 2011).

El liderazgo de Costa Rica en patentes otorgadas se desvanece cuando se considera el porcentaje de solicitudes presentadas por nacionales. En tal caso su posición desmejora de modo significativo: únicamente supera a Guatemala y es casi nueve veces menor que el promedio de América Latina y el Caribe (gráfico 3.5; Ricyt, 2011).

El país también obtiene resultados desfavorables cuando se relaciona el número de patentes con la producción esperada según su nivel

Gráfico 3.3

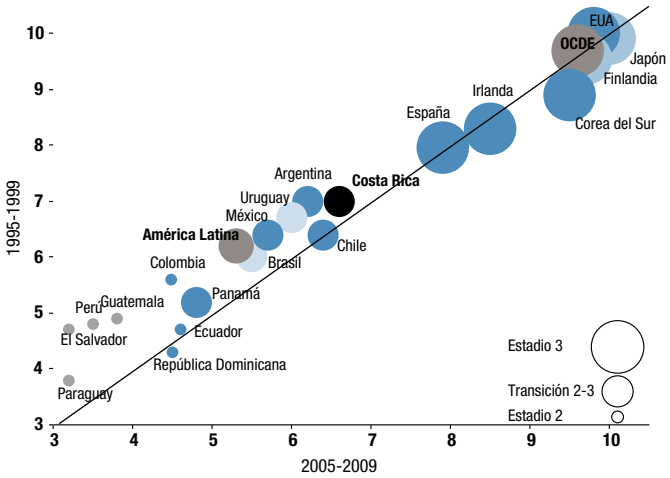
Solicitudes de patentes presentadas en Costa Rica, total y por la vía del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT)



Fuente: Elaboración propia con datos de la Oficina de Patentes del Registro de Propiedad Industrial.

Gráfico 3.4

Países seleccionados: patentes por cada 100.000 habitantes[a/], según estadio de desarrollo[b/]

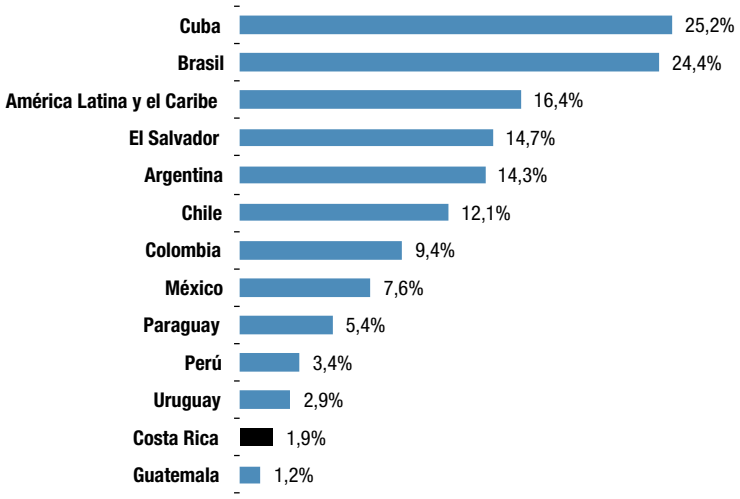


a/ Según una clasificación normalizada en una escala de 0 a 10. Esta se obtiene al dividir los valores del número de patentes por 100.000 habitantes de cada país entre el valor más alto del grupo, en este caso Japón, y multiplicarlos por 10. Si el país se ubica por debajo de la línea diagonal que cruza el gráfico, significa que su posición según este indicador mejoró en el período en 2005-2009 con respecto a 1995-1999; lo contrario sucede si el país se encuentra por encima de la línea diagonal.
b/ De acuerdo con la clasificación del Foro Económico Mundial.

Fuente: Elaboración propia con base en BID, 2011 y FEM, 2013.

Gráfico 3.5

América Latina: porcentaje de patentes solicitadas por los nacionales de cada país. 2011



Fuente: Elaboración propia con base en datos de Ricyt, 2014.

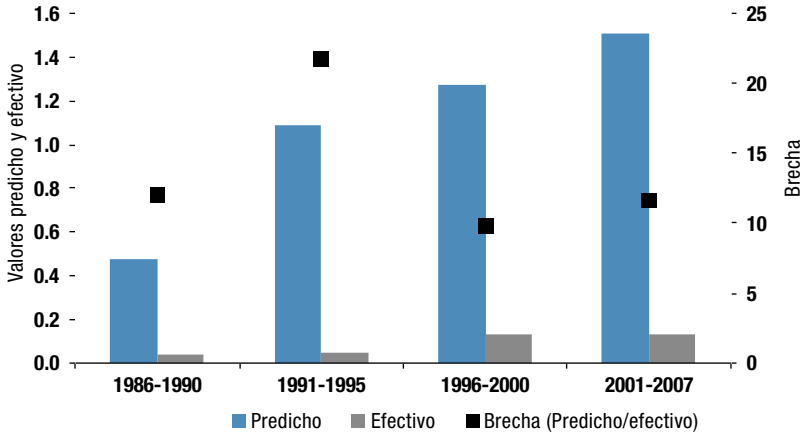
de desarrollo. Al aplicar un método de regresión local[7] a estas dos variables, Crespi et al. (2010) encontraron un rezago significativo y, además, un deterioro de esta relación en el tiempo. En el último período analizado (2001-2007), Costa Rica produjo doce veces menos de lo que se habría esperado de acuerdo con su nivel de desarrollo (gráfico 3.6), en contraste con una diferencia de diez veces en el quinquenio 1996-2000 (Crespi et al., 2010).

Exportaciones de alta y media tecnología

Una segunda manera de aproximarse al tema de la apropiación del conocimiento consiste en analizar la dinámica de las exportaciones de medio y alto contenido tecnológico, así como los encadenamientos creados entre las compañías que las realizan y los proveedores locales de insumos y servicios. El supuesto básico es que, de existir, esos vínculos contribuirían a aumentar la productividad del país mediante la absorción y adaptación de nuevas tecnologías por parte de las empresas locales.

Gráfico 3.6

Brechas en la producción de patentes por 100.000 habitantes, según valores efectivo y predicho[a/]

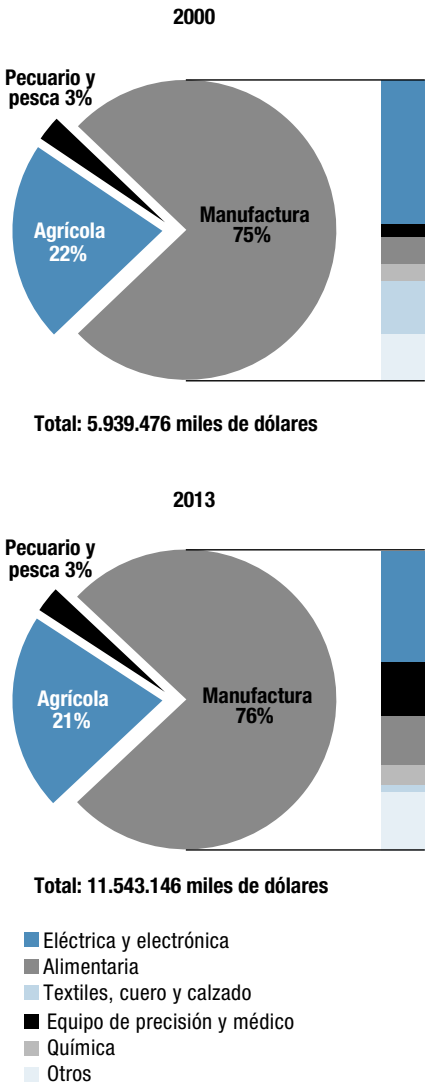


a/ Las brechas se determinaron a partir de los valores de la producción efectiva y la producción esperada (predicha) según el nivel de ingreso del país, en términos del PIB per cápita.

Fuente: Elaboración propia con base en Crespi et al., 2010.

Gráficos 3.7

Composición de las exportaciones de bienes de Costa Rica



Fuente: Elaboración propia con datos de Procomer.

Costa Rica es reconocida internacionalmente como una economía abierta y un exportador agresivo. En 2013, sus ventas externas totales (bienes y servicios) ascendieron a 17.499,1 millones de dólares, de los cuales la mayor parte correspondió a bienes (11.543 millones de dólares) y el 34% a servicios (5.956 millones de dólares; Comex, 2014). Esta última cifra da cuenta de la importancia relativa que han ganado las exportaciones de servicios, que en el año 2000 representaron un 27,6% del total de ventas externas del país. Este dinamismo ha sido impulsado por los llamados "otros servicios", en particular los de informática e información, que en 2012 aportaron 1.831 millones de dólares en exportaciones (Padilla y Alvarado, 2014).

Al considerar solo el comercio de bienes, se observa que la industria manufacturera duplicó sus exportaciones en el período 2000-2013, al pasar de 4.498 a 8.771 millones de dólares. La distribución se mantuvo prácticamente constante entre la manufactura (75,2%), los bienes agrícolas (22,1%) y los pecuarios y de pesca (2,7%). Entre las manufacturas hubo una notable recomposición en términos de la intensidad tecnológica de las exportaciones, pues ganaron peso los equipos y dispositivos médicos (intensidad media), en detrimento de los circuitos integrados y las microestructuras electrónicas (intensidad alta) y los textiles y prendas de vestir (intensidad baja; gráficos 3.7).

Esta recomposición se aprecia también en la estructura general de las exportaciones de bienes. En 1990, el 57,6% de ellas correspondía a productos primarios y un 9,3% a manufacturas de tecnología media y alta. En 2012 esas proporciones pasaron a ser de 24,7% y 43,7%,

respectivamente (gráfico 3.8). Esta es, en principio, una evolución favorable desde el punto de vista de la incorporación de nuevas tecnologías en los procesos productivos del país.

Cuando se examina la intensidad tecnológica de las exportaciones es inevitable mencionar a la multinacional Intel, cuya decisión de instalarse en el país, en 1996, modificó la estructura de la oferta exportable. Las ventas de esa compañía, que corresponden a productos de alta tecnología, representaron entre el 20% y el 30% del total de manufacturas exportadas en el período 2000-2013 (gráfico 3.9). Sin embargo, la importancia de Intel va más allá de su actividad propia, pues abrió el camino para que otras empresas de alta tecnología también decidieran establecerse en Costa Rica.

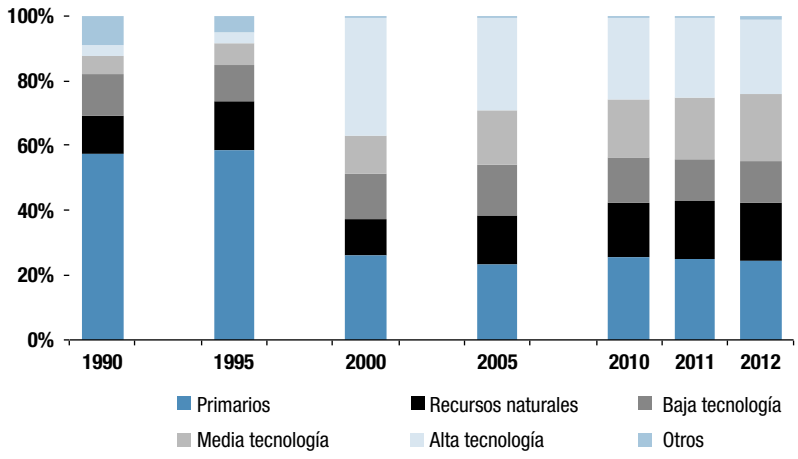
Es importante acotar que la intensidad tecnológica de las exportaciones difiere considerablemente según los socios comerciales. Las ventas a Estados Unidos están concentradas en manufacturas de alta y media tecnología (45,8%). En contraste, las enviadas a países europeos como el Reino Unido, Alemania e Italia están dominadas por bienes primarios. Las exportaciones al Mercado Común Centroamericano corresponden en su mayor parte a manufacturas de baja tecnología (22,7%) y manufacturas basadas en recursos naturales (37,9%; Padilla y Alvarado, 2014).

Desde una perspectiva comparada Costa Rica ostenta una posición muy favorable, pues su desempeño en la exportación de bienes de alta tecnología es superior al de las economías que tienen un ingreso per cápita similar. En este resultado ciertamente incide la empresa Intel, pues su inclusión o exclusión en el análisis altera de modo sustancial la intensidad tecnológica de las exportaciones (gráfico 3.10). Sin embargo, el desempeño de Costa Rica estaba por encima de su valor esperado aun antes del inicio de operaciones de Intel, en 1996 (Crespi et al., 2010).

Costa Rica también ocupa un lugar satisfactorio cuando se compara con países que se encuentran en el mismo estadio de desarrollo, según la clasificación del Foro Económico Mundial. Para el período 1990-2013 se ubica por encima del resto de América Latina y el Caribe, con excepción de México y Panamá, en la estructura de exportaciones de media y alta base tecnológica (gráfico 3.11). Y al compararse con naciones cuyas economías se basan en la innovación, la estructura de Costa Rica se ase-

Gráfico 3.8

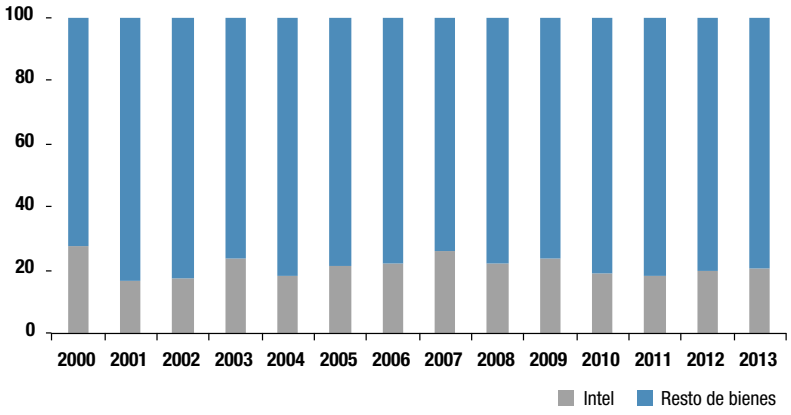
Distribución porcentual de las exportaciones de bienes, según la intensidad de la tecnología incorporada



Fuente: Elaboración propia con datos de Sigci, de la Cepal.

Gráfico 3.9

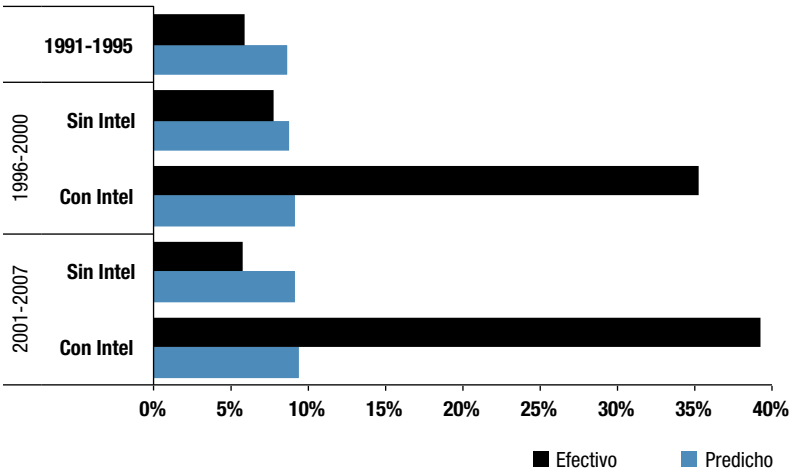
Exportaciones de Intel desde Costa Rica, como porcentaje de las exportaciones totales de bienes



Fuente: Elaboración propia con datos de Procomer.

Gráfico 3.10

Brechas[a/] en los resultados de las exportaciones de alta tecnología, según valores efectivo y predicho, con y sin Intel[b/]



a/ Las brechas se determinaron a partir de los valores de las exportaciones efectivas y las exportaciones esperadas (predichas) según el nivel de ingreso del país, en términos del PIB per cápita.
b/ Debido a la importancia de Intel, a partir del año 1996 las exportaciones de alta tecnología se comparan con y sin la participación de esa empresa.

Fuente: Elaboración propia con base en Crespi et al., 2010.

meja a la de Finlandia, aunque se mantiene por debajo de Suecia y Corea del Sur.

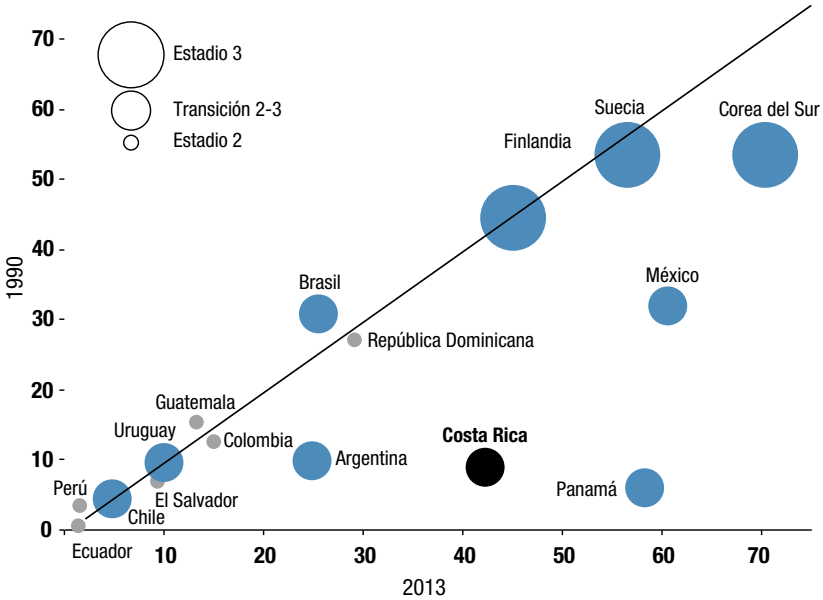
De manera análoga al desempeño en la generación de patentes, los logros en el rubro de exportaciones de alta y media tecnología no corresponden a un esfuerzo de empresas locales. Se trata sobre todo de un fenómeno inducido por firmas multinacionales.

Dualidad de la economía marca la dinámica del aparato productivo

Un elemento que caracteriza la dinámica del aparato productivo costarricense es su marcada dualidad (PEN, 2011, 2012 y 2013). Por un lado está la "nueva economía", que aglutina a las actividades de agroexportación no tradicional, la industria manufacturera de zonas francas y los nuevos servicios (turismo y *back office*, entre otros) y por otro lado está la "vieja economía", a la cual pertenecen la agricultura para el mercado interno, la agroexportación y la industria tradicionales, todas establecidas antes de 1980. Entre esos dos polos hay un tercer sector, denominado "servicios de apoyo", que incluye al comercio, el sector público y otros servicios no especializados que brindan soporte tanto a la "nueva" como a la "vieja economía". En síntesis, la economía

Gráfico 3.11

Países seleccionados[a/]: participación de los bienes de media y alta tecnología en el total de exportaciones, según estadios de desarrollo



a/ Los datos de Argentina, Costa Rica, Finlandia, México y Perú son del año 2012.

Fuente: Elaboración propia con datos de exportaciones de Sigci, de la Cepal, y la clasificación de los países según estadios de desarrollo de FEM, 2013.

costarricense está conformada por segmentos que funcionan a dos velocidades: uno de ellos es dinámico e innovador, sobre todo en las empresas acogidas al régimen de zonas francas, y otro opera a un ritmo más lento.

En la "nueva economía", especialmente en los sectores de manufactura y nuevos servicios, prevalecen las empresas extranjeras, muchas de ellas con una alta productividad, en las cuales labora el 22,5% de la población ocupada (PEN, 2013). En la "vieja economía", en cambio, el parque empresarial (más numeroso) tiene niveles de productividad menores y evoluciona con lentitud. Lamentablemente no es posible estimar el peso de la "nueva" y de la "vieja" economía dentro de la producción costarricense, pues las cuentas nacionales aún no lo permiten.

Una perspectiva distinta, pero que también subraya la dualidad estructural de la economía costarricense, es la desarrollada por Crespi y Tacsir (2012) al estudiar el sistema nacional de innovación. Estos autores distinguen entre la "economía nacional" y las "zonas francas". En su análisis, que cubre la primera década del siglo XXI, señalan que en 2008 las zonas francas aportaron el 15% de las exportaciones totales y la economía nacional tan solo un 0,5% (cuadro 3.2). Este resultado se basa en Agosin et al. (2009), quienes examinaron la dinámica exportadora en términos de su capacidad de "autodescubrimiento"[8] y según regímenes aduaneros[9], durante el período 1996-2008. Lamentablemente, no ha sido posible actualizar este análisis con información más reciente. Sin embargo, se sabe que en los últimos cinco o seis años no han ocurrido modificaciones sustantivas en la estructura del aparato productivo y, en términos generales, hay serias dificultades para promover encadenamientos entre los sectores más dinámicos y el resto de la economía (recuadro 3.1).

¿Más información sobre la correspondencia entre las políticas públicas y la oferta de formación de profesionales en ciencia y tecnología?

Véase
• Preguntas 12 y 13 de este Informe

Cuadro 3.2

Productos "descubiertos" de las zonas francas y de la economía nacional. 1996-2008

Procedencia del producto	Número de productos descubiertos[a/]	Valor de exportaciones (dólares)		Total exportado (porcentaje)
		1996	2008	2008
Economía nacional	21	500.000	45.000.000	0,50%
Zonas francas	40	600.000	120.000.000	15%

a/ Se considera que un producto fue "descubierto" si sus exportaciones, habiendo sido menores a 100.000 dólares entre 1996 y 1997, llegaron a superar el millón de dólares en el bienio 2007-2008.

Fuente: Crespi y Tacsir, 2012.

Dictamen

Costa Rica es líder en América Latina y el Caribe en la producción de patentes por habitante y en las exportaciones de medio y alto contenido tecnológico. De estos positivos indicadores no puede concluirse, sin embargo, que el país sea un líder en la apropiación de conocimiento tecnológico para la producción nacional.

Otros datos clave ofrecen un panorama muy distinto: casi la totalidad de las patentes solicitadas y otorgadas en el país corresponden a extranjeros; el número de las otorgadas a costarricenses es uno de los más bajos de América Latina y, en general, el desempeño nacional en la producción de patentes por 100.000 habitantes está por debajo de lo que se esperaría en función de su nivel de desarrollo.

En las últimas décadas, de la mano de la IED se ha logrado consolidar una plataforma exportadora conformada por sectores ampliamente diversificados en cuanto a productos y destinos, así como por compañías multinacionales que laboran cerca de la frontera tecnológica, enfocadas en las exportaciones de medio y alto contenido tecnológico. No obstante, las cadenas de valor relacionadas con estas últimas han creado pocos vínculos con el aparato productivo local: las relaciones entre empresas suelen ser de carácter comercial y, en menor medida, de intercambio y generación de conocimiento. Unido a lo anterior, la insuficiente capacidad de

Recuadro 3.1

Limitaciones para una mayor vinculación de las empresas locales con las exportaciones de alta tecnología

A partir de los años ochenta, Costa Rica implementó una política de integración con la economía internacional basada en la promoción de exportaciones y la atracción de inversión extranjera directa (IED). En la década siguiente dio prioridad a la atracción de IED hacia sectores estratégicos de alta tecnología, como manufacturas avanzadas, dispositivos médicos y servicios. Desde el punto de vista del sistema de innovación nacional, se esperaba que las firmas extranjeras de esos sectores generaran encadenamientos con empresas nacionales, lo que a su vez mejoraría la productividad de estas últimas mediante la transferencia y adaptación de tecnologías productivas y de gestión empresarial.

Los encadenamientos suponen ventajas tanto para las empresas multinacionales como para las nacionales. Para las pymes locales representan la oportunidad de realizar exportaciones indirectas y, paulatinamente, convertirse en exportadoras directas, al tiempo que mejoran sus habilidades técnicas y capacidades tecnológicas, y amplían el mercado de sus productos (Sánchez, 2011). Para las compañías multinacionales, contar con una base robusta de proveedores locales incrementa la eficiencia de sus procesos productivos, sienta las bases para negocios de largo plazo y contribuye a su permanencia en el país.

Sin embargo en el caso de Costa Rica, aunque las principales cadenas globales de valor asociadas a las exportaciones de alto y medio contenido tecnológico tienen un mayor grado de sofisticación, generan empleos calificados[10] y pagan salarios por encima del promedio, presentan menos vínculos con las pymes locales que los sectores más tradicionales, como la industria alimentaria, el comercio y el turismo.

Se sabe que no toda la IED tiene el mismo potencial de generar encadenamientos productivos (Paus y Gallagher, 2008). En teoría, la inversión enfocada en productos de alto contenido tecnológico tiene un mayor potencial de "derrame" que la concentrada en productos de bajo contenido tecnológico. No obstante, en Costa Rica ese potencial se reduce fundamentalmente por dos razones; en primer lugar, las exportaciones de manufacturas de media y alta tecnología, en los sectores de electrónica y dispositivos médicos, no son intensivas en conocimiento (I+D y diseño), sino en escala y mano de obra no calificada (ensamble y montaje) y los aciertos en la selección de productos líderes no se traducen en procesos que favorezcan el acceso de la manufactura local (Padilla y Alvarado, 2014). En segundo lugar, las grandes transnacionales de media y alta tecnología han desarrollado una red global de proveedores dentro de sus propias estructuras, y una alta proporción de su producción es "internalizada" entre los afiliados a esa red.

Pese a estas limitaciones, Costa Rica ha experimentado cierto progreso en este ámbito. Las iniciativas promovidas por la Dirección de Encadenamientos para la Exportación de Procomer (antes Costa Rica Provee) aumentaron de una en el año 2001, a 250 en el 2011 (gráfico 3.12). Además, se han identificado resultados positivos para las empresas locales involucradas (Monge y Rodríguez, 2013). No obstante, el volumen del negocio generado por los encadenamientos es aún reducido (13,4 millones de dólares en 2012) con respecto a la magnitud de las operaciones de las firmas extranjeras en el país. Lamentablemente, se desconoce qué proporción de esos encadenamientos corresponde a los sectores de media y alta tecnología.

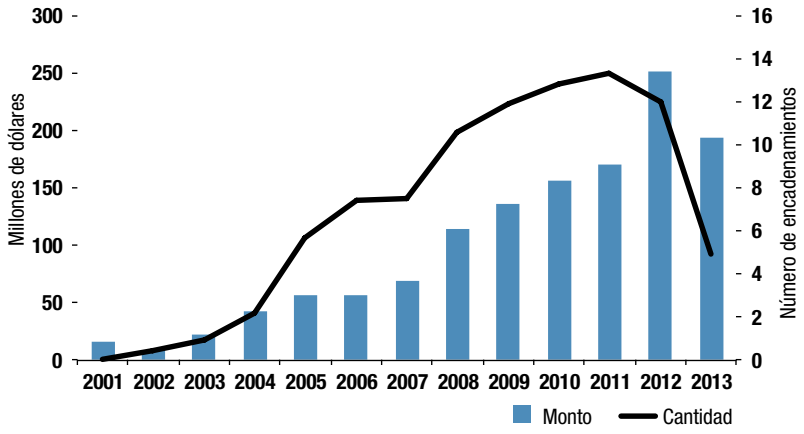
Desde el punto de vista de las empresas extranjeras, los principales obstáculos para impulsar mayores encadenamientos se asocian a deficiencias en la capacidad de absorción y la productividad de las empresas locales, así como a un débil apoyo público. Los proveedores tienen dificultades para ofrecer productos y servicios que cumplan con los estándares y normas técnicas exigidos por sus posibles clientes o carecen de certificaciones internacionales (que en algunas industrias, como la de dispositivos médicos y la aeroespacial, son un requisito para entrar al mercado) y para acceder al financiamiento (capital o crédito) que les ayudaría a subsanar esos problemas (Cepal, 2014a).

En conclusión, en Costa Rica los encadenamientos productivos son escasos debido a que las empresas exportadoras utilizan en mayor proporción insumos importados. Además, las actividades más modernas y vinculadas al sector externo generan mucho menos empleos que las ramas productivas más tradicionales y vinculadas al mercado interno (PEN, 2012). Por ello, si bien la atracción de IED ha tenido el efecto de incrementar el valor de las exportaciones del país como un todo, su capacidad para impulsar procesos de crecimiento acumulativo, así como de reducir la heterogeneidad estructural de la economía, parece limitada.

Fuente: Elaboración propia con información de Procomer; Paus y Gallagher, 2008; Cepal, 2014a; Padilla y Alvarado, 2014; PEN, 2012; Monge y Rodríguez, 2013 y Sánchez, 2011.

Gráfico 3.12

Cantidad y monto de los encadenamientos[a/] generados por Procomer
(monto en millones de dólares)



a/ Se refiere a la totalidad de los encadenamientos generados por Procomer en los sectores de empaque, embalaje y etiquetado, metalmecánica, servicios de administración, suministros, servicios de producción, plásticos, materias primas, infraestructura y equipo industrial, y exclusivamente a los relacionados con las cadenas de valor de alta y media tecnología.

Fuente: Sánchez, 2011.

absorción tecnológica de las empresas locales y el escaso apoyo público contribuyen a que el valor agregado nacional a esas exportaciones sea limitado (Padilla et al., 2013; Cepal, 2014a).

Como parte del proceso antes descrito, Costa Rica destaca por su éxito en la difusión de tecnología. Sin embargo, ha faltado una estrategia de desarrollo que articule ese esfuerzo con una sostenida y suficiente inversión en I+D y con políticas públicas de apoyo a la innovación en las pymes. En consecuencia, más allá de ciertos sectores modernos, en vastos segmentos del aparato productivo las empresas locales muestran rezagos en su capacidad de crear y adaptar el conocimiento tecnológico. El resultado ha sido la heterogeneidad productiva y social.

En resumen, Costa Rica muestra un "desempeño paradójico" (Ulate y Fallas, 2011)[11] ya que ha sido exitosa en la difusión de conocimiento tecnológico pero, al mismo tiempo, registra una baja producción de ese tipo de conocimiento. Tal paradoja es un indicio de que los logros obtenidos gracias a las políticas de apoyo a las exportaciones de medio y alto contenido tecnológico no son sostenibles. Tampoco producirán los beneficios esperados en términos de competitividad y bienestar, si no se apoyan en la creación de capacidades que se traduzcan en un sistema de ciencia, tecnología e innovación pujante y articulado, en el cual el país no ha invertido lo suficiente.

Implicaciones

El desarrollo de estrategias para crear y aplicar conocimiento científico y tecnológico en las actividades productivas es un desafío pendiente en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe. Interesa, en particular, que estas no se apliquen solo al sector manufacturero, sino también al sector primario y a la gestión de los servicios públicos. Del mismo modo, el desarrollo de estrategias para vincular la I+D con las demandas sociales es otro reto específico para la política científica y tecnológica de la región (Albornoz, 2011).

Con la reforma a la Ley de Zonas Francas, de 2009, Costa Rica ha dado algunos pasos para aumentar sus capacidades de apropiación del conocimiento tecnológico y promover una mayor sofisticación productiva de las empresas locales, aprovechando las oportunidades que ofrece la IED. Así por ejemplo, con el fin de estimular la vinculación entre ese régimen y el

resto de la economía, se otorgan incentivos a las empresas locales que destinen un 40% o más de sus ventas a compañías de zonas francas, las cuales podrían incorporarse a esa modalidad sin tener que estar ubicadas en los sectores estratégicos estipulados en la Ley (véase Comex, 2010). También se otorgan créditos fiscales por los gastos que se dediquen a entrenamiento y capacitación en micro, pequeñas y medianas empresas proveedoras de las firmas de zonas francas.

Sin embargo, estudios recientes auspiciados por el Programa Estado de la Nación reconocen que estos incentivos son insuficientes y subrayan la necesidad de formular políticas públicas de nueva generación que engloben la política comercial implementada y, a la vez, promuevan las transformaciones estructurales y los encadenamientos entre los sectores más dinámicos y el resto del aparato productivo nacional (Martínez y Hernández, 2012). Entre otras opciones se plantea la optimización del diseño y cuantía de los mecanismos para el fomento a la innovación, así como la creación de nuevos instrumentos de cooperación y vinculación tecnológica, como parques empresariales intensivos en conocimiento y actualización de los servicios tecnológicos de los centros de investigación universitaria (Maggi et al., 2012; Adamson, 2012).

Frontera de investigación

En un segundo ejercicio convendrá estudiar con más profundidad el valor agregado de las exportaciones nacionales. Para tal efecto, y ante la falta de una medición más precisa de esa variable, Padilla y Alvarado (2014) sugieren usar el "índice de comercio industrial", el cual se basaría en "matrices de insumo-producto o en una desagregación detallada de la compra de insumos y bienes intermedios por parte de las empresas exportadoras". Asimismo, interesa monitorear la participación relativa de la economía nacional en las exportaciones de medio y alto contenido tecnológico.

Referencias bibliográficas

Adamson, M. 2012. "Interrelación universidad-sector productivo y endogenización de la I+D: grandes desafíos y soluciones para un crecimiento sostenido de Costa Rica". En: Herrera y Gutiérrez (eds.).

Agosin, M. et al. 2009. Costa Rica: diagnóstico de crecimiento. CID-BID.

Albornoz, M. 2011. "La ciencia, la tecnología y la innovación en Iberoamérica" (prólogo). En: Ricyt.

BID. 2011. The imperative of innovation: creating prosperity in Latin America and the Caribbean (2a ed.). Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.

Cepal. 2000. "Clasificación adoptada: categoría de productos". En: <http://www.cepal.org/comercio/seriecp/eclactrade/ClasificacionAdoptada.pdf>.

_____. 2014a. Cadenas globales de valor y diversificación de exportaciones: el caso de Costa Rica. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

_____. 2014b. Interactive Graphic System of International Economic Trends (Sigci Plus) – Trade Module. Sitio oficial, en <www.eclac.org/comercio/ecdata2/index.html>.

Comex. 2010. Acuerdo que define sectores estratégicos conforme al inciso a) del artículo 21 bis de la Ley de Régimen de Zonas Francas y sus reformas. San José: Comisión Especial para la Definición de Sectores Estratégicos, Ministerio de Comercio Exterior.

_____. 2014. Informe Final de Gestión: administración Chinchilla Miranda 2010-2014. San José: Ministerio de Comercio Exterior.

Crespi, G. et al. 2010. Nota técnica sobre el sistema nacional de innovación de Costa Rica: una contribución al diálogo de políticas públicas entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo (nota técnica IDB-TN-142). San José: BID.

Crespi, G. y Tacsir, E. 2012. Ciencia, tecnología e innovación en Costa Rica. Presentación realizada en el INA en febrero. San José: BID.

FEM. 2013. The Global Competitiveness Report 2013-2014 (full data edition). Ginebra: Foro Económico Mundial.

Hausmann y Rodrik, S. 2003. "Economic development as self-discovery" en Journal of Development Economics. 72 (2,Dec).

Herrera, R. y Gutiérrez, J.M. (eds.). 2012. Conocimiento, innovación y desarrollo. San José: UCR.

Lall, S. 2000. The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985-1998. Oxford: University of Oxford.

Maggi, C. et al. 2012. Fortalecimiento del sistema de ciencia, tecnología e innovación de Costa Rica (documento de debate IDB-DP-221). San José: BID.

Martínez, J.M. y Hernández, R.A. 2012. La inversión extranjera directa en Costa Rica: factores determinantes y efectos en el desarrollo nacional y regional (Serie Aportes para el Desarrollo Humano Sostenible 11). San José: PEN.

Matarrita, R. 2005. Encadenamientos y exportaciones. Ponencia preparada para el Undécimo Informe Estado de la Nación. San José: PEN.

Micitt. 2014. Indicadores Nacionales Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica 2012. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Monge, R. (s.f.). ¿Cómo mejorar el crecimiento económico de Costa Rica mediante mejoras en la competitividad e innovación? Propuesta al Gobierno de la Presidenta Laura Chinchilla (inédito).

Monge, R. et al. 2011. Innovation and employment growth in Costa Rica: a firm-level analysis (technical note IDB-TN-318). Washington D.C.: Science and Technology

Division, BID.

Monge, R. y Rodríguez, J.A. 2013. Impact evaluation of innovation and linkage development programs in Costa Rica: the cases of Propyme and CR Provee. San José: BID.

Nielsen, V. y Azofeifa, A. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

OMPI. 2013. "Glosario de términos relativos a información y documentación en materia de protección industrial". En: <http://web2.wipo.int/wipostad/es/glossary/glossary/>.

_____. 2014a. International Patent Classification (IPC) Official Publication. Sitio oficial, en <http://web2.wipo.int/ipcpub/#&version=20140101&indexes=yes>.

_____. 2014b. Perfiles estadísticos de los países: Costa Rica. Sitio oficial, en <http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/countries/cr.html>.

Padilla, R. (ed.). 2013. Sistemas de innovación en Centroamérica (Libros de la Cepal 118). Santiago de Chile: Cepal.

Padilla, R. et al. 2013. "Sistemas nacionales de innovación en Centroamérica". En: Padilla (ed.).

Padilla, R. y Alvarado, J. 2014. Desempeño exportador y heterogeneidad estructural en Costa Rica (Serie Aportes para el Análisis del Desarrollo Humano Sostenible 12). San José: PEN.

Paus, E.A. y Gallagher, K.P. 2008. "Missing links: foreign investment and industrial development in Costa Rica and Mexico", en Studies in Comparative International Development 43 (1).

PEN. 2011. Decimoséptimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: Programa Estado de la Nación.

_____. 2012. Decimoctavo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: Programa Estado de la Nación.

_____. 2013. Decimonoveno Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: Programa Estado de la Nación.

Ricyt. 2011. El Estado de la Ciencia: Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos 2011. Buenos Aires: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos e Interamericanos.

_____. 2014. Indicadores. Sitio oficial, en <www.ricyt.org/indicadores>.

Sánchez, A. 2011. Encadenamientos competitivos y para la competitividad. Ponencia preparada para el Decimoséptimo Informe Estado de la Nación. San José: PEN.

Schmoch, U. 2008. "Concept of a technology classification for country comparisons" (anexo). En: <http://www.wipo.int/edocs/mdocs/classifications/en/ipc_ce_41/ipc_ce_41_5-annex1.pdf>.

Ulate, A. y Fallas, A. 2011. Investigación y desarrollo en la Universidad de Costa Rica. San José: Observatorio del Desarrollo, UCR.

Unesco. 2010. Sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Créditos

La redacción y parte de los procesamientos de esta sección fueron efectuadados por Roslyn Jiménez.
María Santos y Jorge Vargas Cullell participaron en la **edición técnica.**
Ivania García contribuyó en los **procesamientos de información.**

Notas

1 Las exportaciones de contenido tecnológico medio corresponden a productos como vehículos de pasajeros y sus partes, vehículos comerciales, motocicletas y sus partes, fibras sintéticas, químicos y pinturas, fertilizantes, plásticos, hierro y acero, cañerías y tubos, maquinaria y motores, máquinas industriales, bombas y relojes. Por su parte, las exportaciones de alto contenido tecnológico incluyen máquinas de procesamiento de datos, de telecomunicaciones, equipos de televisión, transistores, turbinas, equipos generadores de energía, artículos farmacéuticos, aviones, instrumentos ópticos y de precisión, cámaras fotográficas.

2 Otros países en la misma fase de transición son: Argentina, Barbados, Brasil, Chile, Croacia, Estonia, Hungría, Kazajistán, Letonia, Líbano, México, Omán, Panamá, Polonia, Eslovaquia, Rusia, Seychelles, Turquía y Uruguay.

3 Al 31 de diciembre de 2013 se encontraban pendientes de estudio 3.152 solicitudes. La Oficina de Patentes estima que, debido a la falta de personal capacitado, le tomará aproximadamente cinco años ponerse al día. Con el fin de acelerar los estudios, en febrero de 2011 se contrató a cinco expertos, cuyo trabajo se refleja en un aumento de las patentes otorgadas a partir de 2012 (Nielsen y Azofeifa, 2013).

4 Se observa una tendencia al crecimiento de la participación de América Latina y el Caribe en el total de patentes otorgadas a nivel mundial, que es cercana al 3% (Unesco, 2010).

5 Los valores considerados en el caso estadounidense corresponden al período que va de 2001 (0,54) a 2007 (0,53).

6 Para más información sobre la Clasificación Internacional de Patentes, véase Schmoch, 2008 y OMPI, 2014a.

7 El modelo de regresión local es un método estadístico que busca ajustar en forma no paramétrica la relación más cercana entre dos variables, en este caso las patentes por 100.000 habitantes y el PIB per cápita.

8 Basándose en Hausmann y Rodrik (2003), Agosin et al. (2009) señalan que el desarrollo económico es fundamentalmente un proceso de cambio estructural, en el cual los países “descubren” los sectores en los que tienen ventajas comparativas y los explotan con éxito. Según Hausmann y Rodrik, puede haber falta de “autodescubrimiento” por asimetrías de información (pues el proceso demanda que un potencial productor incurra en costos que después beneficiarán a otros, es decir, el retorno social que se obtiene de una innovación puede ser mayor que el retorno privado) o por problemas de coordinación (ausencia de insumos, servicios clave o bienes públicos indispensables para el sector. Agosin et al. indican que Costa Rica muestra importantes deficiencias en la provisión de bienes públicos como infraestructura, regulación y agilidad institucional, que limitan fuertemente el retorno privado de invertir en “autodescubrimiento”. Otro elemento que afecta la innovación de productos o destinos comerciales es el acceso al financiamiento. Ambos factores perjudican a los exportadores que no están en el régimen de zona franca y pueden ser la causa del pobre desempeño observado en el período de estudio (1996-2008).

9 Incluye todas las modalidades de importación y exportación: régimen definitivo, zonas francas, perfeccionamiento activo y pasivo, entre otros.

10 De acuerdo con Monge et al. (2011), las pymes de capital extranjero tienen un impacto positivo en la generación de empleos calificados. Asimismo, la innovación de productos genera un mayor crecimiento en el empleo de mano de obra calificada, en detrimento de la no calificada.

11 Estos autores estimaron, para el caso costarricense, el índice de adelanto tecnológico (IAT) propuesto por el PNUD en su *Informe sobre el Desarrollo Humano 2001*. Este indicador mide hasta qué punto un país está creando y difundiendo la tecnología, construyendo una base de conocimientos y fortaleciendo su capacidad para participar en las innovaciones tecnológicas (Ulate y Fallas, 2011).

PREGUNTA 4

¿Es el patrón de la inversión en I+D un factor conducente a sustentar una **estrategia de desarrollo basada en la innovación?**

Conceptos clave

Inversión en investigación y desarrollo (I+D)

Innovación

Situación del país

☒	La inversión en I+D y la participación privada en ese esfuerzo distan del desempeño esperado según el nivel de ingreso de Costa Rica y las tendencias de países avanzados.
☐	
☑	

Importancia del tema

El nivel de la inversión en I+D y su distribución son factores clave para el desarrollo científico y tecnológico de un país.

Implicaciones de política pública

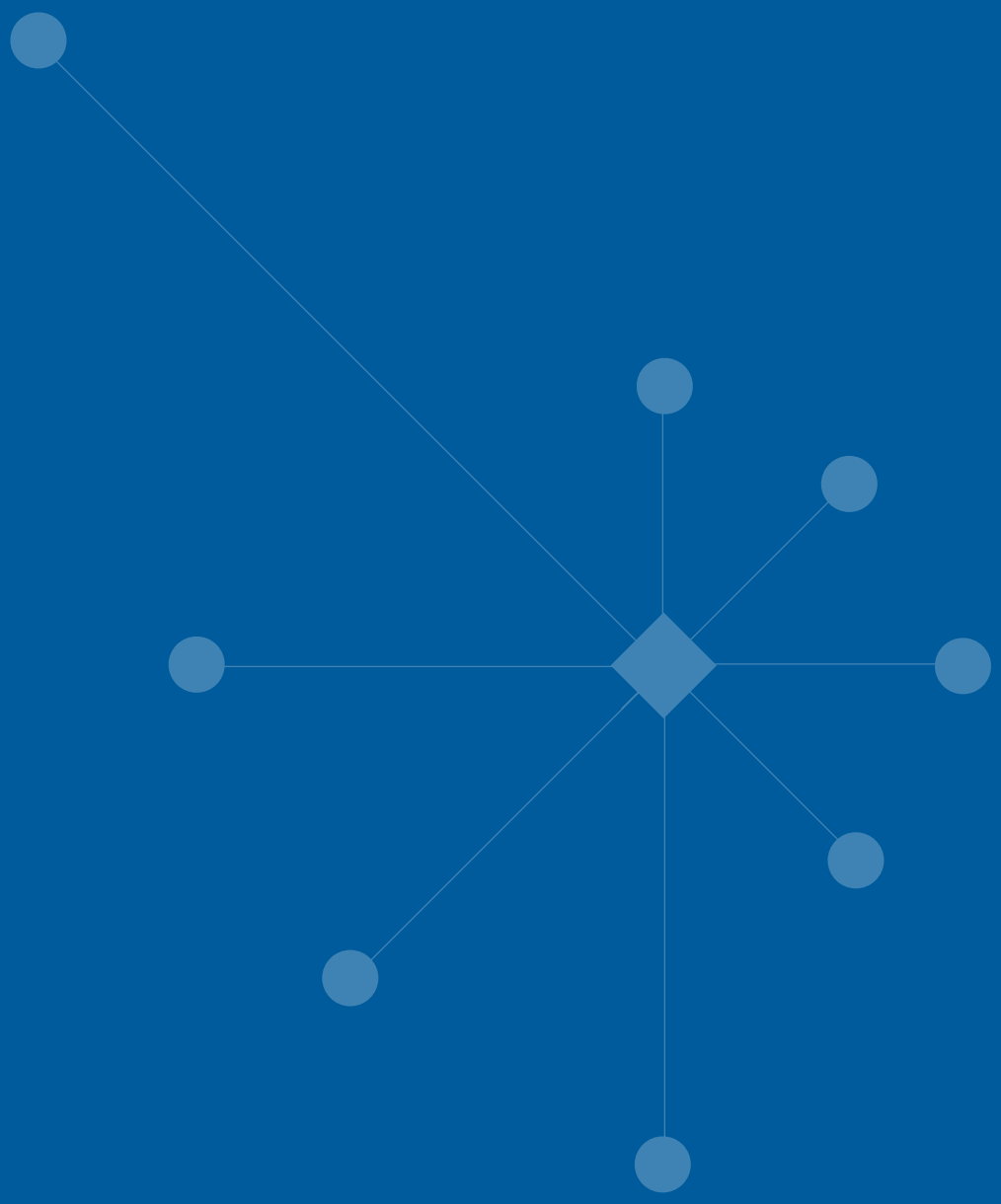
- Aumentar inversión en I+D para crear capacidades endógenas.
- Establecer prioridades de inversión en I+D.
- Promover la inversión productiva privada en I+D.

Investigaciones de base

BID. 2010. Ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe: un compendio estadístico de indicadores. Washington: División de Ciencia y Tecnología, Banco Interamericano de Desarrollo.

Herrera, R. 2013. Sistematización sobre la institucionalidad de la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Shapiro, S. 2013. Federal R&D: analyzing the shift from basic and applied research toward development. En: <http://economics.stanford.edu/files/Theses/SamShapiroHonorsThesis-May2013.pdf>.



Importancia del tema

Costa Rica requiere generar más riqueza y mejor calidad de vida para su población, mediante el impulso de un progreso científico y tecnológico que facilite el aumento de la productividad de su economía. De lo contrario, su crecimiento dependerá de la acumulación de fuerza laboral, capital y recursos naturales, un sendero que resulta poco viable. La estabilización de la tasa de crecimiento demográfico, la ausencia de materias primas susceptibles de explotación comercial (*commodities*) y el hecho de que, por haberse llegado a un límite en la frontera agrícola, se han acentuado la presión y la conflictividad en torno al uso de los recursos naturales, refuerzan la urgencia de lograr una dinámica en la que cada vez se produzca más con menos insumos (Adamson, 2011).

Las externalidades de la inversión en investigación y desarrollo (I+D), y su alta relación con las tasas de incremento de la productividad de los factores, han sido descritas por los estudios económicos durante las últimas tres décadas (véase, por ejemplo, Griliches, 1995 y Crespi et al., 2010). Sin embargo, no toda la I+D tiene efectos igualmente positivos. Las distintas actividades difieren en el alcance de su impacto, de modo que las prioridades asignadas moldearán también el alcance de las capacidades científicas y tecnológicas que se logren. Por ello, el tipo de investigación que se privilegie o se desincentive, y por ende el tipo de conocimiento que se genere, son asuntos de la mayor relevancia para el futuro del país.

En Costa Rica, pese a su importancia, el análisis sobre los tipos de inversión en I+D está poco desarrollado. Esta sección del Informe tiene el propósito de contribuir a llenar ese vacío.

Hallazgos relevantes

- **En 2012 Costa Rica invirtió en investigación y desarrollo un 0,57% de su PIB. Este porcentaje está muy por debajo de la media de América Latina y el Caribe (0,78% en 2011) y más lejos aún de las economías más desarrolladas.**
- **El sector privado continúa mostrando un exiguo compromiso con la ejecución de la inversión en I+D (31,3% del total en 2012), tanto en comparación con lo que se esperaría que hubiese alcanzado según el nivel de desarrollo del país (47%) como en contraste con naciones tecnológicamente más avanzadas, donde las empresas ejecutan el 60% o más de la inversión en I+D.**
- **El vacío que genera la escasa inversión privada en I+D podría estar presionando al sistema de ciencia, tecnología e innovación al no estar involucrándose dicho sector en el desarrollo experimental de nuevos productos y procesos. Los datos disponibles sugieren que podría no solo estarse subejecutando tareas de desarrollo experimental si no, también, desatendiendo la investigación básica. Las limitaciones en la calidad de la información existente impiden conocer la magnitud de estos efectos.**

Metodología

El estudio del patrón de la inversión en I+D abarca el período 2007-2012, años para los que se cuenta con indicadores oficiales del Micitt. Se consideraron las siguientes dimensiones:

- Análisis de la serie temporal de la inversión en I+D en Costa Rica, como porcentaje del PIB, según los sectores que la financian y los que la ejecutan, y según tipo de investigación (básica, aplicada o desarrollo experimental), como se define más adelante.

- Comparación internacional con países seleccionados, en tres ámbitos: la OCDE, las economías emergentes y la región de América Latina y el Caribe.

Fuentes de información

Las principales fuentes de información fueron los indicadores oficiales publicados por el Micitt y las bases de datos de la OCDE, el Instituto de Estadística de la Unesco (UIS, por su sigla en inglés) y la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana- (Ricyt). Además se consultaron estudios realizados por expertos del BID.

Se utilizaron preferentemente los indicadores del Micitt. En ausencia de datos, se recurrió a la información proporcionada por Ricyt. Para la comparación internacional se usaron las otras fuentes mencionadas. Se procuró emplear los datos más recientes disponibles, que para la mayoría de los países fueron los correspondientes al año 2011; solo en el caso de Costa Rica se presentan valores actualizados al 2012.

Conceptos clave

- **Inversión en I+D:** recursos económicos destinados a las siguientes áreas: investigación básica, que permite avanzar en del conocimiento y comprensión del entorno social y natural[1]; investigación aplicada, que determina cuáles descubrimientos pueden convertirse en nuevos productos, y desarrollo experimental, cuyo objetivo es expandir el conocimiento recién adquirido y orientarlo hacia la generación de nuevos productos y procesos (recuadro 4.1).

- **Innovación:** proceso mediante el cual se generan e incorporan conocimientos para dar respuesta a los retos y problemas que enfrentan las sociedades (Caravaca et al., 2003, citados en Herrera, 2011). Incluye la renovación y mejoramiento de la gestión y la organización, y va más allá de las "novedades" de carácter tecnológico.

- **Sectores institucionales:** en el presente estudio este concepto se refiere a los sectores público, académico y privado. De acuerdo con la definición del Micitt (2014), que aquí se adopta, el sector público incluye al Gobierno Central y las instituciones autónomas, el académico a las universidades estatales y el privado a las universidades privadas y las empresas (que en los datos del año 2012 incorporan al sector de servicios). Cuando no aparecen por separado, en este último sector se consideran, además, las organizaciones sin fines de lucro.

Limitaciones del estudio

El alcance y la precisión del análisis están afectados por las limitaciones en el registro de la inversión en I+D según tipo y sector. A la fecha el Micitt no cuenta con datos del sector privado por tipo de inversión, y en el caso del sector público el nivel de agregación es muy alto. Varias instituciones, académicas y gubernamentales, indican que no todas sus investigaciones tienen la claridad conceptual y metodológica que permitiría desagregar buena parte de los datos (Micitt, 2014). Por estas razones no es posible precisar la estructura de la inversión con ese grado de detalle, ni realizar comparaciones internacionales según sector ejecutor.

Por otra parte, las limitaciones en la información de las bases de datos internacionales impidieron mantener la misma selección de países y períodos a lo largo de las comparaciones.

Principales resultados

Inversión total en I+D

El indicador más utilizado en el mundo para analizar el grado de compromiso de los países con el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación, es la inversión en I+D como proporción del PIB. En Costa Rica esta variable se incrementó, de 0,36% a 0,57%, en el período 2007-2012[2], una evolución marginalmente positiva (en la dirección correcta, pero en niveles muy bajos).

El valor más alto de la serie temporal, 0,57% en 2012, está claramente por debajo del promedio de América Latina y el Caribe, que en 2011 fue de 0,78%, una diferencia de 0,21 puntos porcentuales. La discrepancia es más grande con países de la OCDE como Finlandia, cuya inversión representó un 3,78% del PIB en 2011 (3,21 puntos por encima de Costa Rica), así como con respecto a Alemania (2,27), Estados Unidos (2,27), Canadá (1,13) y también en relación con economías emergentes como China (1,27; gráfico 4.1). En general, la inversión nacional no alcanza la quinta parte del promedio de la OCDE (2012). Costa Rica también ocupa una posición desfavorable cuando se considera la inversión esperada según su nivel de ingreso per cápita, que es de 0,9% del PIB (Crespi et al., 2010).

Además del volumen de la inversión en I+D, es importante conocer cómo se reparte este esfuerzo entre los sectores público y privado, en términos de su participación tanto en el financiamiento como en la ejecución de los fondos.

Inversión en I+D según el sector que la financia

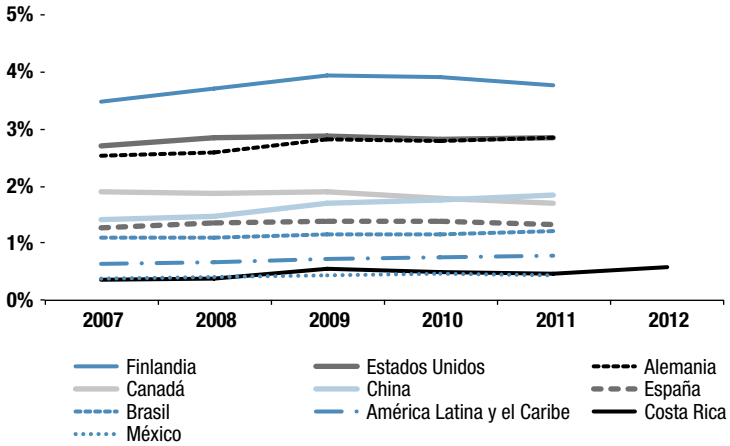
En los países de la OCDE el sector privado desempeña un papel primordial como financiador de la inversión en I+D, mientras que en Costa Rica la fuente principal es el sector público (gráfico 4.2). En el año 2011 el gobierno costarricense financió el 70,3% de la inversión en este rubro, en contraste con un 21,4% de las empresas. Estos datos, de nuevo, ubican al país por debajo de la media reportada para América Latina y el Caribe, donde el sector privado invierte el 41,6% de los recursos destinados a I+D, y muy lejos del promedio de la OCDE y de China, una economía emergente. En Finlandia, Dinamarca y Estados Unidos esa participación supera el 60% (UIS, 2014).

Inversión en I+D según el sector que la ejecuta

Al considerar el sector que ejecuta la inversión destaca el protagonismo que mostró el sector académico durante todo el período 2007-2012 (39,8% en 2012), aunque con tendencia a la baja (gráfico 4.3). Lo más llamativo, sin embargo, es que el aporte de las empresas, si bien mostró un repunte[3] en el 2012, fue muy bajo (31,3%; Micitt, 2014), tanto en comparación con lo que se esperaría según el nivel de desarrollo del país (47% de acuerdo con Crespi et al., 2010) como en relación con países tecnológicamente más

Gráfico 4.1

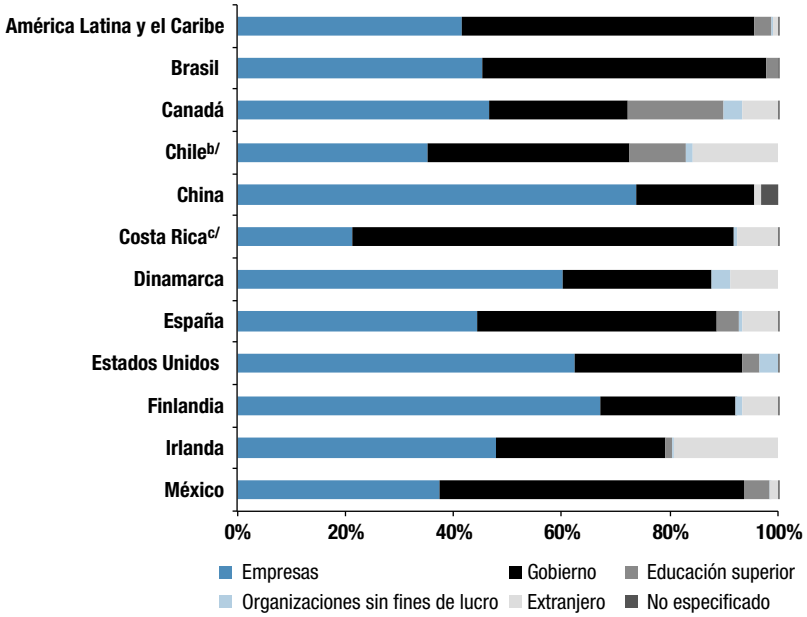
Países seleccionados: inversión en I+D como porcentaje del PIB



Fuente: Elaboración propia a partir de las siguientes bases de datos: Ricyt para Brasil, Canadá, España, Estados Unidos, América Latina, el Caribe y México; UIS para China, Alemania y Finlandia, y Micitt (2014) para Costa Rica.

Gráfico 4.2

Países seleccionados[a/]: inversión en I+D, según el sector que la financia. 2011

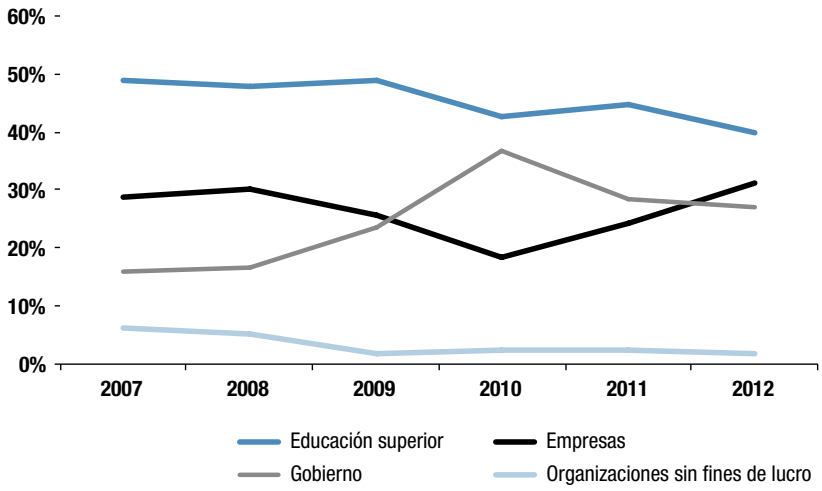


a/ Las fuentes consultadas no son estrictamente comparables.
b/ Datos de 2010.
c/ En ausencia de datos del Micitt (2014) sobre la inversión en I+D según fuente de financiamiento, la información para Costa Rica se extrajo de la base de datos de Ricyt.

Fuente: Elaboración propia a partir de las siguientes bases de datos: Ricyt para Costa Rica, Brasil, Canadá, Chile, España, Estados Unidos, América Latina, el Caribe y México; UIS para China, Dinamarca, Finlandia e Irlanda.

Gráfico 4.3

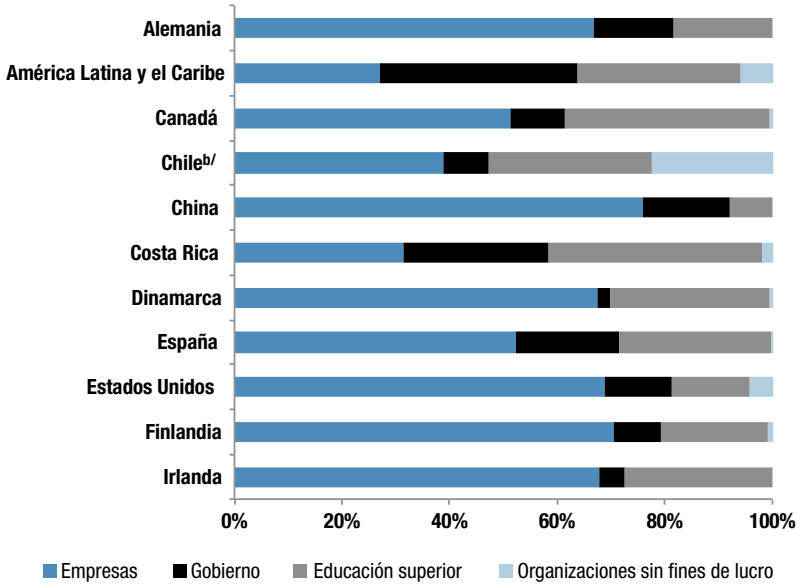
Inversión en I+D, según el sector que la ejecuta



Fuente: Elaboración propia a partir de Micitt, 2014..

Gráfico 4.4

Países seleccionados[a/]: inversión en I+D, según el sector que la ejecuta. 2011



a/ Las fuentes consultadas no son estrictamente comparables.
b/ Datos de 2010.

Fuente: Elaboración propia a partir de las siguientes bases de datos: Ricyt para Canadá, Chile, España, Estados Unidos y México; UIS para Alemania, China, Dinamarca, Finlandia e Irlanda; Micitt (2014) para Costa Rica.

desarrollados, como Estados Unidos, Finlandia, Irlanda y Dinamarca, donde la participación del sector privado como ejecutor de la inversión en I+D se ubica en un rango de entre 60% y 70%, lo mismo que en el caso de China (gráfico 4.4; UIS, 2014).

Según Crespi et al. (2010), para países de ingresos relativamente bajos se ha establecido un umbral mínimo de ejecución privada de la inversión en I+D, de alrededor del 40%. De ahí en adelante, a medida que las naciones se desarrollan, la cifra sube de modo más que proporcional, hasta superar el 60% en los países más avanzados. Costa Rica, como se ha visto, se encuentra por debajo del umbral mínimo.

Cabe indicar que Brasil, India y China –economías emergentes– registran números crecientes de unidades de investigación y desarrollo, gracias a políticas de apoyo público y como resultado de las nuevas estrategias de las compañías transnacionales que operan en esos mercados, lo que contribuye al incremento del gasto en este rubro. Costa Rica también ha visto un gradual aumento en el contenido de conocimiento de las actividades de las empresas multinacionales, pero la inversión en I+D sigue siendo muy baja (Herrera, 2013). En este caso se ha señalado que la decisión de invertir en I+D en el sector privado se ve afectada por la falta de una política adecuada en materia de ciencia, tecnología e innovación, que entre otras variables facilite la protección de la propiedad intelectual y el acceso al financiamiento público (Crespi et al., 2010).

Inversión según tipos de investigación

Desde la óptica de los distintos tipos de investigación, la inversión en I+D de las empresas privadas se orienta sobre todo hacia el desarrollo de productos y procesos, ya que su interés se centra en aplicaciones innovadoras que les permitan aumentar su competitividad. En los países tecnológicamente avanzados alrededor del 60% del total del gasto en I+D se dedica al desarrollo experimental, gracias al significativo aporte del sector privado a esta categoría (gráfico 4.5). En contraste, la inversión en investigación básica, cuyos resultados en muchos casos solo son visibles a mediano y largo plazo, históricamente ha sido impulsada por inversiones públicas[4].

En los países de la OCDE se reconoce la importancia de la investigación básica para el

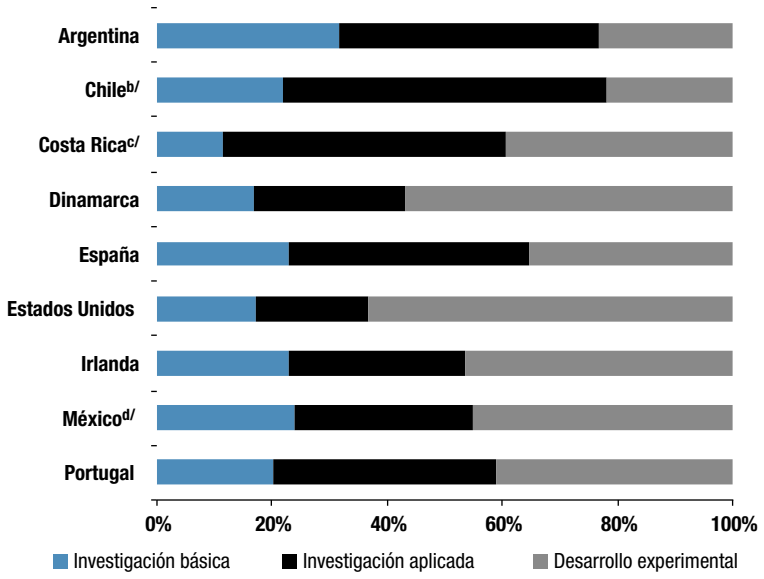
aumento de la competitividad y como fuente de conocimiento para enfrentar los grandes retos de las sociedades. Es por ello que la I+D financiada por el sector público (y ejecutada por las universidades y laboratorios estatales) muestra un balance entre un 40% de apoyo a la investigación básica y cerca de un 60% para la investigación aplicada y el desarrollo experimental. Esta visión ha permitido que economías ubicadas en la frontera del conocimiento, como Francia, Suiza y el Reino Unido, mantengan su liderazgo en el área de investigación básica. Asimismo, Corea del Sur y Estados Unidos han aumentado recientemente su inversión en este rubro.

Corea del Sur es un caso de especial interés, por tratarse de una economía de tamaño medio que experimentó un rápido desarrollo en las últimas décadas. Ese país ha brindado a la investigación básica un apoyo superior al 20% del total de la inversión en I+D. A partir de 2008 el respaldo ha sido creciente, y en 2012, como parte de la política denominada "Iniciativa 557", representó un 35% de los recursos invertidos en este rubro (OCDE, 2012). La academia también ha privilegiado la investigación básica, tal como se aprecia en la serie temporal (gráficos 4.6).

En Estados Unidos el apoyo financiero al desarrollo experimental se incrementó, en 2008, como parte de las medidas post recesión, y aumentó aun después de la recuperación. Como producto de una reciente revisión de las políticas en esta materia se ha fortalecido el apoyo a la investigación básica (Shapiro, 2013).

Gráfico 4.5

Países seleccionados[a/]: inversión en I+D, según tipo de investigación. 2011

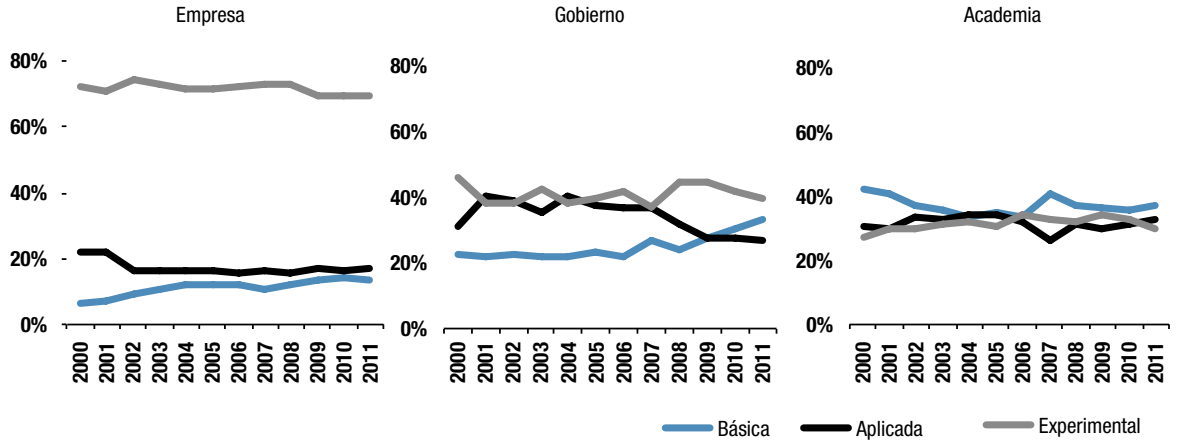


a/ Las fuentes consultadas no son estrictamente comparables.
b/ Datos de 2010.
c/ En ausencia de datos del Micitt (2014) sobre la inversión en I+D según tipo de investigación, la información para Costa Rica se extrajo de la base de datos de Ricyt.
d/ Datos de 2009.

Fuente: Elaboración propia con base en: Ricyt para Argentina, Chile, Costa Rica, España, Estados Unidos y México; UIS para Dinamarca, Portugal e Irlanda.

Gráficos 4.6

Corea del Sur: estructura de la inversión en I+D, por tipo, según sector ejecutor



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE, 2014.

Además de invertir menos en desarrollo experimental (39,3%) que los países cuyas economías se basan en la innovación, Costa Rica destaca por su menor esfuerzo en investigación básica, tal como ilustra el gráfico 4.5. El escaso compromiso del sector privado con actividades de desarrollo experimental, que, como ya se mencionó, suelen concentrar la atención de las empresas, ocasiona una debilidad que el sector público procura neutralizar. Cabe preguntarse entonces si con ello se genera una distorsión adicional, al descuidarse la inversión estatal en investigación básica, que usualmente es su labor principal. Esa situación, a su vez, puede dar lugar a un escenario asimétrico entre las distintas áreas de trabajo científico-tecnológico y de innovación (Gutiérrez, 2012).

Sin embargo, las limitaciones de información no permiten precisar la estructura porcentual del gasto en I+D por tipo de actividad y sector ejecutor. A la falta de una serie temporal para el sector privado, se suma una alta agregación de los datos disponibles sobre el monto ejecutado según categoría de investigación (E: Vargas, 2014). Dadas estas carencias, el número de proyectos ejecutados durante el período 2009-2012 en los sectores público y académico (no hay datos sobre las empresas) ofrece una aproximación al tema. Si bien en la academia predomina la investigación básica, se observa una tendencia creciente en los proyectos de investigación aplicada (gráficos 4.7). Una vez más, la alta agregación de los datos impide delinear el escenario real, pero, de confirmarse esta tendencia a medida que se vaya generando nueva información, sería necesaria una revisión de las políticas públicas.

¿Más información sobre los obstáculos para innovar?

Véase
- Pregunta 19 de este Informe

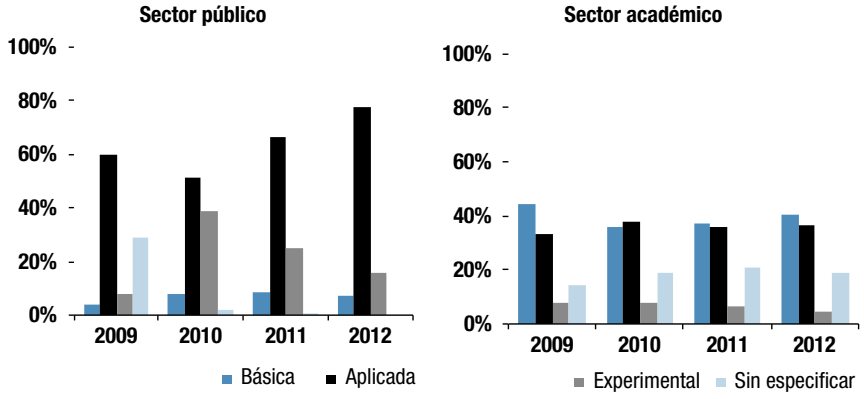
Dictamen

El patrón actual de la inversión en I+D en Costa Rica no contribuye a la adopción de un estilo de desarrollo basado en la innovación. Los recursos asignados a esta actividad, como porcentaje del PIB, no alcanzan la quinta parte del promedio de la OCDE y de manera persistente se ubican por debajo del promedio de América Latina y el Caribe.

La participación del sector privado, principal actor de la inversión en I+D en las naciones miembros de la OCDE, es comparativamente baja en Costa Rica. En 2012, el aporte de las empresas en la ejecución de este tipo inversiones (31,3%) no alcanzó el 47% esperado según el nivel de desarrollo del país. Por su parte, el sector público tiene un papel protagónico como fuente de financiamiento de la inversión total en este rubro. Y desde el punto de vista de la ejecución de los proyectos, la academia destaca como el motor que

Gráficos 4.7

Proyectos de investigación en Costa Rica, según el sector que los ejecuta



Fuente: Elaboración propia con base en Micitt, 2014.

dinamiza la producción científica y tecnológica.

El escaso aporte privado a la inversión en I+D, por falta de políticas que lo promuevan, podría generar distorsiones en la institucionalidad para la ciencia, la tecnología y la innovación, pues obliga al sector público a atender el desarrollo experimental a expensas de la investigación básica, incrementando así el desequilibrio que ya existe entre las distintas modalidades de I+D. Debe recordarse que la investigación básica puede tener efectos positivos para el conjunto de la sociedad. Aunque expertos nacionales han alertado sobre esta situación, y pese a la importancia de conocer en detalle la estructura de la inversión en I+D, la falta de información no permite precisar esta asimetría, ni su magnitud. De manera indirecta, se tiene evidencia de un modesto desempeño del país en la producción científica y tecnológica endógena y en la adopción de tecnología por parte del aparato productivo, según se analiza en las Preguntas 2 y 3 de este Informe.

En síntesis, la insuficiente inversión en desarrollo experimental, debido a una exigua participación del sector privado, afecta la capacidad empresarial de renovar procesos e introducir nuevos productos al mercado. A manera de hipótesis se plantea que esta situación podría generar otras distorsiones, en la medida en que el sector público procure subsanar esa deficiencia sacrificando el apoyo a la investigación básica. No obstante, la calidad de la información disponible no permite dar respuesta a esta interrogante.

Implicaciones

El reto de dinamizar la economía a través de la I+D demanda la creación de capacidades locales en las distintas áreas del quehacer científico y tecnológico. Por tanto, es necesario que a nivel presupuestario se dé prioridad al desarrollo de la ciencia, y la tecnología, tanto para ampliar las capacidades de generar conocimiento sobre el entorno natural y social del país, como para producir y comercializar innovaciones, adaptar eficazmente y apropiarse de tecnologías extranjeras. Para ello se requiere un compromiso con una política de Estado, cuya planificación trascienda administraciones y establezca metas para el aumento gradual de la inversión en I+D, con definiciones claras sobre el origen de los fondos y los resultados esperados (Adamson, 2011).

La necesidad de aumentar la inversión en I+D en Costa Rica es un asunto que diversos actores reconocen como prioritario. Sin embargo, hay un segundo tema menos consensuado: ¿I+D para qué? Esta pregunta tiene que ver con la manera en que se invierten los recursos, e implica plantearse si la investigación básica es un lujo impropio para un país de renta media o si, más bien, es un componente fundamental de una estrategia de desarrollo inclusiva, y una herramienta para comprender y resolver los problemas nacionales (una reflexión sobre estos temas puede consultarse en Gutiérrez, 2011).

Desde la concepción sistémica de la ciencia, la tecnología y la innovación, la discusión no debe plantearse en términos de excluir una u otra de las dimensiones del proceso, según se consideren más o menos relevantes, sino de mejorar el impacto y los resultados de la investigación pública mediante la definición de prioridades, tal como lo hacen actualmente los países de la OCDE (OCDE, 2012). A manera de ejemplo, el éxito de la estrategia comercial del ecoturismo aplicada en Costa Rica se explica, en gran medida, por la acumulación de investigación básica previa sobre los problemas de la producción agrícola, el suelo, el clima y el entorno biológico (Ulate y Fallas, 2011).

Asimismo, los expertos advierten que, para garantizar que la inversión en I+D sea sustentable y eficiente desde el punto de vista social, se requieren cambios institucionales y el rediseño de los mecanismos de fomento. Varios estudios han insistido en la importancia de crear un marco institucional adecuado y políticas de apoyo a la innovación empresarial, que mejoren el acceso y aumenten el financiamiento, incluyendo la figura de los incentivos fiscales. Además se ha señalado la necesidad de reformar la normativa sobre propiedad intelectual (Crespi et al., 2010; Crespi y Tacsir, 2012).

Frontera de investigación

Es importante realizar estudios sobre la I+D en diversos sectores, que den cuenta de dónde y cómo se generan las inversiones, cuál es su magnitud, a cuáles grupos impactan y cuál es su rentabilidad económica (Adamson, 2011). Otros temas de análisis pendientes son:

- Llenar los vacíos de información sobre la inversión en I+D por tipo de investigación.

- Estudiar experiencias latinoamericanas en las que se han creado estímulos fiscales condicionados a la I+D, con un contenido importante de vinculación entre las empresas, especialmente entre las grandes y las pequeñas, así como entre las empresas y los centros de investigación. Dos de esos casos son los de Brasil (*Lei do Bem*) y Chile (Ley 20241, de 2008; Govaere y Ruiz, 2013).

- Investigar, a través de experiencias internacionales, cómo lograr que más entidades nacionales financien la I+D, de forma ambiciosa pero progresiva, selectiva y multisectorial (Adamson, 2011).

- Estimar y mostrar la rentabilidad económica de la I+D a nivel sectorial, no a nivel macroeconómico, como se ha hecho hasta ahora, ya que aun con datos indirectos se infiere que ésta es limitada (Adamson, 2011).

- Investigar cuál ha sido el beneficio que ha obtenido Costa Rica, en términos de productividad, a través de los incentivos fiscales que ofrece a las empresas de zonas francas.

Referencias bibliográficas

Adamson, M. 2011. "Interrelación universidad-sector productivo y endogenización de la I+D: grandes desafíos y soluciones para un crecimiento sostenido de Costa Rica". En: Herrera y Gutiérrez (eds.).

BID. 2010. Ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe: un compendio estadístico de indicadores. Washington: División de Ciencia y Tecnología, Banco Interamericano de Desarrollo.

Crespi, G. et al. 2010. Nota técnica sobre el sistema nacional de innovación de Costa Rica: una contribución al diálogo de políticas públicas entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo (Nota Técnica IDB-TN-142). San José: BID.

Crespi, G. y Tacsir, E. 2012. Ciencia, tecnología e innovación en Costa Rica. Presentación realizada en el INA en febrero. San José: BID.

Govaere, V. y Ruiz, H. 2013. "Heterogeneidad y desigualdad en el modelo costarricense: las tres mejores prácticas latinoamericanas de fomento fiscal a la inversión privada en I+D+i", en Revista Nacional de Administración 4 (1).

Griliches, Z. 1995. "R&D and productivity: econometric results and measurement issues". En: Stoneman (ed.).

Gutiérrez, J.M. 2011. Reseña de "El Contexto, los problemas y los actores de la definición de políticas científicas para la cohesión social en América Latina: una visión desde Costa Rica" en Diálogos Revista Electrónica de Historia. 12 (2).

_____. 2012. "La importancia de la generación endógena de conocimiento científico para el sistema ciencia-tecnología-innovación". En: Herrera y Gutiérrez (eds).

Herrera, R. 2011. "Conocimiento, innovación y desarrollo". En: Herrera y Gutiérrez (eds.).

_____. 2013. Sistematización sobre la institucionalidad de la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Herrera, R. y Gutiérrez, J.M. (eds.). 2011. Conocimiento, innovación y desarrollo. San José: UCR.

Micitt. 2014. Indicadores Nacionales Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica 2012. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

OCDE. 2012. OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2012-en>.

_____. 2014. OECD.StatExtracts. Sitio oficial, en <http://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=strd-data-en&doi=data-00193-en>.

Shapiro, S. 2013. Federal R&D: analyzing the shift from basic and applied research toward development. En: <http://economics.stanford.edu/files/Theses/SamShapiroHonorsThesis-May2013.pdf>.

Stoneman, P. (ed.). 1995. Handbook of the economics of innovation and technological change. Oxford: Blackwell.

UIS. 2014. Sitio oficial, en <http://www.uis.unesco.org/>.

Ulate, A. y Fallas, A. 2011. Investigación y desarrollo en la Universidad de Costa Rica. San José: Observatorio del Desarrollo, UCR.

Entrevistas y comunicaciones personales

Vargas, D. 2014. Estadístico, Departamento de Indicadores, Micitt.

Créditos

La redacción de esta pregunta fue realizada por Michael Contreras y María Santos.
Jorge Vargas Cullell participó en la **edición técnica.**
Ivania García realizó los **procesamientos de información.**

Notas

1 Un ejemplo del alcance de la investigación básica es el proyecto Genoma Humano, que en un primer momento recibió financiamiento de varios gobiernos y ha tenido enorme impacto en el sector privado y la sociedad como un todo. Iniciada en 1990, esta iniciativa buscó identificar los cerca de 25.000 genes del genoma humano, describir su secuencia y almacenar y distribuir esa información (US Department of Energy, 2013, citado en Shapiro, 2013). Actualmente, el sector de biotecnología de los Estados Unidos es una industria multibillonaria, catalizada por el avance en este proyecto de investigación básica (Shapiro, 2013).

2 También se observa un aumento sostenido en el valor absoluto de la inversión en I+D, que pasó de 118,8 millones de dólares en 2007, a 257,7 millones en 2012.

3 El Micitt (2014) recomienda cautela al analizar el aumento registrado por el sector empresarial, pues existe la hipótesis de que esta inversión tiene un comportamiento cíclico, y se incrementa cada dos o tres años, cuando se inician proyectos de investigación.

4 Se discute si los fondos públicos tienen un impacto potencial mayor cuando se orientan hacia la investigación básica y un efecto negativo cuando se contraen, debido a que el sector privado no llenará la brecha generada por una eventual disminución de los recursos, en especial los destinados al financiamiento de los investigadores. Debe tomarse en cuenta que si el gobierno reduce los fondos que apoyan el desarrollo experimental privado, las empresas aún tienen ciertos incentivos para invertir en esa actividad, en la medida en que ello sea necesario para mantener o mejorar sus posiciones en el mercado, aunque ciertamente los montos de la inversión privada podrían no ser los óptimos (Shapiro, 2013).

PREGUNTA 5

¿Ha avanzado Costa Rica en el cumplimiento del **Plan de Medio Siglo** propuesto en el 2006?

Conceptos clave

Recurso humano

Innovación, cultura y sociedad

Sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación

Situación del país

☒	
☐	Avance moderado y heterogéneo
☑	

Importancia del tema

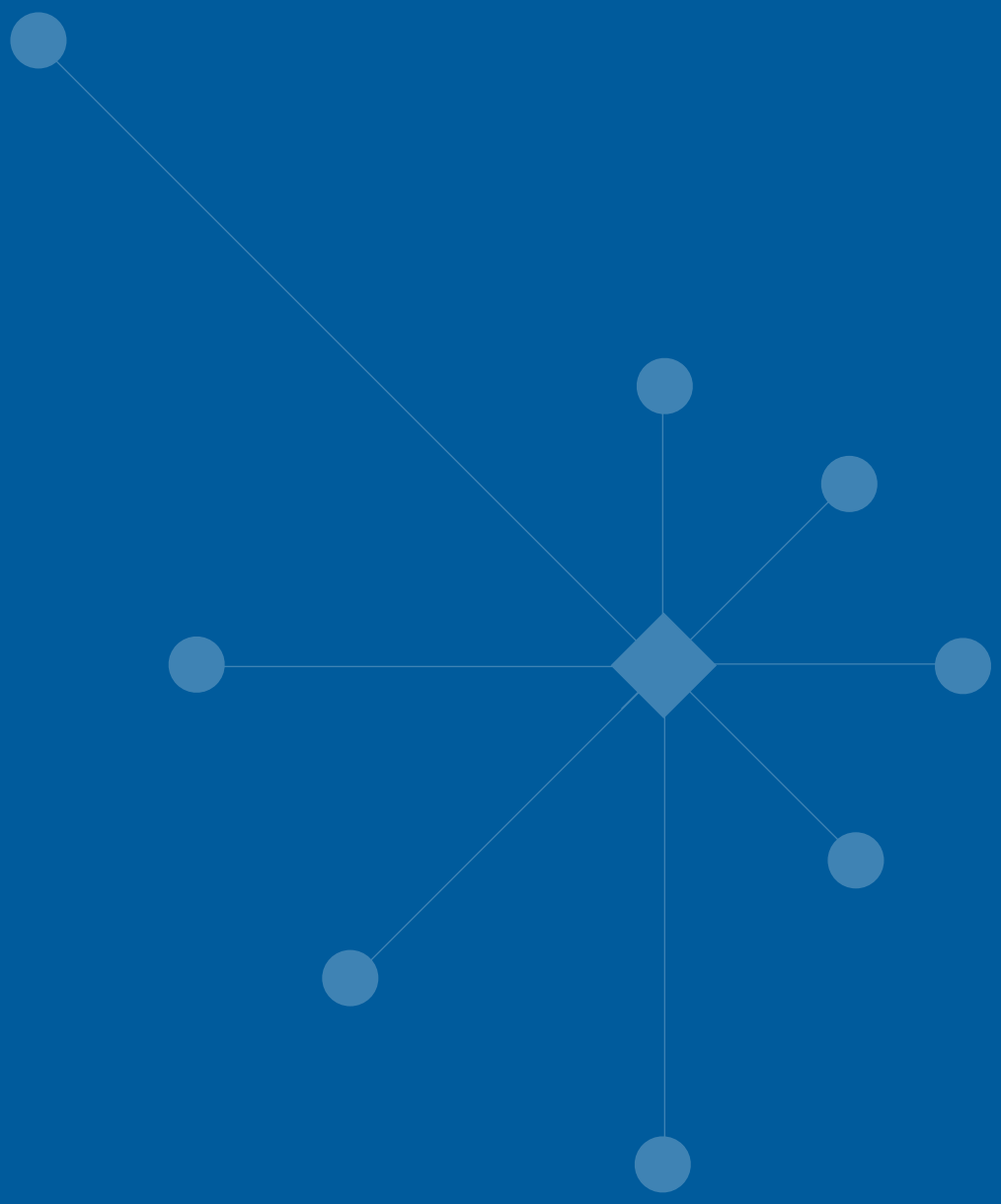
Dar seguimiento al avance del *Plan de Medio Siglo* permite analizar críticamente el progreso hacia los objetivos y metas de largo plazo allí planteados.

Implicaciones de política pública

- Fortalecimiento del recurso humano técnico y profesional.
- Promoción de la innovación y los esfuerzos conjuntos entre empresas, universidades y Gobierno.
- Expansión y especialización del sistema de ciencia, tecnología e innovación.
- Creación de vínculos entre cultura, sociedad y ciencia

Investigación de base

Céspedes, O. 2013. Monitoreo del estado de avance en las “Acciones de puesta al día” del Plan de Medio Siglo. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

La planificación aumenta la probabilidad de éxito de un esfuerzo de largo plazo, al establecer y controlar el avance de líneas de acción para lograr una o varias metas. La existencia de un plan o estrategia alumbra el camino y en muchas ocasiones puede servir como norte.

El *Plan de Medio Siglo*, presentado en 2006 por la Asociación Estrategia Siglo XXI, es el resultado del esfuerzo más ambicioso y detallado realizado en el país por científicos, tecnólogos e innovadores, para señalar un rumbo estratégico y proponer decisiones de inversión que le permitan a Costa Rica crecer y destacarse en las áreas de ciencia, tecnología e innovación. Transcurridos ocho años desde su formulación, y estando por concluir la primera de sus fases, es tiempo de evaluar los avances hacia el cumplimiento de lo proyectado.

Valorar el desempeño que ha tenido el país en este proceso es necesario no solo para determinar cuánto se ha avanzado en el cumplimiento del Plan, sino también para conocer los factores y actores que han influido en los resultados obtenidos. Asimismo, este ejercicio es útil para analizar críticamente el mismo *Plan de Medio Siglo*.

Hallazgos relevantes

- **La información disponible para evaluar el avance en la ejecución del *Plan de Medio Siglo* es fragmentaria, dispersa y, en varios temas, insuficiente. En consecuencia, el país carece de un sistema para dar seguimiento al rumbo estratégico allí señalado.**

- **De los cuatro componentes del Plan, se identificaron avances concretos y puntuales en los cimientos I, II y, en menor medida, en el III. Por falta de información no fue posible efectuar una valoración del Cimiento IV.**

- **El país logró reducir las brechas que lo separan del horizonte ideal planteado para el año 2050. Sin embargo, las distancias siguen siendo amplias y el avance es desigual según los indicadores que se consideren.**

Metodología

La respuesta a la pregunta básica que da origen a la presente sección, sobre el cumplimiento del *Plan de Medio Siglo* (PMS), se divide en dos partes. En la primera se valora si las acciones realizadas y los logros obtenidos en los componentes del Plan se están acercando o no a las metas previstas para su fase inicial, denominada "Acciones de puesta al día", que comprende el período 2006-2015. Se trata de un análisis de carácter "micro" y la unidad de observación son ciertas áreas del quehacer de la ciencia, la tecnología y la innovación. La segunda parte examina si el país en su conjunto ha podido disminuir las brechas que lo separan del horizonte ideal planteado para el año 2050. En este caso el análisis tiene un carácter "macro" y su unidad de observación es el posicionamiento de Costa Rica en cada una de las dimensiones relevantes establecidas en el PMS. El estudio abarcó el período 2006-2012. Sin embargo, en muchos casos no fue posible obtener información más reciente que 2009, 2010 o 2011.

Instrumentos de monitoreo

El principal instrumento empleado en este trabajo fue la "Matriz de información sobre cimientos, acciones y programas del Plan de Medio Siglo" (Micap-PMS), elaborada como insumo para este Informe, que permite medir el avance en el cumplimiento de las metas del PMS a partir de líneas de base establecidas para efectos del análisis (Céspedes, 2013). Este es el resultado de un esfuerzo por centralizar y esquematizar la información disponible, que estaba dispersa en diversas fuentes.

La Micap-PMS reúne la información básica de los componentes del Plan (llamados "cimientos"), de las acciones, programas e indicadores de seguimiento previstos en él, así como una serie de secciones que sistematizan los datos recopilados. A futuro, esta herramienta podría ser actualizada y mejorada para continuar con el monitoreo del PMS a mediano o largo plazo. De forma complementaria, se efectuaron entrevistas a representantes de instituciones clave, para conocer su visión acerca de los pasos que se han dado en este ámbito.

En forma paralela a la valoración de los avances en el cumplimiento del PMS, se examinó el tipo y suficiencia de la información disponible. Este análisis no incluye las entrevistas con expertos, por ser estas una fuente de opinión, más que de datos susceptibles de evaluación. Aun así, se considera que el estudio logró contactar a un grupo representativo de actores del quehacer científico, tecnológico y de la innovación, que analizó críticamente el avance del PMS.

Finalmente, para contrastar el desempeño nacional reciente con el "horizonte ideal" propuesto por el PMS se usó el instrumento denominado *Knowledge Assessment Methodology* (KAM), desarrollado por el Banco Mundial para monitorear los avances de los países en cinco categorías de desempeño: i) económico y desarrollo humano, ii) régimen institucional, iii) innovación, iv) educación y recursos humanos y v) infraestructura de información.

En este Informe la KAM se utilizó para medir la brecha entre la calificación que obtiene Costa Rica en veinticuatro indicadores seleccionados en el *Plan de Medio Siglo* y la puntuación que lograría la "Costa Rica ideal" que el mismo Plan propone como meta para el año 2050, por lo que se le denomina "CR-2050". Ese escenario ideal toma como referencia los resultados que exhibe, en esos mismos indicadores, un grupo de cinco países de un muy alto desarrollo humano: Noruega, Dinamarca, Suiza, Finlandia y Suecia, que representan el norte al que Costa Rica desea aproximarse para mediados del siglo XXI. Así pues, la variable CR-2050 se construye tomando el promedio de los indicadores para los cinco países mencionados. El año base es el 2005 y la presente revisión del avance se refiere a la información disponible más cercana al 2009 (*circa* 2009) para cada indicador.

La evaluación KAM se realiza cada año y, para cada indicador, asigna puntuaciones que van de 0 (más débil) a 10 (más fuerte), utilizando los valores absolutos de cada variable. El 10% superior en desempeño obtiene valores normalizados entre 9 y 10; el segundo mejor 10% entre 8 y 9, y así sucesivamente.

Fuentes de información

Los datos que componen la Micap-PMS provienen de una gran diversidad de fuentes. Su recopilación implicó un arduo trabajo y, pese a ello, persisten lagunas que impiden dar seguimiento al PMS en algunos campos. Tal es el caso del Cimiento IV, que no fue posible valorar en el presente análisis por falta de suficiente información cuantitativa. Esta es una severa pero insalvable limitación, que subraya las deficiencias del

país para dar cuenta de lo que ocurre en los ámbitos de la ciencia, la tecnología y la innovación.

La información disponible para medir el desempeño de Costa Rica según los veinticuatro indicadores seleccionados está desactualizada: hay importantes rezagos temporales en algunos de ellos. Por esta razón, se utiliza una actualización de la línea de base de la KAM a una fecha cercana a 2009, denominada aquí *"circa 2009"*, que a pesar de tener casi cinco años de antigüedad reúne los datos a la fecha más reciente disponible en esa base de datos.

Limitaciones del estudio

Este primer ejercicio de valoración del cumplimiento del PMS tiene múltiples limitaciones, derivadas de la falta de indicadores de evaluación e información sistemática sobre los distintos temas y acciones propuestos en el Plan. Ello restringe el alcance de los análisis, pues en varios casos los datos son parciales e insuficientes. Estas dificultades pudieron ser salvadas solo en parte gracias al estudio de Céspedes (2013), que constituye un notable esfuerzo de compilación y verificación de la información y de desarrollo de una herramienta de monitoreo (la Micap-PMS).

Principales resultados

Punto de partida: el *Plan de Medio Siglo*

El *Plan de Medio Siglo* (PMS), presentado en el año 2006, es una iniciativa de la Asociación Estrategia Siglo XXI, una entidad privada sin fines de lucro que reúne a personalidades destacadas de la ciencia, la tecnología y la innovación en Costa Rica.

La preparación del PMS inició con un primer documento, titulado *La ciencia y la tecnología en Costa Rica: aportes para su diagnóstico*, que describió la situación del país en materia de educación, ciencia y tecnología, a partir del trabajo de veinte grupos temáticos conformados por más de doscientos especialistas de las siguientes áreas: Biodiversidad, Biotecnología, Ciencias Agropecuarias, Ciencias de la Salud, Ciencias de la Tierra y el Espacio, Ciencias de la Vida, Ciencias de Materiales y Miniaturización, Ciencias Exactas, Informática, Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ciencias e Ingeniería Ambiental, Sistemas de Manufactura y Telecomunicaciones.

Ese diagnóstico ofreció, para cada disciplina, un panorama de los recursos humanos, la oferta académica, las unidades de investigación y la infraestructura instalada para investigación y desarrollo (I+D) con que contaba el país en 2006. En algunos casos también se describieron de manera general las interacciones entre los grupos de investigación y entre estos y el sector empresarial (Asociación Estrategia Siglo XXI, 2006b).

Sobre esta base, un grupo de veinticinco especialistas elaboró el PMS, cuyo primer planteamiento es una visión del futuro deseado para Costa Rica, en un contexto en el que la ciencia, la tecnología, la educación y la innovación se consideran los elementos centrales para el logro del desarrollo humano sostenible.

El análisis de diversos indicadores de desarrollo humano revela que Costa Rica, por lo general, se encuentra en la mitad superior del conjunto de las naciones. La meta que propone el PMS es que en el año 2050 el país se ubique en el 10% superior. Esto conduce a una visión que se acerca al perfil de algunas de las naciones de mayor desarrollo humano en la actualidad. Se plantea entonces una estrategia que parte de la situación que presentaba Costa Rica en 2005, y propone alcanzar los logros sociales, culturales y económicos de un grupo de cinco países de muy alto desarrollo humano: Noruega, Dinamarca, Suiza, Finlandia y Suecia. El punto de llegada está inspirado en una **ética de desarrollo** modelada por estos países y delimitada por las siguientes variables:

- mayor ingreso con calidad de vida
- desarrollo humano con equidad
- desarrollo tecnológico e innovación
- competitividad sistémica en lo "macro" y en lo "micro"
- uso de recursos con eficiencia y sostenibilidad
- relación hacia el resto del mundo con solidaridad

El concepto de **ética de desarrollo** es una de las brújulas fundamentales consideradas al formular la visión del país al que se aspira. La idea es propiciar la creación de plataformas tecnológicas estratégicas[1], que permitan construir sobre las fortalezas que pueden dar ventajas sostenibles y que apunten a solventar los retos de la sociedad costarricense en áreas como agricultura, energía, ambiente, atención de la salud, seguridad, servicios públicos y transporte (Asociación Estrategia Siglo XXI, 2006a).

¿Más información sobre los cimientos del Plan de Medio Siglo?

Veáse
• Céspedes, 2013, en el sitio **www.estadonacion.or.cr**

Para monitorear el avance del país se seleccionó un conjunto de veinticuatro indicadores, agrupados en las cinco categorías de desempeño establecidas en la metodología KAM: i) económico y desarrollo humano, ii) institucional, iii) innovación, iv) educación y recursos humanos, v) infraestructura de información. Cada indicador se normaliza con respecto a la mejor posición en el mundo, que recibe un valor de diez (cuadro 5.1).

Cuadro 5.1

Indicadores de desempeño[a/] para la Costa Rica del 2005 (CR-2005) y la "Costa Rica ideal" del 2050[b/] (CR-2050)

Número	Variable normalizada	CR-2005	CR-2050
Desempeño económico y desarrollo humano			
1.	PIB per cápita (miles de dólares)	6,1	9,2
2.	Índice de desarrollo humano	6,8	9,3
Desempeño del régimen institucional			
3.	Propiedad intelectual bien protegida	4,9	9,0
4.	Nivel de competencia local	4,0	7,3
5.	Calidad de la regulación	5,7	9,3
6.	Marco legal	6,6	9,6
7.	Efectividad del Gobierno	6,1	9,3
8.	Voz y rendición de cuentas	8,2	9,8
9.	Control de la corrupción	7,3	9,6
Desempeño en innovación			
10.	Matrícula en ciencia y tecnología (porcentaje de estudiantes en el nivel terciario)	1,9	5,8
11.	Investigadores en I+D por millón de habitantes[c/]	4,2	9,3
12.	Inversión total en I+D como porcentaje del PIB	2,0	8,8
13.	Artículos en revistas científicas y técnicas por millón de habitantes	4,7	9,6
14.	Aplicación de patentes por mil habitantes	6,9	9,1
15.	Desarrollo del estado de situación de los *clusters*	3,0	8,4
Desempeño en educación y recursos humanos			
16.	Años promedio de escolaridad	3,9	9,2
17.	Matrícula en educación secundaria	3,1	9,3
18.	Matrícula en educación terciaria	4,6	9,0
19.	Profesionales y técnicos como porcentaje de la PEA	3,2	9,5
20.	Calidad de la educación en Ciencia y Matemática	5,2	7,6
Desempeño en infraestructura de información			
21.	Teléfonos por mil habitantes	4,8	9,4
22.	Computadoras por mil habitantes	7,6	9,4
23.	Nodos de internet por 10.000 personas[d/]	5,7	
	Ancho de banda internacional de internet (bits por persona)		6,8
24.	Usuarios de internet por 10.000 habitantes	6,5	5,6

a/ Seleccionados por la Estrategia Siglo XXI.
b/ La KAM ordena los países "de mejor a peor" utilizando los valores reales para cada variable. Luego los valores se normalizan en una escala de 0 a 10 con respecto al mejor indicador en el mundo, que recibe un valor de 10.
c/ Este indicador no se encuentra disponible para el año *circa* 2009 (en la página web de la KAM, del Banco Mundial), razón por la cual se utilizó el indicador para el año 2009 que registra el sitio de la Asociación Estrategia Siglo XXI (<http://www.estrategia.cr/es/indicadores>), cuyo valor fue de 2,73.
d/ La variable "nodos de internet por 10.000 personas" no se encuentra disponible para el año *circa* 2009, debido a que fue descontinuada por el Banco Mundial. El dato disponible que más se le acerca es "ancho de banda internacional de internet (bits por persona)", por lo que se incluyó en el estudio como sustituto para efectos de análisis. Sin embargo, no se cuenta con cifras de esta última variable para los años 2005 y CR-2050 (2005).

Fuente: Asociación Estrategia Siglo XXI, 2006a.

A partir de los indicadores normalizados, se utiliza una metodología de escenarios que permite contrastar la situación actual, o línea de base, con un horizonte normativo, o "país ideal", al que se quiere llegar en 2050. En el primer caso se considera como punto de partida la situación de Costa Rica en el año 2005 (CR-2005), y en el segundo la meta a la que se aspira para el 2050, (CR-2050; gráfico 5.1). A partir de estos escenarios se puede determinar la magnitud de las brechas que existen, en cada indicador, con respecto al horizonte de largo plazo. Esto, a su vez, da una idea del esfuerzo que debe hacer el país en el tema respectivo.

Los cuatro cimientos del PMS

El PMS establece cuatro componentes, denominados "cimientos", en torno a los cuales se agrupan las acciones que deben realizarse en los ámbitos de ciencia, tecnología e innovación, de la siguiente forma:

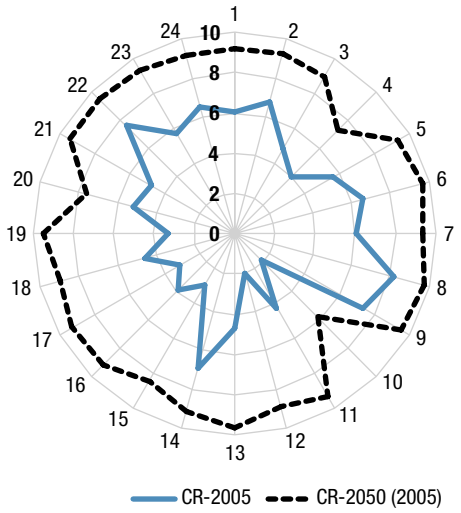
- Cimiento I: Potenciar el capital humano mediante la complementariedad entre destreza/educación y tecnología en todos los niveles educativos.
- Cimiento II: Ligar la ciencia y la tecnología a la innovación.
- Cimiento III: Construir un sistema nacional y un marco jurídico eficaz para la ciencia, la tecnología y la innovación.
- Cimiento IV: Propiciar una mayor interacción entre ciencia, cultura y sociedad.

Los cimientos I y II son concretos y puntuales, en tanto que el III y el IV pueden ser vistos más bien como planteamientos estratégicos, dado que buscan definir una dirección, más que sugerir metas específicas (recuadro 5.1).

Por otra parte, los indicadores de logro asociados a los programas de cada cimiento son de muy diversa naturaleza. En este sentido, los asuntos institucionales como la creación de organizaciones, redes y programas, entre otros, en Costa Rica son relativamente más fáciles o factibles de concretar que los resultados más "duros", medidos, por ejemplo, a través de estadísticas de población estudiantil (graduados, técnicos, expertos, profesores visitantes, entre otros).

Gráfico 5.1

Comparación de escenarios CR-2005 y CR-2050 en veinticuatro indicadores de desempeño[a/]



a/ Seleccionados por la Estrategia Siglo XXI. Los números de 1 a 24 que muestra el gráfico corresponden a cada uno de los indicadores presentados en el cuadro 5.1.

Fuente: Asociación Estrategia Siglo XXI, 2006a.

Recuadro 5.1

Plan de Medio Siglo: ¿visión, estrategia y plan?

La planificación del desarrollo está estrechamente relacionada con una visión de futuro e implica la ejecución de una estrategia. Estos componentes están vinculados a tal punto que, en términos conceptuales, puede hablarse de "planificación estratégica" cuando los tres se plantean como parte de un mismo proceso. Sin embargo, visión, estrategia y plan son cosas distintas. La visión de futuro establece el horizonte que se desea alcanzar. La estrategia define los objetivos y las acciones que permitirán lograrlo. La planificación se ocupa de identificar las actividades y su concatenación deseada, los recursos requeridos y sus fuentes, así como los parámetros para evaluar el éxito de la estrategia.

Desde esta perspectiva, el Plan de Medio Siglo no cumple a cabalidad con los requisitos de un ejercicio de planificación. Los cimientos I y II están más claramente perfilados que los cimientos III y IV, que refieren a aspectos de cultura e institucionalidad para la ciencia, la tecnología y la innovación. Céspedes (2013) señala: "los cimientos III y IV deberían, más bien, ser denominarlos Planteamientos Estratégicos, ya que, en este sentido, eso es lo que parecen ser, a diferencia de las acciones y programas de los cimientos I y II que son mucho más concretos y puntuales (así como prioritarios en el corto y mediano plazo)."

Además, los parámetros de evaluación no fueron definidos de manera sistemática en todas o la mayoría de las áreas. Ello ciertamente dificultó la tarea de valorar el avance en la ejecución del PMS que se realizó para este Informe.

¿Más información sobre la formación de técnicos en Costa Rica?

Véase
- Pregunta 12 de este Informe

El PMS delineó tres etapas, cada una con hitos concretos por alcanzar. La primera se denomina "Acciones de puesta al día" y abarca un período de diez años (del 2006 al 2015). La segunda, cuyo inicio se traslapa con el final de la fase anterior, supone la construcción de una "Plataforma de despegue" y comprende los años 2010 a 2025. Finalmente la tercera etapa, llamada "Horizonte de largo plazo", lleva del 2025 al 2050 (Asociación Estrategia Siglo XXI, 2006a).

La presente valoración del avance en la ejecución del PMS se realiza, pues, con información correspondiente al ecuador de la primera etapa.

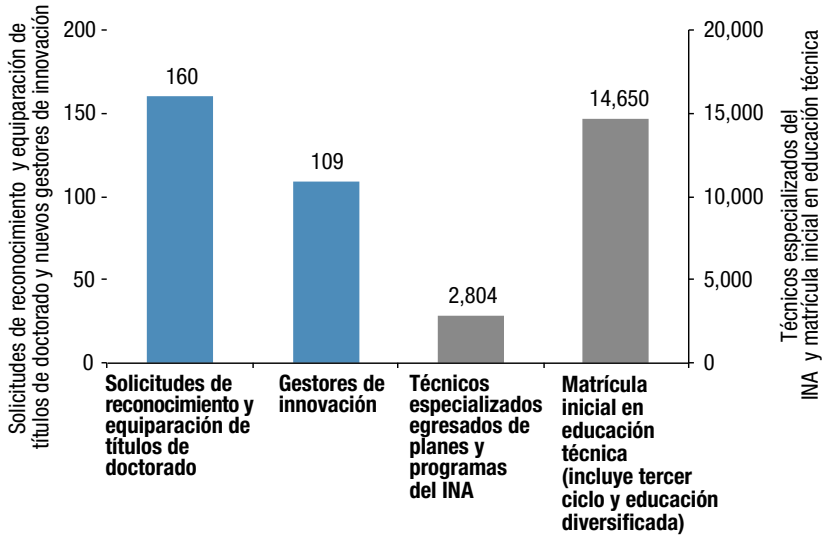
Situación en el Cimiento I

El Cimiento I del PMS sugiere potenciar el capital humano mediante la complementariedad entre destreza/educación y tecnología en todos los niveles educativos. A este respecto fue posible documentar progresos en el cumplimiento de las metas planteadas, sobre todo por el adelanto en las "Acciones de puesta al día" de los recursos humanos en ciencia y tecnología y en los catalizadores de innovación. Además, los esfuerzos realizados por el INA y el MEP han mejorado la oferta de técnicos medios y especializados aunque, como se analiza en otras secciones de este Informe, aún existen grandes rezagos. En algunos indicadores no se logró hacer una valoración robusta, pues solo fue posible recopilar datos aislados; en otros casos los avances identificados son divergentes.

Un primer hallazgo relevante se dio en el indicador de solicitudes de reconocimiento y equiparación de títulos de doctorado, que pasó de 19 en 2006 a 28 en 2012, un aumento importante, aunque el nivel sigue siendo bajo. Por su parte, las actividades de intercambio de conocimiento, como becas, pasantías y visitas académicas, mostraron un comportamiento dinámico y constante. Además, entre 2011 y 2012 el Área de Gestión de la Innovación y Desarrollo Empresarial del Micitt formó 109 gestores de innovación, con lo cual superó la meta del PMS, que era generar al menos cien de estos especialistas (gráfico 5.2). Cruz (2014) menciona que "(este) avance implica que el país cuenta con un importante número de profesionales en innovación, con los que puede

Gráfico 5.2

Cimiento I del *Plan de Medio Siglo*: indicadores relevantes sobre la formación de técnicos y gestores de innovación. Cifras acumuladas 2006-2012



Fuente: Elaboración propia con base en Céspedes, 2013.

aspirar a impulsar procesos de innovación y mejoramiento productivo, con orientación al mercado. Adicionalmente, el éxito del programa incentiva la certificación de más profesionales de esta índole".

La valoración sobre los avances en el Cimiento I se basó en las memorias institucionales del INA y el Conicit para los años correspondientes al período analizado (2006 a 2012). Los indicadores oficiales, en este caso provenientes del MEP y el Micitt, complementaron los datos de la Micap-PMS en temas de innovación y educación técnica. En general, las memorias institucionales son de gran utilidad como fuentes de información, mientras que los aportes de las páginas web respectivas tienden a ser bastante más pobres (gráfico 5.3).

Situación en el Cimiento II

El Cimiento II del PMS propone ligar la ciencia y la tecnología con la innovación, lo cual supone ampliar los esfuerzos conjuntos entre el sector productivo y la academia. En términos generales, durante el período analizado se llevaron a cabo múltiples proyectos y actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) que fomentan la vinculación entre pymes y unidades de investigación. Además existen iniciativas que impulsan la creación de nuevos emprendimientos, a través de parques de incubación de empresas.

Sin embargo, parece necesario aumentar el dinamismo y el alcance de estos esfuerzos. Los proyectos identificados, aunque cuentan con estrategias e instituciones que los respaldan, comparten el problema de que no exhibieron logros concretos en el período analizado. El estudio en profundidad de cuatro empresas innovadoras en sectores de interés estratégico evidenció, además, múltiples obstáculos en la vinculación entre esos emprendimientos y la institucionalidad para la ciencia y la tecnología. En resumen, visto en su conjunto, el país sigue enfrentando serias dificultades para ligar la ciencia y la tecnología a la innovación. Si bien existen iniciativas prometedoras, su escala es reducida a la luz de las necesidades nacionales.

En esa escala "micro", la relación empresa-universidad ha estado muy presente en el desarrollo de proyectos que vinculan a pymes con unidades de investigación. Solo entre 2007 y 2010 se pusieron en marcha 56 iniciativas de este tipo en I+D+i. En 2010 resalta el esfuerzo por impulsar 75 alianzas de diversa índole entre la academia y el sector empresarial (gráfico 5.4).

Por otra parte, se contabilizaron 55 empresas incubadas durante el período 2006-2012. Esto significa que se alcanzó la meta de 50 incubaciones, aunque no en el año establecido (2010), ya que 10 de los 55 proyectos fueron impulsados por UNA-Incuba y ésta fue creada en 2012.

Costa Rica cuenta con varias redes y un sistema de financiamiento para apoyar a las pymes: RedCyTec (2008), Red Nacional de Incubadoras (2011), INApymes (2009) y el Sistema de Banca para el Desarrollo (2008). Adicionalmente, el MEIC ha impulsado la Red de Apoyo a Pymes y el Sistema de Información Empresarial Costarricense (SIEC). Sin embargo, no se logró obtener cifras "duras" para evaluar su eficacia.

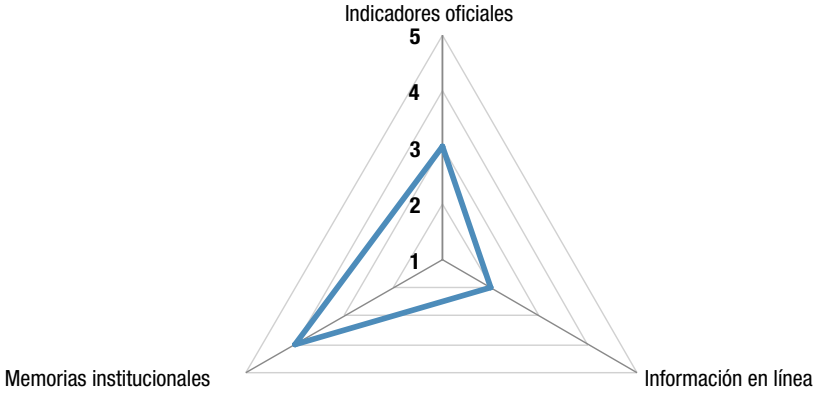
Finalmente cabe señalar que entre 2006 y 2011 la Dirección de Encadenamientos de Exportación de Procomer (antes CR-Provee) ayudó a concretar 1.191 encadenamientos entre pymes y empresas exportadoras.

¿Más información sobre los problemas que enfrentan las empresas innovadoras para ligarse a la ciencia y la tecnología?

Véase
- Pregunta 19 de este Informe

Gráfico 5.3

Plan de Medio Siglo: tipo y disponibilidad de información para valorar[a/] la situación en el Cimiento I

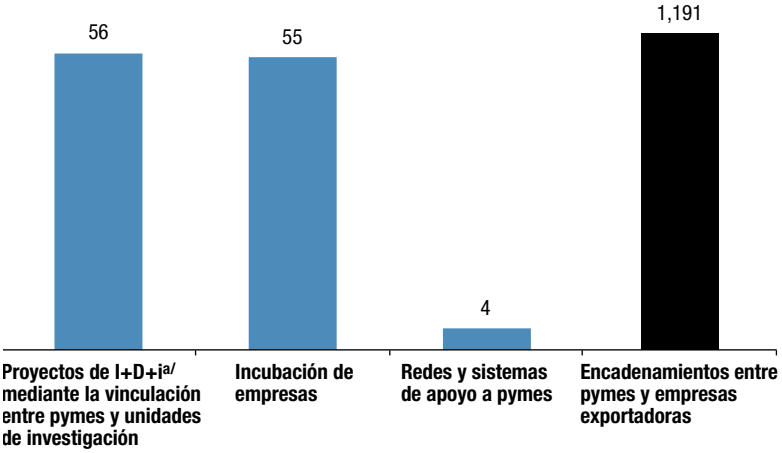


a/ La escala debe interpretarse como sigue: 5. Información exhaustiva y suficiente 4. Información suficiente pero no totalmente exhaustiva. 3. Información suficiente concentrada en pocos temas. 2. Información limitada sobre pocos temas. 1. Datos insuficientes para valorar en todos los temas.

Fuente: Céspedes, 2013.

Gráfico 5.4

Cimiento II del *Plan de Medio Siglo*: indicadores relevantes sobre la vinculación de la ciencia y la tecnología a la innovación empresarial. Cifras acumuladas 2006-2012



a/ Investigación, desarrollo e innovación.

Fuente: Céspedes, 2013.

Al igual que en el Cimiento I, la valoración del Cimiento II encontró abundante información en memorias institucionales y documentos de políticas públicas, y una notable pobreza en los datos ofrecidos en línea por las entidades respectivas. El *Plan Nacional de Desarrollo 2011-2014* y el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* son textos que reúnen, organizan y evalúan datos relacionados con la innovación y la competitividad y, en esa medida, fueron tomados en este análisis como memorias institucionales. Algunos indicadores de fuentes oficiales complementaron la Micap-PMS en temas específicos, como propiedad intelectual (Ministerio de Justicia y Paz) y encadenamientos productivos (Procomer). La información en línea es, como se dijo, limitada y muy dispersa.

Situación en el Cimiento III

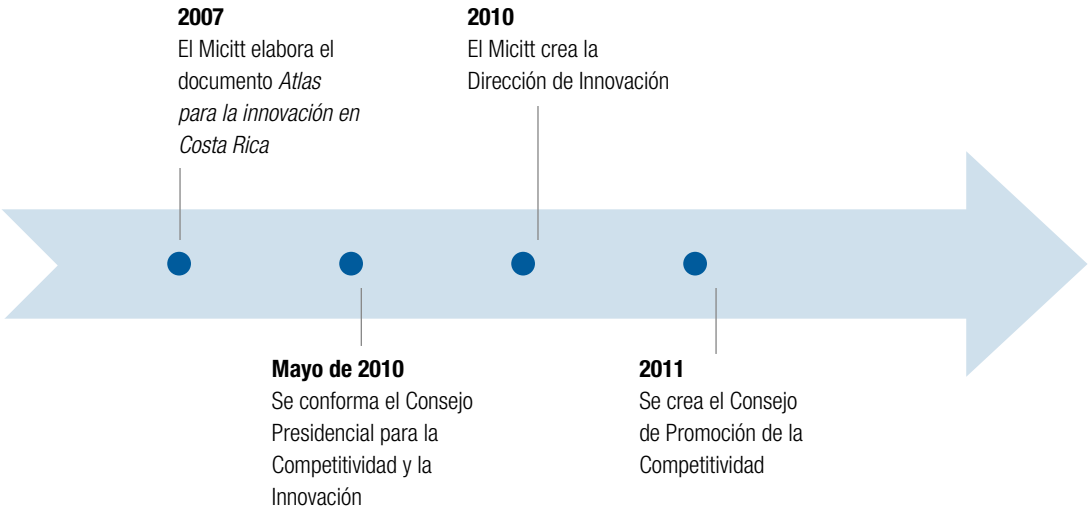
El Cimiento III del PMS recomienda construir un sistema nacional y un marco jurídico eficaz en materia de ciencia, tecnología e innovación, lo cual implica reformar e integrar la profusa institucionalidad del país en estos ámbitos. A este respecto es indudable que se han dado pasos importantes (figura 5.1), pero aún está lejos el objetivo de integrar un sistema nacional, con una rectoría fuerte de política pública e instituciones con las competencias y capacidades necesarias para fomentar el quehacer científico, tecnológico y de innovación hasta el punto de convertirlo en una prioridad en la agenda del desarrollo nacional.

Poco después del lanzamiento del PMS, el Micitt presentó el *Atlas para la innovación en Costa Rica* (Micitt, 2007). De acuerdo con Céspedes (2013), esa publicación trazó un camino por donde deben pasar las innovaciones, desde sus aspectos conceptuales hasta su introducción en el mercado. Es una hoja de ruta para el desarrollo organizativo en esta materia, pues señala los lineamientos que deben seguirse para la conformación de un sistema o red nacional de innovación e identifica las principales barreras para la innovación en el país.

Durante la administración Chinchilla Miranda, el citado Ministerio logró una mayor articulación y colaboración con actores relevantes, como el Conicit, Comex, Procomer y el MEP, lo que ha dinamizado el trabajo de las instituciones ligadas a la ciencia, la tecnología y la innovación. Asimismo, la creación del Consejo Presidencial para la Competitividad y la Innovación, el Consejo de Promoción de la

Figura 5.1

Hitos relacionados con el Cimiento III del *Plan de Medio Siglo*. 2006-2012



Fuente: Elaboración propia con base en Céspedes, 2013.

Competitividad y la Dirección de Innovación del Micitt, ha dotado al país de importantes instrumentos para establecer prioridades de política pública. Sin embargo, no existen indicadores para valorar los resultados concretos obtenidos a través de estas nuevas instancias.

Situación en el Cimiento IV: información fragmentaria impide valorar avances

El Cimiento IV del *Plan de Medio Siglo* busca propiciar una mayor interacción entre ciencia, cultura y sociedad. Sobre este particular no existe en el país información sistemática que permita valorar avances o rezagos, motivo por el cual ese análisis no fue incluido en este Informe.

Céspedes (2013) señala que uno de los mayores incumplimientos en este ámbito es que no se ha logrado crear un centro de estudios interdisciplinarios para desarrollar un nutrido portafolio de proyectos de ciencia, tecnología e innovación, lo que frena la articulación con las Ciencias Sociales y las Humanidades.

Del lado positivo destaca la aprobación de la Ley de Traslado de Telecomunicaciones del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones al Ministerio de Ciencia y Tecnología (nº 9046). Además, los pocos datos disponibles indican que los esfuerzos por desarrollar una cultura científica tecnológica se han alimentado del quehacer de dos actores relevantes. Uno de ellos es la Dirección de Fomento del Micitt, que ha propiciado avances en el ámbito digital (gobierno y firma digitales) y el uso de herramientas como el *software* en la nube, *software* libre, *data centers* y otros. El segundo actor relevante es el MEP, en particular el programa "Aprende Ciencia haciendo Ciencia", creado en 2010, que impulsa ferias, premios y otras actividades compatibles con la meta del Cimiento IV.

Adicionalmente, la Fundación para el Centro Nacional de la Ciencia y la Tecnología (Cientec), la Red de Comunicación de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (RedCyTec Costa Rica) y diversos premios al quehacer científico presentan un abanico de opciones que favorecen la interacción entre ciencia, cultura y sociedad.

En síntesis, al avance en el Cimiento IV del *Plan de Medio Siglo* no es robusto, pero hay esfuerzos recientes que apuntan hacia un cambio positivo en esta materia.

Brechas entre la Costa Rica actual y la Costa Rica ideal de 2050

Los avances asociados al PMS, así como otras condiciones del entorno nacional, ¿en qué medida acercaron a Costa Rica al escenario ideal definido como CR-2050? La respuesta es que los progresos fueron desiguales, en magnitud y dirección, según los indicadores y la categoría de la metodología KAM que se analice (gráfico 5.5).

Para valorar el desempeño del país e identificar las brechas que lo separan de la "Costa Rica ideal" propuesta para el año 2050, se realizan dos ejercicios de comparación que conviene describir nuevamente en este apartado. Una primera aproximación consiste en contrastar la "Costa Rica actual", determinada por los valores que obtuvo el país en los indicadores seleccionados en el año 2005 ("CR-2005") versus el escenario ideal para 2050, determinado por los valores promedio que registró, también en el 2005 y en los mismos indicadores, el grupo de naciones de muy alto desarrollo humano que se utiliza como referencia, y que en forma abreviada se denomina "CR-2050 (2005)". La segunda comparación se hace entre la "Costa Rica actual" determinada por los valores alcanzados por el país en un año cercano al 2009 (los datos más recientes disponibles) o "CR *circa* 2009" y un nuevo escenario ideal, al que se llama "CR-2050 (*circa* 2009)", valorado asimismo con datos de fecha cercana al año 2009 (los más recientes disponibles) y correspondientes al promedio obtenido por el grupo de referencia mencionado.

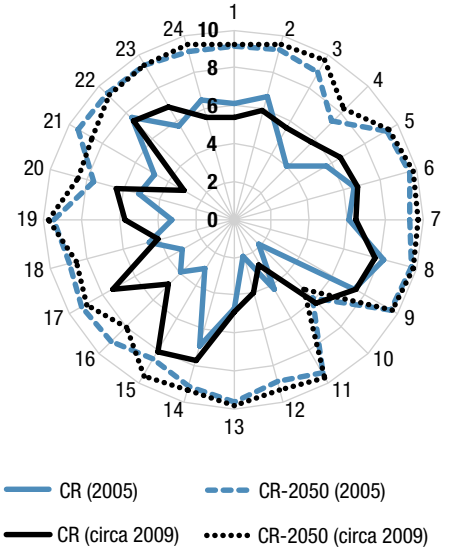
En las dos comparaciones, las diferencias entre la "Costa Rica actual" y la "Costa Rica del 2050" dan cuenta de la brecha que separa al país del escenario ideal que desea alcanzar. El gráfico 5.5 muestra las curvas que arroja el análisis de la KAM y permite observar la evolución de los veinticuatro indicadores de desempeño seleccionados, en relación con los escenarios meta del 2050.

Cabe aclarar que no es válido hacer comparaciones distintas a las descritas anteriormente. Dado que el ordenamiento de los países (*ranking*) varía cada año, no sería pertinente, por ejemplo, contrastar los indicadores de CR-2005 con los de CR *circa* 2009, pues los valores (mínimos y máximos) que se utilizan como referencia para normalizar las variables de 2005 y *circa* 2009 son diferentes.

En la primera categoría –desempeño económico y desarrollo humano– la distancia con respecto al país deseado ha crecido. Utilizando datos de 2005, la diferencia entre la "Costa Rica actual" y la proyectada al 2050 es de 43,6%, mientras que al comparar los valores obtenidos con datos *circa* 2009 la brecha asciende a 65,9%, un resultado contrario al esperado (cuadro 5.2). Esta categoría está compuesta por los indicadores "PIB per cápita (dólares PPA corrientes)" e "índice de desarrollo humano", y sobre ella Céspedes (2013) apunta que: "…ha retrocedido debido a una caída en los valores normalizados de ambos indicadores componentes [sic]. Además, las metas del escenario nuevo CR-2050 (basado en *circa* 2009), se han ampliado, todo lo cual hace que en estos indicadores, las brechas hayan aumentado y, como un todo, la categoría se haya deteriorado".

Gráfico 5.5

Evolución de los veinticuatro indicadores de desempeño[a/] en la Costa Rica actual[b/] versus los escenarios meta del 2050[c/]



a/ Con base en la *Knowledge Assessment Methodology* (KAM), del Banco Mundial.
b/ El desempeño de la "Costa Rica actual" se mide desde dos perspectivas: CR-2005, que corresponde al desempeño del país valorado con datos del año 2005, y CR *circa* 2009, que corresponde al desempeño del país valorado con datos cercanos al año 2009 (los más recientes disponibles).
c/ Los escenarios meta se determinan con base en dos parámetros: CR-2050 (2005), que corresponde al escenario ideal que alcanzaría Costa Rica en el 2050, calculado con datos del año 2005, y CR-2050 (*circa* 2009), que corresponde al escenario ideal que alcanzaría Costa Rica en el 2050, calculado con datos cercanos al año 2009 (los más recientes disponibles).

Fuente: Céspedes, 2013.

En la segunda categoría, desempeño institucional, hay una leve mejoría, pues la brecha con respecto al país ideal disminuyó de 49,5% a 43,3%. Este cambio se explica por un aumento del valor obtenido por el país (pasó de 6,1 en 2005 a 6,6 en *circa* 2009), una variación mayor que la registrada en los países de referencia que componen el horizonte normativo CR-2050 (en los que el valor del indicador compuesto pasó de 9,1 a 9,5). Céspedes (2013) menciona que los indicadores "propiedad intelectual bien protegida", "nivel de competencia local" y "calidad de la regulación" mostraron notables repuntes, en tanto que "voz y rendición de cuentas" fue el único indicador de esta categoría que descendió.

Los mayores avances se observan en las categorías que se refieren a la innovación y las áreas de educación y recursos humanos. En ambos casos las brechas se redujeron prácticamente a la mitad. Todos los componentes de esta categoría, excepto "matrícula en educación terciaria" aumentaron sus valores en *circa* 2009 con respecto a 2005. Cabe anotar que el valor del indicador "matrícula en secundaria" aumentó de 3,1 a 7,4 en el período analizado. El cierre de la brecha también se apoyó en que el horizonte normativo de CR-2050 (*circa* 2009) disminuyó, lo que indica cierta erosión ocurrida en los países de referencia.

Por último, en la categoría de infraestructura de información, la comparación con datos *circa* 2009 refleja que la brecha con respecto a CR-2050 es más amplia que la registrada en 2005. Esta situación es el resultado del deterioro relativo en la mayoría de los indicadores analizados, como el uso de teléfono, internet y computadoras. Relativo significa que, si bien en Costa Rica había un mayor acceso y uso de estos dispositivos en 2009 que en 2005, en los países de referencia el avance fue bastante más rápido durante el mismo período.

En resumen, entre 2005 y *circa* 2009, Costa Rica mejoró su desempeño en el índice KAM (promedio) en las categorías 2, 3 y 4, pero desmejoró en la 1 y la 5 (Céspedes, 2013). Visto en su conjunto, y buscando responder a la pregunta planteada al inicio de este acápite, puede decirse que el país logró acercarse al horizonte normativo o "país ideal" CR-2050. La brecha medida con el índice KAM disminuyó de 70,7% (2005) a 56,0% (*circa* 2009).

Dictamen

La pregunta de si Costa Rica ha avanzado en el cumplimiento del *Plan de Medio Siglo* puede contestarse afirmativamente. Lo que resulta más difícil responder es ¿en qué? y ¿cuánto?

En el Cimiento I del Plan se lograron avances generalizados en todos los programas, aunque la información disponible sobre algunos de ellos fue insuficiente para una evaluación más

Cuadro 5.2

Evolución de las brechas CR-2005 y Costa Rica actual (*circa* 2009) con respecto a los escenarios ideales estimados en 2005 y 2009

Categorías de desempeño	CR 2005	CR-2050 (2005)	Brecha CR 2050 (2005) - CR 2005	CR *circa* 2009	CR-2050 *circa* (2009)	Brecha CR 2050 (2009) - CR 2009
1. Desempeño económico y desarrollo humano	6,4	9,2	43,6%	5,7	9,4	65,9%
2. Desempeño institucional	6,1	9,1	49,5%	6,6	9,5	43,3%
3. Desempeño en innovación	3,8	8,5	125,9%	5,6	8,8	57,7%
4. Desempeño en educación y recursos humanos	4,0	8,9	122,4%	5,7	8,8	54,2%
5. Desempeño en infraestructura de información	6,1	9,4	52,3%	5,7	9,2	60,8%
Índice KAM (promedio)	**5,3**	**9,0**	**70,7%**	**5,9**	**9,1**	**56,0%**

Fuente: Céspedes, 2013, con base en la *Knowledge Assessment Methodology* (KAM), del Banco Mundial.

profunda de los resultados. En el Cimiento II se registraron adelantos en todos los programas, menos en el de "puesta en funcionamiento de una red de centros de innovación tecnológica e intermediación universidad-empresa". En ese caso no fue posible identificar líneas de base para realizar un monitoreo más allá de la creación de varias redes de apoyo, sobre las cuales no hay "datos duros" que analizar. En general hay progresos, pero no existe información sobre sus alcances.

En gran medida, el *Plan de Medio Siglo* supeditaba el éxito de los Cimientos III y IV a la aprobación del fallido proyecto de préstamo BID CR-0153[2]. Por esa razón, se decidió desvincular la valoración de lo sucedido con esa iniciativa y buscar indicadores compatibles con los programas planteados. En ese sentido, hay evidencia de avances en todos los programas del Cimiento III, sobre todo en lo que concierne a la elaboración de documentos de política pública y de modernización de la institucionalidad, que en el futuro podrían ser elementos clave de un sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación. Sin embargo, no hay información sobre los resultados e impactos logrados en este ámbito.

Aunque no fue posible valorar el Cimiento IV, los pocos datos existentes sugieren que los avances no son robustos, ni consistentes con los planteamientos originales del *Plan de Medio Siglo*. Aun así, pueden consignarse esfuerzos recientes de política pública que apuntan hacia un cambio positivo en el nivel de actividad de este cimiento (figura 5.2).

Por último, es importante reiterar que la valoración del avance en los cuatro cimientos se vio fuertemente limitada por la cantidad y calidad de la información disponible. A ese respecto

Figura 5.2

Resumen de los principales avances encontrados en el cumplimiento del *Plan de Medio Siglo*, según cimientos

Fuente: Elaboración propia con base en Céspedes, 2013.

Céspedes (2013) subraya las grandes carencias e insuficiencias encontradas en las fuentes de datos y señala la necesidad de actualizar y ampliar, en próximos ejercicios, el monitoreo realizado.

Implicaciones

El Cimiento I es fundamental para el cumplimiento del *Plan de Medio Siglo* como un todo, pues será más fácil que un recurso humano altamente capacitado logre avances significativos en las áreas de acción de los otros tres cimientos (innovación, construcción de un sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, e interacción entre ciencia, cultura y sociedad), que un recurso humano deficiente en conocimiento técnico y profesional. Como menciona Gordon (2011): "el déficit de recursos humanos en áreas críticas para el desarrollo constituye un cuello de botella más severo, y más difícil de superar, que el insuficiente nivel de inversión en ciencia y tecnología; aunque queda claro que ambos fenómenos estén estrechamente relacionados". Por lo tanto, por más que evolucionen los Cimientos II, III y IV, si el primero no lo hace el progreso de los otros será temporal y limitado.

También son indispensables los avances en el Cimiento II. La vinculación entre empresas y universidades abre oportunidades para impulsar iniciativas que aumenten la productividad y la competitividad de Costa Rica. García (2011) sugiere que esa vinculación favorece el involucramiento de grupos interesados en temas de innovación, así como en la implementación, evaluación y financiamiento de proyectos en ese ámbito. La experiencia reportada por cuatro empresas innovadoras de sectores definidos como estratégicos por la política pública (véase la Pregunta 19 de este Informe) indica que es un área en la que Costa Rica debe lograr mejoras sustantivas. Por otra parte, los encadenamientos productivos entre pymes y empresas exportadoras han sido posibles, en modesta escala, gracias a los esfuerzos liderados por Procomer que, de continuar, beneficiarían indirectamente a otras iniciativas, como las relacionadas con la incubación de empresas.

El progreso observado en el Cimiento III subraya aun más la necesidad de contar con un sistema institucional que conecte y organice los esfuerzos de todos los actores relacionados con el impulso de la ciencia, la tecnología y la innovación. La creación del Consejo Presidencial para la Competitividad y la Innovación, y del Consejo de Promoción de la Competitividad es un paso en la dirección correcta, pero hasta el momento persiste la falta de articulación entre las entidades que tienen competencias en estos ámbitos.

La reciente aprobación legislativa del Programa de Innovación y Capital Humano para la Competitividad (PINN), financiado con un préstamo del BID, favorece el desarrollo de las acciones previstas en el *Plan de Medio Siglo* y además aporta un importante respaldo presupuestario. El objetivo del Programa es apoyar la formación de capital humano altamente calificado y la innovación del sector productivo en áreas estratégicas[3] , varias de ellas coincidentes con las establecidas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*.

Los componentes principales del PINN parecen estar alineados sobre todo con los cimientos I y II del *Plan de Medio Siglo*. El primer componente, con una dotación de 10,4 millones de dólares, busca estimular la innovación en las empresas y fomentar la creación de emprendimientos de base tecnológica. El segundo componente, con un presupuesto de 23,5 millones de dólares, apunta a aumentar la oferta de capital humano altamente calificado en las áreas de competitividad e innovación.

El PINN evidencia que, de manera directa o indirecta, se está buscando continuar con el desarrollo del *Plan de Medio Siglo*, particularmente en los dos primeros cimientos. También pone de manifiesto el interés del Gobierno por lograr que el país avance en temas de competitividad, innovación y recursos humanos, así como en la alineación de los esfuerzos para consolidar una agenda de prioridades de política pública en este campo. Ejemplo de ello es la vinculación entre los componentes del PINN y el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*.

Referencias bibliográficas

Asociación Estrategia Siglo XXI. 2006a. Estrategia Siglo XXI: Conocimiento e innovación hacia el 2050 en Costa Rica: síntesis de la visión y Plan de Medio Siglo en ciencia y tecnología en Costa Rica. San José: Fundación Crusa.

_____. 2006b. La ciencia y la tecnología en Costa Rica: aportes para su diagnóstico. San José: Fundación Crusa.

Céspedes, O. 2013. Monitoreo del estado de avance en las "Acciones de puesta al día" del *Plan de Medio Siglo*. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Cruz, A. 2014. "Gestores de innovación: agentes de cambio y transformación de los sectores productivos", en Diario Extra. San José: 8 de enero.

García, M. 2011. "Políticas de innovación científica y tecnológica en América Latina", en Revista Electrónica del Centro de Estudios en Administración Pública 7.

Gordon, A. 2011. "Políticas e instrumentos en ciencia, tecnología e innovación: un panorama sobre los desarrollos recientes en América Latina". En: <http://www.politicascti.net/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=50&Itemid=36&lang=es>.

Micitt. 2007. Atlas para la innovación en Costa Rica. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Créditos

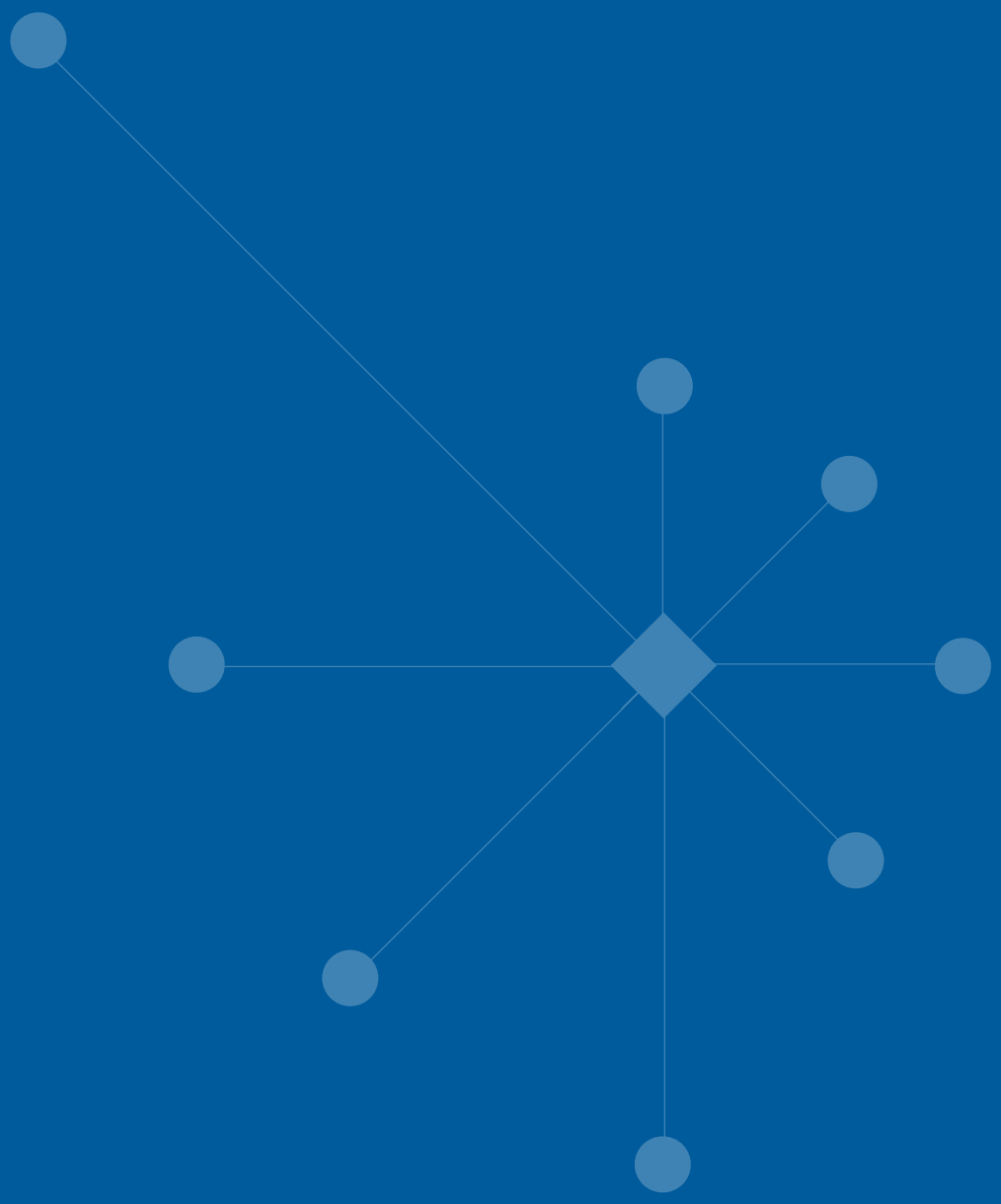
Esta sección fue redactada por Adrián Pacheco.
Jorge Vargas Cullell y María Santos participaron en la **edición técnica.**

Notas

1 Por plataformas tecnológicas estratégicas se entiende "un grupo de tecnologías cuya aplicación no se limita a un producto vertical único, o a un sector productivo estrecho; se construyen sobre una gama subyacente de conocimiento científico y de habilidades, y su identificación y desarrollo pueden facilitar el crear para un país o región un rasgo distintivo, significativo y durable de ventaja competitiva" (Asociación Estrategia Siglo XXI, 2006a).

2 A través del préstamo BID CR-0153 se pretendía llevar adelante acciones en dos grandes áreas: generación y difusión de conocimientos para el sector productivo y fortalecimiento institucional y social para la innovación. Sin embargo, el proyecto no fue aprobado por la Asamblea Legislativa.

3 El Programa de Innovación y Capital Humano para la Competitividad define como estratégicas las áreas de "tecnologías digitales, nuevos materiales, biotecnología y energías renovables, claves para el estímulo de la innovación por parte de las empresas domésticas, la atracción de actividades de innovación por parte de empresas globales y el fomento al emprendimiento de base tecnológica" (Ley 9218).



PREGUNTA 6

¿En cuáles campos del conocimiento científico y tecnológico se ha logrado crear **comunidades de investigación sostenibles?**

Conceptos clave

Grupos de investigación

Comunidades científicas

Comunidades científicas sostenibles

Situación del país

- ☒
- ☐ Pocas y frágiles comunidades de investigación
- ☑

Importancia del tema

La existencia de comunidades académicas cohesivas, productivas, balanceadas por edad y género, y con múltiples y constantes interacciones entre sus miembros, es clave para el desarrollo científico.

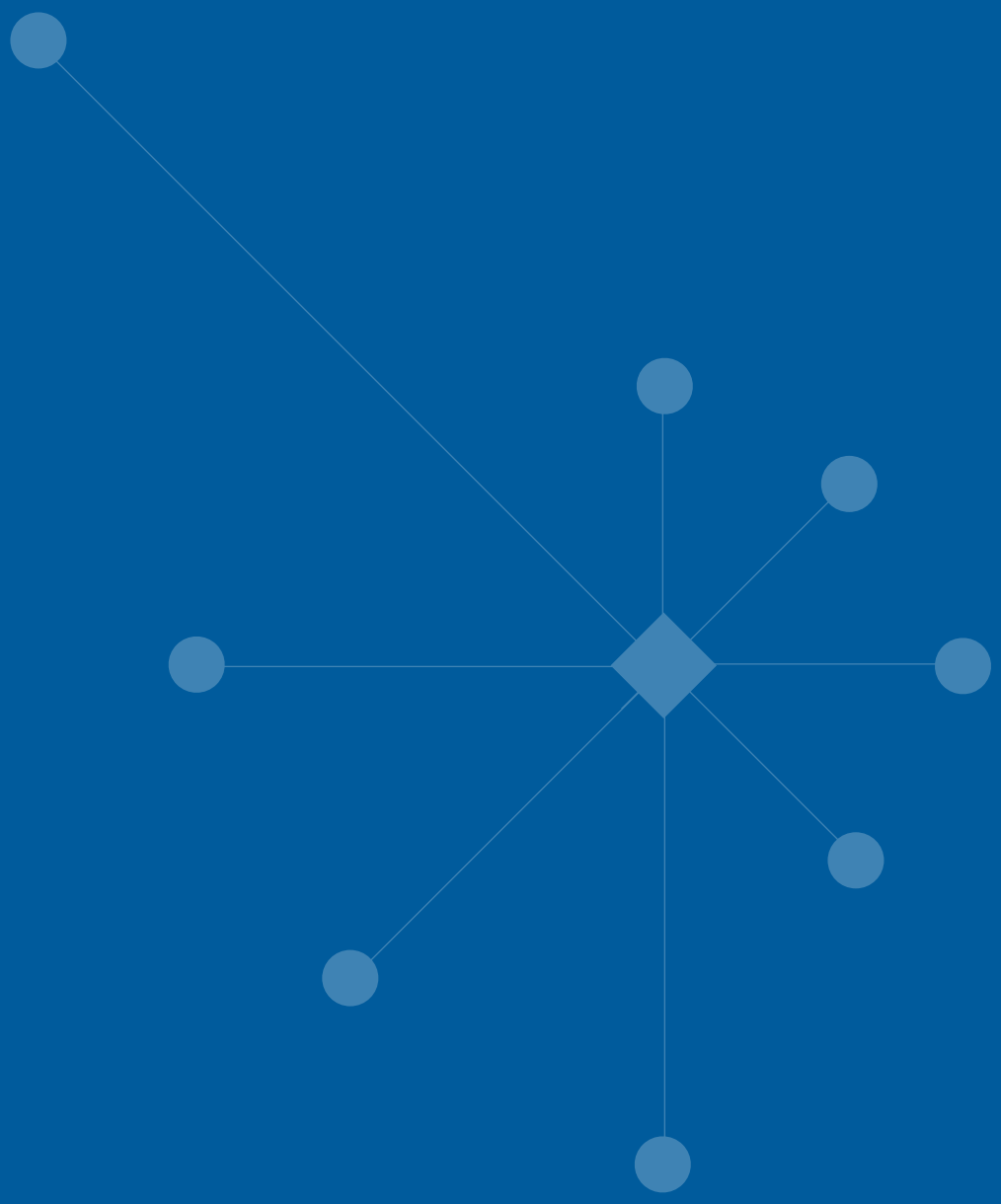
Implicaciones de política pública

- Fomento de la investigación multidisciplinaria.
- Implementación de sistemas de apoyo específicos para grupos de investigación.

Investigaciones de base

González, C. 2013. Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Nielsen, V. y Azofeifa, A.B. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

Costa Rica carece de estudios sistemáticos sobre la conformación de sus comunidades científicas. Se sabe que hay una limitada disponibilidad de recurso humano calificado, pero no basta conocer la cantidad de profesionales en las áreas de las ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías. Es más importante examinar cómo interactúan esos profesionales para producir nuevos conocimientos, a fin de determinar si los patrones de colaboración han logrado conformar comunidades de investigación inter y multidisciplinarias, con un adecuado balance entre temas, sexos y grupos de edad, que asegure la continuidad de la producción de conocimiento endógeno.

La existencia de comunidades científicas en múltiples y diversas áreas de investigación es fundamental para el desarrollo científico de Costa Rica. El trabajo colaborativo entre investigadores e investigadoras permite priorizar y profundizar el estudio de temas que se consideran estratégicos para la sociedad en su conjunto y facilita la vinculación entre el quehacer académico, los procesos de formación de nuevos cuadros y las necesidades de los sectores productivos. Al mismo tiempo, ayuda a orientar la inversión en infraestructura y el equipamiento de los centros de investigación y desarrollo (I+D).

El presente Informe ofrece una primera aproximación a este tema. Se espera que la identificación de las comunidades científicas existentes en el país contribuirá a generar un "mapa" de la actividad investigativa que se realiza a nivel nacional e institucional, lo que a su vez permitirá dar seguimiento a ese quehacer, efectuar comparaciones y apoyar la toma de decisiones en materia de política científica (Osca-Lluch, 2010).

> **"La existencia de comunidades científicas en múltiples y diversas áreas de investigación es fundamental para el desarrollo científico de Costa Rica."**

Hallazgos relevantes

- **La mayoría de los grupos científicos identificados se caracteriza por una alta "centralidad", en la que prevalece un escaso número de investigadores, la mayoría de los cuales se encuentra en edad madura (el 71,9% tiene 46 años o más).**
- **El 43% de los actores relevantes en los grupos de investigación son mujeres.**
- **Pocos grupos han logrado convertirse en comunidades académicas sostenibles, lo que añade fragilidad al desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país.**
- **Se identificaron comunidades de investigación en los campos de Biomedicina, Genética Molecular Humana, Ciencias de la Tierra, Veterinaria, Ecosistemas Acuáticos, Física y Microbiología-Parasitología.**
- **La comunidad de Biomedicina asociada al Instituto Clodomiro Picado, los genetistas moleculares y la comunidad de Veterinaria vinculada a la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNA se visualizan como las más sostenibles a futuro, en virtud de que cuentan con una mayor cantidad y densidad de lazos, así como con individuos que actúan como puentes.**
- **Se observan debilidades en el campo de las Ciencias Agrarias, debido a un limitado capital de relaciones entre sus miembros.**
- **La colaboración interinstitucional e intersectorial es escasa. Los mayores vínculos interinstitucionales corresponden a las comunidades de Ciencias de la Tierra, Genética Molecular Humana y Ecosistemas Acuáticos.**
- **La UCR destaca como la principal institución productora de conocimiento, seguida por la UNA.**

Metodología

El punto de partida para el estudio de las comunidades científicas en Costa Rica es el examen de los patrones de colaboración para la publicación de artículos científicos[1]. Para tal efecto, se empleó el análisis de redes sociales, que se basa en el supuesto de que las relaciones entre los actores contribuyen a explicar la naturaleza, el comportamiento y los resultados de las comunidades (Giuliani y Pietrobelli, 2011).

El estudio de redes de científicos a partir de las coautorías en publicaciones especializadas es un enfoque reciente[2]. Los gráficos resultantes permiten identificar grupos de investigación, considerados como la unidad organizativa básica[3] que genera conocimiento científico y tecnológico más allá de las estructuras cooperativas formales existentes, que de otro modo sería difícil distinguir.

Asimismo, el análisis de redes sociales es una herramienta metodológica útil para el diseño, implementación y evaluación del impacto de políticas públicas específicas (Giuliani y Pietrobelli, 2011)[4].

Fuentes de información

El estudio se basó en las coautorías de investigadores[5] adscritos a instituciones establecidas en Costa Rica, en las publicaciones científicas indexadas en la plataforma *Scopus* para el período 2001-2011. El análisis se restringió a las publicaciones clasificadas bajo las temáticas comprendidas en las áreas de ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías.

Además de la base de datos generada a partir de las 4.001 publicaciones científicas registradas en la plataforma *Scopus*, se consultó el *Directorio de Investigadores Activos*, que forma parte del Registro Científico Tecnológico[6] administrado por el Conicit, y se realizó una búsqueda de información en internet, sobre las áreas del conocimiento en que se desempeñan las y los autores identificados. Adicionalmente, entre noviembre de 2012 y febrero de 2013 el equipo técnico del Programa Estado de la Nación recabó datos, también por medio de internet, acerca de las características individuales del personal calificado en las áreas de ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías[7].

Método de análisis

Como se señaló anteriormente, el examen de las comunidades de investigación existentes en el país partió del análisis de redes sociales (recuadro 6.1). Para ello se utilizó la herramienta informática *Ucinet* 6[8] , considerando las siguientes dimensiones:

- estructura de las coautorías nacionales en la producción de conocimiento científico y tecnológico de autores adscritos a instituciones basadas en Costa Rica;
- estudio descriptivo a nivel micro de los grupos de investigación identificados, que resultan de la dinámica de las colaboraciones descritas en el punto anterior, según área del conocimiento, institución y sexo;
- estudio a nivel micro de un subconjunto de individuos con un peso importante en el sostenimiento de los grupos de investigación;
- estudio descriptivo de los grupos de investigación detectados, como interfaces a partir de las cuales se infiere información sobre la dinámica de las comunidades científicas asociadas a las distintas áreas del conocimiento.

> **“El análisis de redes sociales es una herramienta metodológica útil para el diseño, implementación y evaluación del impacto de políticas públicas específicas.”**

Limitaciones del estudio

En el estudio es evidente la mayor visibilidad de los autores asociados al ámbito de la Biomedicina; esto se debe al hecho de que la *Revista de Biología Tropical* es la única publicación nacional indexada en Scopus y tiene un fuerte énfasis en esa área del conocimiento

Recuadro 6.1

El análisis de redes

En el presente estudio se utiliza el concepto de red para describir los patrones de colaboración o asociaciones entre investigadores para la producción de conocimiento científico y tecnológico.

Las redes de colaboración se construyeron a partir de los autores que realizaron al menos dos publicaciones durante el período estudiado, pero que no necesariamente coinciden con los líderes reales de los grupos.

No se partió de los investigadores asociados a un área particular sino, como se indicó, de los autores que publicaron más de dos artículos (en las áreas del conocimiento consideradas) durante la década. A partir de este punto, u "ola cero", se generó una "bola de nieve". Con los investigadores identificados en la "ola cero" se conformó una segunda lista, o "primera ola", que involucra a los coautores adscritos a instituciones establecidas en el país. Entre estos últimos puede haber autores que registran solo una publicación durante la década. Dados los objetivos del estudio, no se consideraron coautores adscritos a entidades del extranjero.

El análisis se basó en publicaciones científicas o artículos originales que, a diferencia de otros documentos, como las revisiones, favorecen los trabajos en coautoría. Por esta razón en los gráficos resultantes no se presentan los autores que publican individualmente, como podría ser el caso de los especialistas en Matemáticas. La metodología, por ende, privilegia la visibilización de investigadores relacionados con áreas del conocimiento que, por requerir mayores recursos financieros y de infraestructura, así como equipos de alta tecnología, motivan los trabajos en coautoría.

Debido a que los grupos evolucionan de manera dinámica, su conformación, incluyendo la identidad de los actores considerados en este estudio como "estratégicos", representa una fotografía estática de la década analizada. Así por ejemplo, muestra personas que probablemente se pensionaron a mediados del período y, por ende, no exhiben la "centralidad" que se habría reflejado en un momento anterior.

(además de su vocación en las áreas de Biología Marina, Ecología y conservación). Sin embargo, a manera de ejemplo cabe señalar que Costa Rica cuenta con dos revistas reconocidas internacionalmente en la temática de Agronomía, que no fueron consideradas en el análisis porque aún no están indexadas en la plataforma antes citada: *Agronomía Costarricense* y *Agronomía Mesoamericana*. Entre 2001 y 2011 esta última publicó 360 artículos, de los cuales 180 incluían al menos a un autor afiliado a instituciones con sede en el país (Nielsen y Azofeifa, 2013).

Por otra parte, los indicadores bibliométricos empleados en este estudio presentan algunas limitaciones. Así por ejemplo, los resultados de la investigación aplicada y, de forma mayoritaria, los del desarrollo experimental, no suelen publicarse en revistas científicas como las que registra la plataforma *Scopus*, sino en otro tipo de documentos (patentes, informes técnicos, actas de congresos, etc.). Por ende, el análisis efectuado no muestra los grupos más vinculados a la producción de ese tipo de conocimiento. En consecuencia, en este trabajo no se reflejan adecuadamente las redes relacionadas con las áreas de ingenierías y tecnologías.

Por último, es importante subrayar que el análisis de redes se limita a los vínculos de coautoría entre investigadores adscritos a instituciones establecidas en Costa Rica. Esto descarta los nexos de investigadores nacionales con científicos extranjeros adscritos a centros académicos del exterior, o con nacionales que forman parte de la diáspora científica. Esto genera una subrepresentación de los grupos de investigación que no es posible estimar en la etapa actual de conocimiento sobre el tema. Sin embargo, bajo el supuesto de que el grueso de la investigación científica en Costa Rica es realizado por personas que trabajan en instituciones, tal subrepresentación no invalida las constataciones que se presentan en esta sección, aunque sí subraya su carácter tentativo.

Conceptos clave

- **Grupos de investigación:** autores que firman de modo conjunto sus publicaciones científicas, aunque no necesariamente corresponden a una determinada estructura administrativa o institucional. Es un concepto operativo que se define en función de la extensión de las redes de coautoría. Estos grupos se distinguen utilizando nombres convencionales que surgen del análisis de las relaciones, las disciplinas que intervienen y las instituciones o unidades donde se desarrollan.

- C**omunidad científica:** subtipo de grupo de investigación cuyos miembros se mantienen interconectados entre sí, y en el cual existen una considerable redundancia[9] y una alta productividad científica. No todo grupo de investigación logra constituirse en una comunidad científica.

- **Comunidad científica sostenible:** comunidad caracterizada por un balance intergeneracional y de género, compuesta por miembros de diversas disciplinas científicas, en cuyas interacciones participan "actores puente" que les proporcionan mayor cohesión. Es menos dependiente de unos pocos actores centrales.

Si se analizan las redes de acuerdo con la "centralidad" e interconectividad de los patrones de colaboración entre sus miembros, y siguiendo la nomenclatura que se muestra en el cuadro 6.1, se observa que los grupos de investigación se acercan a las variantes A (centralidad de grado), B (centralidad de Bonacich), C (centralidad de intermediación) y E (hoyos estructurales). Las comunidades científicas se aproximan a patrones del tipo D (relaciones estrechas).

Para distinguir entre comunidades sostenibles y no sostenibles subsidiariamente se recurre al examen de las características de los actores (edad, género, disciplina).

Principales resultados

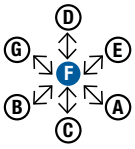
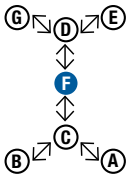
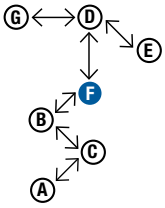
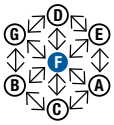
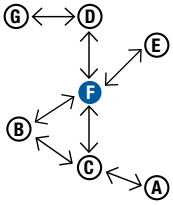
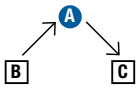
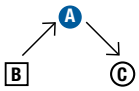
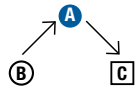
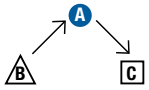
La producción científica se sostiene por un reducido número de actores estratégicos

En Costa Rica la mayoría de los grupos de investigación posee una naturaleza jerárquica que es sostenida por actores con una alta "centralidad"[10]. Por lo general, estos actores tienen un mayor grado de productividad científica y una alta relevancia para el mantenimiento del grupo (diagrama 6.1).

El entramado en general, así como la mayoría de los grupos, se sostienen gracias al quehacer de 89 investigadores que, además de ser

Cuadro 6.1

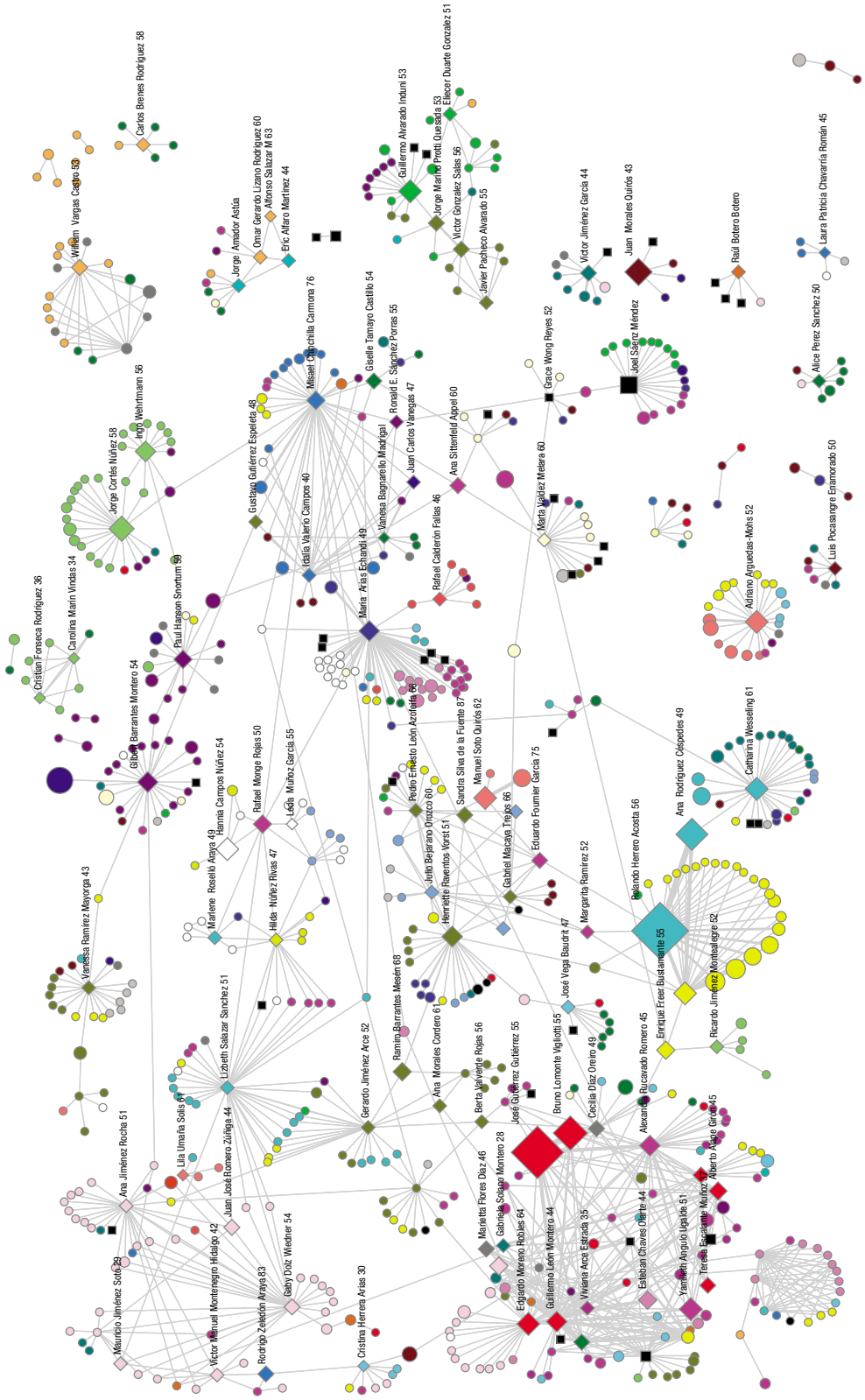
Ejemplos de posiciones de los actores en la red y su potencial grado de impacto

Concepto de red	Descripción	Ilustración	Beneficios	Limitaciones
A. Centralidad de grado	Número de vínculos directos que tiene un actor con otros en la red		Fácil acceso a información, conocimiento y todo tipo de recursos	Muchas conexiones pueden consumir tiempo, no siempre trae recompensas.
B. Centralidad de Bonacich	Centralidad de un actor depende de la centralidad de sus contactos		Poder (si los contactos tienen poca centralidad), acceso a recursos (si los contactos tienen alta centralidad)	Muchas conexiones pueden saturar al actor
C. Centralidad de intermediación (véase también "hoyos estructurales")	Grado en que un actor puede conectarse con otros que de otra manera estarían desconectados		*Gatekeeping*, influencia, dependencia, control	Cuando solo hay pocos actores con alta centralidad de intermediación, ellos fácilmente pueden romper la red (riesgo de vulnerabilidad)
D. Relaciones estrechas	Alta conectividad local entre los contactos del actor		Alta confianza, conocimiento de calidad, resolución de problemas	Demasiada cercanía podría conducir a aislamiento
E. Hoyos estructurales (véase también "centralidad de grado")	Cuando los contactos de un actor están (o no) conectados entre sí		Alto nivel de diversidad de conocimiento, altas oportunidades de creatividad innovaciones radicales, eficiencia y control en las conexiones	No tiene las ventajas de una red cerrada
F. Rol de actores puente	Puente itinerante		Es posible identificar el grado en que un actor cumple cualquiera de estos roles. Los actores que conectan a subgrupos o comunidades diferentes (señaladas en la figura por nodos de distinta forma) tienen acceso a recursos que son distintos y también pueden ejercer control sobre los actores que conectan. Los beneficios y limitaciones de estos roles dependen en gran medida de la naturaleza de los enlaces y del contexto	
	Gatekeeper			
	Representante			
	Enlace			

Fuente: Giuliani y Pietrobelli, 2011 (traducción propia).

Diagrama 6.1

Costa Rica: grupos de investigación científica. 2001-2011[a/]



a/ El diagrama ilustra los vínculos por coautoría de publicaciones científicas entre investigadores adscritos a instituciones nacionales. Cada uno de los 788 nodos representa a un autor; se muestra una línea que une a dos autores cuando estos han participado como coautores en la elaboración de al menos un artículo científico. El tamaño del nodo representa el total de artículos para cada autor. Se destaca con un rombo a los investigadores considerados como estratégicos. Para estos últimos se indica el nombre y la edad. El color del nodo indica la subárea a la que se dedica el investigador. El ancho de la línea que conecta los autores indica el número de artículos científicos en coautoría. La asignación de las subáreas del conocimiento se basó en el *Directorio de Investigadores Activos* administrado por el Conicit, en una consulta efectuada por el PEN, así como en una búsqueda individualizada en internet.

actores centrales, destacan como actores estratégicos[11]; por tal razón se muestran con rombos en el diagrama 6.1. Estos autores corresponden al 11% de la red global, aglutinan a un número de asociados que por lo general no están relacionados entre sí y actúan como puentes, al conectar a uno o varios grupos[12].

La edad promedio de este conjunto de investigadores es de 53 años, con una desviación estándar de diez años; el 72% tiene 46 años o más. El modelo se organiza bajo un principio de "vínculo preferencial", similar al descrito para científicos argentinos por Miguel et al. (2012), en el que los investigadores más prominentes en su campo, sobre todo en función de su productividad científica, son preferidos por sus colegas como coautores y, posiblemente, líderes de grupos.

De acuerdo con Molina et al. (2002), el desarrollo de las redes científicas seguiría una curva en forma de S (curva logística), en la que es posible identificar una etapa inicial de aparición del conjunto de investigadores, una segunda fase de multiplicación de las contribuciones, asociada al surgimiento de círculos de investigadores influenciados por unos pocos autores de alta productividad ("colegios invisibles"), una tercera etapa de madurez y una última de estancamiento.

El concepto de "colegio invisible" alude a la situación en la que los integrantes de un círculo social solo conocen a una parte del total, pero están influidos por personas con las que no están conectados directamente. El hecho de que los grupos de investigación identificados presentan escenarios similares a los "colegios invisibles", en general, sitúa al entramado académico del país en una fase temprana de maduración.

De acuerdo con la tipología de redes sociales presentada en el cuadro 6.1, la mayoría de los grupos de investigación de Costa Rica se asocia a un patrón sostenido por actores con una alta "centralidad" (variante A).

La conexión entre estos grupos centralizados, relativamente poco conectados entre sí, se realiza por medio de "investigadores puente" que facilitan el intercambio de conocimiento y se consideran esenciales para la red, puesto que su desaparición produciría un efecto disruptivo. Esta situación se aproxima al concepto de redes con "centralidad" de intermediación (variante C) y en algunos casos a una "centralidad" de Bonacich (variante B), en la que esos actores pueden conectar a otros igualmente prominentes y, en esa medida, tienen un mayor impacto en la red.

Análisis de los grupos de investigación por áreas del conocimiento

Un rasgo importante que se analiza en los grupos de investigación científica basados en Costa Rica es su cohesión. Un grupo cohesionado es aquel en que todos o la mayoría de sus miembros se encuentran interconectados entre sí. Un grupo poco cohesionado es aquel en que muchos de sus miembros no se relacionan entre ellos. Además es posible distinguir a los grupos según su grado de "multidisciplinariedad": un grupo se considera multidisciplinario cuando en él participan investigadores de distintas disciplinas. Adicionalmente se analizan los grupos según la magnitud de sus colaboraciones, lo que en este estudio se denomina "volumen de la red".

Varios de los grupos de investigación se caracterizan por una limitada "multidisciplinariedad" y, sobre todo, por la "centralidad" de uno o dos miembros o líderes. Tales son los casos del área de Zoología y algunas de las subredes de Ecosistemas Acuáticos, en tanto que Física, Veterinaria y Ciencias de la Tierra se contraponen a esa topología prevaleciente (diagrama 6.2).

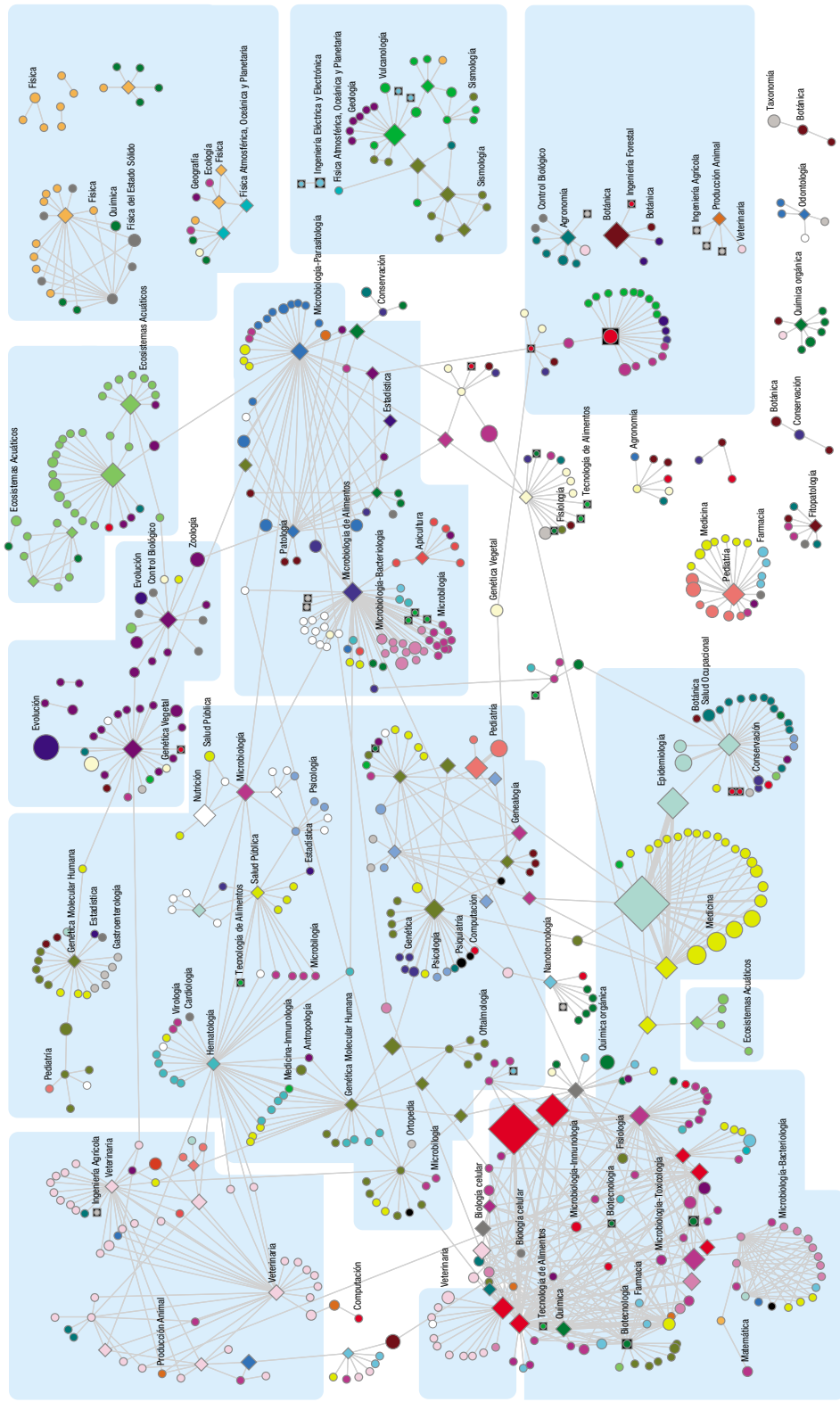
Es posible observar grupos de naturaleza más multidisciplinaria, en los que varios de sus miembros se vinculan con un líder o dos de otros campos, como ocurre en Salud Ocupacional (vinculada a Epidemiología y Salud Pública) y en ciertos grupos conformados por microbiólogos. En Computación y Matemática, así como en Ciencias Agrícolas, los investigadores colaboran más con personas de otras disciplinas que a lo interno de sus áreas.

También se distinguen campos que básicamente son el dominio de investigadores individuales (y que por ende no se delimitan como grupos en el diagrama 6.2), como la Medicina Clínica, de aquellos en los que converge el esfuerzo de un grupo, como Biomedicina, Genética Molecular Humana, Veterinaria y Ciencias de la Tierra.

La red que descuella por una mayor cohesión se relaciona con el área de Biomedicina y presenta una serie de características como los niveles más altos de interconectividad, representación interinstitucional y "multidisciplinariedad", así

Diagrama 6.2

Costa Rica: grupos de investigación según las áreas del conocimiento en que se desempeñan. 2001-2011[a/]



a/ Cada uno de los nodos representa a un autor; se muestra una línea que une a dos autores cuando estos han participado como coautores en la elaboración de al menos un artículo científico. El tamaño del círculo indica el total de artículos para cada autor. Con la figura de rombo se destacan los investigadores estratégicos, que de manera arbitraria se han definido como aquellos que produjeron al menos cinco publicaciones durante la década y conectan un mínimo de tres alianzas. El color del círculo indica la subárea a la que se dedica el investigador. El ancho de la línea que conecta a los autores indica el número de artículos científicos publicados en coautoría. La designación de la subárea del conocimiento de los autores se basó en el *Directorio de Investigadores Activos* administrado por el Conicit, en una consulta efectuada por el PEN, así como en una búsqueda individualizada en internet.

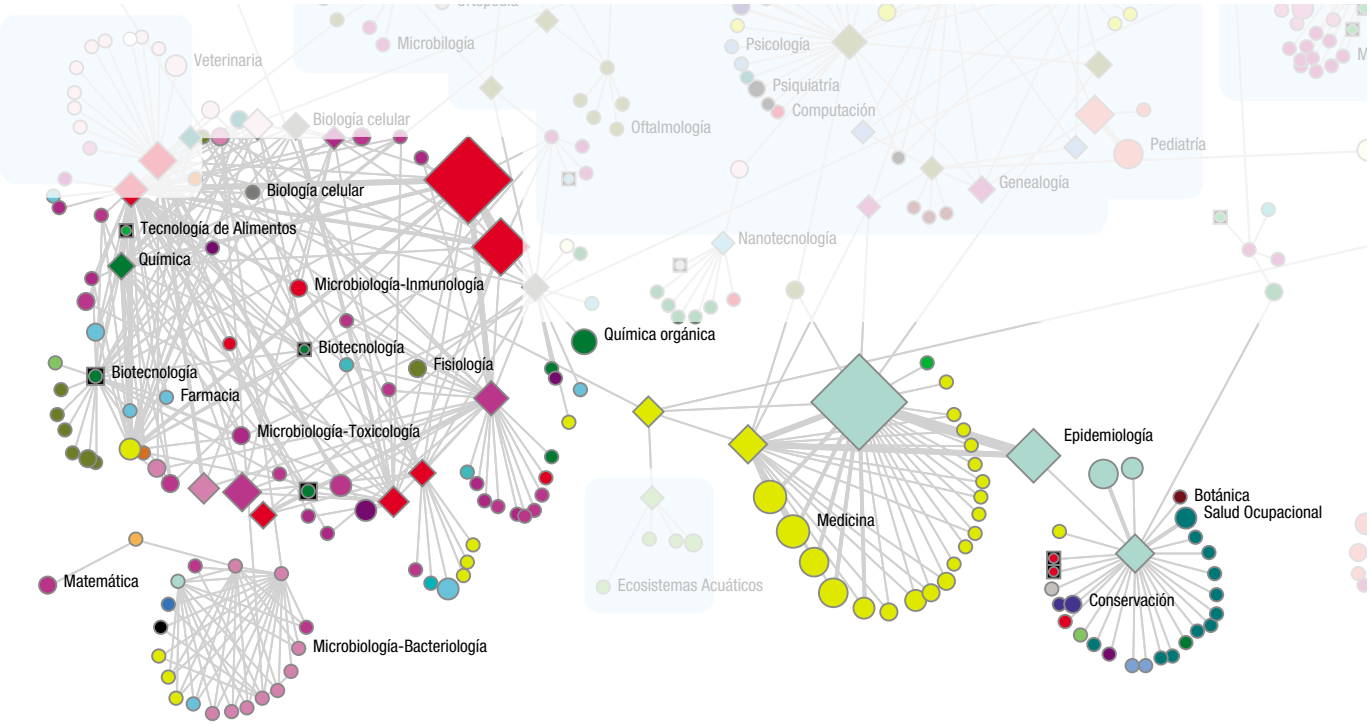
como el hecho de que incluye a los principales productores de conocimiento durante el período de estudio (diagrama 6.3). En ella destacan tres líderes con una altísima productividad científica, que participaron en un 9,4% de toda la producción de conocimiento que se registró en la década analizada. Estos autores se desenvuelven en los campos de Inmunología y Medicina.

Este entramado mantiene una alta "multidisciplinariedad". Destacan los microbiólogos con distintas especialidades (preferentemente inmunólogos, toxicólogos y virólogos) y médicos con distintas especialidades (entre ellos epidemiólogos, psiquiatras, oncólogos, hematólogos, pediatras, neurólogos), así como biólogos celulares, químicos orgánicos, nutricionistas, tecnólogos de alimentos, farmacéuticos, psicólogos y graduados en Salud Ocupacional.

El grupo de investigación en **Biomedicina** está conformado por tres subredes. La primera de ellas (BM1) sobresale por mostrar la más alta densidad de conexiones del entramado general del país, hecho que en buena medida se explica por su adscripción a dos unidades académicas, el Instituto Clodomiro Picado y la Facultad de Microbiología, ambos de la UCR, así como por el efecto aglutinante de un líder que reúne a un grupo importante de investigadores interconectados. Siguiendo a Baum et al. (2003, citado por Giuliani y Pietrobelli, 2011), por su estructura, este subgrupo puede asociarse al modelo de "pequeño mundo", al cual se le atribuye mayor efectividad en la movilización de información, experiencia y otros recursos que permiten un aprendizaje que alcanza a toda la organización, así como un ambiente de mayor consenso,

Diagrama 6.3

Red en el área de Biomedicina[a/]



a/ Cada uno de los nodos representa a un autor; se muestra una línea que une a dos autores cuando estos han participado como coautores en la elaboración de al menos un artículo científico. El tamaño del círculo indica el total de artículos para cada autor. Con la figura de rombo se destacan los investigadores estratégicos, que de manera arbitraria se han definido como aquellos que produjeron al menos cinco publicaciones durante la década y conectan un mínimo de tres alianzas. El color del círculo indica la subárea a la que se dedica el investigador. El ancho de la línea que conecta a los autores indica el número de artículos científicos publicados en coautoría.

confianza y cooperación. Por la mayor horizontalidad de sus relaciones, este subconjunto muestra un grado más avanzado de madurez.

La subred BM1 se conecta a la segunda subred de Biomedicina (BM2) únicamente por dos lazos, de menor tamaño. En ellos destaca la presencia de una entidad pública, el Instituto Costarricense de Investigación y Educación en Nutrición y Salud (Inciensa).

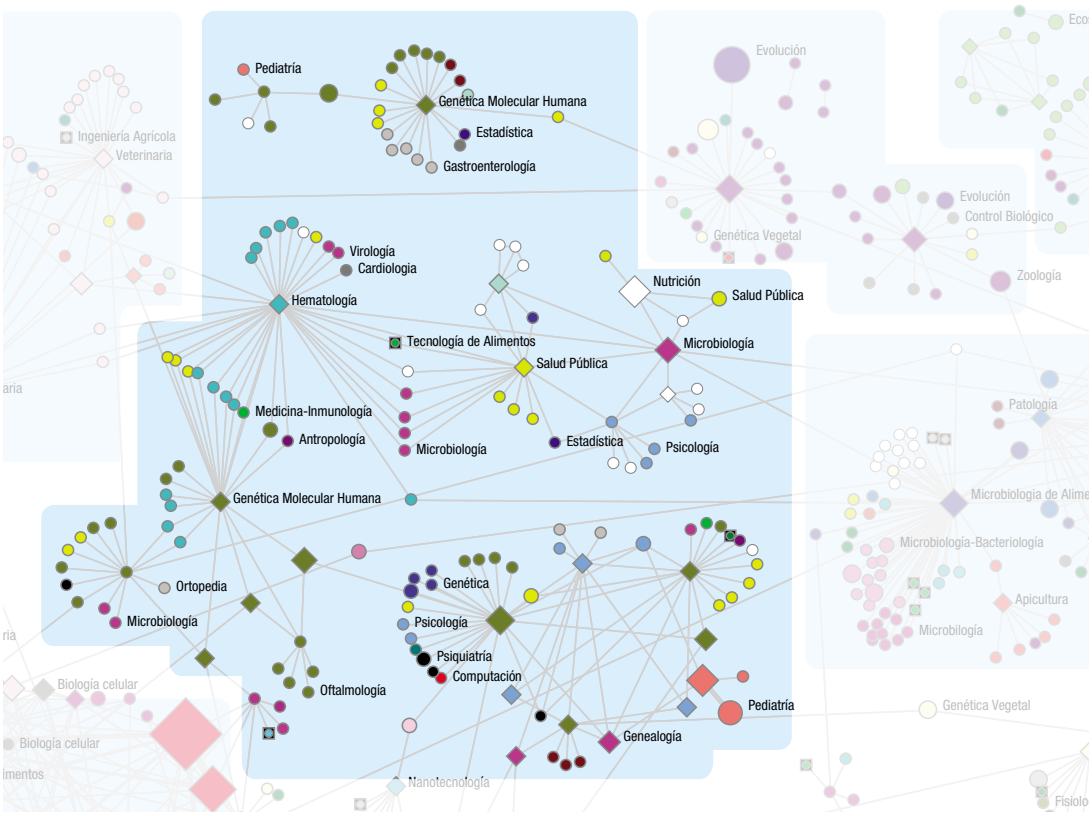
También se incluye una tercera subred (BM3), en la que básicamente los coautores rodean a un autor con quien se ha publicado un significativo número de artículos relacionados con ensayos clínicos.

En el grupo de Biomedicina participan veinte actores estratégicos, que corresponden al 22,5% del total de actores prominentes identificados en el estudio.

El grupo de investigación en **Genética Molecular Humana** muestra una notable complejidad de relaciones desde el punto de vista del grado de articulación que logran sus miembros (diagrama 6.4). Este conglomerado aglutina un alto número de profesionales originalmente formados en disciplinas como Biología, Microbiología (incluyendo aquellos que cuentan con distintas especialidades, como las relacionadas con Hematología e Identificación Humana), Medicina, Química y Biotecnología. Se caracteriza por involucrar colaboraciones entre diversas instituciones, así como entre los sectores académico y público, con la participación en este último caso del Departamento de Bioquímica del Organismo de Investigación Judicial (OIJ) tal como muestra, más adelante, el diagrama 6.14. La topografía de este *cluster*

Diagrama 6.4

Red en el área de Genética Molecular Humana[a/]



a/ Cada uno de los nodos representa a un autor; se muestra una línea que une a dos autores cuando estos han participado como coautores en la elaboración de al menos un artículo científico. El tamaño del círculo indica el total de artículos para cada autor. Con la figura de rombo se destacan los investigadores estratégicos, que de manera arbitraria se han definido como aquellos que produjeron al menos cinco publicaciones durante la década y conectan un mínimo de tres alianzas. El color del círculo indica la subárea a la que se dedica el investigador. El ancho de la línea que conecta a los autores indica el número de artículos científicos publicados en coautoría.

se asemeja al modelo de *core-periphery* descrito por Giuliani y Pietrobelli (2011), pues si bien se mantiene el patrón de "centralidad" asociado a investigadores con una alta productividad científica, destaca la importancia estratégica que tienen en el centro del *cluster* los investigadores puente, quienes se encargan de articular y sostener este entramado.

En esta área se identifican además dos grupos aislados del núcleo principal. Las afinidades entre los miembros del menor de estos dos grupos satélite se explican por la adscripción a una unidad de investigación de la UCR, el Instituto de Investigaciones en Salud (Inisa).

En general, la topología asociada a este grupo muestra una mayor fortaleza, por cuanto la separación de un nodo no destruye el tejido de relaciones. En él participan veintiún actores estratégicos, que corresponden al 23,6% del entramado total.

Llama la atención que los campos en que se evidencia una mayor cohesión, Biomedicina y Genética Molecular, se encuentran entre los que generan un conocimiento científico y tecnológico de más alto impacto académico[13].

Una topología más dispersa se observa en el campo de **Ecosistemas Acuáticos,** conformado fundamentalmente por dos subredes desconectadas entre sí (EA1) y por otros investigadores con menores grados de vinculación (EA2). EA1 se asocia a la UNA y EA2, sostenida por dos actores estratégicos, a la UCR. La mayor horizontalidad y redundancia en las alianzas de la primera indicarían que se trata de una red que se va consolidando de manera más madura (diagramas 6.5 y 6.6). En este grupo como un todo participan cinco actores estratégicos, que representan un 5,6% del total.

En el área de **Veterinaria** la adscripción a una institución explica la mayoría de las

¿Más información sobre generación de conocimiento?

Véase

- Pregunta 2 de este Informe
- Nielsen y Azofeifa, 2013

en www.estadonacion.or.cr

Diagrama 6.5

Subred EA1 en el área de Ecosistemas Acuáticos[a/]

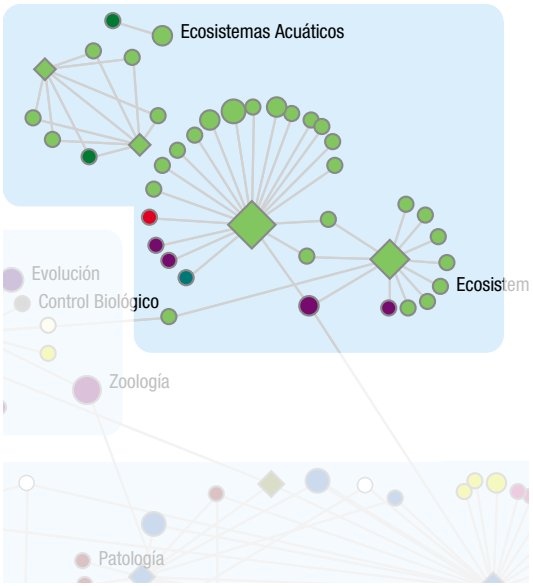
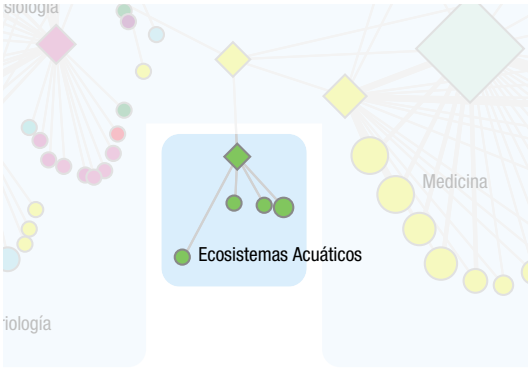


Diagrama 6.6

Subred EA2 en el área de Ecosistemas Acuáticos[a/]



a/ Cada uno de los nodos representa a un autor; se muestra una línea que une a dos autores cuando estos han participado como coautores en la elaboración de al menos un artículo científico. El tamaño del círculo indica el total de artículos para cada autor. Con la figura de rombo se destacan los investigadores estratégicos, que de manera arbitraria se han definido como aquellos que produjeron al menos cinco publicaciones durante la década y conectan un mínimo de tres alianzas. El color del círculo indica la subárea a la que se dedica el investigador. El ancho de la línea que conecta a los autores indica el número de artículos científicos publicados en coautoría.

alianzas. Ello es coherente con el hecho de que esta disciplina únicamente se desarrolla en la Escuela de Medicina Veterinaria de la UNA. Sin embargo, a diferencia del frecuente escenario de redes sostenidas fundamentalmente por unos cuantos investigadores con una significativa productividad, este grupo se distingue por un importante número de autores con una producción más homogénea y una mayor interconectividad (diagrama 6.7).

En este entramado destacan dos investigadores que aglutinan a su alrededor una serie de alianzas, de las cuales aproximadamente el 50% es común a todos los miembros. Ello genera una red densa y conectada, en la que intervienen nueve actores estratégicos (10,1% del total) con una balanceada dispersión etaria (véase el cuadro 6.2, en el siguiente apartado). En adición a estas características, la considerable "multidisciplinariedad" es otro factor de interés en este grupo. Se observa además otra subred, que se explica por los vínculos con un actor prominente (diagrama 6.8).

En el área de **Ciencias de la Tierra** se identifica un grupo de al menos 33 miembros, quienes presentan mayor homogeneidad en términos de su producción científica y mantienen interrelaciones que involucran distintas especialidades e instituciones. La red es apoyada por cinco actores estratégicos, que corresponden al 5,6% de los actores de este grupo (diagrama 6.9).

El grupo de investigación en **Física** se

Diagrama 6.7

Red de investigación en Veterinaria[a/]

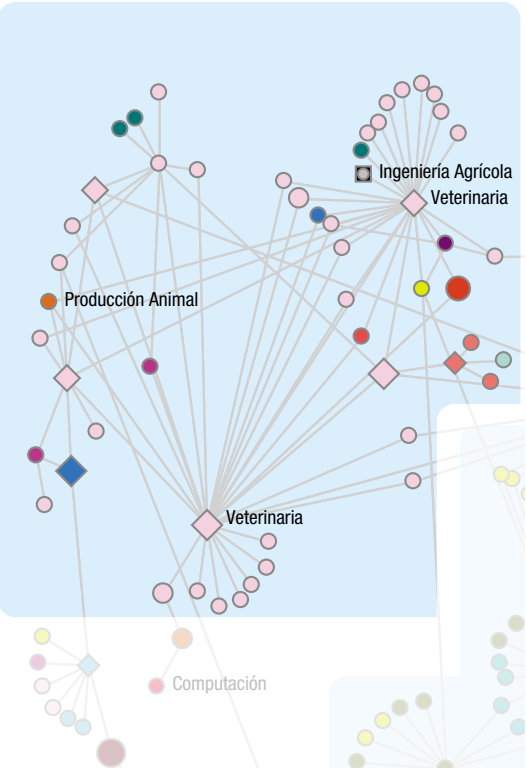
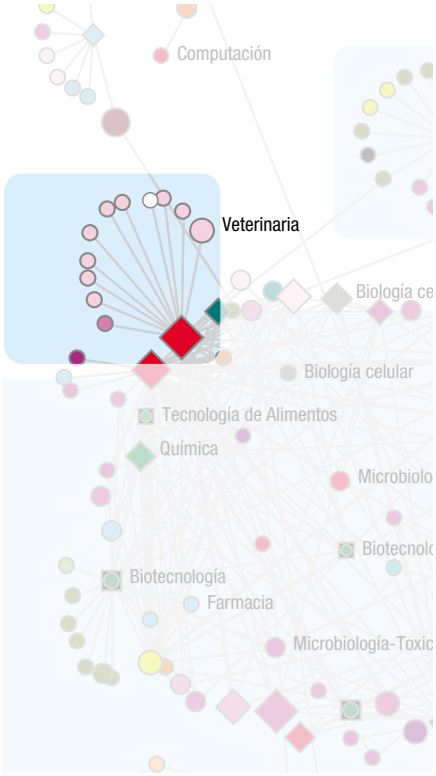


Diagrama 6.8

Subred de investigación en Veterinaria[a/]



a/ Cada uno de los nodos representa a un autor; se muestra una línea que une a dos autores cuando estos han participado como coautores en la elaboración de al menos un artículo científico. El tamaño del círculo indica el total de artículos para cada autor. Con la figura de rombo se destacan los investigadores estratégicos, que de manera arbitraria se han definido como aquellos que produjeron al menos cinco publicaciones durante la década y conectan un mínimo de tres alianzas. El color del círculo indica la subárea a la que se dedica el investigador. El ancho de la línea que conecta a los autores indica el número de artículos científicos publicados en coautoría.

Diagrama 6.9

Red de investigación en Ciencias de la Tierra[a/]

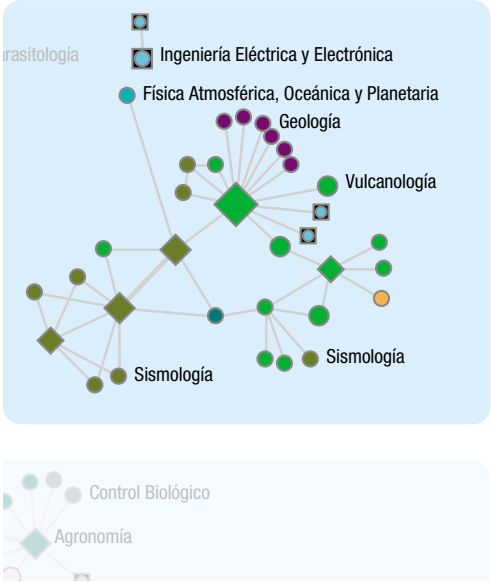
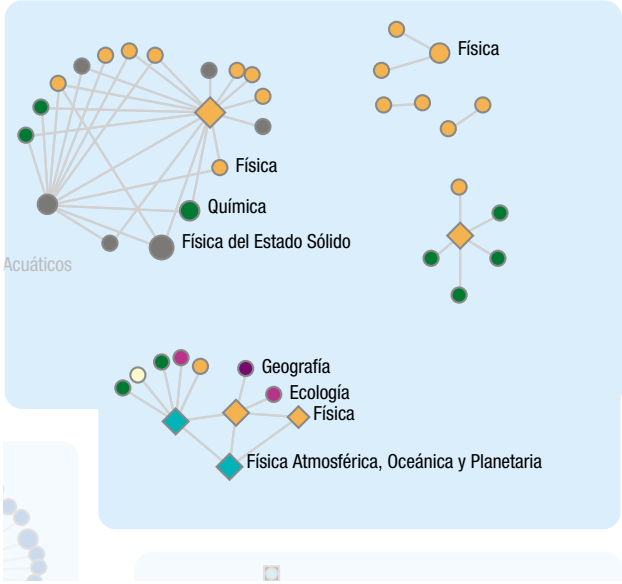


Diagrama 6.10

Red de investigación en Física[a/]

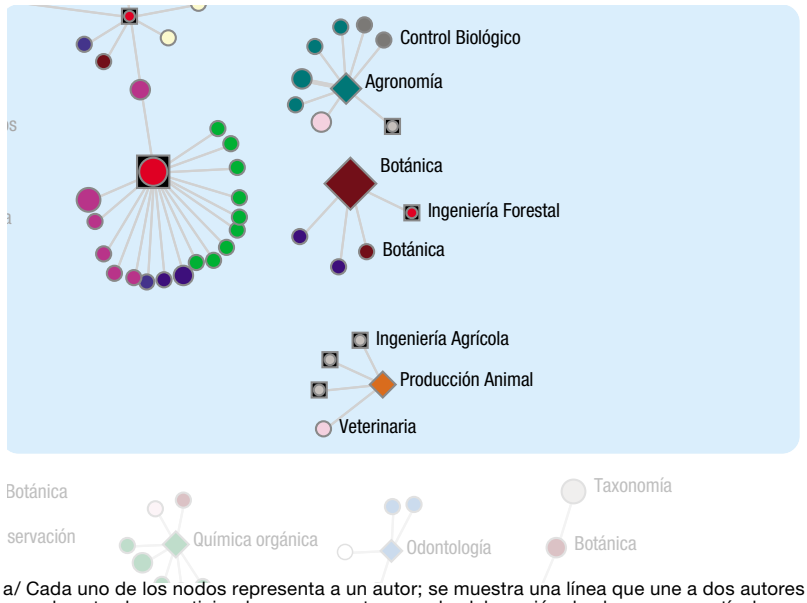


compone de tres subredes (diagrama 6.10). La primera (F1) está relacionada con la UCR y presenta una mayor cantidad de miembros, quienes confluyen en torno a dos investigadores centrales. De modo interesante, se observa una segunda subred (F2), también de la UCR pero desconectada de la primera. Este hallazgo indica que la pertenencia a una misma institución, e incluso a una misma unidad académica, no garantiza la conformación de grupos de investigación. Hay un tercer grupo, menos nutrido y más disperso, que está asociado a la UNA. En el grupo de investigación en su conjunto se identificaron seis actores relevantes, que representan el 6,7% del entramado general.

El área de **Ciencias Agrícolas** –que incluye investigadores en Ciencias Forestales y Agronomía– se caracteriza por una alta "multidisciplinariedad". Se distinguen pocos grupos de colaboración, con una topología de "centralidad" de grado y formados por un número reducido de miembros. Llama la atención la ausencia de individuos puente. Se detectaron seis actores estratégicos, que corresponden al 6,7% del total de figuras prominentes (diagrama 6.11). Este es un campo diverso, en el que se identifican colaboraciones con profesionales de otras disciplinas,

Diagrama 6.11

Red en el área de Ciencias Agrícolas[a/]



a/ Cada uno de los nodos representa a un autor; se muestra una línea que une a dos autores cuando estos han participado como coautores en la elaboración de al menos un artículo científico. El tamaño del círculo indica el total de artículos para cada autor. Con la figura de rombo se destacan los investigadores estratégicos, que de manera arbitraria se han definido como aquellos que produjeron al menos cinco publicaciones durante la década y conectan un mínimo de tres alianzas. El color del círculo indica la subárea a la que se dedica el investigador. El ancho de la línea que conecta a los autores indica el número de artículos científicos publicados en coautoría.

como Matemáticas, Estadística, Ecología, Conservación e Ingeniería Forestal.

El abordaje del grupo de **Microbiología-Parasitología** difiere del descrito para Biomedicina, a pesar de la cercanía entre ambas disciplinas. La red de investigación está conformada por dos subredes con una alta "centralidad" alrededor de tres actores. Una de ellas resalta por una considerable "multidisciplinariedad", ya que incluye, entre otros profesionales, tecnólogos de alimentos, bioquímicos e ingenieros químicos. En general intervienen seis actores relevantes, que representan el 6,7% del total de individuos prominentes considerados (diagrama 6.12).

Finalmente, el estudio identificó un grupo de investigación en el área de **Zoología**. En éste destacan dos actores con una alta "centralidad", que corresponden al 2,2% del total de individuos prominentes del entramado general. Además intervienen autores que tienen una notable productividad (diagrama 6.13).

Análisis de grupos de investigación según balance generacional

El examen de los grupos de investigación por áreas de conocimiento permitió detectar que muchos de ellos están centralizados en relativamente pocos actores relevantes. Ello implica que una parte importante de los esfuerzos

Diagrama 6.12

Red en el área de Microbiología-Parasitología[a/]

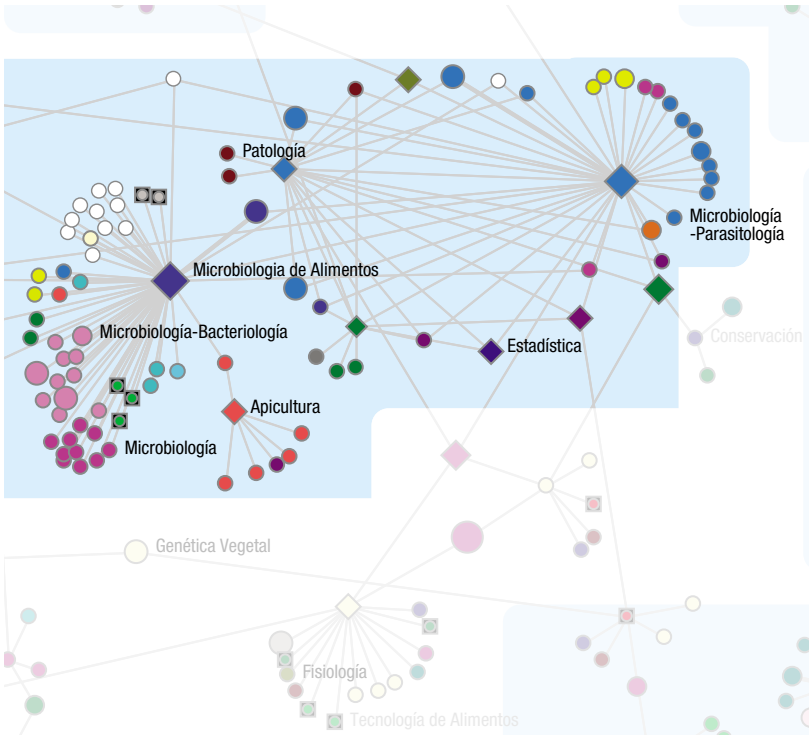
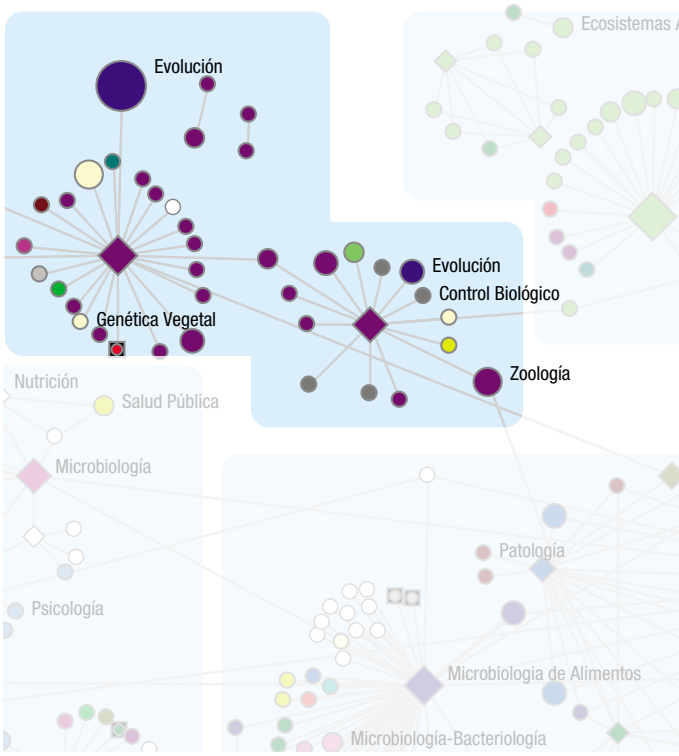


Diagrama 6.13

Red en el área de la Zoología[a/]



a/ Cada uno de los nodos representa a un autor; se muestra una línea que une a dos autores cuando estos han participado como coautores en la elaboración de al menos un artículo científico. El tamaño del círculo indica el total de artículos para cada autor. Con la figura de rombo se destacan los investigadores estratégicos, que de manera arbitraria se han definido como aquellos que produjeron al menos cinco publicaciones durante la década y conectan un mínimo de tres alianzas. El color del círculo indica la subárea a la que se dedica el investigador. El ancho de la línea que conecta a los autores indica el número de artículos científicos publicados en coautoría.

colaborativos en sus respectivos campos del saber pasa por ellos. Son los que "manejan los hilos" de esos esfuerzos. Su ausencia o eventual reemplazo son críticos para la supervivencia de las redes. Por ello es fundamental conocer si estos individuos están o no en una etapa madura de sus actividades.

Los grupos identificados en las ramas de Genética Molecular Humana, Zoología, Física y Microbiología-Parasitología se sostienen primordialmente por individuos de alto valor estratégico y edad más avanzada. En esas cuatro ramas los actores relevantes superan el promedio general de 53 años, al registrar promedios de 58, 57, 57 y 56 años, respectivamente[14]. Los tres primeros, así como el área de Ciencias de la Tierra, muestran indicios de un menor relevo generacional (cuadro 6.2). Esto sugiere una situación de fragilidad: de no emerger a corto plazo nuevos actores relevantes, el retiro o ausencia de los actuales puede tener un fuerte impacto sobre el funcionamiento de los grupos respectivos.

En cambio, las áreas de Ciencias Agrícolas, Biomedicina y Ecosistemas Acuáticos se apoyan en actores cuya edad promedio es inferior al promedio general del entramado.

Análisis de grupos de investigación según adscripción institucional

Los esfuerzos colaborativos son particularmente intensos en unidades de investigación pertenecientes a una misma institución aunque, como se vio, es posible encontrar más de un grupo de trabajo dentro de una misma unidad. En términos generales, sin embargo, el panorama dominante se caracteriza por grupos de investigación con tendencia a la endogamia institucional y una limitada sinergia fuera de su entorno inmediato. Las colaboraciones entre unidades dentro de una misma institución se

Cuadro 6.2

Actores relevantes por grupo de edad, según grupo de investigación. 2001-2011
(números absolutos)

Grupo de investigación	Grupo de edad						
	28 a 35 años	36 a 45 años	46 a 55 años	56 a 65 años	66 años o más	Sin información	Total
Agronomía		2	3			1	6
Biomedicina	2	5	8	2		3	20
Ciencias de la Tierra			4	1			5
Ecosistemas Acuáticos	1	1	1	2			5
Física		1	1	3	1		6
Genética Molecular Humana		1	11	4	5		21
Microbiología-Parasitología		1	2	1	1	1	6
Veterinaria	1	2	2	2	1	1	9
Zoología			1	1			2
Sin información	1	1	5	2			9
Total	**5**	**14**	**38**	**18**	**8**	**6**	**89**

Fuente: Elaboración propia con base en el Directorio de Investigadores Activos del Conicit, una búsqueda individualizada en Internet, y la consulta realizada por el PEN.

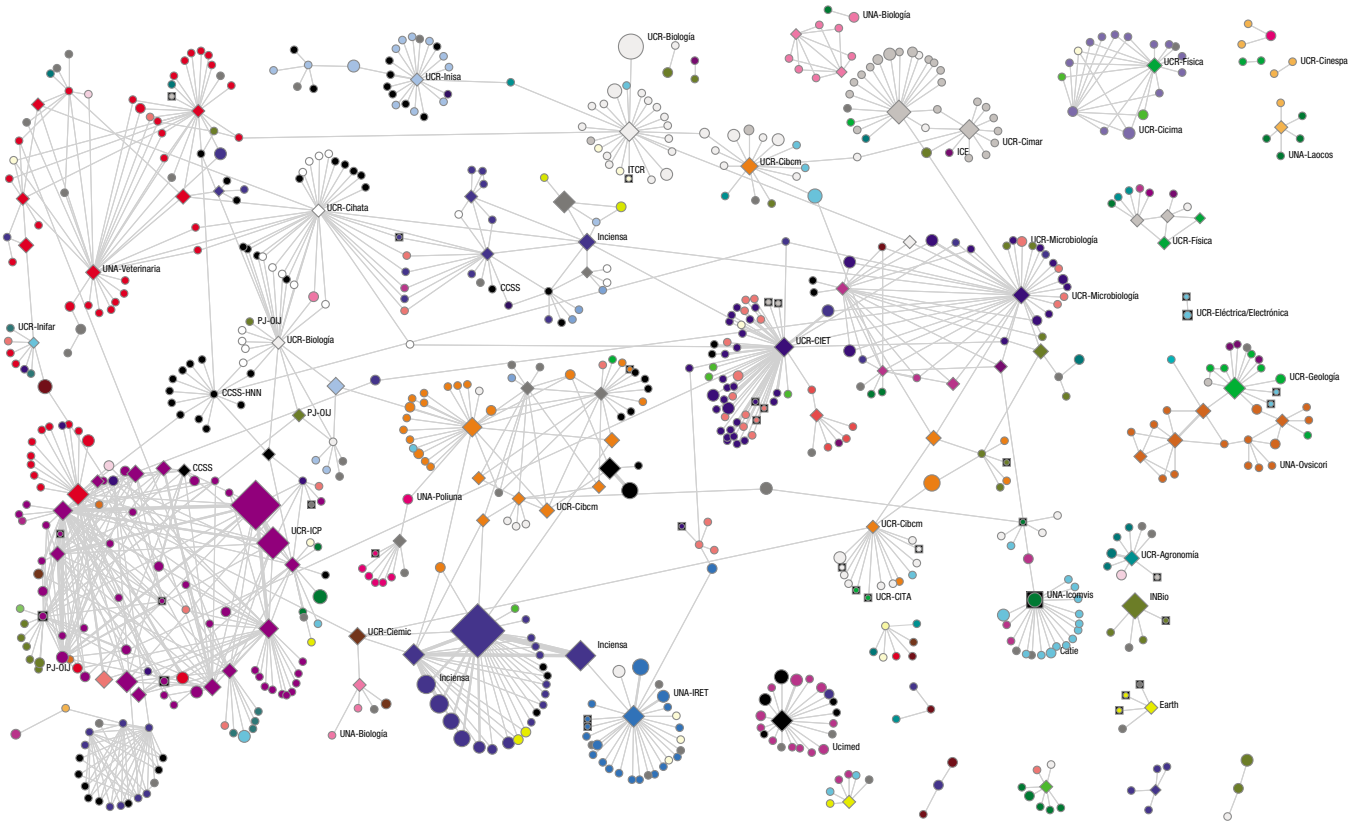
concentran alrededor de unos pocos investigadores.

Ciencias de la Tierra, Genética Molecular y Ecología son las áreas que reflejan la mayor vinculación interinstitucional. El primer caso es el principal ejemplo de alianzas intersectoriales, al mostrar lazos entre la UCR, la UNA, el ICE y el Minae. En esta red participan el Laboratorio de Ingeniería Sísmica (LIS) y el Programa de información científica y tecnológica para prevenir y mitigar desastres (Preventec), ambos de la UCR, el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (Ovsicori) de la UNA, y la Red Sismológica Nacional (RSN) del ICE y la UCR.

La UCR es la principal institución productora de conocimiento del país y ello se refleja en el protagonismo que se evidencia en el entramado general. Las demás instituciones muestran grados de participación relativamente similares entre sí. La UCR mantiene una amplia cobertura disciplinaria y aglutina al 51% de los actores estratégicos, más de una cuarta parte de ellos en el Instituto Clodomiro Picado (ICP) y en el Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM). La UNA aporta el 21% de los actores relevantes y muestra una distribución más amplia según la representación de las unidades académicas: el 8% corresponde a la Facultad de Veterinaria y el 4% al Ovsicori.

Diagrama 6.14

Red de investigadores según la institución de adscripción. 2001-2011[a/]



a/ Cada uno de los nodos representa a un autor; se muestra una línea que une a dos autores cuando estos han participado como coautores en la elaboración de al menos un artículo científico. El tamaño del círculo indica el total de artículos para cada autor. Con la figura de rombo se destacan los investigadores estratégicos, que de manera arbitraria se han definido como aquellos que produjeron al menos cinco publicaciones durante la década y conectan un mínimo de tres alianzas. El color del círculo indica la institución y unidad en la que trabaja el investigador. El ancho de la línea que conecta a los autores indica el número de artículos científicos publicados en coautoría.

Desde una perspectiva sectorial, además de la participación de las universidades públicas se registran colaboraciones con el Gobierno, representado por la CCSS (hospitales, centros de salud y el Inciensa). Las alianzas que involucran a otras entidades gubernamentales son escasas. Se identifican algunos grupos de investigación del sector privado asociados a instituciones de educación superior (Ucimed, Catie y Earth), así como al ICE y el INBio (diagrama 6.14).

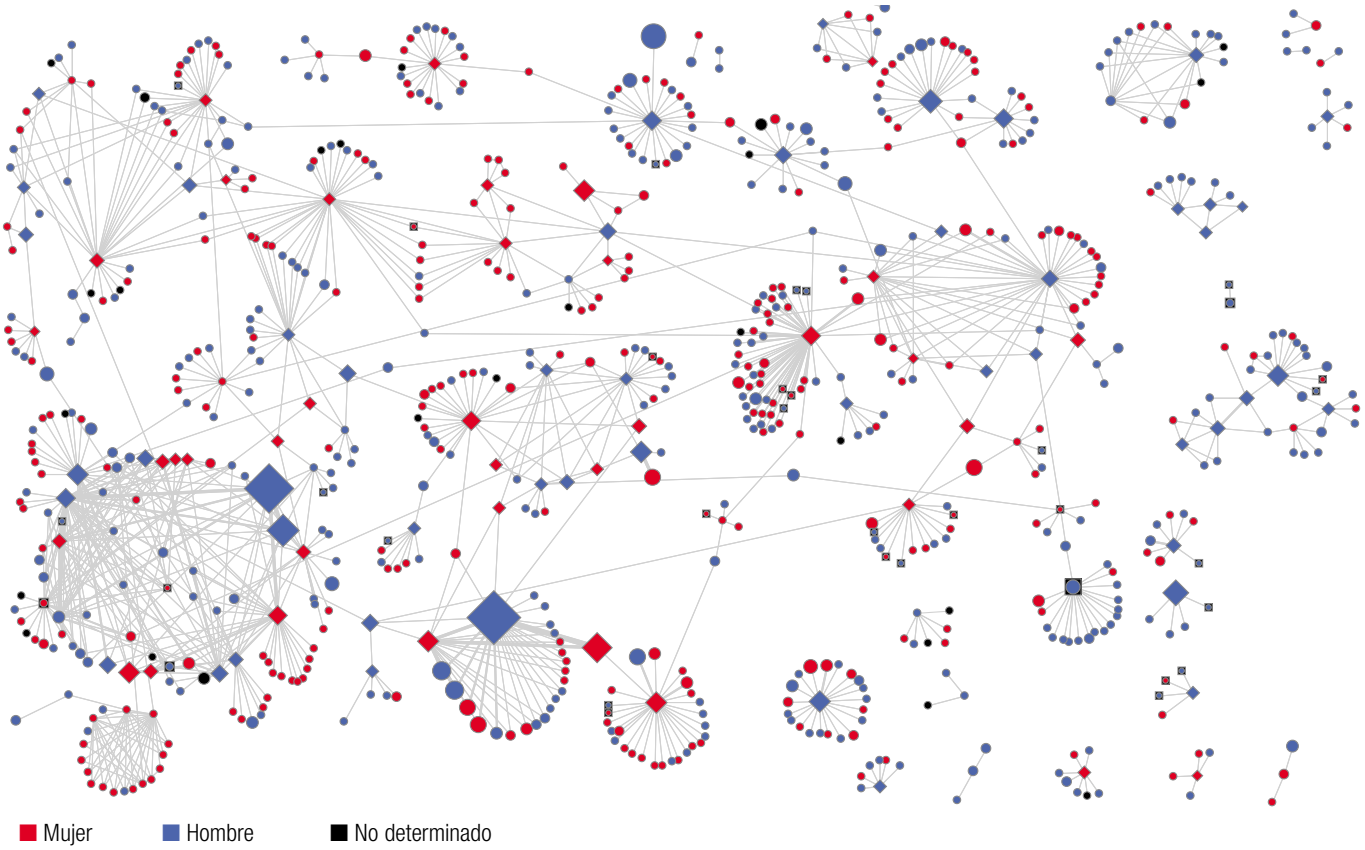
Análisis de grupos de investigación por sexo

Tanto en el entramado general de investigadores como en el subconjunto de aquellos que muestran mayor alcance estratégico, hay un ligero predominio masculino: 57% de hombres versus 43% de mujeres[15]. No obstante, en los campos de Física y Ciencias de la Tierra el balance a favor de los hombres es aun más amplio, mientras que entre genetistas humanos y en el área de Biomedicina prevalecen las mujeres (diagrama 6.15).

Dentro del subconjunto de actores estratégicos se aprecia un mayor relevo generacional femenino. El 73,7% de las mujeres tiene 55 años o menos, en contraste con el 56,9% de los hombres, lo que perfila a las mujeres como un grupo más pujante.

Diagrama 6.15

Red de investigadores según sexo. 2001-2011[a/]



a/ Cada uno de los nodos representa a un autor; se muestra una línea que une a dos autores cuando estos han participado como coautores en la elaboración de al menos un artículo científico. El tamaño del círculo indica el total de artículos para cada autor. Con la figura de rombo se destacan los investigadores estratégicos, que de manera arbitraria se han definido como aquellos que produjeron al menos cinco publicaciones durante la década y conectan un mínimo de tres alianzas. El color del círculo indica el sexo. El ancho de la línea que conecta a los autores indica el número de artículos científicos publicados en coautoría.

Dictamen

Pese a la variedad de grupos de investigación existentes en Costa Rica, pocos han logrado constituirse en comunidades científicas. La mayoría son redes altamente centralizadas en uno o pocos actores relevantes, con escasa redundancia y, desde el punto de vista institucional, con fuertes tendencias endogámicas. Además, la alta dependencia de unos pocos investigadores de edad madura sugiere un andamio frágil, en el que el eventual traslado o pérdida de un líder desarticularía las incipientes comunidades de investigación y los esfuerzos institucionales invertidos. Este perfil se ha asociado a una mayor susceptibilidad a decisiones políticas y financieras (Macaya, 2010; Gutiérrez, 2011).

En ciertas áreas el análisis permitió identificar grupos que conformaron comunidades académicas durante la primera década del siglo XXI. En estos grupos hay mayor cohesión y redundancia en los esfuerzos colaborativos entre investigadores que registran una abundante producción. Estas áreas son Biomedicina, Genética Molecular Humana, Ciencias de la Tierra, Veterinaria, Ecosistemas Acuáticos, Física y Microbiología-Parasitología.

Por su escasa interconectividad, los grupos de Ciencias Agrícolas y Zoología no se consideran comunidades. En el segundo caso, más que una comunidad que refleje cierto grado de madurez existe una intensa concentración en dos actores de gran prominencia.

En principio, los grupos de investigación apoyados en una mayor cantidad y densidad de lazos, y en los que intervienen individuos que actúan como puentes, pueden ser más sostenibles en el tiempo que aquellos que están conectados por relaciones únicas. Según estos criterios, se espera una mayor sostenibilidad para la comunidad de Biomedicina conformada alrededor del Instituto Clodomiro Picado, la de genetistas moleculares, que cuenta con múltiples investigadores puente con un considerable valor estratégico, así como para el grupo de investigación en Veterinaria. No obstante cabe advertir que, entre los genetistas humanos, los actores que desempeñan una función clave como puentes son los de mayor edad en relación con el promedio del entramado y, además, este grupo muestra menos indicios de un relevo generacional.

Si bien es importante contar con una representación balanceada de las diversas áreas del conocimiento en las comunidades de investigación, preocupa que una disciplina de considerable repercusión en el desarrollo nacional, como es la de Ciencias Agrícolas, refleje un escaso capital de relaciones y la prevalencia de pequeños grupos inconexos, tanto entre sus miembros como entre sí.

Implicaciones

La diversidad topológica de los grupos de investigación plantea la necesidad de afinar el diseño de políticas científicas, atendiendo a los distintos sistemas de apoyo que requieren esos grupos. En unos casos se trata de reducir la endogamia institucional, en otros de atenuar la dependencia de unos pocos actores relevantes y estratégicos. Así podría fomentarse una base científica y tecnológica con un capital humano más balanceado en diversas ramas del conocimiento, que asegure la capacidad nacional de crear conocimiento endógeno a lo largo del tiempo[16].

Giuliani y Pietrobelli (2011) sostienen que no hay una posición única o una estructura óptima para las redes de investigación. Sin embargo, conviene apoyar transiciones desde estructuras tan jerárquicas como las que se observan en varios de los grupos de investigación, hacia topologías con mayor capacidad de establecer relaciones. Para ello se requiere implementar iniciativas que propicien las oportunidades de compartir capacidades y conocimientos[17] y la vinculación entre unidades de I+D interinstitucionales; de este modo se potenciaría el aprovechamiento de los recursos existentes y, a la vez, se promovería una mayor cohesión al interior de los grupos. Arellano y Jensen (2006) y Gutiérrez (2011) recomiendan estrategias para fomentar una mayor interconectividad dentro de las comunidades, incentivando la investigación multi y transdisciplinaria. Para tal efecto sugieren estructurar la investigación alrededor de problemas y proyectos cuya atención requiera perspectivas multidisciplinarias. Asimismo, el análisis a nivel micro, al identificar a los individuos y sus roles en el entramado del quehacer científico, es de mucho valor para fortalecer las capacidades de interconexión y garantizar su redundancia y relevo en el tiempo.

Ante la conveniencia de promover la

consolidación de una mayor sinergia entre los investigadores en el área de Ciencias Agrícolas, en una primera etapa pueden favorecerse iniciativas que apoyen la conformación de redes organizadas alrededor de investigadores clave, incluyendo aquellos adscritos a laboratorios públicos, y promover su gestión como actores estratégicos, que actúen como una "bisagra" para afianzar vínculos intersectoriales.

Los resultados observados en los grupos de Genética Molecular Humana y Ciencias de la Tierra plantean el reto de preparar y apoyar nuevos cuadros de relevo, para garantizar su sostenibilidad en el tiempo. Con ese fin conviene evaluar el impacto de políticas recientemente implementadas (Micitt, 2011), que apoyan la preparación y movilidad de cuadros de alto perfil académico e incluyen programas que apuntan a la reinserción de miembros de la diáspora científica costarricense en estas áreas.

A pesar de que el campo no fue incluido entre las áreas prioritarias de la reciente política científica (Micitt, 2011), la comunidad de investigación en Ecosistemas Acuáticos no se debe desatender, tanto por la masa crítica acumulada, asociada a una alta productividad, como por la relevancia del tema en virtud de la extensión de las zonas costeras y las aguas territoriales del país.

Por otra parte, la identificación de una comunidad de investigación en Biomedicina caracterizada por una alta cohesión y productividad, así como por una considerable "multidisciplinariedad", lo que mayormente se explica por la adscripción de sus miembros al Instituto Clodomiro Picado de la UCR, señala a este grupo como un modelo exitoso de producción, aplicación y transferencia de conocimiento científico y tecnológico (Lomonte, 2012) que conviene emular. De manera análoga destaca el grupo de investigación en Veterinaria, asociado a la UNA, que muestra una notable interconectividad entre sus miembros, alianzas de carácter multidisciplinario y un adecuado balance intergeneracional.

Frontera de investigación

La incorporación de distintas modalidades de colaboración que intervienen en otros momentos del proceso de investigación[18], permitirá evidenciar una proporción sustancial de las conexiones y, en esa medida, aumentar las posibilidades de identificar tendencias a nivel de grupo y de individuos, que sean de utilidad para la gestión, promoción y evaluación de la producción científica. Para tal efecto, los cambios en las posiciones y estructuras particulares[19] en una red pueden considerarse como resultados esperados de una política o proyecto y asociarse con determinados impactos esperados[20].

Tal como lo han intentado otros autores[21], es factible monitorear la adquisición de las propiedades estructurales esperadas por la política pública, evaluando la presencia de cambios significativos en la sinergia entre actores en la red, antes y después de su aplicación.

¿Más información sobre incentivos a la producción científica y el uso compartido de la infraestructura?

Véase

- Preguntas 11 y 15 de este Informe.

Referencias bibliográficas

Arellano, A. y Jensen, H. 2006. "Mapeando las redes de investigación en Ciencias Básicas en la Universidad de Costa Rica", en Convergencia 13 (42).

Costanza, R. y Kubiszewski, I. 2012. "The authorship structure of 'ecosystem services' as a transdisciplinary field of scholarship", en Ecosystem Services 1 (1).

Crespi, G. y Geuna, A. 2008. "An empirical study of scientific production: a cross country analysis, 1981-2002", en Research Policy 37 (4).

Giuliani, E. y Pietrobelli, C. 2011. Social network analysis: methodologies for the evaluation of cluster development programs. Washington: BID.

González, C. 2013. Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Gutiérrez, J.M. 2011. "La importancia de la generación endógena de conocimiento científico para el sistema ciencia-tecnología-innovación". En: Herrera y Gutiérrez (eds.).

Herrera, R. y Gutiérrez, J.M. (eds.). 2011. Conocimiento, innovación y desarrollo. San José: Universidad de Cora Rica.

Kretschmer, H. y Havemann, F. (eds.). 2008. Proceedings of WIS 2008. Memoria de la Fourth International Conference on Webometrics, Informetrics and Scientometrics & Ninth COLLNET Meeting. Berlín: Humboldt-Universität zu Berlin.

Lomonte, B. 2012. "Investigación científica y tecnológica en el Instituto Clodomiro Picado: una perspectiva bibliométrica de cuatro décadas (1970-2010)", en Interciencia 37 (6).

Macaya, G. 2010. "Las comunidades científicas pequeñas". En: Santelices (coord.).

Micitt. 2011. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2011-2014. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Miguel, S. et al. 2012. "Analysis and visualization of the dynamics of research groups in terms of projects and co-authored publications: a case study of library and information science in Argentina", en Information Research 17 (3).

Molina, J.L. et al. 2002. "Redes de publicaciones científicas: un análisis de la estructura de coautorías", en Redes 1 (3).

Nielsen, V. y Azofeifa, A.B. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Osca-Lluch, J. 2010. "Aplicación del análisis de redes al estudio de la investigación española de historia de la ciencia", en Redes 19 (6).

Perianes-Rodríguez, A. et al. 2008. "Detecting research groups in coauthorship networks". En: Kretschmer y Havemann (eds.).

Santelices, B. (coord.). 2010. Educación Superior en Iberoamérica: informe 2010: "El rol de las universidades en el desarrollo científico y tecnológico". Santiago: Cinda y Universia.

Entrevistas y comunicaciones personales

Vargas, F. 2014. Gestión de la Información, Conicit.

Créditos

La preparación de esta pregunta estuvo a cargo de María Santos.
El análisis de redes sociales fue realizado por Ivania García.
La edición técnica la efectuó Jorge Vargas Cullell, con la participación de Gabriel Macaya.
Christhian Sanabria **elaboró la matriz binaria,** insumo requerido para el análisis de redes sociales en *Ucinet,* bajo la supervisión de Carlos González.

Notas

1 Bajo la premisa de que la investigación científica se reconoce como tal cuando ha sido analizada y aceptada por la revisión de pares y por la comunidad científica más amplia, mediante la publicación del conocimiento original de alto nivel académico en revistas especializadas de alcance internacional.

2 Entre los primeros estudios se encuentra el conducido por Barabási (2001, citado en Molina et al., 2002). Más recientemente se han sumado, entre otros, los trabajos de Perianes-Rodríguez et al. (2008), Osca-Lluch (2010), Costanza y Kubiszewski (2012) y Miguel et al. (2012).

3 Perianes-Rodríguez et al. (2008) y Miguel et al. (2012) destacan la utilidad de identificar los grupos de investigación a nivel de instituciones académicas. Al considerarlos como la unidad operativa básica de las universidades, su identificación ayuda a organizar y dirigir las actividades tecnológicas y de investigación hacia el establecimiento de vínculos con otros actores del sistema de ciencia, tecnología e innovación.

4 Además de ejemplificar las propiedades visuales, descriptivas y exploratorias de esa metodología, estos autores subrayan su utilidad en la evaluación del impacto de políticas *cluster*, pues genera valiosos indicadores cuantitativos que pueden usarse como estimaciones econométricas.

5 Se consideraron los autores que produjeron más de dos publicaciones durante el decenio 2001-2011. El estudio que se usó como base identificó de manera individual a este grupo y contabilizó un total de 149 autores. A partir de ellos, se incorporaron exclusivamente los coautores afiliados a instituciones basadas en Costa Rica, cuyo número ascendió a 773.

6 Esta base de datos se encuentra en proceso de revisión y corrección por parte del Conicit. Incluye a los profesionales que realizaron alguna actividad científica durante el período 2011-2013 (E: Vargas, 2014).

7Para más información sobre la manera en que se condujo esta consulta, véase González, 2013.

8 Luego de valorar diversas herramientas informáticas para el análisis de redes sociales, como Pajek, R y Ucinet, entre otras, se seleccionó Ucinet 6 por su compatibilidad con las herramientas MySQL y Pentaho, así como por la facilidad no solo de su uso, sino también para leer y cargar archivos en hojas de cálculo. Esta herramienta es adecuada para la visualización de redes conformadas por varios miles de nodos (para más información véase González, 2013).

9 En este contexto, el término “redundancia” alude a la masa crítica (o número mínimo de personas) que es deseable en un grupo de investigación.

10 El grado de centralidad está dado por el número de lazos directos (por coautoría) que mantiene un actor o ego, con los demás miembros del grupo.

11 De manera arbitraria se han definido como aquellos investigadores que produjeron al menos cinco publicaciones durante la década y conectan un mínimo de tres alianzas.

12 Según Giuliani y Pietrobelli (2011), con mayor probabilidad estos individuos actúan como "puentes" entre distintos sectores, así como con colegas internacionales en el ámbito de la academia. Debido a los objetivos planteados en este estudio, no se incluyen coautorías con investigadores en instituciones fuera de Costa Rica, por lo que esta variable no se puede abordar.

13 Así lo refleja el hecho de que las citaciones asociadas a publicaciones científicas en esos campos son superiores a la tasa de citaciones por documento de esas temáticas a nivel mundial, según lo registrado en los índices *Scopus* y *Web of Knowledge* para el período 2001-2011.

14 Las desviaciones estándar de estos valores para los campos de Genética Molecular Humana, Zoología y Microbiología-Parasitología son de 10, 3 y 12, respectivamente.

15 En el primer caso la distribución es: 43% mujeres, 54% hombres y 3% indeterminado; en el segundo caso la distribución es 43% mujeres y 57% hombres.

16 Como señala Gutiérrez (2011), el reto de "estructurar una política de desarrollo científico- tecnológico y de innovación que, enmarcada en la realidad y las limitaciones en que nos movemos y partiendo de una base sistémica, que permita asegurar esta capacidad de generación endógena de conocimiento por medio de la actividad científica" pasa, entre otros aspectos, por el fortalecimiento de los grupos de investigación, una correcta valoración del desempeño de las y los investigadores, el fomento de las Ciencias Naturales y Sociales, la integración de grupos interdisciplinarios alrededor de grandes temas nacionales y el fortalecimiento de la capacidad científica endógena a través de redes académicas internacionales.

17 Por ejemplo, fomentar el uso compartido de la infraestructura en las unidades de I+D.

18 Tales como la formulación de proyectos de investigación, la dirección de tesis doctorales, la participación en congresos, la comunicación informal, entre otras, así como los vínculos internacionales.

19 Así como los indicadores cuantitativos que generan los análisis de redes, como es el caso de la "centralidad" y la capacidad de intermediación de algunos actores.

20 Crespi y Geuna (2008) recomiendan considerar el período que debe transcurrir desde que se implementa una política científica, hasta que se perciben resultados en términos de producción científica, lo cual puede tomar hasta cinco años.

21 Algunos ejemplos son los estudios efectuados por Miguel et al. (2012) para el Departamento de Bibliotecología (DHUBI) de la Universidad Nacional de La Plata, en Argentina, por Perianes-Rodríguez et al. (2008) para la Universidad Carlos III de Madrid, España, y por Molina et al. (2002).

PREGUNTA 7

¿Se encuentran las comunidades de investigación **vinculadas con los sectores socioeconómicos?**

Conceptos clave

Modalidades de vinculación

Situación del país

La información disponible no permite determinar el alcance de la vinculación entre las comunidades de investigación y los demás sectores socioeconómicos.

Importancia del tema

La escasa capacidad de absorción tecnológica del aparato productivo nacional le confiere una alta importancia estratégica a la intensificación de los vínculos entre las comunidades de investigación y las empresas.

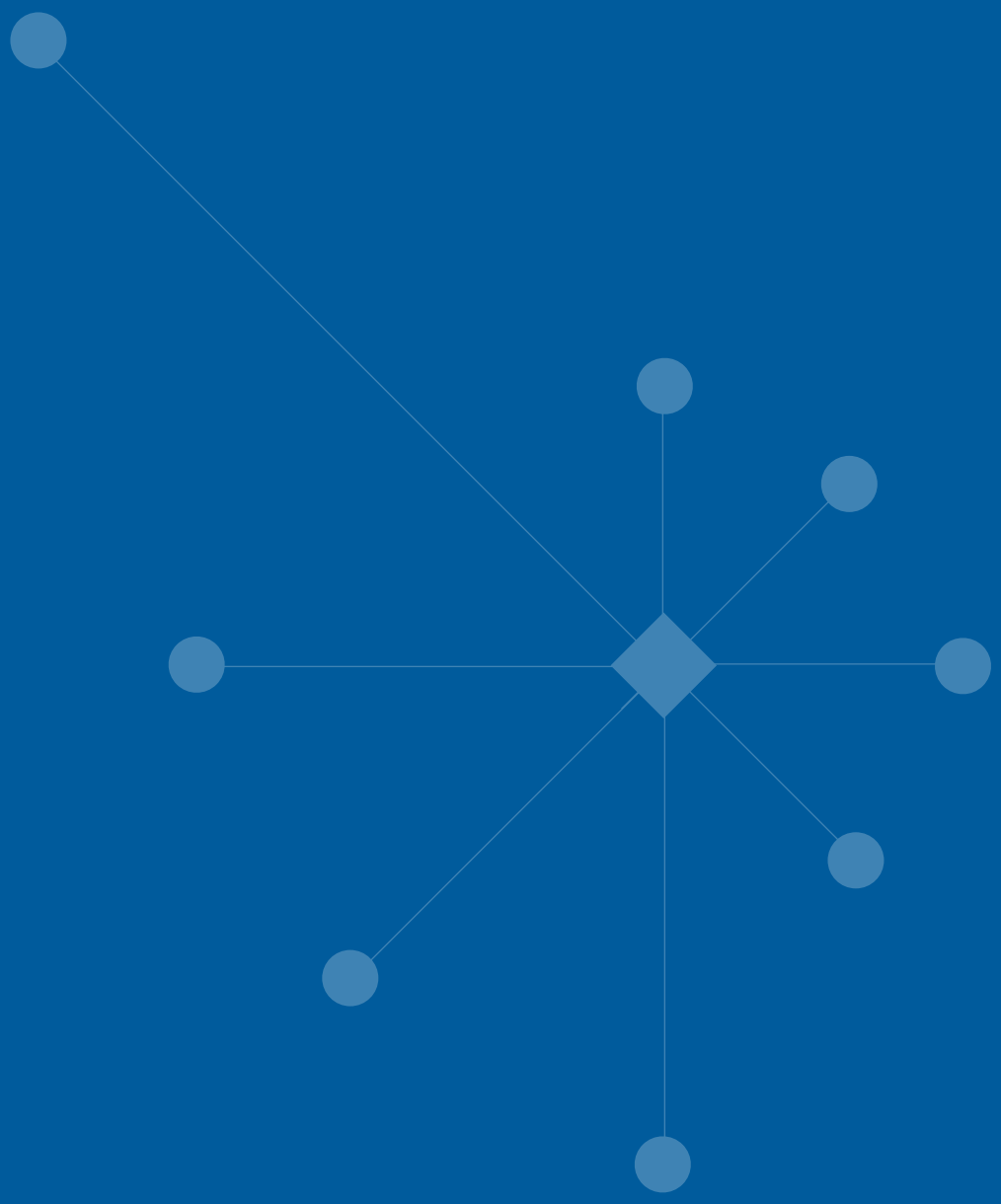
Implicaciones de política pública

- Orientar más recursos a la I+D en sectores productivos prioritarios.
- Desde la academia, promover mecanismos más ágiles para la vinculación con las empresas.

Investigaciones de base

Adamson, M. 2011. “Interrelación universidad-sector productivo y endogenización de la I+D: grandes desafíos y soluciones para un crecimiento sostenido de Costa Rica”. En: R. Herrera y J.M. Gutiérrez (eds.). Conocimiento, innovación y desarrollo. San José: UCR.

Adamson, M. y Herrera, R. 2005. “Uso de modelos probabilísticos en el estudio de contratos tecnológicos entre el sector productivo y la universidad en Costa Rica”. Compendio del XI Seminario de Gestión Tecnológica Altec 2005: “Innovación tecnológica, cooperación y desarrollo: los desafíos de la globalización”, celebrado en Bahía, Brasil, del 25 al 28 de octubre.



Importancia del tema

Estudios recientes han destacado la importancia de que las universidades, sin perjuicio del apoyo que brindan a la investigación básica, establezcan o intensifiquen el uso de mecanismos de transferencia de la investigación tecnológica, para facilitar la incorporación del conocimiento y la innovación al proceso de desarrollo nacional (Cepal, 2014; Pérez, 2011; Adamson, 2011). En Costa Rica esos mecanismos son especialmente relevantes, dado que la mayor parte del aparato productivo posee una escasa capacidad de absorción tecnológica, lo que le resta posibilidades de aumentar su productividad y aprovechar las oportunidades que genera la inversión extranjera directa en los sectores más dinámicos de la economía. En este contexto, la vinculación entre la academia y ese aparato puede contribuir a mejorar y acelerar el avance tecnológico del país.

Las políticas orientadas a hacer más robustas y variadas las relaciones entre las comunidades de investigación y los sectores socioproductivos requieren información que permita dar seguimiento a la dinámica, características y alcances de esas interacciones, con el fin de identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora. Si bien existen estudios al respecto, algunos centrados en los vínculos de la Universidad de Costa Rica con el sector empresarial (Adamson y Herrera, 2005; Adamson, 2010) y otros de mayor alcance (Adamson, 2011), conviene actualizar el conocimiento sobre el tema (Cepal, 2014). Ese es precisamente el cometido de la presente sección, que aporta datos inéditos, aunque restringidos –por las razones que se comentarán más adelante– a la Universidad de Costa Rica, el principal centro de investigación científica y tecnológica del país.

Hallazgos relevantes

- **Las interacciones entre las comunidades de investigación de la UCR y los sectores productivos muestran un patrón heterogéneo, que se manifiesta en una gran variedad de modalidades de vinculación. Las más frecuentes son la investigación con financiamiento complementario, la investigación contratada por terceros y las actividades de capacitación y actualización.**
- **En el 2012, las unidades de ciencia y tecnología de la UCR realizaron cerca del 11% de sus iniciativas de vinculación con el sector privado, una proporción muy similar a la reportada para inicios de los años setenta (10%). Esta actividad la ha sostenido fundamentalmente el área de Ciencias Agroalimentarias.**
- **El sector público figura como el principal actor demandante de los vínculos de la UCR. La mayoría de ellos (66%) corresponde a la prestación de servicios rutinarios. En cambio, en los sectores productivos la mayor interacción (62%) se da en actividades más intensivas en investigación.**
- **El área de Ciencias Básicas es la mayor oferente de proyectos de vinculación (25% de los contratos en 2012) y, además, la que registra la más alta proporción de proyectos en modalidades más intensivas en investigación (70%).**
- **El sector público por lo general se vincula con unidades de Ciencias Sociales, Ingeniería y Arquitectura, mientras que el sector productivo lo hace principalmente con centros de investigación en Ciencias Agroalimentarias y Básicas.**
- **En la UCR predomina un patrón de vinculación frágil, altamente concentrado en uno o dos investigadores de amplia experiencia y prestigio académico.**
- **El principal motivo para interactuar con otros sectores es la necesidad de financiar la investigación endógena de la universidad (*supply driven*), más que atender demandas planteadas por las contrapartes (*demand driven*). La misma situación se dio en las primeras etapas de la relación universidad-sectores externos, décadas atrás.**

Metodología

El estudio sobre la interacción entre la academia y los sectores productivos se restringió a la Universidad de Costa Rica (UCR) por falta de información sistemática y comparable en otros centros de educación superior. Se basó en el análisis de los proyectos de vinculación externa remunerada que emprendieron diversas instancias, por intermedio de la Fundación de la Universidad de Costa Rica para la Investigación (Fundevi). Se trata de 292 proyectos que estuvieron activos durante el año 2012[1], en los cuales participaron 179 coordinadores y 197 entidades demandantes de los servicios. El análisis consideró las siguientes dimensiones:

- Áreas y subáreas del conocimiento de las unidades de investigación en la UCR[2].

- Sector al que pertenece la entidad contratante, que de acuerdo con la clasificación utilizada por Fundevi puede ser: productivo (agropecuario, industria, servicios), público (Gobierno Central, entes descentralizados y gobiernos locales), organizaciones y organismos internacionales (entidades y agencias de cooperación de gobiernos o bloques económicos, ONG internacionales), organizaciones de la sociedad civil (ONG nacionales, fundaciones), instituciones académicas (nacionales e internacionales) y público en general.

- Principales actores oferentes, identificados a partir de un análisis de redes sociales apoyado en el *software* Ucinet 6, herramienta comúnmente utilizada para la visualización de estructuras sociales. En este caso el estudio se circunscribió a los coordinadores de proyectos que durante el 2012 tenían al menos tres contratos activos.

- Modalidades de los proyectos, según se detalla más adelante.

- Evolución histórica de la vinculación externa de la UCR con los sectores productivos, mediante la comparación con los resultados obtenidos por Adamson y Herrera (2005), al estudiar 465 contratos científicos y tecnológicos que fueron administrados por Fundevi en el período 1990-2004. También se consultó un recuento de la dinámica de vinculación registrada a finales de los años setenta, elaborado por los mismos autores con base en trabajos previos.

- Principales limitaciones que dificultan la vinculación externa de las unidades de investigación y desarrollo (I+D). Los valores y categorías de las variables que se reportan se originan en una consulta efectuada por el Programa Estado de la Nación (PEN), en la cual se recabaron las opiniones de las personas encargadas de cada unidad de I+D.

Fuentes de información

La principal fuente de información para este trabajo fue una base de datos suministrada por Fundevi (2014). Además se utilizaron los resultados de una consulta en línea realizada por el PEN entre noviembre de 2012 y marzo de 2013 y que, entre otros temas, indagó sobre las variables que pueden afectar la vinculación externa de las unidades de I+D (la metodología y limitaciones asociadas a esa consulta se describen en la Pregunta 17 de este Informe).

Concepto clave

- Modalidades de vinculación: se refiere a los doce tipos de vinculación externa remunerada definidos por Fundevi, que son los siguientes:

  - Investigación con financiamiento complementario: actividad de investigación o desarrollo experimental que la Universidad emprende por iniciativa propia, pero con apoyo externo.

  - Investigación contratada por terceros: actividad de investigación o desarrollo experimental que la Universidad efectúa a solicitud de terceros.

  - Servicios de laboratorio: servicios que se prestan mediante el uso de procedimientos y equipos para el análisis de parámetros físicos, mecánicos, químicos, biológicos y microbiológicos, de materiales y productos.

  - Servicios técnicos: se refiere a los servicios descritos en la modalidad anterior, con la diferencia de que estos son brindados por profesionales e implican la utilización de procedimientos y equipos especializados.

• Asesoría y consultoría: producción y venta de bienes de carácter científico, tecnológico o intelectual, generados por la Universidad y derivados de su quehacer.

• Transferencia de conocimientos por licenciamiento: suministro de conocimientos desarrollados o adaptados por la Universidad, por medio de un convenio o contrato de licencia, autorización, permiso o concesión de uso, a cambio de algún tipo de contraprestación.

• Capacitación y actualización: actividades educativas diseñadas para la ampliación, adición o reestructuración de conocimientos, habilidades y destrezas que brinden a los participantes la información más reciente o relevante de una o varias disciplinas, para lograr un mejor desempeño profesional u ocupacional.

• Divulgación de conocimientos: actividades educativas dirigidas a un público amplio y heterogéneo, con el propósito de brindar información que contribuya a mejorar su calidad de vida.

• Actividades académicas de vinculación remunerada de carácter internacional: actividades amparadas a un convenio entre la Universidad y otras entidades internacionales, en las que participan estudiantes o funcionarios y existe, además, algún tipo de ingreso económico para la institución.

• Actividades artísticas.

• Actividades deportivas.

• Otros.

Limitaciones del estudio

La base de datos de Fundevi recoge la información de un año y no incluye la totalidad de los proyectos de vinculación externa remunerada que se desarrollan en la UCR. Otras instancias como la Oficina de Administración Financiera también se involucran en la gestión de esos proyectos.

Por motivos de confidencialidad no fue posible contar con información sobre los montos pagados por los contratos. Esto impidió abordar una variable importante, como lo es el impacto económico generado por las iniciativas de vinculación.

Pese a estas limitaciones, la información de Fundevi es novedosa, inédita y relevante. En Costa Rica, la vinculación entre los centros de educación superior y los sectores público y privado tradicionalmente ha sido liderada por las universidades públicas (Adamson y Herrera, 2005). Entre ellas, la UCR es la principal productora de conocimiento del país, por lo que los datos aquí presentados permiten aproximar una respuesta a la pregunta que da nombre a esta sección.

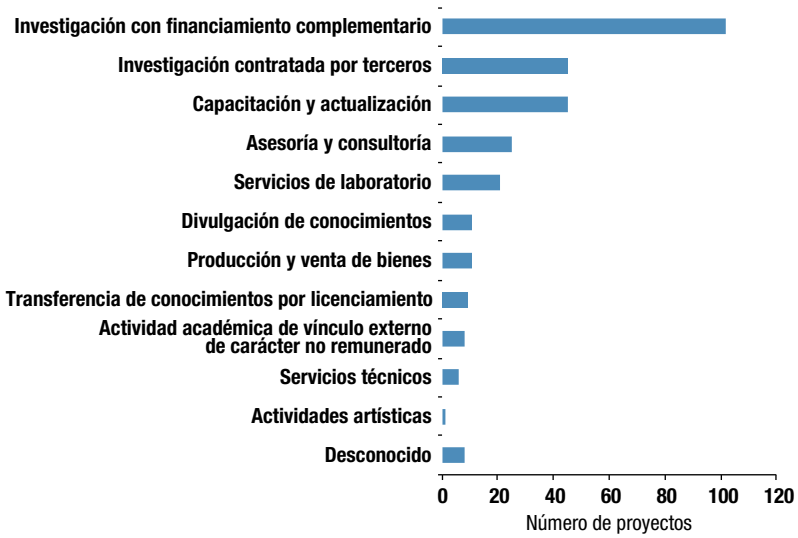
Principales resultados

Modalidades de vinculación

La relación que establecen las comunidades de investigación de la UCR con actores externos se caracteriza por ser heterogénea y dispersa. Como se observa en el gráfico 7.1, en un año (2012) se desarrollaron iniciativas en más de diez modalidades de vinculación, siendo las tres más frecuentes la investigación con financiamiento complementario (35% de los contratos),

Gráfico 7.1

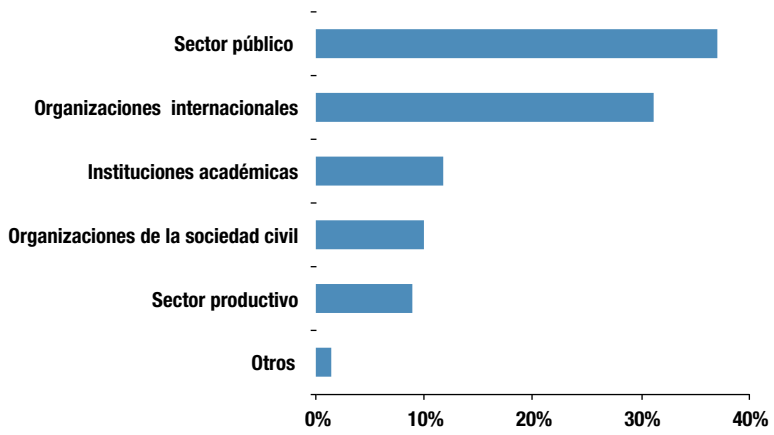
Proyectos activos de Fundevi, según modalidad de vinculación. 2012



Fuente: Elaboración propia con base en Fundevi, 2014.

Gráfico 7.2

Distribución porcentual de los proyectos activos de Fundevi, según sector demandante. 2012



Fuente: Elaboración propia con base en Fundevi, 2014.

Cuadro 7.1

Distribución porcentual de los proyectos de Fundevi realizados por unidades de ciencia y tecnología[a/], según sector del demandante. 2012

Sector	Porcentaje
Sector público	33,0
Organizaciones internacionales	33,0
Instituciones académicas	13,2
Organizaciones de la sociedad civil	8,1
Sector productivo	11,2
Público en general	0,5
Mixto[b/]	1,0
Total general	**100,0**
Contratos (n)	197

a/ Unidades relacionadas con las áreas de Ciencias Agroalimentarias, Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura y Ciencias de la Salud.
b/ Incluye varios sectores en un mismo proyecto.

Fuente: Elaboración propia con base en Fundevi, 2014.

la investigación contratada por terceros y las actividades de capacitación y actualización (con un 15% de los proyectos cada una).

Sectores demandantes

En 2012, los principales demandantes de los servicios de la UCR fueron el sector público (37%), seguido por los organismos internacionales (31%), las instituciones académicas (12%) y las organizaciones de la sociedad civil (10%). El sector productivo privado se ubicó en quinto lugar, con apenas un 9% de los proyectos contratados (gráfico 7.2). Estos resultados coinciden con la tendencia señalada en el informe *Indicadores Nacionales Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica 2012*, según la cual el sector público es el que más invierte en I+D en el país (Micitt, 2014).

Cuando se consideran únicamente los contratos firmados por las unidades relacionadas con las áreas científico-tecnológicas[3], se encuentra que el patrón ha oscilado con el tiempo y se acerca más al observado a finales de los años setenta, cuando los demandantes principales del conocimiento generado por la UCR eran el Gobierno (90%) y el sector privado (10%; cuadro 7.1) y menos a la dinámica registrada a mediados de los noventa, cuando el 75% de los vínculos correspondía al sector privado y el resto al sector público (una reseña de esta evolución puede consultarse en Adamson y Herrera, 2005). No obstante, se observa una ampliación en el portafolio de las instituciones públicas a las que se brindan servicios.

Al desagregar los contratos activos en 2012 según área académica, un hallazgo relevante es que en el caso de la sociedad civil, y con menor énfasis en el sector público, las iniciativas se concentraron principalmente en las Ciencias Sociales (34% y 28%, respectivamente; cuadro 7.2). En contraste, el sector empresarial se interesó sobre todo en las Ciencias Agroalimentarias y, en segundo término, en las Ciencias Básicas.

El 62% de los contratos del sector privado se realizó en las modalidades más intensivas en investigación. Este patrón no es muy distinto al descrito en el informe de *Indicadores Nacionales Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica 2012*, según el cual las empresas se vinculan con la academia con el objetivo de recibir asistencia técnica para resolver un problema (45,8%), contratar investigación que ellas mismas no pueden desarrollar (39,2%) u obtener información sobre tendencias en los campos científico-tecnológicos (Micitt, 2014).

Cuadro 7.2

Áreas académicas contactadas, según el sector demandante de los proyectos. 2012

Sector demandante	Contratos[a/] (porcentaje)	Área académica (porcentaje del sector)
Sector público (n=108)	37,0	Ciencias Sociales (28%) Ingenierías y Arquitectura (21%) Ciencias Básicas (18%)
Organizaciones internacionales (n=90)	30,8	Ciencias Básicas (27%) Ciencias Sociales (24%) Ciencias Agroalimentarias (17%)
Instituciones académicas (n=34)	11,6	Ciencias Básicas (41%) Ciencias Sociales (15%) Ciencias Agroalimentarias (15%) Salud (15%)
Organizaciones de la sociedad civil (n=29)	9,9	Ciencias Básicas (34%) Ciencias Sociales (34%)
Sector productivo privado (n=26)	8,9	Ciencias Agroalimentarias (31%) Ciencias Básicas (27%) Ingenierías y Arquitectura (15%)

a/ Porcentajes con base en los 292 contratos que se encontraban activos en 2012. No se consideraron tres contratos "mixtos" (que involucran a dos o más sectores en un mismo proyecto) y uno en que el sector demandante se clasificó como "público en general".

Fuente: Elaboración propia con base en Fundevi, 2014.

Cuadro 7.3

Distribución porcentual de los proyectos de investigación, según sector demandante. 2012

Modalidad	Investigación con financiamiento complementario	Investigación contratada por terceros
Sector público	46,1	33,3
Organizaciones internacionales	17,6	0,0
Instituciones académicas	16,7	4,5
Organizaciones de la sociedad civil	10,8	48,9
Sector productivo	8,8	13,3
Total general[a/]	100,0	100,0

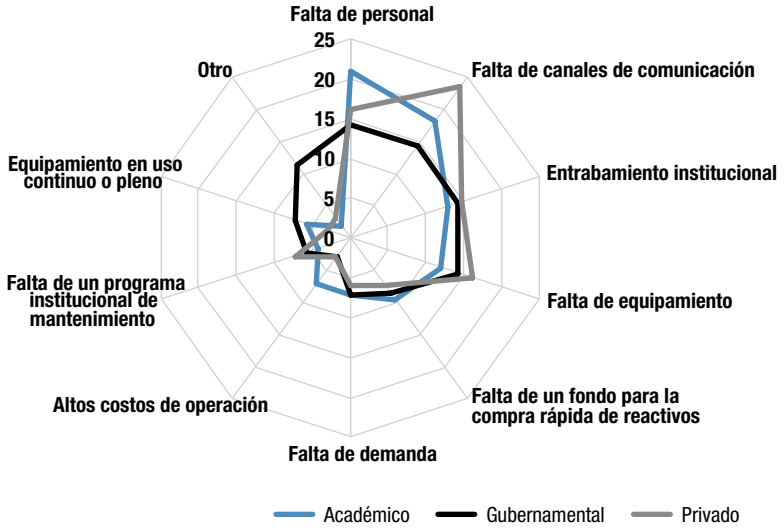
a/ Porcentaje con base en los 147 proyectos de vinculación que se encontraban activos en 2012, en las modalidades de investigación "con financiamiento complementario" y "contratada por terceros".

Fuente: Elaboración propia con base en Fundevi, 2014.

Al examinar más a fondo los proyectos de investigación con un alto componente de I+D, según sean iniciativa del académico (con financiamiento complementario) o del demandante (contratados por terceros), y analizar el peso según el sector, se observa una escasa participación del sector privado en ambos casos. Así por ejemplo, solo un 13% de la investigación contratada por terceros surge de la iniciativa empresarial, en contraste con un 49% del sector público. Las organizaciones internacionales mantienen un rol protagónico en este tipo de interacciones, en virtud de su aporte significativo al financiamiento de proyectos de investigación con financiamiento complementario (cuadro 7.3). El recuadro 7.1 resume los obstáculos que impiden potenciar la vinculación intersectorial de las unidades de I+D del país y da una idea de los principales retos pendientes en esta materia.

Gráfico 7.3

Razones[a/] que afectan la vinculación intersectorial de las unidades de I+D. 2013



a/ 375 menciones.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Modalidades de vinculación según áreas del conocimiento

En las áreas académicas relacionadas con las ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías, predominan las modalidades de vinculación más intensivas en investigación, como las que tienen financiamiento complementario y las contratadas por terceros (gráfico 7.4). Este patrón es más pronunciado en las Ciencias Básicas (69%) y un tanto menos en las Ciencias de la Salud (56%). En contraste, en las Ciencias Sociales una proporción significativa de los vínculos corresponde a las actividades de capacitación y actualización, seguidas por la investigación con financiamiento complementario y las asesorías y consultorías.

Las Ciencias Básicas, las Ciencias de la Salud, las Ingenierías y las Ciencias Agroalimentarias fueron las más activas en el año analizado, sobre todo en investigaciones con financiamiento complementario (gráfico 7.5). Esta situación representa un cambio en relación con los hallazgos de estudios que analizaron décadas anteriores, cuando la vinculación se daba fundamentalmente en el área de Ciencias Agrícolas (Adamson y Herrera, 2005).

Recuadro 7.1

Razones que dificultan la vinculación intersectorial de las unidades de I+D

Entre noviembre de 2012 y marzo de 2013 el Programa Estado de la Nación (PEN) llevó a cabo una consulta en 130 unidades de investigación del país, con el fin de conocer el estado general de su infraestructura y la idoneidad de sus equipos de corte mediano y mayor para el cumplimiento de sus objetivos, y para potenciar una mayor vinculación intersectorial. También se indagó sobre otras razones, distintas a las relacionadas con la infraestructura, que entorpecen esa vinculación.
En este último caso las respuestas más frecuentes fueron la escasez de personal (19%), la falta de canales de comunicación (18%) y el entrabamiento institucional (14%; gráfico 7.3).

Se observan diferencias según el sector que se considere. Para los responsables de unidades de I+D de la academia, la escasez de personal (21%) es la primera traba que afecta la vinculación, mientras que para el sector privado es la ausencia de canales de comunicación e interlocución (24%).
El sector gobierno menciona las dos anteriores, pero además agrega –y les asigna la misma importancia– el entrabamiento institucional (14%) y la falta de equipamiento (14%).
Cabe señalar que, en otras consultas realizadas a las empresas, la falta de respuesta oportuna por parte de la academia y la ausencia de canales de intermediación han sido señaladas reiteradamente como obstáculos que impiden una mayor interacción (Micitt, 2014).

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Patrones según centros de investigación

Otro ángulo para el análisis de los vínculos externos es la distribución de los proyectos entre los centros de investigación y, al interior de estos, entre los distintos investigadores, teniendo en cuenta, además, los sectores que demandan los servicios. Desde esta perspectiva claramente se observan dos patrones. En primer lugar están los centros donde las iniciativas se concentran en uno o dos investigadores de amplia trayectoria y reconocido prestigio. En tal sentido destaca el Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS), relacionado con el área de Ingenierías y Arquitectura, que en 2012 tenía el mayor número de proyectos activos (22). Esta instancia brindó servicios a instituciones públicas como el Instituto Meteorológico Nacional, la Comisión Nacional de Emergencias, el Infocoop y algunas municipalidades. También realizó investigaciones contratadas por organismos internacionales. El segundo patrón es el de las unidades académicas donde los proyectos se distribuyen de manera similar entre varios investigadores (tres, cuatro o más). En este esquema destacan dos centros del área de Ciencias Básicas: el Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM) y el Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (Cimar). En el primer caso los proyectos fueron contratados sobre todo por organizaciones internacionales, incluyendo otros centros académicos.

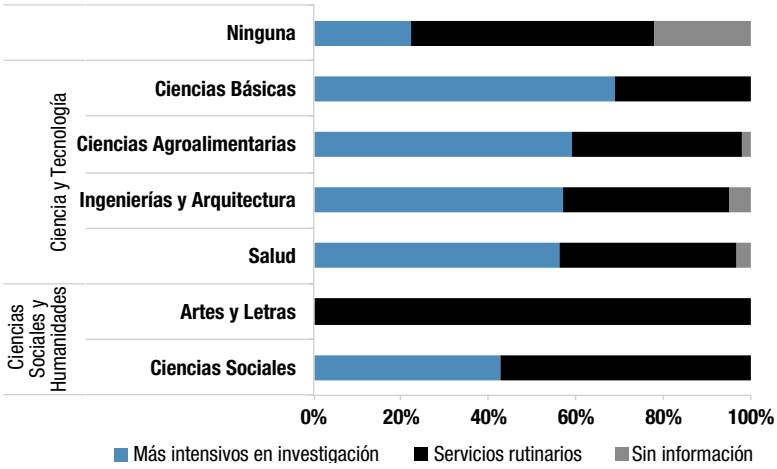
El primero de los patrones descritos fue el dominante en 2012 (diagrama 7.1). Se trata de un modelo que, si bien permite consolidar relaciones de confianza entre los demandantes y los oferentes, también es frágil, debido al alto grado de dependencia con respecto a los coordinadores de los proyectos, quienes, en caso de retiro o jubilación, generan vacíos importantes en la red de vínculos externos de sus centros.

¿Más información sobre los incentivos de las universidades estatales para la vinculación remunerada externa?

Véase
Pregunta 16 de este Informe

Gráfico 7.4

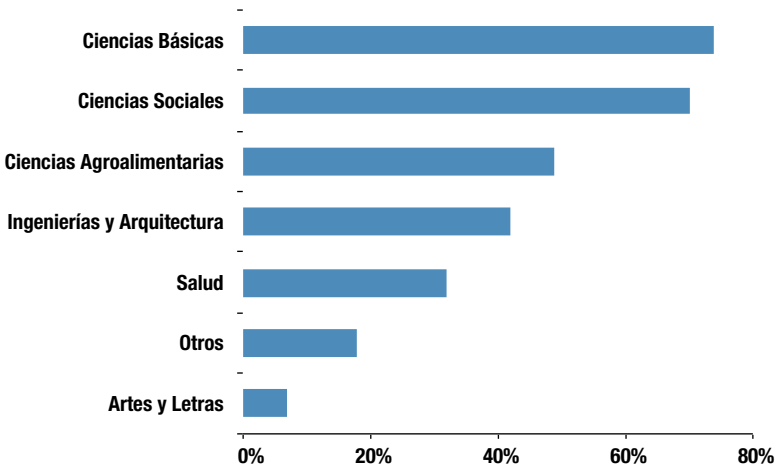
Distribución porcentual de los proyectos activos de Fundevi, según intensidad de investigación y área académica del oferente. 2012



Fuente: Elaboración propia con base en Fundevi, 2014.

Gráfico 7.5

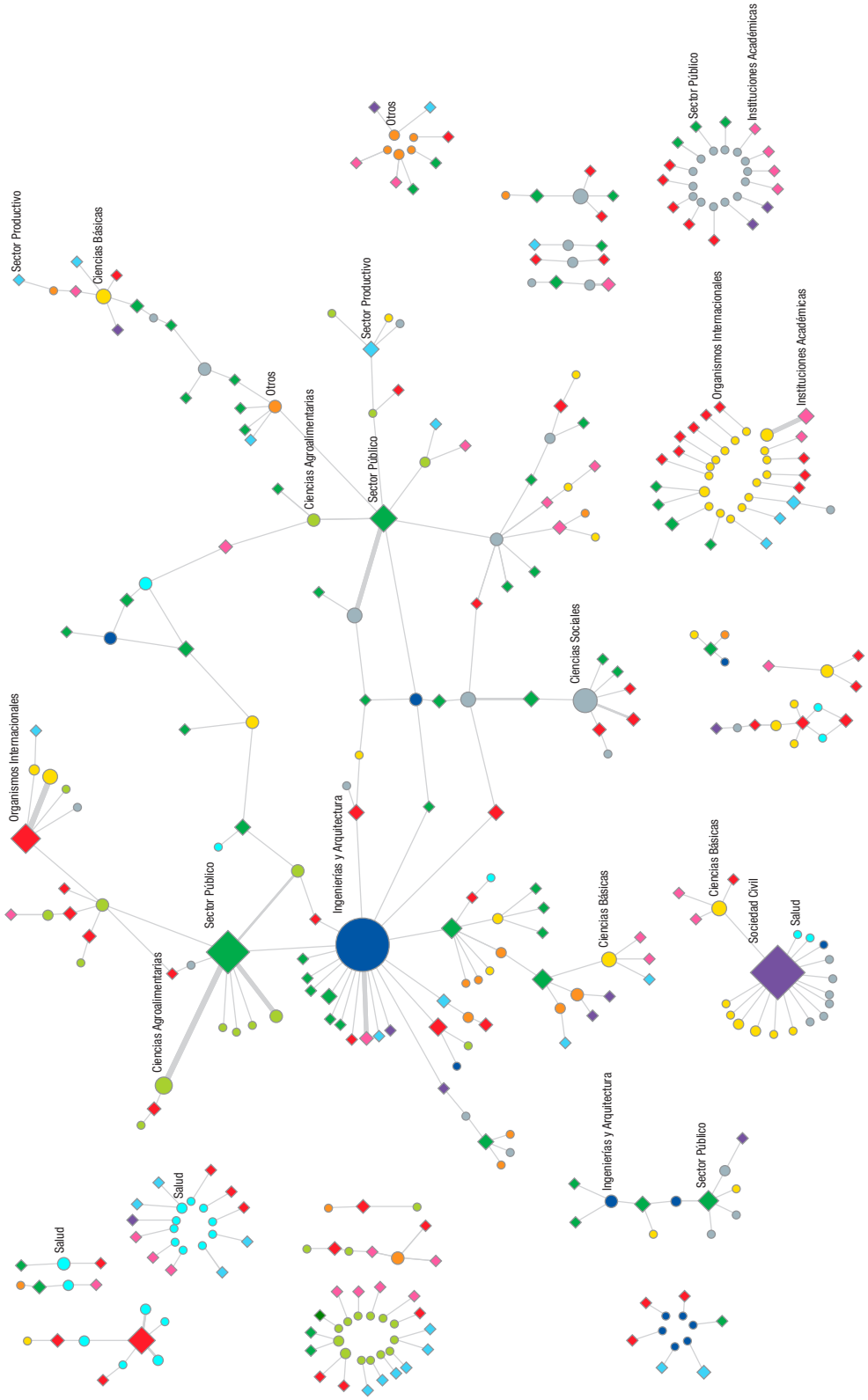
Distribución porcentual de los proyectos activos de Fundevi, según área de la unidad académica ejecutora. 2012



Fuente: Elaboración propia con base en Fundevi, 2014.

Diagrama 7.1

Red de vinculación entre oferentes y demandantes en los contratos activos de Fundevi[a/]. 2012



a/ Los círculos representan a las personas que se desempeñaron como coordinadores de los proyectos. El color del círculo identifica el área académica de la unidad respectiva. Los rombos corresponden a las entidades demandantes de los contratos; los sectores de los demandantes se distinguen según el color. El tamaño del nodo (círculos y rombos) refleja el número de proyectos activos que cada uno de los actores tenía en 2012. A mayor tamaño, mayor cantidad de proyectos desarrollados por ese actor. Las líneas representan las relaciones existentes entre oferentes y demandantes. Cuanto más gruesa es la línea, mayor es la intensidad del vínculo. El grosor se determina por el número de contratos.

Fuente: Elaboración propia con base en Fundevi, 2014.

Dictamen

La información disponible no permite precisar el alcance de los vínculos entre las comunidades de investigación y los sectores productivos del país, dada la falta de datos precisos y sistemáticos que abarquen a todas las instituciones de educación superior. Sin embargo, el ejercicio realizado con la base de datos de Fundevi, limitado a la UCR, revela una serie de características de las formas de vinculación que parecen estar operando, cuyo análisis debe ampliarse y documentarse mejor.

El proceso de vinculación entre los distintos actores ha oscilado en el tiempo, según lo reportado por Adamson y Herrera (2005) con base en los contratos firmados por las unidades de investigación en ciencia y tecnología. La dinámica encontrada en el 2012 se asemeja más a la registrada a finales de los años setenta, cuando el demandante principal de los servicios era el Gobierno, y menos al patrón encontrado a mediados de los noventa.

A finales de la década de los setenta, la mayoría de las iniciativas de vinculación externa de la UCR en las áreas científicas y tecnológicas correspondía al sector público y solo alrededor de un 10% al sector privado. Si se analizan los contratos en estas áreas que se encontraban activos en el 2012, se comprueba que el peso de la interacción con las empresas se mantuvo casi inalterado (solo aumentó un punto porcentual en más de tres décadas) y siguió siendo sostenido fundamentalmente por las Ciencias Agroalimentarias.

No obstante, en el tipo de servicios ofrecidos se observa mayor cercanía entre el 2012 y mediados de los años noventa, ya que en ambos períodos, en términos relativos, predominaron los vínculos relacionados con actividades de investigación. A finales de los años setenta, en cambio, la mayoría de las interacciones se realizaba bajo la modalidad de servicios repetitivos. Las tendencias actuales, determinadas a partir de la información de 2012, deberán ser confirmadas al considerar un lapso más amplio.

En síntesis, en términos de oferta, la vinculación externa de la UCR es altamente dependiente de un grupo selecto de investigadores. Y en términos de demanda se mantiene el protagonismo del Estado, mientras que el sector privado ocupa un lugar secundario. Hay un claro predominio de interacciones en modalidades más intensivas en investigación, y de las áreas de Ciencias Básicas, Salud e Ingenierías.

Implicaciones

La Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico (nº 7169, del 13 de junio de 1990) confiere a las universidades amplias facultades para realizar actividades de vinculación externa y las autoriza a vender "servicios técnicos y de transferencia de tecnología a terceros". "Terceros", en el caso de la UCR, significa fundamentalmente otras entidades del Estado, pues la interacción con los sectores productivos, sobre todo desde las unidades académicas relacionadas con I+D, no muestra signos de fortalecimiento. Aunque la información disponible no permite generalizar el dictamen al conjunto de las instituciones de educación superior, la situación descrita para el principal centro generador de conocimiento científico-tecnológico del país sugiere que existen importantes debilidades en la relación entre las comunidades de investigación y los demás sectores socioeconómicos. Esas debilidades podrían tener consecuencias negativas en el esfuerzo por elevar la productividad de la economía costarricense.

Por otra parte, parece necesario introducir cambios en las políticas de vinculación de la UCR. En particular, se requiere una política que de manera explícita destine parte del presupuesto de investigación a las actividades de I+D enfocadas en sectores productivos prioritarios por su alto interés social (Adamson, 2011). Esas políticas podrían buscar la convergencia con las metas nacionales de desarrollo en ámbitos como, por ejemplo, la reducción de vulnerabilidad ante los desastres, un tema que, por ser intensivo en conocimiento académico, representa una oportunidad para potenciar la vinculación (Adamson, 2011).

También sería conveniente diseñar instrumentos de política que, desde la academia, promuevan mecanismos más ágiles para la vinculación con las empresas, evitando el entrabamiento institucional y fortaleciendo los canales de intermediación.

Frontera de investigación

Un análisis más compresivo de la vinculación entre las comunidades de investigación y los sectores productivos requiere construir una base de datos que abarque varios años y cuente con una representación amplia, no solo de las otras universidades estatales sino, sobre todo,

¿Más información sobre la idoneidad de la infraestructura en las unidades de I+D para el cumplimiento de sus objetivos y para potenciar la vinculación intersectorial?

Véase
Pregunta 17 de este Informe

de los centros de educación superior privados, cuyo quehacer en este campo es desconocido.

Asimismo, un estudio de más amplio espectro sobre la vinculación universidad-empresa podría considerar las siguientes variables:

- Mecanismos a través de los cuales los sectores productivos puedan acceder a los resultados de la I+D desarrollada en las universidades.
- Resultados generados por la vinculación, en términos de publicaciones, iniciativas de protección de propiedad intelectual, proyectos empresariales conjuntos (*spin-off*), entre otros.
- Efectos del servicio prestado por la universidad.
- Valoración del grado de satisfacción del usuario con el servicio recibido, en términos de: i) calidad, ii) cumplimiento de objetivos, iii) tiempo de ejecución, iv) trámites y formalización, v) comunicación entre las partes.
- Principal razón de la organización para demandar los servicios de la universidad.
- Valoración de los beneficios económicos e intelectuales que obtienen los investigadores de la universidad, según el tipo de vinculación.
- Incentivos normados por los reglamentos universitarios y otros documentos, que promuevan la vinculación.
- Comparación internacional de los hallazgos, a partir de una definición clara de los criterios para la selección de las universidades que se utilizarán como referencia.
- Recomendaciones que puedan contribuir al diseño e implementación de políticas públicas e incentivos que favorezcan la vinculación.

Es necesario conocer mejor las causas que explican el peso que tienen ciertas figuras individuales en la vinculación externa de la UCR en algunas áreas del conocimiento. Entre otras hipótesis de trabajo, cabría preguntarse, por ejemplo, si ese patrón obedece a la falta de un mecanismo institucional que promueva de manera sistemática los vínculos entre las comunidades académicas y los sectores productivos. Según la Cepal (2014) la respuesta a esta interrogante es afirmativa y, por ende, es un indicador del incipiente desarrollo que muestra Costa Rica en las relaciones entre las empresas privadas y los centros universitarios.

Referencias bibliográficas

Adamson, M. 2010. Relaciones con el sector productivo y políticas de innovación: el caso de la Universidad de Costa Rica (Serie Documentos de Trabajo). San José: IICE-UCR.

_____. 2011. "Interrelación universidad-sector productivo y endogenización de la I+D: grandes desafíos y soluciones para un crecimiento sostenido de Costa Rica". En: Herrera y Gutiérrez (eds.).

Adamson, M. y Herrera, R. 2005. "Uso de modelos probabilísticos en el estudio de contratos tecnológicos entre el sector productivo y la universidad en Costa Rica". Compendio del XI Seminario de Gestión Tecnológica Altec 2005: "Innovación tecnológica, cooperación y desarrollo: los desafíos de la globalización", celebrado en Bahía, Brasil, del 25 al 28 de octubre.

Cepal. 2014. Cadenas globales de valor y diversificación de exportaciones: el caso de Costa Rica. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Fundevi. 2014. Open data. Sitio oficial, en <http://fundevi.opendata.junar.com/>.

Herrera, R. y Gutiérrez, J.M. (eds.). 2011. Conocimiento, innovación y desarrollo. San José: UCR.

Micitt. 2014. Indicadores Nacionales Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica 2012. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Pérez, V.M. 2011. Investigación, transferencia de tecnología e innovación para el desarrollo: el caso de la Universidad de Alicante. En: Herrera y Gutiérrez (eds.).

Créditos

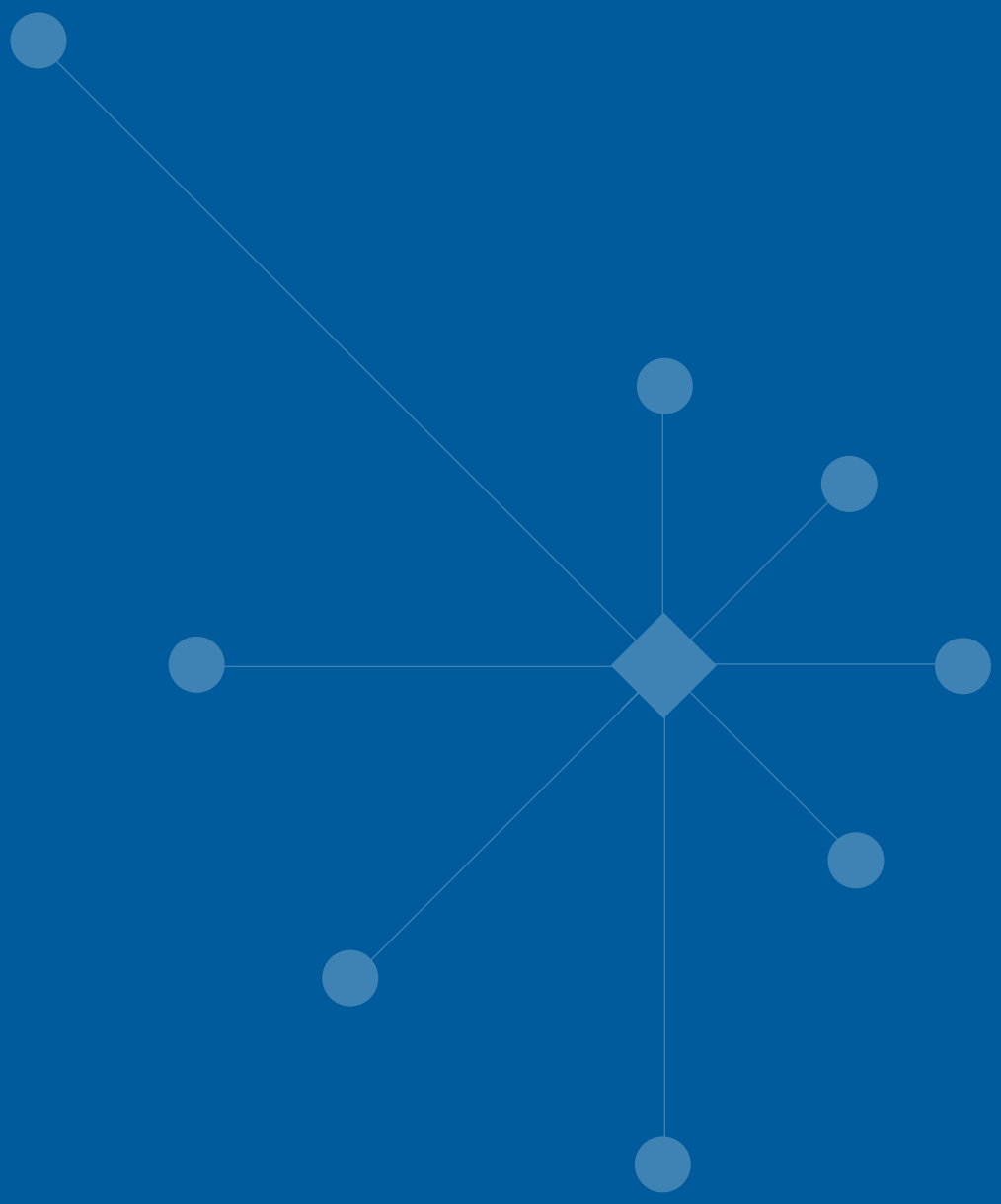
La redacción de esta sección fue efectuada por Isabel Román.
Jorge Vargas Cullell y María Santos participaron en la **edición técnica.**
Ivania García realizó los **procesamientos de información y el análisis de redes sociales.**
Christhian Sanabria elaboró la **matriz binaria,** insumo requerido para el análisis de redes sociales en Ucinet, bajo la supervisión de Carlos González.
Ana Javier Quintero construyó la **base de datos.**
Se agradece a Roberto Guillén de Fundevi, **la base de datos facilitada.**

Notas

1 Se consideran activos los proyectos en ejecución o que registraron movimientos financieros en el año bajo estudio.

2 A diferencia de otras "Preguntas" del presente Informe, en esta sección las áreas del conocimiento se organizan de acuerdo con la clasificación que utiliza la UCR, no la empleada por la Unesco. La Universidad agrupa sus diferentes unidades, centros e institutos, en las siguientes áreas: Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura, Salud, Ciencias Agroalimentarias, Ciencias Sociales y Humanidades.

3 Se refiere a las unidades relacionadas con las áreas de Ciencias Agroalimentarias, Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura y Ciencias de la Salud.



PREGUNTA 8

¿Cuán cercanas están las competencias en Ciencias y Matemáticas de los jóvenes costarricenses a las de **jóvenes de los países miembros de la OCDE?**

Conceptos clave

Pruebas PISA

Rendimiento académico

Competencias en Matemáticas

Competencias en Ciencias

Situación del país

☒	Estudiantes de secundaria con bajos rendimientos y diferencias por género; lejos de países de la OCDE
☐	
☑	

Importancia del tema

La formación de personal profesional y técnico en los ámbitos de ciencia, tecnología e innovación requiere sólidas bases que se adquieren en el curso de la educación primaria y secundaria.

Implicaciones de política pública

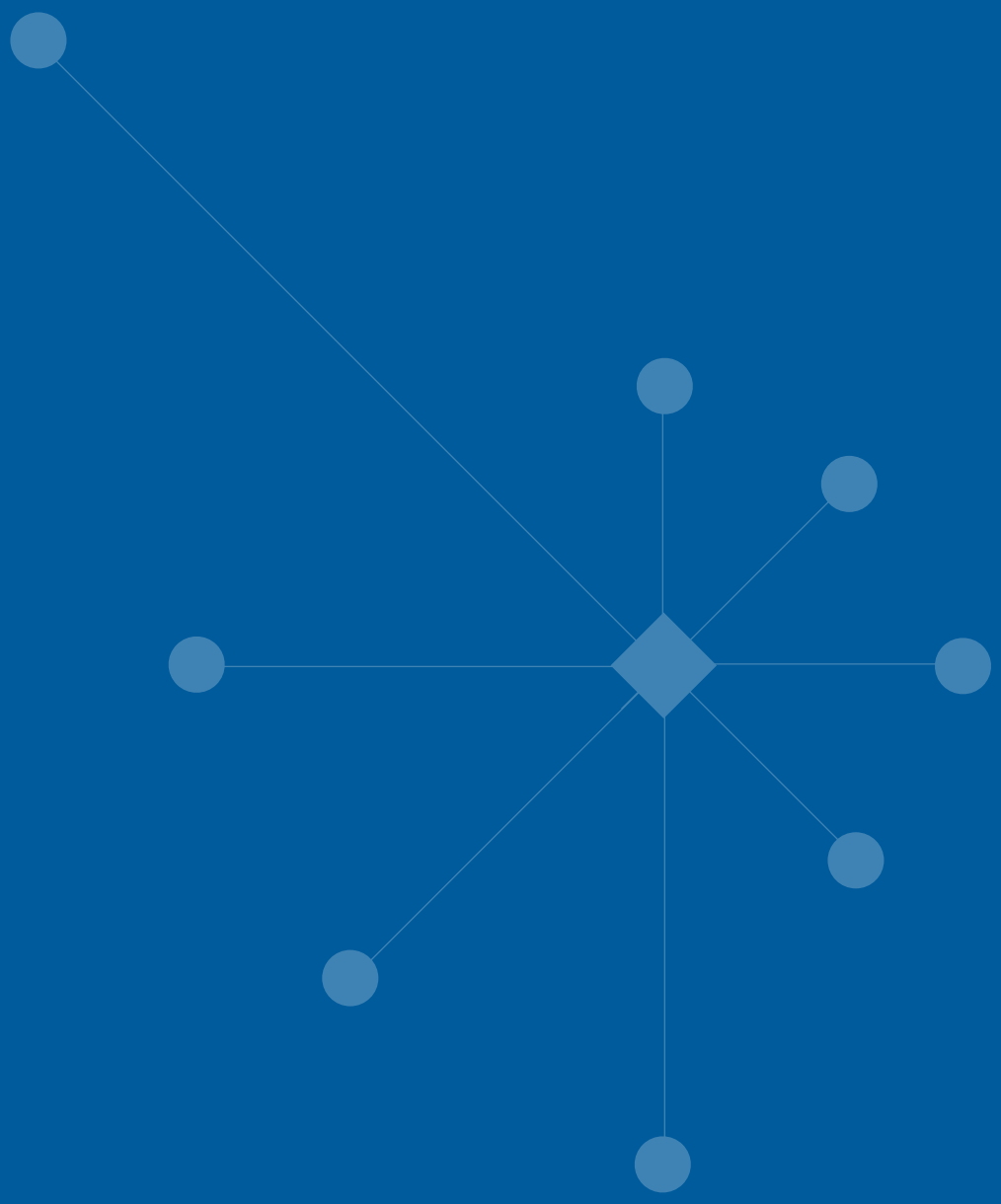
- Desarrollar nuevos programas de estudio, que mejoren las competencias en Ciencias y Matemáticas.
- Continuar la evaluación con pruebas estandarizadas.
- Mejorar la formación inicial y continua de docentes en Ciencias y Matemáticas.
- Mejorar los recursos didácticos y la infraestructura para mejorar los ambientes de aprendizaje.

Investigaciones de base

OCDE. 2012. Informe PISA 2009: Lo que los estudiantes saben y pueden hacer: rendimiento de los estudiantes en lectura, matemáticas y ciencias. Madrid: Santillana.

OCDE. 2014. PISA 2012 Results: What students know and can do – student performance in Mathematics, Reading and Science (vol. I, edición revisada en febrero de 2014). OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208780-en>.

PEN. 2013. Cuarto Informe Estado de la Educación (capítulo 5: “¿Qué aprenden los estudiantes en secundaria?”). San José: PEN.



Importancia del tema

Según el *Global Competitiveness Report 2013-2014* del Foro Económico Mundial (FEM, 2013) Costa Rica es una "economía en fase de transición entre aquellas guiadas por la "eficiencia" y por la "innovación", lo cual significa que se encuentra en un escenario intermedio, en el que se comienzan a implementar procesos de producción más eficientes y con calidad creciente. Para lograr incrementos en la competitividad del país se requiere un impulso cada vez mayor de la educación superior y técnica, eficiencia en el mercado de bienes, buen funcionamiento del mercado de trabajo, mercados financieros desarrollados y la habilidad de aprovechar las tecnologías ya existentes.

El siguiente escenario de productividad demanda que los países sean capaces de competir con productos nuevos y únicos, utilizando procesos de producción innovadores y sofisticados como medio para alcanzar altos niveles de desarrollo humano. En una nación como Costa Rica, que carece de *commodities*[1] estratégicos, esos procesos deben lograrse a partir de ajustes y mejoras en las instituciones, la infraestructura y, sobre todo, la calidad del capital humano.

Lo anterior plantea el reto de mejorar la enseñanza matemática y científica en el conjunto del sistema educativo, promoviendo la comprensión de los procesos de la ciencia y de los valores y destrezas asociados al pensamiento científico –como la observación, la indagación y la resolución de problemas–, habilidades y saberes que deben poseer todos los ciudadanos y ciudadanas. Al mismo tiempo, se requiere un monitoreo constante de la calidad de esta educación básica, para procurar el mejor aprovechamiento de la formación en los distintos niveles (PEN, 2011 y 2013).

No obstante, se sabe poco acerca de lo que efectivamente aprenden los estudiantes costarricenses en los ámbitos de Ciencias y Matemáticas. La reciente participación de Costa Rica, por primera vez, en las pruebas estandarizadas del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA, por su sigla en inglés), de la OCDE, no solo abre la puerta para investigar en profundidad el rendimiento académico y los aspectos que inciden sobre él, sino que además ofrece una perspectiva comparada de los resultados nacionales con respecto a otros sistemas educativos del mundo.

Ciertamente la principal aspiración de Costa Rica en el área educativa es garantizar un acceso generalizado y equitativo al sistema. En este ámbito se han obtenido mejoras en los últimos años: las tasas netas de escolaridad alcanzan el 100% en la educación primaria y poco más del 70% en el tercer ciclo y la educación diversificada. Sin embargo, hay problemas no resueltos en materia de deserción y sigue pendiente el desafío de universalizar la enseñanza secundaria. Ante esta realidad, el país debe lograr avances simultáneos en el acceso y la calidad de la educación, con una oferta pertinente y de alto nivel, que propicie el desarrollo de sólidas competencias en áreas clave del aprendizaje.

Hallazgos relevantes

- **En las pruebas PISA 2009 los estudiantes costarricenses obtuvieron un puntaje promedio de 409 en competencia matemática, resultado que ubicó a Costa Rica en el puesto 55 de 74 naciones participantes. En la edición de 2012 el puntaje en la misma asignatura fue de 407 y colocó al país en el lugar 56 entre 65 naciones.**
- **En competencia científica, Costa Rica obtuvo un puntaje promedio de 430 en 2009 y de 429 en 2012. Esta última cifra ubica al país en la posición 51 entre las 65 naciones participantes.**
- **De acuerdo con los resultados de 2012, el 59,8% de las y los estudiantes costarricenses no alcanza el nivel básico establecido por PISA en competencia matemática.**
- **En la competencia científica, el 39,3% de los alumnos se ubica por debajo del nivel mínimo y un 39,2% apenas logró llegar a ese estrato.**
- **Costa Rica forma parte del grupo de seis países que registran diferencias significativas entre hombres y mujeres en ambas competencias.**

- **En competencia matemática, los estudiantes de colegios privados superan en más de trece puntos a los procedentes de colegios públicos diurnos.**

- **De acuerdo con los resultados de las pruebas PISA, entre 2009 y 2012 Costa Rica no mostró progreso (cambio estadísticamente significativo) en ninguna de las asignaturas evaluadas.**

Metodología

El estudio consideró las siguientes dimensiones:

- Análisis descriptivo de los puntajes obtenidos por Costa Rica en las pruebas PISA en sus ediciones de 2009[2] y 2012, en las asignaturas de Matemáticas y Ciencias.

- Análisis descriptivo de los reportes hechos por los representantes de PISA, sobre los factores asociados al rendimiento en la prueba de Matemáticas de 2009.

- Análisis comparativo internacional con respecto a: i) países miembros de la OCDE, ii) un promedio de los cinco países que el *Plan de Medio Siglo*[3] utiliza como referencia: Suiza, Suecia, Finlandia, Noruega y Dinamarca (CR-2050) y iii) algunas naciones latinoamericanas, para tener un punto de comparación a nivel regional.

Fuente de información

La principal fuente de información son los resultados de las pruebas PISA. Estas son exámenes estandarizados que se aplican cada tres años a estudiantes de entre 15 y 16 años, en las asignaturas de Lectura, Ciencias y Matemáticas. Cada edición se concentra en un área específica; en 2012 el énfasis estuvo en la última de las disciplinas mencionadas, mientras que en 2009 se evaluó la competencia lectora. Se prevé que en 2015 el foco de atención será la competencia científica.

En Costa Rica, y siguiendo los protocolos establecidos por PISA, se tomó una muestra aleatoria estratificada de conglomerados, que en 2009 estuvo constituida por 181 colegios e incluyó las modalidades técnica y académica, de horarios diurnos y nocturnos y de dependencias públicas y privadas. Para el 2012 la muestra aumentó a 193 centros educativos.

En la edición de 2009 participaron en las pruebas 74 países o economías, 64 de ellos en la convocatoria original y 10 más en la ampliación de esta última, denominada PISA 2009+. En 2012 asistieron representantes de 65 países o economías.

Conceptos clave

Las pruebas PISA miden las habilidades de las y los estudiantes para aplicar sus conocimientos a la solución de situaciones o problemas cotidianos y para explorar los factores sociales, del entorno y de la trayectoria personal, que están asociados a esas habilidades (PEN, 2013). En las áreas de Ciencias y Matemáticas parten de los siguientes conceptos:

- Competencia matemática: es la capacidad de un individuo para formular, emplear e interpretar problemas matemáticos en una variedad de situaciones. Incluye razonamiento matemático y empleo de conceptos, procedimientos, herramientas y hechos matemáticos para describir, explicar y predecir fenómenos. Ayuda a los individuos a entender la función de las Matemáticas en el mundo, emitir juicios fundados y tomar decisiones necesarias como ciudadanos constructivos, comprometidos y reflexivos (OCDE, 2012a).

- Competencia científica: es el conocimiento científico de un individuo y su uso para identificar cuestiones, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y sacar conclusiones basadas en pruebas científicas; su comprensión de los rasgos característicos de las ciencias como forma humana de conocimiento e investigación; su conciencia de cómo las ciencias y la tecnología conforman su entorno material, intelectual y cultural, y su voluntad de involucrarse como ciudadano reflexivo en cuestiones relacionadas con la ciencia y con las ideas científicas (OCDE, 2012a).

La adquisición de las competencias se entiende como un proceso continuo y no se pretende que a los 15 años los alumnos hayan aprendido todo lo que van a necesitar como adultos, pero sí que cuenten con una base sólida de conocimientos en las áreas evaluadas (recuadro 8.1).

Recuadro 8.1

Características de las pruebas PISA

Las pruebas PISA se concentran en la capacidad del alumno o alumna para utilizar sus habilidades y conocimientos al enfrentarse a los retos de la vida real. Es decir, tratan de determinar qué sabe el estudiante y qué puede hacer con lo que aprendió en el sistema educativo, no si domina y reproduce contenidos curriculares específicos.

Esta evaluación parte de un concepto innovador de "competencia", entendida como la capacidad del estudiante para aplicar sus conocimientos y habilidades a determinadas áreas disciplinarias y para analizar, razonar y comunicarse con eficacia cuando plantea, interpreta y resuelve problemas en diversas situaciones.

La prueba se orienta hacia la definición de políticas educativas, por lo que conecta los resultados que obtienen los estudiantes con sus características y con factores clave que inciden en su aprendizaje, dentro y fuera del centro escolar. Esto le permite centrar la atención en las diferencias en los modelos de rendimiento e identificar las particularidades de los alumnos, los centros y los sistemas educativos con niveles de rendimiento altos. Da relevancia al aprendizaje a lo largo de la vida, pues no se limita a evaluar las competencias estudiantiles en determinados campos disciplinarios, sino que busca conocer las motivaciones de las y los jóvenes para aprender, sus opiniones sobre sí mismos y sus estrategias de aprendizaje.

Dado que se aplica con regularidad, esta prueba permite a los países dar seguimiento a sus progresos en el logro de objetivos clave para sus sistemas educativos. Además tiene una amplia cobertura geográfica y sigue una metodología colaborativa en los procesos de elaboración y aplicación, ya que los expertos de los países y economías participantes interactúan y cooperan con los especialistas internacionales de PISA y entre sí.

Los mecanismos de control de calidad son muy estrictos, desde el diseño y concepción de la prueba hasta la traducción y recolección de datos y muestras de textos, lo cual hace que los resultados de PISA tengan una gran validez y confiabilidad. Se ha demostrado la relevancia y el valor predictivo de las mediciones de conocimientos y habilidades efectuadas por PISA.

Estudios longitudinales llevados a cabo en Australia, Canadá y Suiza muestran que hay una estrecha relación entre el rendimiento en lectura evaluado por PISA a los 15 años de edad, y posteriores resultados educativos y éxitos en el mundo laboral. Esto ocurre porque los niveles de competencia lectora son predictores más fiables del bienestar económico y social, que la cantidad de educación medida en años de escolarización. Lo que importa es la calidad de los resultados del aprendizaje, no el tiempo que se tardó en alcanzarlos.

Fuente: Rodino, 2012.

Principales resultados

Resultados generales en las pruebas PISA

En la edición PISA 2009 Costa Rica ocupó una posición intermedia en la prueba de competencia matemática: el lugar 55 entre las 74 naciones participantes, por debajo, en el continente americano, de Estados Unidos, Uruguay, Chile, México y Trinidad y Tobago. Casi dos tercios de los estudiantes no muestran capacidades básicas para usar las herramientas matemáticas que han aprendido para resolver problemas de contexto.

En competencia científica el país se ubicó en una posición intermedia cuando se consideran todas las naciones participantes (puesto 47 de 74) y en el segundo lugar de la región latinoamericana, superado únicamente por Chile. En esta materia el desempeño de los alumnos evaluados se concentró en el rango "regular" o "aceptable".

Estos resultados están claramente por debajo de los obtenidos por los países miembros de la OCDE y por los del grupo que se usa como referencia en el *Plan de Medio Siglo* (CR-2050), los cuales se caracterizan por haber dado un fuerte impulso a sus sistemas educativos y muestran, de manera sistemática, altos niveles de desempeño en las pruebas PISA (gráfico 8.1).

En PISA 2012 Costa Rica se ubicó por debajo del promedio de los países de la OCDE, con una diferencia de 87 puntos en Matemáticas y de 72 puntos en Ciencias. Estuvo muy lejos de los primeros lugares del *ranking*, Shanghái y Singapur, que la superaron en más de 120 puntos en ambas asignaturas.

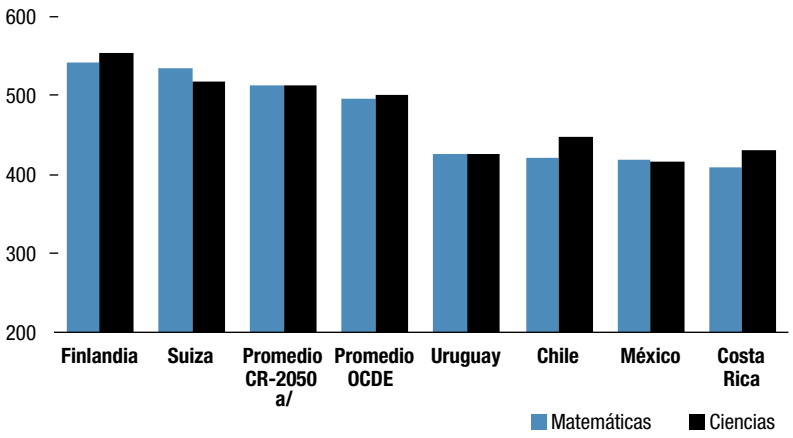
En competencia matemática el puntaje de Costa Rica fue estadísticamente similar a las calificaciones recibidas por Montenegro, México y Uruguay, mientras que en competencia lectora se obtuvo un resultado semejante al de Kazajistán.

Al analizar el desempeño del grupo CR-2050 se observa que sus puntajes promedio incluso superaron el promedio de los miembros de la OCDE. Costa Rica registró 96,4 puntos menos que los países CR-2050 en Matemáticas y 78,6 puntos menos en Ciencias (cuadro 8.1).

Los resultados de la prueba de competencia matemática de 2012 indican que entre los miembros de la OCDE, en promedio, los hombres superaron a las mujeres por once puntos. Esa diferencia es poco menos de la mitad de la brecha existente en el caso de Costa Rica, que junto a otros cinco países muestra diferencias significativas entre sexos. "A pesar del estereoti-

Gráfico 8.1

Comparación de puntajes promedio en las pruebas PISA 2009, por países seleccionados



a/ Promedio de los puntajes globales obtenidos por los países que se usan como referencia en el *Plan de Medio Siglo* (Suiza, Suecia, Finlandia, Noruega y Dinamarca), a los que se denomina CR-2050.

Fuente: Elaboración propia con base en Walker, 2011.

Cuadro 8.1

Puntajes en las pruebas PISA 2012 para países seleccionados, por competencia

País	Escala global de Matemáticas	Escala global de Ciencias
Shanghái-China	613	580
Singapur	573	551
Suiza[a/]	531	515
Holanda	523	522
Finlandia[a/]	519	545
Canadá	518	525
Bélgica	515	505
Alemania	514	524
Dinamarca[a/]	500	498
Francia	495	499
Promedio países de la OCDE	494	501
Reino Unido	494	514
Noruega[a/]	489	495
Estados Unidos	481	497
Suecia[a/]	478	485
Chile	423	445
México	413	415
Uruguay	409	416
Costa Rica	407	429
Brasil	391	405
Argentina	388	406

a/ Estos países se usan como referencia en el *Plan de Medio Siglo* y conforman el grupo denominado CR-2050.

Fuente: Elaboración propia con base en OCDE, 2014.

po que los hombres son mejores que las mujeres en matemática, los hombres muestran ventaja en sólo 38 países y en sólo 6 de ellos la brecha es equivalente a más de medio año de educación" (OCDE, 2014). Costa Rica está entre los casos más negativos.

En la competencia científica las brechas de género son más reducidas y en más de la mitad de las naciones participantes las diferencias resultan no significativas. Sin embargo, también en este caso Costa Rica se ubica entre los países con los resultados más desfavorables.

Así pues, en el ámbito de las Matemáticas, en 2009 los alumnos costarricenses superaron a las alumnas en poco más de 25 puntos, y en 2012 no hubo cambios significativos en esa diferencia. En el área científica, como se dijo, la brecha a favor de los hombres es menor: 16 puntos en 2009 y 12 puntos en 2012 (cuadro 8.2). Si bien la disminución de la brecha entre una medición y otra (2009 y 2012) no es estadísticamente significativa, las diferencias en los puntajes por sexo sí lo son. Ello refleja una tendencia que favorece el rendimiento de los hombres en las competencias evaluadas y la necesidad de fortalecer la educación de las mujeres, orientándola hacia las disciplinas relacionadas con ciencia y tecnología.

La distribución de los estudiantes en los distintos niveles de desempeño definidos por PISA muestra, para Costa Rica, una concentración en los niveles medio y bajo. Este perfil contrasta con el de los países desarrollados, que tienen más estudiantes en los niveles superiores de desempeño (gráficos 8.2 y 8.3).

Cuadro 8.2

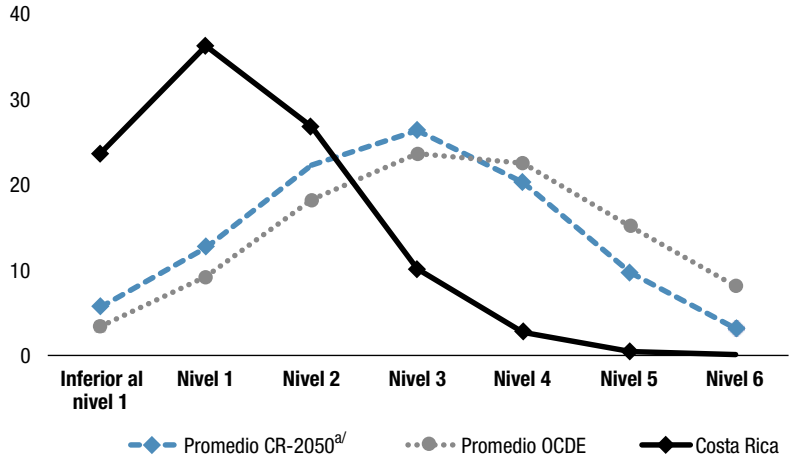
Puntaje promedio obtenido por Costa Rica en las pruebas PISA, según competencia y sexo

		2009	2012
Competencia matemática	Hombres	423	420
	Mujeres	397	396
Competencia científica	Hombres	439	436
	Mujeres	423	424

Fuente: Elaboración propia con base en OCDE, 2012a y 2014.

Gráfico 8.2

Distribución de estudiantes según niveles de desempeño en la prueba de competencia matemática, PISA 2012
(porcentajes)



a/ Promedio de los puntajes globales obtenidos por los países que se usan como referencia en el *Plan de Medio Siglo* (Suiza, Suecia, Finlandia, Noruega y Dinamarca), a los que se denomina CR-2050.

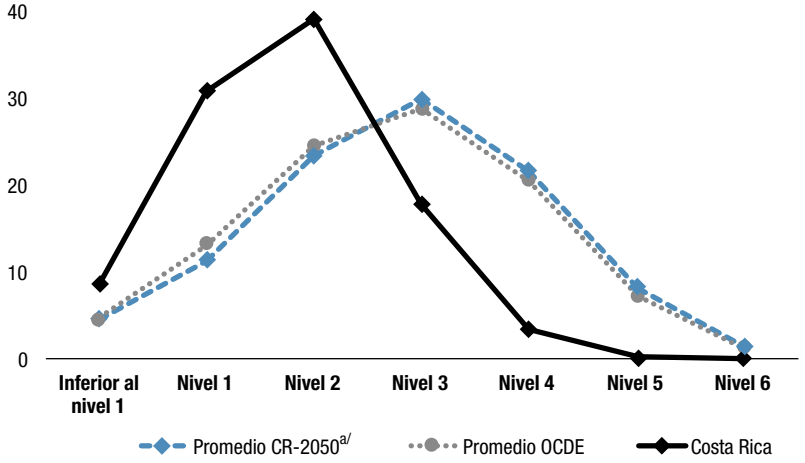
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE, 2014.

En Matemáticas la distribución de los países CR-2050 muestra porcentajes ligeramente menores que el promedio total de la OCDE en los niveles más altos (4, 5 y 6), mientras que en Ciencias la distribución en ambos grupos es muy similar (gráfico 8.3). Es importante destacar que las naciones CR-2050 no solo han implementado políticas para fortalecer la formación en ciencia, tecnología y las asignaturas relacionadas, sino que además han efectuado reformas para mejorar la educación como un todo, estimulando la creatividad, la indagación, el razonamiento y las capacidades empresariales de las y los estudiantes.

En el caso de Costa Rica, el desempeño en Ciencias es ligeramente mejor que en Matemáticas.

Gráfico 8.3

Distribución de estudiantes según niveles de desempeño en la prueba de competencia científica, PISA 2012
(porcentajes)



a/ Promedio de los puntajes globales obtenidos por los países que se usan como referencia en el *Plan de Medio Siglo* (Suiza, Suecia, Finlandia, Noruega y Dinamarca), a los que se denomina Costa Rica-2050.

Fuente: Elaboración propia con base en OCDE, 2014.

Al comparar las líneas de los gráficos 8.2 y 8.3, se observa que en la segunda de estas asignaturas la distribución de los resultados se inclina más a la derecha, colocando a un porcentaje mayor de estudiantes en los niveles 2, 3 y 4. Sin embargo, las diferencias con respecto a los países de la OCDE y el grupo CR-2050 siguen siendo notorias.

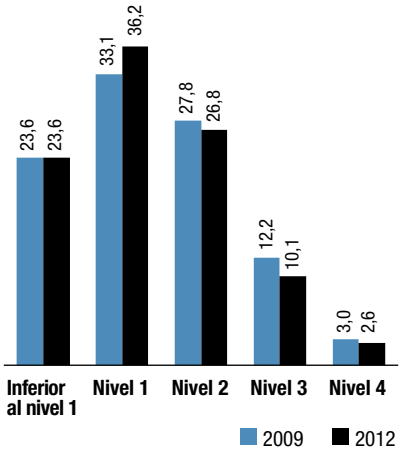
Desempeño de los estudiantes en las pruebas PISA de competencia matemática

Para entender mejor los resultados obtenidos por los países, los alumnos se clasifican en seis niveles de desempeño, de los cuales el 6 es el más alto. El gráfico 8.4 muestra la distribución de los estudiantes costarricenses según estos niveles de desempeño y su comparación con el promedio de los países de la OCDE, en la prueba de competencia matemática.

Un 23,6% de los estudiantes se ubica por debajo del nivel 1 y un 36,2% apenas alcanza ese estrato. Esto significa que un 59,8% no logra el desempeño mínimo que PISA define como aceptable. Los alumnos del nivel 1 pueden contestar preguntas referidas a contextos familiares, que están claramente formuladas y aportan

Gráfico 8.4

Distribución de los estudiantes costarricenses según niveles de desempeño[a/] en la prueba PISA de competencia matemática
(porcentajes)



a/ Se excluyen los porcentajes de alumnos en los niveles 5 y 6 por ser inferiores a 1%.

Fuente: Elaboración propia con base en OCDE, 2014

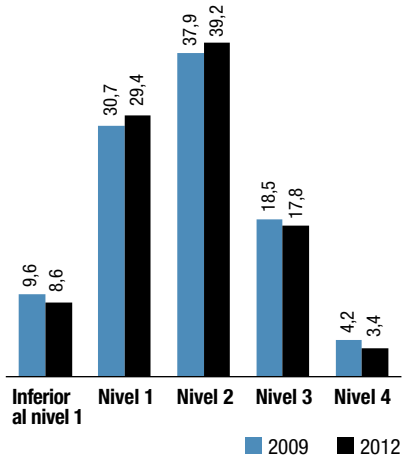
toda la información relevante; además son capaces de llevar a cabo procedimientos rutinarios con instrucciones explícitas.

Un 26,8% de los estudiantes costarricenses obtuvo un puntaje superior a 420 e inferior a 482, lo cual los clasifica en el nivel 2 de desempeño. En este nivel las y los jóvenes pueden interpretar y reconocer situaciones que requieren inferencia directa. Pueden extraer información de una única fuente, utilizando algoritmos básicos, procedimientos o convenciones para resolver problemas con números enteros y hacer interpretaciones literales de los resultados.

En los niveles 3 y 4 se ubicaron, respectivamente, un 10,1% y un 2,6% de los participantes nacionales, al registrar puntajes superiores a 482 e inferiores a 606. A los niveles 5 y 6 solo llegaron un 0,5% y un 0,1%, en cada caso. En el nivel 6 los estudiantes son capaces de utilizar sus conocimientos para resolver problemas en contextos no estándar, vincular información de distintas fuentes y usar razonamiento matemático avanzado. A la hora de interpretar resultados, pueden comunicar las acciones y reflexiones que los llevaron a ellos.

Gráfico 8.5

Distribución de los estudiantes costarricenses según niveles de desempeño[a/] en la prueba PISA de competencia científica
(porcentajes)



a/ Se excluyen los porcentajes de alumnos en los niveles 5 y 6 por ser inferiores a un 1%.

Fuente: Elaboración propia con base en OCDE, 2014.

Si bien el puntaje promedio total de Costa Rica en Matemáticas no presenta cambios significativos entre una edición y otra de la prueba, la reducción de los porcentajes de estudiantes en los niveles superiores de desempeño implica una desmejora. Entre 2009 y 2012 los cambios en la distribución son muy leves: un incremento en el nivel 1 (que se considera elemental) y un descenso en los niveles 3 y 4, e incluso en el nivel mínimo (2). Los niveles 5 y 6 no se muestran en el gráfico 8.4, ya que registran cifras inferiores a 1%.

Desempeño de los estudiantes en las pruebas PISA de competencia científica

Como se ha venido señalando, en la competencia científica la distribución de los alumnos mejora en comparación con los resultados en Matemáticas. Se observan mayores proporciones en los niveles 2, 3 y 4. Sin embargo, en los niveles superiores (5 y 6) los porcentajes siguen siendo cercanos a cero (gráfico 8.5). El nivel 2 agrupa a un 39,2% de los estudiantes, lo cual significa que tienen un adecuado conocimiento científico para proveer explicaciones posibles en contextos familiares, mediante razonamiento directo e interpretación literal de los resultados. Estos jóvenes obtuvieron puntajes superiores a 409 y menores de 484.

En el nivel 3 se encuentra un 17,8% de las y los estudiantes, quienes recibieron calificaciones superiores a 484 e inferiores a 558. Ellos pueden identificar problemas científicos en un rango de contextos distintos, seleccionar hechos y conocimientos para explicar fenómenos, interpretar y usar conceptos científicos de diferentes disciplinas y aplicarlos directamente.

Un 3,4% de los alumnos costarricenses se ubica en el nivel 4, en el cual se asume que pueden hacer inferencias acerca del rol de la ciencia y la tecnología en distintas situaciones y comunicar sus conclusiones utilizando el conocimiento científico.

El nivel 5 solo agrupa a un 0,2% de los estudiantes, por lo que no se muestra en el gráfico 8.5. Los integrantes de este pequeño grupo pueden identificar componentes científicos en situaciones complejas, comparar, seleccionar y evaluar la evidencia científica adecuada para resolver situaciones diarias, además de ser más críticos en su análisis. Ninguno de ellos superó el puntaje de 707 asociado al nivel superior.

Por sexo, la distribución en los niveles de

desempeño no varía de manera significativa en competencia científica, mientras que en competencia matemática se nota una ligera diferencia a favor de los hombres, pues estos lograron ubicarse en los niveles 2 y 3 en una proporción mayor que las mujeres. En el puntaje total promedio en la prueba de 2009 los alumnos superaron a las alumnas por 25 y 17 puntos, respectivamente, en competencia matemática y competencia científica (Walker, 2011). En el 2012 la ventaja de los hombres fue de 24 y 12 puntos, en el mismo orden.

Según el *Informe PISA 2012*, la baja representación femenina entre los estudiantes con los puntajes más altos (niveles 5 y 6) impone un enorme "desafío para alcanzar la paridad de género en ocupaciones de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas" (OCDE, 2014).

Factores asociados al rendimiento académico

Existen actitudes y hábitos de los jóvenes, así como características de su contexto inmediato, que resultan determinantes en su rendimiento académico (recuadro 8.2). Así lo constató el *Cuarto Informe Estado de la Educación*, al realizar análisis estadísticos que le permitieron conocer la relación que existe entre el desempeño de los estudiantes y factores como la condición socioeconómica, la convivencia con ambos padres, la eficacia de las técnicas de estudio (para comprender y resumir textos) y la actitud hacia la lectura.

Mejores prácticas internacionales para promover la educación científica y matemática

En muchos países alrededor del mundo se han puesto en marcha acciones que promueven

Recuadro 8.2

Factores asociados al rendimiento en Matemáticas

El *Cuarto Informe Estado de la Educación*, publicado en 2013, analizó los factores determinantes del rendimiento en la prueba PISA de competencia matemática[4], y encontró que un 45% de la variación en los puntajes se explica por características propias del estudiante (cuadro 8.3).

Por un lado hay un conjunto de factores que corresponden a variables demográficas como la edad, el sexo y el hecho de vivir con ambos padres. Y por otro lado hay aspectos que se relacionan más con el historial académico y las prácticas de estudio de los jóvenes: sus hábitos de lectura y las estrategias que emplean para resumir y comprender textos, entre otros, son factores que influyen de manera positiva en su rendimiento. Por el contrario, un historial de repitencia escolar y factores adversos relacionados con el centro educativo inciden negativamente en los resultados que obtienen las y los estudiantes.

Además de las características propias del alumno, hay factores institucionales y de contexto que también influyen en el rendimiento académico. En el caso de Matemáticas fueron significativos el distrito donde se ubica el colegio y el indicador que sintetiza las dificultades del centro educativo para desarrollar la enseñanza, de modo que las carencias de personal docente calificado, personal de biblioteca y laboratorios, así como las limitaciones de acceso a tecnologías de información y comunicación (TIC) influyen negativamente en los resultados obtenidos. Las calificaciones de quienes asisten a colegios que presentan dificultades como las mencionadas llegan a ser hasta treinta puntos inferiores a las de quienes se encuentran en la situación contraria, es decir, los centros educativos con mayor disponibilidad de recursos favorecen el buen desempeño de los estudiantes.

Fuente: PEN, 2013.

Cuadro 8.3

Perfiles asociados a un alto rendimiento en la prueba de competencia matemática. PISA 2009

Factores del estudiante	Cursa un grado mayor al que debería cursar según su edad
	Es hombre
	Percibe como eficaces sus estrategias para resumir y comprender textos
	Con mucha frecuencia realiza lecturas en línea
	Baja frecuencia de repetición escolar
	Valor alto en la escala de actitud hacia la lectura
	Reporta un número relativamente alto de lecciones de Matemáticas
	Ambos padres viven con el estudiante
	Reporta una frecuencia elevada de lectura por iniciativa propia
	Percibe como alto el valor que le brinda el colegio
	Puntaje alto en la escala de uso de técnicas "analíticas" para estudiar
Factores institucionales	El colegio presenta pocas dificultades para desarrollar el proceso de enseñanza
	El colegio está ubicado en un distrito con alto índice de desarrollo social

Fuente: Montero et al., 2012.

la educación en ciencia y tecnología. En términos generales, además de aumentar la calidad de la enseñanza básica y fomentar las vocaciones científicas, las iniciativas buscan estimular la creatividad de los estudiantes y desarrollar habilidades y destrezas asociadas al pensamiento científico y las capacidades empresariales (OCDE, 2012b). El cuadro 8.4 resume algunos ejemplos de las políticas implementadas a nivel internacional para fortalecer la educación en Matemáticas y en las áreas científico-tecnológicas.

Un primer tipo de iniciativas consiste en otorgar becas o préstamos a estudiantes que opten por carreras científicas y tecnológicas. En Suecia, el Gobierno ofrece lecciones complementarias a alumnos que, por tener niveles muy bajos en Matemáticas y Ciencias, no han logrado ingresar a un programa universitario relacionado con esas disciplinas.

Un segundo tipo de estrategias procura subsanar deficiencias en el planeamiento educativo, con acciones que van desde aumentar el número de lecciones de Matemáticas y Ciencias, hasta impulsar reformas curriculares y evaluaciones constantes sobre el avance de los alumnos en esas áreas. Este enfoque es el que empieza a vislumbrarse en Costa Rica, con la modificación de los programas de estudio de la educación general básica en las asignaturas mencionadas.

Tal como reportó el *Decimoctavo Informe Estado de la Nación*, en los últimos años un número creciente de países ha implementado la metodología denominada "Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación" (ECBI), que es promovida a nivel internacional por el programa "Las manos en la masa"[5]. Este enfoque propone "un cambio en la visión de la educación científica, al privilegiar dos aspectos fundamentales que deben atenderse desde primaria: la concentración en el desarrollo de destrezas y valores asociados al pensamiento científico y el mejoramiento del abordaje pedagógico. Se ha implementado en escuelas en Afganistán, Colombia, Argentina, Brasil, Cambodia, Chile, China, Egipto, Malasia, México, Marruecos, Senegal y Eslovaquia, entre otros. Además de adoptar la ECBI, los países han aprovechado la iniciativa para introducir otras mejoras en la calidad de la educación científica. Argentina decidió efectuar una revisión de los libros de texto, con el apoyo de asesores especializados.

Cuadro 8.4

Políticas para mejorar la educación en ciencia, tecnología y Matemáticas implementadas por países miembros de la OCDE

Objetivo	Instrumento	Países
Incrementar la matrícula de la educación terciaria en áreas de interés	Incentivos financieros para estudiantes	Australia, Argentina y Dinamarca
	Clases complementarias y/o tutorías para estudiantes marginales	Suecia, Dinamarca y Alemania
Mejorar la instrucción en las escuelas	Incremento en el número de horas dedicadas a las asignaturas	Alemania, Irlanda y Noruega
	Renovación de programas de estudios, estándares o evaluaciones	Australia, Irlanda e Inglaterra
	Nuevos estándares o evaluaciones	Austria, Noruega y Alemania
	Nuevos programas de formación inicial y continua de los docentes	Australia, Austria, Bélgica, Irlanda, Japón, Turquía, Nueva Zelandia y Reino Unido
	Iniciativas para atraer hacia la docencia a los mejores graduados en Matemáticas, ciencia y tecnología	Australia y Reino Unido

Fuente: OCDE, 2012b.

Colombia renovó los programas educativos a nivel nacional, con miras a definir los estándares de competencias que se desea desarrollar en los educandos. Sudáfrica introdujo el nuevo enfoque con la expectativa de que atraiga más a las niñas, reconociendo que la forma en que se imparte el conocimiento debe adaptarse a los estilos de aprendizaje de niños y niñas" (Andres, 2011).

En Costa Rica también se han realizado acciones en procura de mejorar las habilidades que adquieren los estudiantes en el sistema educativo formal, tanto en Ciencias como en Matemáticas. La reforma más profunda y estructural se dio en esta última asignatura[6]: se modificaron los contenidos programáticos para estimular la resolución de problemas en entornos reales y se introdujeron cambios sustanciales en la gestión educativa, la metodología de trabajo en el aula, el planeamiento y la evaluación cotidiana. De manera análoga, se han dado importante esfuerzos –que se espera continúen– para adoptar el enfoque de ECBI, antes mencionado, en la enseñanza de las Ciencias[7].

Todas estas iniciativas requieren un proceso de capacitación y acompañamiento docente, así como cambios en el planeamiento y desarrollo de las lecciones, a fin de lograr avances sustanciales en largo plazo. Para monitorear esos procesos resulta fundamental la participación de los estudiantes en pruebas nacionales e internacionales, a través de las cuales se puedan medir sus habilidades y conocimientos (recuadro 8.3).

Dictamen

Costa Rica aún está lejos de obtener resultados similares a los de las naciones miembros de la OCDE en las pruebas PISA. Tanto en las competencias científicas como en las matemáticas, los alumnos costarricenses están claramente rezagados con respecto a sus pares de sistemas educativos de mayor calidad. Además, entre

Recuadro 8.3

Factores asociados al rendimiento en Matemáticas

El *Informe PISA 2012* recomienda atender un conjunto de desafíos para mejorar la educación en Matemáticas, dado que el desempeño en esta asignatura resulta ser un buen predictor de las oportunidades que tendrán los individuos al salir de la secundaria, no solo en términos de su acceso a empleos bien remunerados, sino también en sus actitudes hacia el voluntariado, su participación en la sociedad y, en general, sus cualidades como ciudadanos (OCDE, 2014). Entre los principales retos se citan:

- Mejorar el desempeño promedio, medido a través del cambio en los resultados de las pruebas PISA a través de los años. Varios países han logrado mejorar sus puntajes promedio en una amplia variedad de contextos y culturas, lo que muestra que el cambio es posible para todos los estudiantes.
- Buscar la excelencia. Aunque solo una pequeña porción de los estudiantes alcanza los niveles más altos de desempeño, y muchos menos logran hacerlo en las tres áreas conjuntamente, propiciar la excelencia contribuirá a que aquellos que la consigan formen la vanguardia en una economía basada en el conocimiento y la competitividad.
- Atender los bajos desempeños. Los alumnos que no logran alcanzar el nivel básico de desempeño son más propensos a abandonar el sistema y a ser menos exitosos en su vida productiva.
- Identificar fortalezas y debilidades en las distintas áreas de las Matemáticas, para determinar cuáles requieren más atención en los programas de estudio, de acuerdo con las necesidades actuales de conocimiento y las prioridades que cada país defina.
- Proveer igualdad de oportunidades para ambos sexos. Reducir la brecha de género en la adquisición de competencias en Matemáticas implica un esfuerzo para propiciar entre las mujeres una actitud de compromiso, disposición y autoconvencimiento de que es posible mejorar su desempeño. Parte del fracaso en esta asignatura está asociado a creencias preconcebidas, lo que sugiere la necesidad de cambiar la actitud que se tiene hacia ella.

Fuente: OCDE, 2014.

2009 y 2012 el país experimentó un retroceso; la mayoría de sus estudiantes se ubica en los niveles más bajos de desempeño en las dos asignaturas evaluadas, situación que se agudiza en el área de Matemáticas, donde el 59,8% de las y los jóvenes no alcanza siquiera el nivel mínimo.

Las brechas de género no solo son significativas, sino que están entre las más grandes de todos los países que participan en PISA. Esto sugiere la necesidad de un mayor esfuerzo para acortar distancias entre hombres y mujeres e impulsar las competencias de manera equitativa, mediante mejoras en el aula, cambios en las estrategias de enseñanza y procurando una actitud más positiva de las estudiantes hacia la asignatura.

No se observan cambios significativos entre las dos ediciones de PISA a las que ha asistido Costa Rica. Los avances que podría generar la aplicación de los nuevos programas de estudio, o las mejoras en la cobertura de la educación secundaria, aún están por verse. Sin embargo, sin evaluaciones sistemáticas y comparables las debilidades y desafíos del sistema no se conocerían y las acciones correctivas serían nulas.

Implicaciones

Los bajos rendimientos en las pruebas PISA

de Matemáticas y Ciencias plantean al sistema educativo costarricense un conjunto de desafíos que van más allá de los puntajes obtenidos.

La buena noticia es que el país ha emprendido un esfuerzo que, si bien incipiente, busca mejorar las habilidades de las y los alumnos en ambas asignaturas. En Matemáticas se confeccionó un nuevo programa de estudio que busca no solo actualizar los contenidos, sino redefinir el enfoque que se emplea en las aulas y lograr una mediación pedagógica que permita a los estudiantes aprender y utilizar los conocimientos adquiridos en situaciones de la vida real. El reto consiste en procurar que la aplicación de estos nuevos enfoques se haga de manera efectiva.

No todos los factores asociados al rendimiento académico dependen de las políticas educativas. Sin embargo, hay un subconjunto de ellos sobre el cual el sistema educativo tiene influencia directa, como la eficiencia en el uso de los recursos disponibles, tal como recomienda el *Cuarto Informe Estado de la Educación*. Es indispensable mejorar los ambientes de aprendizaje, incentivar hábitos y actitudes positivas hacia la lectura y proveer a los estudiantes mayores y más eficaces herramientas para comprender y resumir textos.

Dadas las deficiencias que presentan los estudiantes costarricenses en Matemáticas y Ciencias, y por la importancia que tienen estas disciplinas a la luz de las áreas estratégicas por las que ha apostado el país para impulsar su desarrollo, el *Decimoséptimo Informe Estado de la Nación* dedicó un capítulo al análisis de los desafíos para mejorar en el corto plazo la enseñanza científica y tecnológica en el sistema educativo preuniversitario y la formación técnica vocacional (PEN, 2011). Entre esos desafíos destacan el aumento y mejora de la infraestructura educativa, el fortalecimiento de los colegios científicos y el impulso a actividades de orientación vocacional para fomentar las ocupaciones en las áreas científicas y tecnológicas.

Ese fortalecimiento debe lograr un balance entre los objetivos de motivar el interés científico de los estudiantes en general –fomentando actitudes, valores, procedimientos y lenguajes propios del pensamiento científico– y proporcionar la formación que requieren los profesionales en las áreas científico-tecnológicas. Según Alfaro y Villegas (2010), este balance entre contenidos conceptuales y el desarrollo de habilidades o competencias para la vida todavía no se logra en Costa Rica (PEN, 2011).

La formación inicial, el desarrollo profesional continuo y la calidad en general del cuerpo docente siguen siendo fundamentales para asegurar mejores resultados educativos. Un acompañamiento continuo a las y los profesores, y la provisión de mejores condiciones para desarrollar la enseñanza, son los primeros pasos para lograr cambios sustanciales en el sistema.

Por último, la evaluación continua permite monitorear avances e identificar cuellos de botella en las soluciones propuestas. La participación en las pruebas internacionales PISA, entre otras iniciativas, no solo permite hacer evaluaciones internas, sino también comparar el desempeño nacional con el de otros países, elementos fundamentales para proponer acciones que mejoren la educación costarricense.

Frontera de investigación

El análisis de las pruebas PISA realizado para el *Cuarto Informe Estado de la Educación* permitió identificar una serie de factores que inciden de manera directa e indirecta sobre el rendimiento de los estudiantes. No obstante, hacen falta más análisis que profundicen en las causas de los bajos desempeños y, a la vez, permitan evaluar las medidas que se han venido adoptando para remediar esa situación. Esto es particularmente urgente en el caso de las competencias científicas.

Las pruebas PISA son no son el único medio para evaluar las competencias de las y los estudiantes. Es necesario efectuar más investigaciones que tomen como fuente de información las pruebas del Segundo y Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo (Serce y Terce), aplicadas en la educación primaria en el marco de las acciones globales de la Oficina Regional de Educación de la Unesco para América Latina y el Caribe (Orealc-Unesco) o las mismas pruebas diagnósticas que aplica el MEP, las cuales permiten realizar estudios en esta línea.

El reto es correr la frontera de la información, para ahondar en el conocimiento de las causas de los altos y bajos rendimientos de los estudiantes, así como en la medición y evaluación de las políticas adoptadas para mejorar la calidad de la educación.

Referencias bibliográficas

Alfaro, G. y Villegas, L. 2010. La educación científica en Costa Rica. Ponencia preparada para el Tercer Informe Estado de la Educación. San José: PEN.

Andres, J.T.H. 2011. "Superar barreras de género en ciencia: hechos y cifras". En: <http://www.scidev.net/es/features/superar-barreras-de-g-nero-en-ciencia-hechos-y-cifras.html>.

Asociación Estrategia Siglo XXI. 2006. Estrategia Siglo XXI: Conocimiento e innovación hacia el 2050 en Costa Rica: síntesis de la Visión y Plan de Medio Siglo en Ciencia y Tecnología en Costa Rica. San José: Crusa.

FEM. 2013. The Global Competitiveness Report 2013-2014. Ginebra: Foro Económico Mundial.

Montero, E. et al. 2012. Costa Rica en las pruebas PISA 2009 de competencia lectora y alfabetización matemática. Ponencia preparada para el Cuarto Informe Estado de la Educación. San José: PEN.

OCDE. 2012a. Informe PISA 2009: Lo que los estudiantes saben y pueden hacer: rendimiento de los estudiantes en lectura, matemáticas y ciencias. Madrid: Santillana.

_____. 2012b. OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2012-en>.

_____. 2014. PISA 2012 Results: What students know and can do – student performance in mathematics, reading and science (vol. I, edición revisada en febrero de 2014). OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208780-en>.

PEN. 2011. Decimoséptimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: PEN.

_____. 2013. Cuarto Informe Estado de la Educación (capítulo 5: "¿Qué aprenden los estudiantes en secundaria?"). San José: PEN.

Rodino, A.M. 2012. La competencia lectora de los estudiantes costarricenses según la evaluación internacional PISA 2009+. Ponencia preparada para el Cuarto Informe Estado de la Educación. San José: PEN.

Ruiz, A. 2012. Reforma de la educación matemática en Costa Rica: avances y desafíos. Contribución especial realizada para el Cuarto Informe Estado de la Educación. San José: PEN.

Walker, M. 2011. PISA 2009 Plus Results: Performance of 15-year-olds in reading, mathematics and science for 10 additional participants. Victoria, Australia: ACER.

Créditos

La preparación de esta pregunta estuvo a cargo de Jennyfer León.
La edición técnica fue realizada por María Santos y Jorge Vargas Cullell.

Notas

1 El concepto de *commodities* refiere a la disponibilidad de recursos o materias primas susceptibles de explotación con fines comerciales, como por ejemplo cobre y petróleo.

2 Cabe precisar que Costa Rica formó parte de un grupo de diez países que no pudieron asistir a la evaluación de 2009, por lo que lo hicieron en 2010. Aunque se realizaron tardíamente y en un período más corto, las pruebas fueron las mismas que se aplicaron en 2009, razón por la cual se les denominó PISA 2009+.

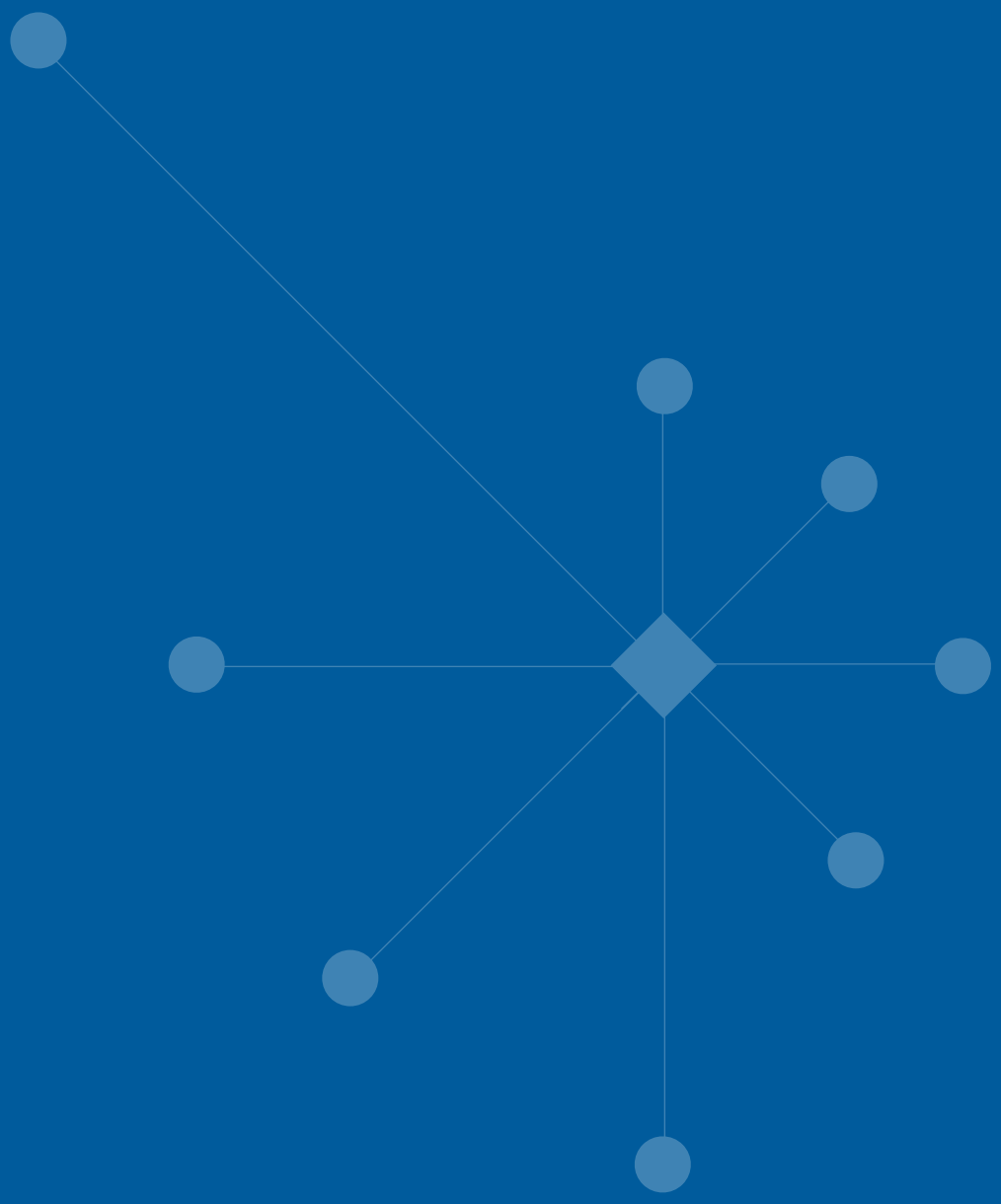
3 El *Plan de Medio Siglo*, presentado en 2006 por la Asociación Estrategia Siglo XXI, propone acciones para que Costa Rica logre superar el subdesarrollo en la primera mitad del presente siglo, tomando la educación, la ciencia, la tecnología y la innovación empresarial como los instrumentos centrales para el desarrollo humano. Como parte de la visión a largo plazo en que se apoya el Plan, se utilizan como referencia cinco países de alto desarrollo humano.

4 Los factores asociados al rendimiento en Ciencias no fueron incluidos en el análisis del *Cuarto Informe Estado de la Educación.*

5 Iniciativa del Premio Nobel de Física Georges Charpak, los doctores Pierre Lena e Yves Quéré, y la Academia de Ciencias Francesa.

6 En mayo de 2012 se aprobó una reforma del plan de estudios en Matemáticas, con el propósito de aumentar las capacidades cognitivas de los estudiantes en diversos contextos (estudiantiles, familiares, comunitarios, profesionales, científicos; Ruiz, 2012). El nuevo programa busca no solo actualizar los contenidos, sino redefinir el enfoque que se aplica en las aulas, a fin de lograr una mediación pedagógica que permita a los estudiantes aprender y aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones de la vida real. El nuevo programa ya se encuentra en aplicación y se espera que se traduzca en mejores resultados en competencia matemática para las pruebas PISA de 2021.

7 A principios del 2008 la Academia Nacional de Ciencias, el MEP y la Asociación Estrategia Siglo XXI unieron esfuerzos para impulsar la metodología de ECBI. Esto se tradujo en la elaboración de una serie de módulos para docentes y una estrategia de capacitación continua propuesta por el Instituto de Desarrollo Profesional Uladislao Gámez Solano (IDP-UGS) para trabajar la mediación pedagógica y la aplicación de este enfoque en las aulas costarricenses (PEN, 2011). La continuidad de esta iniciativa generaría un cambio importante en la enseñanza de las Ciencias, cuyos efectos podrían evaluarse en las pruebas PISA 2015, que enfatizarán en esta disciplina.



PREGUNTA 9

¿Se complementa el perfil académico de la diáspora científica costarricense con el del **recurso humano local?**

Conceptos clave

Diáspora científica costarricense

Complementariedad con las comunidades locales

Situación del país

✘	
☐	
✔	Las fortalezas de la diáspora científica en áreas de rezago del país evidencian un alto potencial de complementariedad.

Importancia del tema

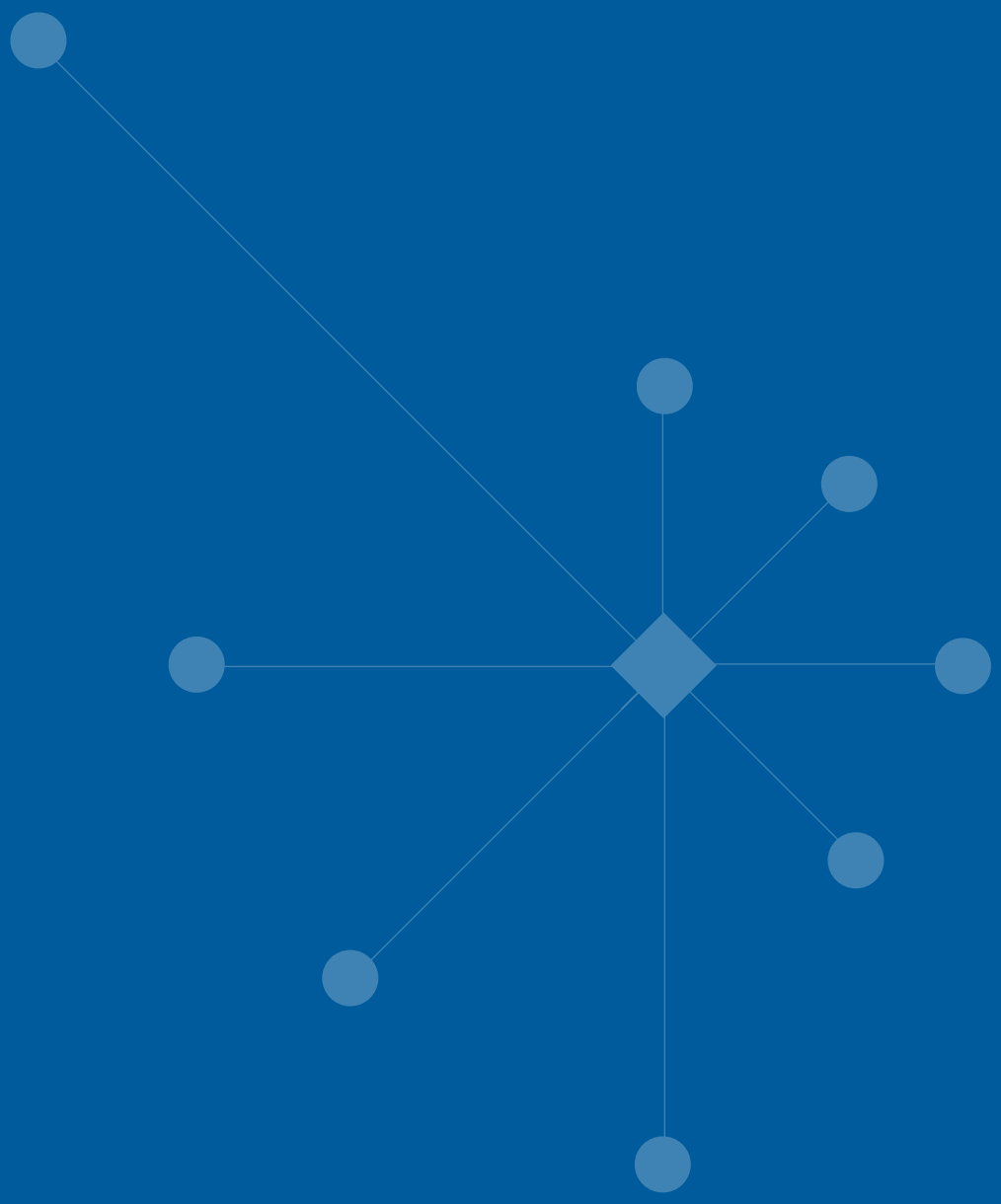
Una de las principales debilidades del sector de ciencia, tecnología e innovación es la escasez de recurso humano calificado. Sin embargo, a diferencia de otros países, Costa Rica no ha sabido aprovechar el activo que tiene en su diáspora científica.

Implicaciones de política pública

- Diseñar políticas de reinserción y mecanismos efectivos para la vinculación de la diáspora científica, tomando en cuenta el potencial de complementariedad entre ésta y las comunidades locales de ciencia, tecnología e innovación.
- Aprovechar las fortalezas del talento costarricense en el extranjero, en las áreas de ingeniería y tecnología.

Investigación de base

González, C. 2013. Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

Una de las principales limitaciones para lograr que el país aproveche los beneficios económicos, sociales y culturales que se esperan del desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación, reside en la escasez de recursos humanos con las competencias y destrezas necesarias, así como en la dificultad para resolver esas carencias en el corto plazo.

Dada esta situación, resulta de gran relevancia conocer las características de un activo que, a diferencia de otras naciones, Costa Rica no ha aprovechado: su diáspora científica[1]. Ese es el primer paso para identificar las posibles maneras en que la comunidad científica local y la radicada en el extranjero pueden complementarse, información que será de utilidad para la activación de mecanismos más eficientes y creativos que permitan capitalizar este recurso en beneficio del país.

Hallazgos relevantes

- **La diáspora científica costarricense tiene una formación diversa. Entre sus miembros se contabilizan actividades en más de veinte campos de la ciencia y la tecnología.**
- **Hay una alta concentración de profesionales en Ciencias Exactas y Naturales (45,2%), principalmente en las carreras de Biología, Matemáticas, Química y Ciencias de la Tierra. Le sigue el área de Ingeniería y Tecnología (38,8%), con especialidades en Informática y en Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Las menores proporciones corresponden al talento formado en Ciencias Médicas (9,1%) y Ciencias Agrícolas (6,8%).**
- **Un 37% de los profesionales residentes en el extranjero cuenta con maestría, un 21% tiene doctorado y el 16% es bachiller.**
- **La mayoría de estos costarricenses estudia o trabaja en países que son punta de lanza del desarrollo científico y tecnológico global: Estados Unidos (45%) y Alemania (10%).**
- **Existen oportunidades de atraer y vincular al talento que se encuentra fuera del país, en campos en los que se han identificado carencias a nivel nacional, como ingenierías y tecnologías y especialidades médicas. Estas oportunidades se presentan tanto por el hecho de que la diáspora cuenta con profesionales en esas áreas, como porque su alto perfil académico complementa la acentuada escasez local de profesionales con una alta calificación.**
- **El 62,1% del talento en el extranjero tiene entre 20 y 35 años, en contraste con un 15% de los residentes en Costa Rica.**
- **Una de cada cinco personas de la diáspora obtuvo su doctorado en una de las cien mejores universidades del mundo. Esa relación es significativamente menor en la comunidad local, donde solo una de cada 37 personas cuenta con ese atributo.**
- **Los mejores cuadros están formados en algunas de las áreas en las que el país muestra rezago o que son críticas desde la perspectiva de su estilo de desarrollo: Matemáticas, Ciencias de la Tierra y el Espacio, Agronomía, ingenierías y tecnologías.**

Metodología

Para indagar acerca de la complementariedad entre el perfil académico de la diáspora científica y el de las comunidades locales de ciencia, tecnología e innovación, se consideraron las siguientes dimensiones:

- Análisis descriptivo del perfil de los costarricenses que estudian o trabajan en el extranjero, en las áreas de ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías, a partir de las siguientes variables: área de formación, grado académico máximo y lugar donde se obtuvo, rango etario, país de residencia, condición de estudio o trabajo y sexo.

- Comparación del perfil construido en el punto anterior con el elaborado para las comunidades locales de ciencia, tecnología e innovación, el cual se fundamenta, a su vez, en el estudio que se presenta en la Pregunta 1 de este Informe.

Fuentes de información

El estudio se basó en los resultados de una consulta en línea[2], dirigida a costarricenses que estudian o trabajan en el extranjero, en las áreas de ciencias experimentales (que incluyen Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Médicas y Ciencias Agrícolas), ingenierías y tecnologías. Este trabajo fue realizado por el equipo técnico del Programa Estado de la Nación (PEN) entre noviembre de 2012 y febrero de 2013[3]. La indagación tuvo como objetivo recabar información sobre el perfil académico-profesional de estas personas, su posible vinculación y la naturaleza de los nexos que mantienen con las comunidades locales de ciencia, tecnología e innovación, así como sus planes de regresar al país. De un total de 395 personas consultadas, se obtuvo respuesta de 219, lo que equivale a una cobertura del 55%.

El perfil de los recursos humanos calificados residentes en el país fue elaborado con base en la información del Directorio de Investigadores Activos, que incluye a los profesionales inscritos en el Registro Científico y Tecnológico (RCT) del Conicit, según se describe en el apartado "Fuentes de información" correspondiente a la Pregunta 1 de este Informe.

Conceptos clave

- **Diáspora científica costarricense:** comunidad de naturaleza fluctuante, conformada por migrantes nacionales con formación universitaria, que realizan estudios de posgrado o trabajan en el extranjero en las áreas de ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías.

- **Complementariedad:** relación entre dos grupos, en la que uno muestra cualidades que contribuyen a completar o perfeccionar al otro. En este caso, para explorar la posibilidad de establecer tal relación se compara el perfil de la diáspora científica con el de los recursos humanos calificados residentes en el país, con un doble propósito: por una parte, identificar equivalencias o afinidades que facilitarían la comunicación entre ambos grupos, y por otra, detectar contrastes, en términos de falencias de las comunidades locales que en alguna medida podrían ser compensadas por el talento costarricense en el extranjero. Esto último requeriría la implementación de diversos tipos de mecanismos, formales e informales, tendientes a motivar la repatriación de estos profesionales y su involucramiento en el desarrollo científico-tecnológico nacional.

Limitaciones del estudio

Las fuentes de información utilizadas en el presente trabajo no contienen registros exhaustivos del personal con que cuenta el país en el área de ciencia y tecnología. Por tanto, los datos y hallazgos que aquí se reportan tienen un margen de error de magnitud difícil de estimar. Pese a esta limitación, las fuentes indicadas son las únicas disponibles sobre el tema.

En esta sección, cuando se habla de la diáspora científica costarricense, debe entenderse que se trata de las personas que cumplen con la definición antes presentada y que respondieron a la consulta del PEN.

Principales resultados

Aunque la diáspora científica costarricense es una comunidad fluctuante, la consulta realizada por el PEN generó la recopilación más completa y detallada con que cuenta el país sobre su conformación actual. Sobre esa base fue posible construir el primer perfil general de esta comunidad (cuadro 9.1), cuyas características más sobresalientes son:

- Cerca de la mitad sólo trabaja y el 42% solo estudia. En el primer grupo predominan los ingenieros, los tecnólogos y los médicos, mientras que la mayoría de quienes se dedican exclusivamente al estudio lo hacen en Ciencias Agrícolas y Ciencias Exactas y Naturales.

- Sus miembros se encuentran dispersos en treinta países, pero existe una preferencia muy marcada por Estados Unidos, donde reside el 45% del talento nacional radicado en el extranjero. Le siguen, de lejos, Alemania (10%) y España (6%). Este patrón se mantiene independientemente del área de especialidad, con la excepción de un leve predominio de la representación de ingenieros en Alemania.

- Se trata de una comunidad joven. El 62,1% tiene entre 20 y 35 años, sin variaciones según el área científico-tecnológica. La edad promedio ronda los 36 años. Este hallazgo era previsible, ya que un alto porcentaje de esta población corresponde a estudiantes de posgrado.

- Existe una brecha de género muy pronunciada: el 71,2% de los profesionales radicados fuera del país son hombres. Esta proporción llega al 75% en el grupo de los que trabajan. Sin embargo, la tendencia general se revierte en las áreas de Ciencias Médicas y Ciencias Agrícolas, donde hay una mayor representación femenina.

Cuadro 9.1

Perfil de la diáspora científica costarricense, según áreas de ciencia y tecnología. 2013

(porcentajes)

	Ciencias Exactas y Naturales	Ingeniería y Tecnología	Ciencias Médicas	Ciencias Agrícolas	Total
Total de personas	99	85	20	15	219
Sexo					
Femenino	31,3	18,8	45,0	46,7	28,8
Masculino	68,7	81,2	55,0	53,3	71,2
Grado					
Bachillerato	18,2	16,5	0,0	13,3	15,5
Licenciatura	6,0	12,9	15,0	26,7	11,0
Maestría	35,4	37,6	40,0	33,3	36,5
MBA	0,0	4,7	0,0	0,0	1,8
Doctorado	39,4	27,1	30,0	26,7	32,9
Otros	1,0	1,2	15,0	0,0	2,3
Edad					
20 a 25	1,0	1,2	0,0	0,0	0,9
26 a 35	62,6	60,0	60,0	60,0	61,2
36 a 45	20,2	23,5	25,0	26,6	22,4
46 a 55	11,1	8,2	10,0	6,7	9,6
56 o más	5,1	7,1	5,0	6,7	5,9
Actividad[a/]					
Trabaja	44,9	53,5	52,6	33,3	48,1
Estudia	45,9	36,9	31,6	53,4	41,7
Estudia y trabaja	9,2	9,5	15,8	13,3	10,2

a/ 216 casos válidos; 3 sin respuesta.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN

- En lo que concierne a los grados académicos, prevalecen las maestrías (37%), seguidas por los doctorados (21%) y los bachilleratos (16%). No se observan diferencias por sexo en función del último grado académico alcanzado.

Formación profesional

La diáspora científica es sumamente diversa. Desde el punto de vista de su formación profesional se contabilizan especialidades en más de veinte disciplinas de la ciencia y la tecnología. Sin embargo, hay una altísima concentración en Ciencias Exactas y Naturales (45,2%), sobre todo en carreras relacionadas con Biología, Matemáticas, Química y Ciencias de la Tierra. Le sigue el área de las ingenierías y tecnologías (38,8%), con especialidades en Informática y en Ingeniería Eléctrica y Electrónica. En una menor proporción, el talento está formado en Ciencias Médicas (9,1%) y Ciencias Agrícolas (6,8%; cuadro 9.2).

Procedencia del título universitario más alto

Al indagar acerca de las instituciones en las que estos profesionales obtuvieron sus títulos más altos, se observa una gran dispersión. Entre las más frecuentes destacan las universidades de Florida y de Cornell, ambas en los Estados Unidos (González, 2013). Los mejores perfiles

Cuadro 9.2

Distribución de la diáspora científica, según área y subárea de ciencia y tecnología. 2013

Área y subárea	Personas	Distribución porcentual
Ciencias Exactas y Naturales	**99**	**45,2**
Ciencias Biológicas	27	12,3
Matemáticas	23	10,5
Química	20	9,1
Ciencias de la Tierra y el Espacio	15	6,9
Ciencias Físicas	14	6,4
Ingeniería y tecnología	**85**	**38,8**
Computación, Inteligencia Artificial e Informática	23	10,5
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	20	9,2
Otras	14	6,4
Ingeniería Industrial	9	4,1
Ingeniería Civil	5	2,3
Ingeniería Química	5	2,3
Ingeniería Ambiental	3	1,4
Nanotecnología	2	0,9
Tecnología de Alimentos	2	0,9
Bioinformática	2	0,9
Ciencias Médicas	**20**	**9,1**
Ciencias de la Salud	8	3,6
Medicina Clínica	7	3,2
Medicina Fundamental	4	1,8
Medicina Veterinaria	1	0,5
Ciencias Agrícolas	**15**	**6,8**
Agronomía	14	6,4
Silvicultura, pesca y ciencias afines	1	0,4
Total	**219**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

de la diáspora están formados en Matemáticas, Ciencias de la Tierra y el Espacio, Agronomía y en varios campos de ingeniería y tecnología. En general, una de cada cinco personas recibió su grado de doctorado en una de las cien mejores universidades del mundo (cuadro 9.3).

Hombres y mujeres muestran distintas preferencias según el lugar donde obtuvieron su grado académico más reciente. Las mujeres optan más por zonas geográficas cercanas al país: América del Norte y Latinoamérica.

Complementariedad entre la diáspora científica y las comunidades locales

Como se mencionó, este estudio también buscó conocer las afinidades y contrastes que existen entre los profesionales residentes en el extranjero y las comunidades locales de ciencia y tecnología, con el propósito de identificar oportunidades para establecer relaciones de complementariedad y, por esa vía, canalizar y capitalizar los aportes que la diáspora científica puede hacer al desarrollo del país.

En términos de distribución etaria, la comparación entre ambos grupos sugiere interesantes posibilidades de contribuir al relevo generacional del recurso humano radicado en el país. El 62% del talento en el extranjero corresponde a profesionales jóvenes de entre 20 y 35 años, en contraste con solo el 15% en la comunidad local. Ese patrón se mantiene en todas las áreas del conocimiento analizadas (gráficos 9.1 y 9.2).

De manera consistente con el hallazgo anterior, una alta proporción de los profesionales residentes en Costa Rica es mayor de 46 años. En algunos campos esa condición supera el 60%, sin que se aprecien señales de relevo, y se acentúa al considerar a personas que tienen un alto valor estratégico, por cuanto sostienen, a través de sus vínculos y su producción científica, el entramado de investigación del país. Tal es la situación de los grupos relacionados con las áreas de Genética Molecular Humana, Zoología, Microbiología-Parasitología y Ciencias de la Tierra.

Además de su juventud, la diáspora científica exhibe cualidades que enfatizan la importancia de redoblar esfuerzos para atraer ese talento hacia el país. Esto se debe al hecho de que este grupo cuenta con recursos humanos que complementarían muy bien las carencias nacionales en algunas áreas, así como la escasez particularmente acentuada de ingenieros y tecnólogos con una alta calificación. Así por ejemplo, la diáspora reúne un interesante abanico de profesionales en Computación, Inteligencia Artificial e Informática, Ingenierías Eléctrica y Electrónica, Industrial, Química, Civil, Ambiental, así como en Nanotecnología, Tecnología de Alimentos y Bioinformática, entre otros.

En las áreas de Ingeniería, Tecnología y Ciencias Médicas es donde se aprecia el mayor contraste entre ambas comunidades en términos del nivel de calificación (gráfico 9.3). Mientras en el país solo el 17% y el 7% de los ingenieros y técnicos, cuentan con grados de maestría o doctorado respectivamente, en el extranjero esas proporciones ascienden a 42% y 27%. Esta diferencia constituye una valiosa oportunidad

Cuadro 9.3

Personas que obtuvieron doctorados en una de las cien mejores universidades del mundo[a/], según área y subárea de formación. 2013

Área y subárea	Doctorado	Posdoctorado	Total
Ciencias Exactas y Naturales	**6**	**4**	**10**
Matemáticas	3		3
Ciencias de la Tierra y el Espacio	1	2	3
Química	1	1	2
Ciencias Físicas		1	1
Ciencias Biológicas	1		1
Ciencias Médicas		**1**	**1**
Medicina Fundamental		1	1
Ingeniería y Tecnología	**7**	**1**	**8**
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	2		2
Tecnología de Alimentos	2		2
Computación, Inteligencia Artificial e Informática	1		1
Ingeniería Química	1		1
Ingeniería Ambiental	1		1
Nanotecnología		1	1
Ciencias Agrícolas	**1**	**2**	**3**
Agronomía	1	2	3
Total	**14**	**8**	**22**

a/ Según el "top 100" de *QS World University Rankings*, una de las tres clasificaciones más influyentes y consultadas a nivel internacional.

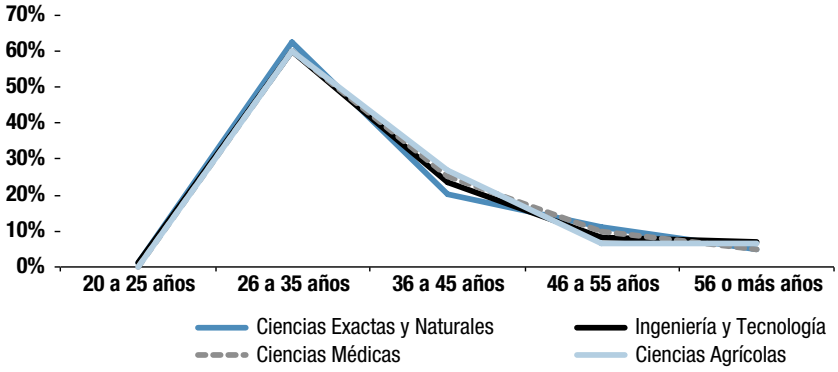
Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

¿Más información sobre la conformación de los grupos de investigación del país

Veáse
- Pregunta 6 de este Informe

Gráfico 9.1

Distribución etaria de la diáspora científica[a/], por áreas de ciencia y tecnología. 2013

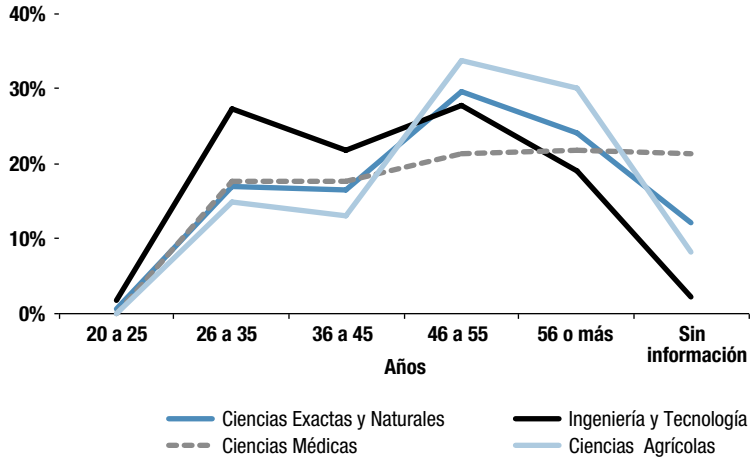


a/ El análisis se basa en la consulta efectuada por el PEN, no en un inventario de todos los profesionales en ciencia y tecnología radicados en el extranjero.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Gráfico 9.2

Distribución etaria del talento local[a/], por áreas de ciencia y tecnología. 2013)



a/ El análisis no se basa en un inventario de todos los profesionales del país con formación en ciencia y tecnología. Únicamente incluye a aquellos que cumplen con las siguientes condiciones: i) realizó actividades científico-tecnológicas durante el período 2011-2013, ii) cuenta como mínimo con un bachillerato universitario, y iii) se encuentra registrado en el Directorio de Investigadores Activos del Registro Científico y Tecnológico (RCT) en su versión de noviembre de 2013.

Fuente: Elaboración propia con base en el RCT, del Conicit.

para compensar las carencias nacionales en estos campos. En el caso de los médicos, un 29% de los residentes en el país tiene estudios de posgrado, comparado con un 70% entre quienes viven en el extranjero.

La diáspora científica ha alcanzado una notable excelencia académica, que la convierte en un activo de gran valor. Uno de cada cinco de estos profesionales obtuvo su doctorado en una de las cien mejores universidades del mundo según el *QS World University Rankings 2013*[4]. Esa relación es varias veces menor en la comunidad local, pues solo una de cada 37 personas tiene ese atributo (gráfico 9.4).

Los mejores cuadros de la diáspora están dispersos en campos que, en varios casos, coinciden con las áreas en que el conocimiento endógeno de Costa Rica logra menos impacto académico: Matemáticas, Informática, Energía, Ingeniería y Tecnología, Ciencias de la Tierra y el Espacio, Agronomía, Zoología y Botánica (véase la Pregunta 15 de este Informe). Algunas de estas disciplinas son críticas para sustentar el estilo de desarrollo por el que apuesta el país, basado en la atracción de inversión extranjera directa en empresas de alta tecnología.

Como resulta notorio, y a diferencia de otras naciones, en Costa Rica la diáspora científica no es un asunto de números, sino de calidad, pues reúne a un grupo de profesionales jóvenes con una formidable preparación académica. Este hecho confirma los grandes beneficios que obtendría el país de una mayor interacción de este grupo con las comunidades locales de investigación y los sectores productivos de base tecnológica.

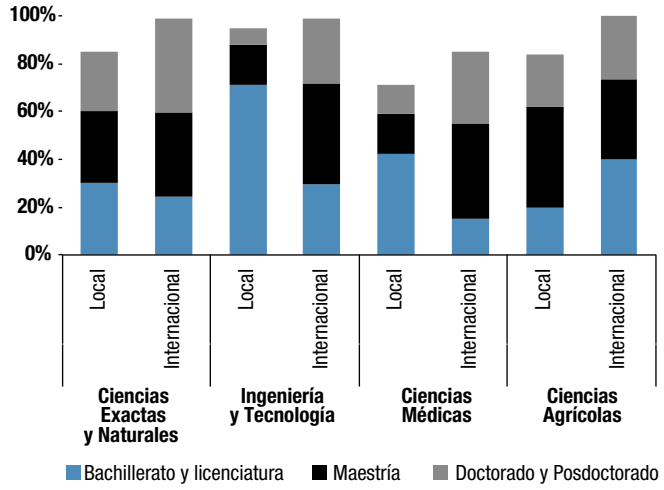
¿Más información sobre la diáspora científica?

Véase

- Preguntas 1, 10 y 11 de este Informe
- Versión 1 de la plataforma tecnológica "Estado de las capacidades en ciencia, tecnología e innovación", en **www.eccti.or.cr**

Gráfico 9.3

Grado académico del recurso humano residente en el país y en el extranjero[a/], según áreas de ciencia y tecnología. 2013

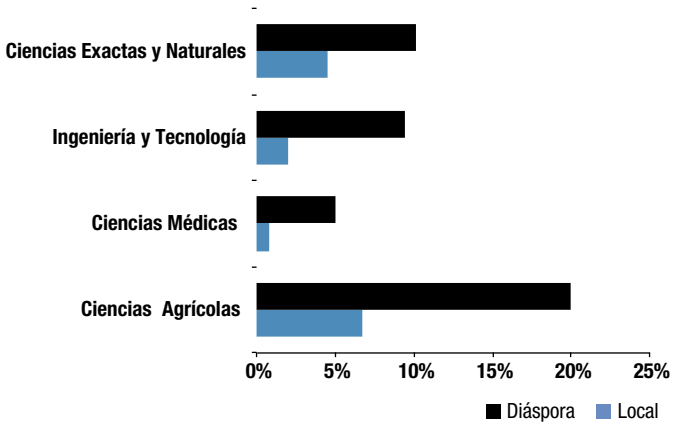


a/ El análisis no se basa en un inventario que reúna todos los profesionales, en el país y en el extranjero, con formación en ciencia y tecnología. En el primer caso, únicamente incluye a aquellos que cumplen con las siguientes condiciones: i) desarrolló actividades científico-tecnológicas durante el período 2011-2013, ii) cuenta como mínimo con un bachillerato universitario, y iii) se encuentra registrado en el Directorio de Investigadores Activos del Registro Científico y Tecnológico (RCT) en su versión de noviembre 2013. En el segundo caso los datos provienen de la consulta efectuada por el PEN.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN y datos del RCT, del Conicit.

Gráfico 9.4

Mejores perfiles académicos[a/]: comparación entre el talento local y la diáspora científica[b/], según área de ciencia y tecnología. 2013



a/ Según el *QS World University Rankings* 2013.
b/ El análisis no se basa en un inventario de todos los profesionales, en el país y en el extranjero, con formación en ciencia y tecnología. En el primer caso, únicamente incluye a aquellos que cumplen con las siguientes condiciones: i) realizó actividades científico-tecnológicas durante el período 2011-2013, ii) cuenta como mínimo con un bachillerato universitario, y iii) se encuentra registrado en el Directorio de Investigadores Activos del Registro Científico y Tecnológico (RCT) en su versión de noviembre de 2013. En el segundo caso se utilizan los datos de la consulta efectuada por el PEN. Se consideró entre los mejores perfiles a cuatro personas cuyo título tiene la denominación "Universidad de Carolina del Norte", a pesar de que en el RCT no se especifica si se trata de la sede Chapel Hill, incluida entre las cien primeras del mundo.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN, datos del RCT, del Conicit, y el *QS World University Ranking 2013*.

Dictamen

El alto perfil académico de la diáspora científica la convierte en un activo valioso que debe movilizarse en favor del desarrollo de la ciencia y tecnología en Costa Rica. El estudio aquí reseñado identificó características que favorecen el establecimiento de una relación de complementariedad entre las comunidades locales y el talento nacional residente en el extranjero.

Para empezar, la diáspora científica reúne a profesionales en más de veinte disciplinas, diversidad que facilitaría la comunicación entre colegas para implementar mecanismos de colaboración en múltiples áreas. Además, como se comentó en los párrafos anteriores, el perfil de este grupo abre oportunidades para atraer y vincular a especialistas en campos en los que el país muestra carencias, como ingenierías, tecnologías y especialidades médicas, o bien escasez de personal con una alta calificación.

Adicionalmente, el 62% del recurso humano en el extranjero tiene entre 20 y 35 años, en contraste con un 15% de los profesionales radicados en el país, condición que favorece el relevo generacional en distintos ámbitos, si se implementan los incentivos adecuados para la repatriación de ese talento. Sin embargo, se debe tener presente que aun aquellos que no planean regresar pueden hacer importantes contribuciones por medio de ideas, proyectos, contactos y propuestas innovadoras, trabajando a distancia en favor de Costa Rica. Tanto los miembros de la diáspora científica como las comunidades locales coinciden al señalar una serie de instrumentos que serían de gran provecho para canalizar los aportes de estos últimos al país, los cuales se discuten en la Pregunta 10 de este Informe.

Implicaciones

Conocer las áreas de complementariedad entre la diáspora científica y los profesionales residentes en Costa Rica será de utilidad para el diseño de políticas de reinserción y mecanismos efectivos para vincular a ese talento con las distintas esferas del quehacer científico-tecnológico nacional.

Así por ejemplo, conviene aprovechar las fortalezas de la diáspora científica en las áreas de Ingeniería y Tecnología, las cuales, a pesar de su relevancia para el estilo de desarrollo del país, muestran importantes rezagos que se evidencian en el estancamiento en la formación de profesionales, en el descenso –a lo largo del tiempo– de su participación en proyectos de investigación, y en el escaso impacto del conocimiento que llega a publicarse (Nielsen y Azofeifa, 2013; Ulate y Fallas, 2011).

Frontera de investigación

Es indispensable aumentar la cobertura de la base de datos de la diáspora científica costarricense, implementada a partir de la consulta efectuada por el Programa Estado de la Nación como parte de las actividades de preparación de este Informe.

Referencias bibliográficas

González, C. 2013. Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Nielsen, V. y Azofeifa, A. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Ulate, A. y Fallas, A. 2011. Investigación y desarrollo en la Universidad de Costa Rica. San José: Observatorio del Desarrollo-UCR.

Créditos

La redacción de esta sección fue efectuada por Jennyfer León.

Los procesamientos de información los realizó Ivania García.

María Santos, Jorge Vargas Cullell y Gabriel Macaya participaron en la **edición técnica.**

La base de datos de la diáspora científica, el sistema informático y la dirección electrónica donde la base de datos se encuentra alojada, fueron implementados por Christhian Sanabria, con la asesoría de Carlos González.

Se agradece a Francisco Vargas y William Mora, del Registro Científico y Tecnológico del Conicit, por la base de datos facilitada.

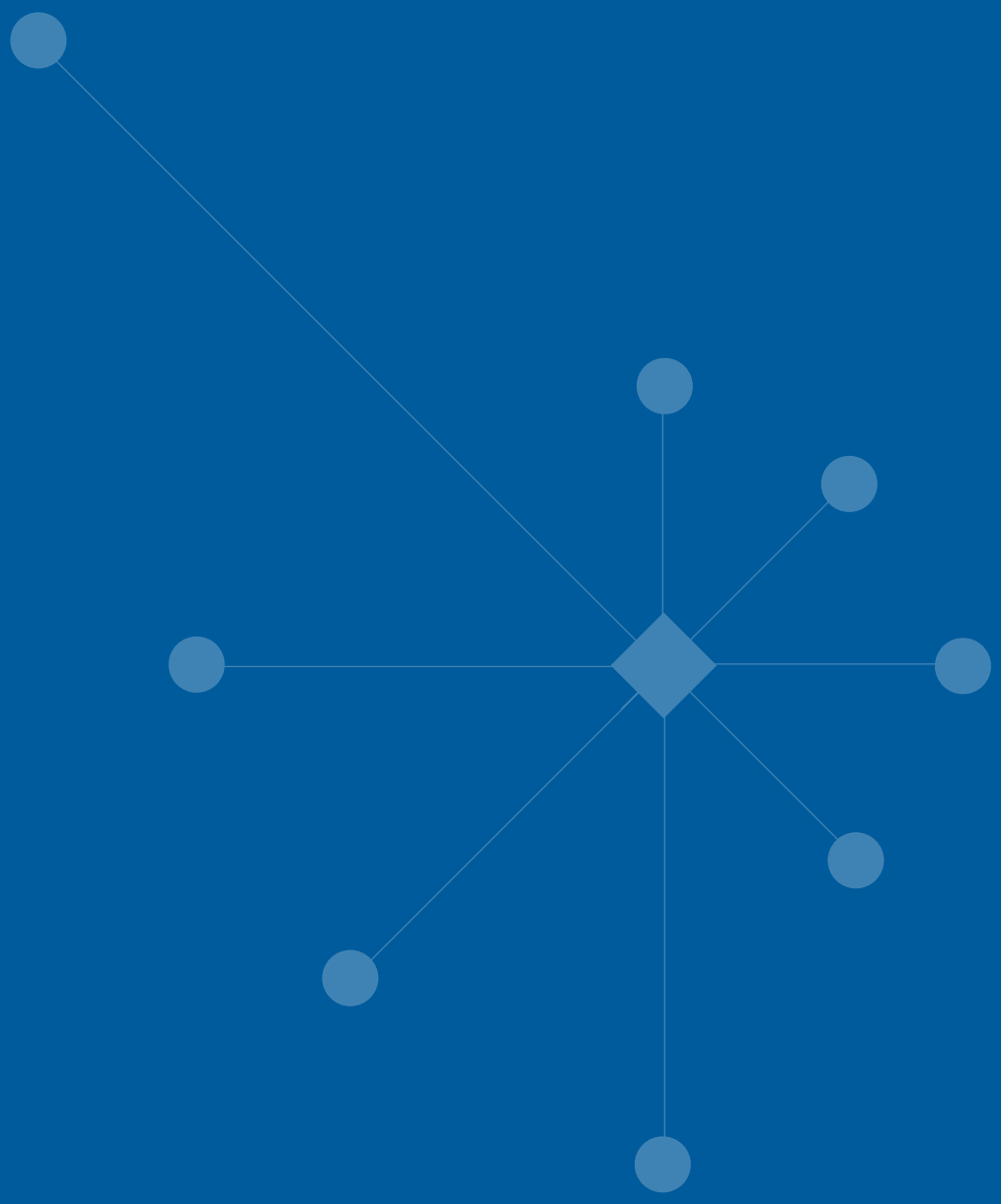
Notas

1 No fue sino hasta fecha reciente (2010) que la Academia Nacional de Ciencias conformó una red para poner a los científicos e ingenieros residentes en el extranjero en contacto con el quehacer científico-tecnológico nacional. Se trata de la Red de Talento Costarricense en el Extranjero (Red Ticotal) <www.ticotal.cr> (véase recuadro 10.1, en la Pregunta 10 de este Informe). Con anterioridad otros países de la región, como Chile, Argentina, México y Guatemala, habían iniciado programas con ese propósito: Chile Global <http://www.chileglobal.org/>; R@íces Argentina <http://www.raices.mincyt.gov.ar/>; Red de Talentos Mexicanos <http://www.redtalentos.gob.mx/index.php>; Red Internacional de Científicos Guatemaltecos.

2 Se utilizó la plantilla disponible en la dirección <http://200.107.82.52/diaspora.php>.

3 El proceso de consulta tuvo tres aproximaciones: i) recopilación de datos proporcionados de manera individual por profesionales relacionados con el sector de ciencia, tecnología e innovación, durante el último trimestre de 2010 y el primero de 2011, ii) información adicional que brindaron los profesionales radicados en el extranjero, identificados como parte de ese primer esfuerzo, y iii) información sobre los becarios de distintas instituciones: UCR (Oficina de Asuntos Internacionales, 2011 y febrero de 2013), UNA (Junta de Becas, 2011) y Conicit, diciembre de 2012. De esta manera se construyó una base de datos que hasta febrero de 2013 reunía información de contacto de 395 personas.

4 Si se consideran los profesionales con grado de maestría, se observa que catorce de ellos obtuvieron el título en una de las cien mejores universidades según el *ranking* consultado.



PREGUNTA 10

¿Predomina en la diáspora científica costarricense la **fuga o la movilidad de cerebros?**

Conceptos clave

Diáspora científica

Fuga de cerebros

Movilidad de cerebros

Situación del país

✗	
■	Menos de la mitad de los científicos e ingenieros consultados planea regresar y pocos participan en iniciativas de vinculación con contrapartes locales. Se encuentra en marcha una red para la vinculación
✓	

Importancia del tema

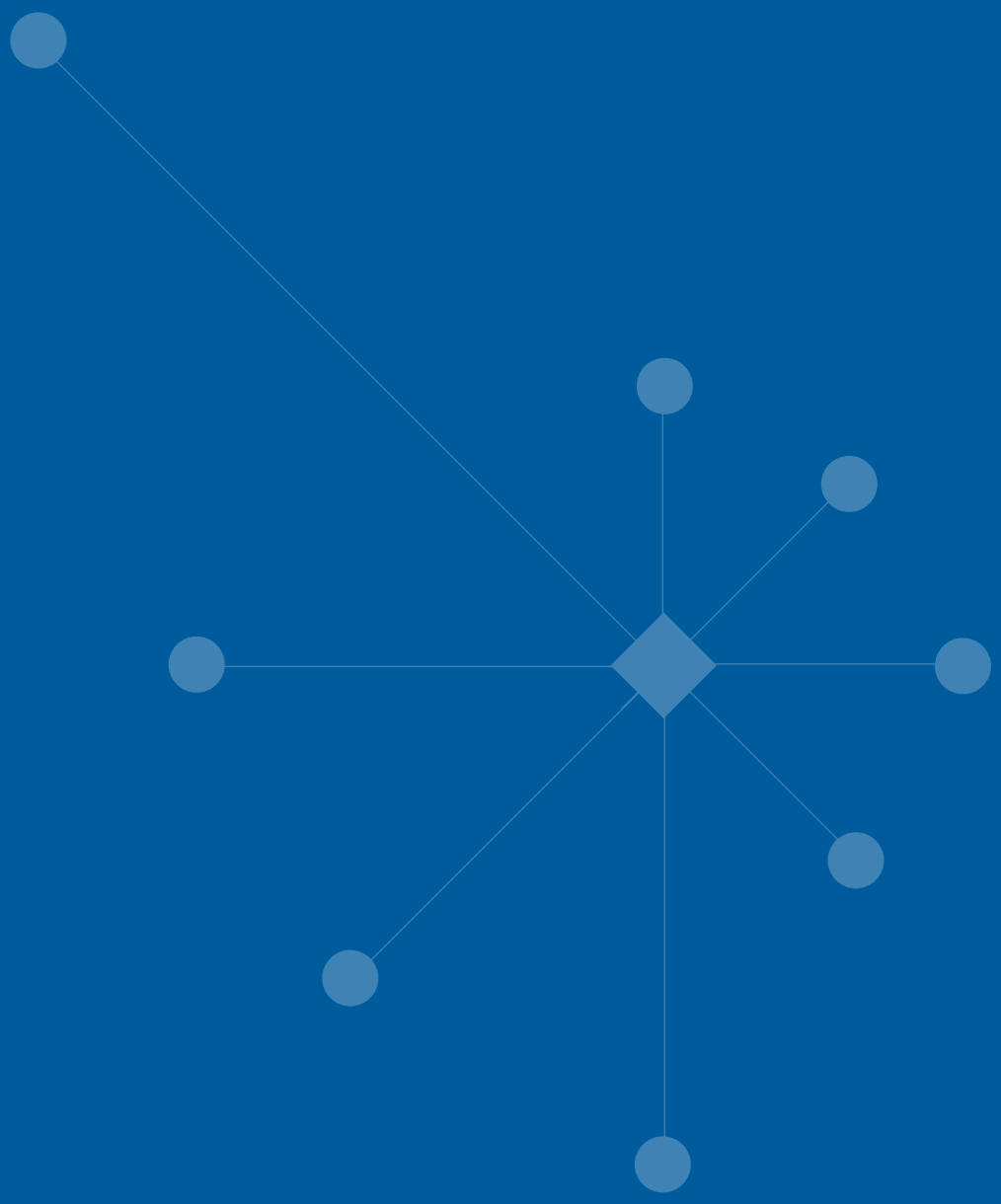
Es indispensable recuperar el talento costarricense residente en el extranjero, mediante una efectiva vinculación con el sector nacional de ciencia, tecnología e innovación y, en ciertos casos, facilitando su reinserción.

Implicaciones de política pública

- Necesidad de consolidar un sistema de incentivos para la diáspora científica.
- Fomento de vínculos entre institutos e investigadores nacionales, locales y en el extranjero.

Investigación de base

González, C. 2013. Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

La migración de recurso humano calificado durante las décadas de 1970 y 1980 ha sido considerada como un hecho negativo para el país de origen, pues se entiende como la pérdida de profesionales que, en lugar de aportar al desarrollo de su patria, contribuyen al de las naciones que los albergan. Por esa razón, se le ha asociado a conceptos como drenaje, fuga de cerebros o "transferencia inversa de tecnología", en particular cuando se trata de talento con formación universitaria en ciencia y tecnología. Por las consecuencias que este fenómeno puede tener en el desarrollo presente y futuro de los países, se le ha puesto especial atención y comúnmente se describe en la literatura como "diáspora científica" (Meyer y Brown, 1999).

En el intenso debate que este tema ha suscitado, recientemente han surgido otras perspectivas (Pellegrino, 2008 y Didou-Aupetit, 2009b), según las cuales el fenómeno solo debe asumirse como "fuga" cuando la tasa de emigración de recurso humano calificado alcanza niveles significativos[1] o cuando provoca condiciones económicas desfavorables que no son compensadas con efectos positivos (como remesas, transferencias de tecnología y conocimientos, inversión y comercio) para los países de origen (OIM, 2009).

Dada la importancia del conocimiento científico y tecnológico para el modelo de desarrollo económico que ha escogido Costa Rica, y en vista de la escasez de capital humano calificado en estas áreas, resulta fundamental conocer la situación de la diáspora científica costarricense.

Aunque el país no dispone de un registro sistematizado que dé cuenta de la magnitud de esta emigración, un panorama preliminar generado a partir de la base de datos de la Unesco sobre movilidad de estudiantes universitarios costarricenses hacia el extranjero (<http://stats.uis.unesco.org/unesco/>) sugiere que se trata de un fenómeno constante y con números nada despreciables.

En primera instancia interesa analizar la proporción de la diáspora científica que planea regresar al país en el corto plazo. Sin embargo, la disyuntiva no se circunscribe únicamente a un juego de números. Para compensar los efectos negativos de la emigración de talentos también cuentan otras variables, como su grado de vinculación con las comunidades locales en iniciativas de colaboración. Esos nexos podrán potenciarse en la medida en que se implementen mecanismos más efectivos para capitalizar el conocimiento y las experiencias de estos profesionales, de modo que su estadía temporal o permanente en el extranjero no se traduzca en una pérdida definitiva, sino en una oportunidad para convertirlos en agentes del desarrollo científico y tecnológico del país (Tuirán, 2009).

El diseño de las políticas requeridas para la recuperación de ese talento, ya sea de manera informal a través de su vinculación con el quehacer científico y tecnológico y con los sectores productivos del país, o formalmente facilitando su reinserción, deberá fundamentarse en las particularidades de esta comunidad.

Hallazgos relevantes

- **De acuerdo con la consulta realizada para este Informe, el 48,4% de los científicos e ingenieros residentes en el extranjero planea regresar a Costa Rica en los próximos cinco años, un 37,4% descarta esa posibilidad y el resto está indeciso.**
- **La mayoría del talento que planea reinsertarse son estudiantes de posgrado (68%), con edades de entre 26 y 35 años; el 75% son hombres y se desempeñan en las áreas de Matemáticas, Química, Física, Ingeniería Eléctrica y Electrónica y Ciencias Agrícolas.**
- **Los que desean permanecer en el extranjero en su mayoría son personas que trabajan (58%), el 46% tiene entre 26 y 35 años, el 71% son hombres y predominan los residentes en los Estados Unidos. Un alto porcentaje está formado en Ciencias de la Tierra, Ingeniería Química e Industrial, Tecnologías Digitales y Medicina Clínica, disciplinas que se asocian con cinco de las siete áreas estratégicas definidas en el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014, del Micitt.**

- **La diáspora científica muestra una escasa vinculación con sus colegas en Costa Rica como producto de sus actividades de estudio o trabajo. Solamente el 21% ha participado en alguna iniciativa.**

- **Las y los biólogos son los que más se involucran con sus colegas en Costa Rica, sobre todo en proyectos de investigación. Los ingenieros y tecnólogos tienden a colaborar más en iniciativas de transferencia de tecnología.**

- **La participación en conferencias y seminarios, redes temáticas, alianzas estratégicas y proyectos de investigación conjunta, así como la facilitación del acceso a becas y pasantías, son los mecanismos más efectivos para que el talento costarricense en el extranjero pueda contribuir al quehacer científico y tecnológico nacional.**

Metodología

Las dimensiones consideradas en el presente trabajo fueron:

- Análisis descriptivo de los perfiles asociados a los subconjuntos de la diáspora científica costarricense, según sus planes de reinserción o no al país en los próximos cinco años.

- Análisis descriptivo de los tipos de vinculación que mantiene la diáspora científica costarricense con las comunidades locales de ciencia y tecnología.

- Comparación de los mecanismos de colaboración sugeridos por los profesionales en el extranjero y por la comunidad local, para potenciar la transferencia de saberes de los primeros hacia el país.

Fuentes de información

La principal fuente de información son los resultados de una consulta por medio de internet[2] , dirigida a costarricenses que estudian o trabajan en el extranjero en las áreas de ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías. Ese trabajo fue realizado por el equipo técnico del Programa Estado de la Nación entre noviembre de 2012 y febrero de 2013.

De un total de 395 personas consultadas, se obtuvo respuesta de 219, lo que equivale a una cobertura del 55%. Otras fuentes de información fueron:

- Consulta por medio de internet[3], dirigida a personal calificado en las áreas de apoyo a la ciencia, la tecnología y la innovación que laboran en los distintos sectores institucionales. Fue realizada por el equipo técnico del Programa Estado de la Nación entre noviembre de 2012 y marzo de 2013.

- Entrevistas efectuadas por la Red de Talento Costarricense en el Extranjero (Red Ticotal)[4] a profesionales destacados que participan en esa instancia.

Conceptos clave

- **Diáspora científica costarricense:** comunidad de naturaleza fluctuante, conformada por migrantes nacionales con formación universitaria, que realizan estudios de posgrado o trabajan en el extranjero en las áreas de ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías.

- **Fuga de cerebros:** migración hacia otros países de personas con educación universitaria que de este modo, en lugar de aportar al desarrollo nacional, contribuyen al de las naciones que las albergan.

- **Movilidad de cerebros:** migración de personas con educación universitaria hacia otros países, cuyo efecto negativo es compensado por su involucramiento en iniciativas de cooperación con el país de origen.

Principales resultados

La intención de retornar

El 90% del talento científico nacional residente en el extranjero desearía regresar en algún momento a Costa Rica. Aunque en principio este es un dato positivo, al consultarle

¿Más información sobre la diáspora científica?

Véase

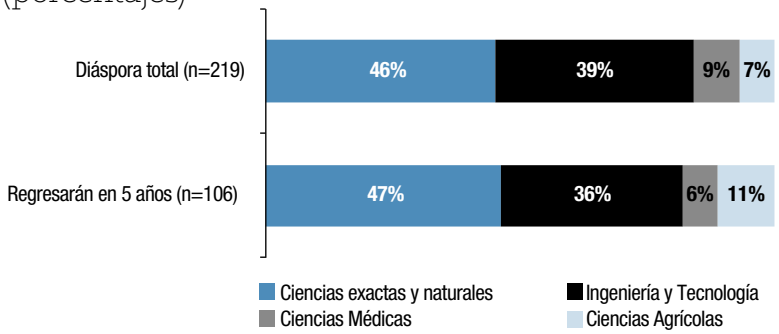
- Pregunta 9 de este Informe
- Versión 1 de la plataforma tecnológica "Estado de las capacidades en ciencia, tecnología e innovación", en **www.eccti.or.cr**

a esta población sobre sus planes concretos en el corto plazo solo el 48,4% tenía previsto retornar durante los próximos cinco años. Además, casi cuatro de cada diez (37,4%) han decidido no volver y un 14,2% está indeciso (González, 2013). No se observa una diferencia significativa entre la composición según área del conocimiento de la totalidad de los profesionales consultados y la del subconjunto que piensa repatriarse en cinco años (gráfico 10.1).

Ahora bien, cuando se profundiza en la intención de retorno, considerando solo las disciplinas que registran más de diez personas que trabajan o estudian en el extranjero, sí emergen importantes diferencias: es mucho mayor en el personal formado en Ciencias Agrícolas, entre los cuales ocho de cada diez planea volver al país (cuadro 10.1).

Gráfico 10.1

Comparación por área científica y tecnológica, de la totalidad de la diáspora costarricense consultada y el grupo que planea regresar en los próximos cinco años
(porcentajes)



Fuente: Elaboración propia con base en González, 2013.

Cuadro 10.1

Talento en el extranjero: planes de retorno a Costa Rica en los próximos cinco años, según área y subárea de formación
(personas y porcentajes)

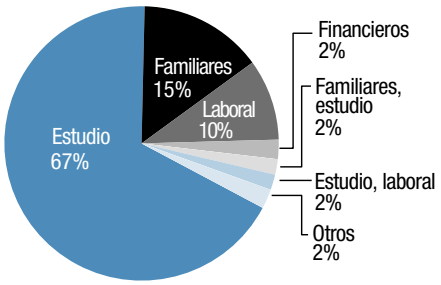
Área y subárea	Distribución porcentual de los planes				
	Personas	Regresarán	No regresarán	Indecisos	Total
Ciencias Exactas y Naturales	99	49,5	38,4	12,1	100,0
Ciencias Biológicas	27	40,7	40,7	18,5	100,0
Matemáticas	23	69,6	30,4	0,0	100,0
Química	20	60,0	40,0	0,0	100,0
Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente	15	26,7	53,3	20,0	100,0
Ciencias Físicas	14	42,9	28,6	28,6	100,0
Ingeniería y tecnología	**85**	**44,7**	**38,8**	**16,5**	**100,0**
Computación, Inteligencia Artificial e Informática	23	39,1	47,8	13,0	100,0
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	20	50,0	30,0	20,0	100,0
Otras	14	50,0	21,4	28,6	100,0
Ingeniería Industrial	9	44,4	55,6	0,0	100,0
Ingeniería Civil	5	40,0	20,0	40,0	100,0
Ingeniería Química	5	40,0	60,0	0,0	100,0
Ingeniería Ambiental	3	66,7	33,3	0,0	100,0
Nanotecnología	2	0,0	50,0	50,0	100,0
Tecnología de Alimentos	2	0,0	100,0	0,0	100,0
Bioinformática	2	100,0	0,0	0,0	100,0
Ciencias Médicas	**20**	**35,0**	**50,0**	**15,0**	**100,0**
Ciencias de la Salud	8	62,5	37,5	0,0	100,0
Medicina Clínica	7	14,3	57,1	28,6	100,0
Medicina Fundamental	4	0,0	75,0	25,0	100,0
Medicina Veterinaria	1	100,0	0,0	0,0	100,0
Ciencias Agrícolas	**15**	**80,0**	**6,7**	**13,3**	**100,0**
Agronomía	14	78,6	7,1	14,3	100,0
Silvicultura, pesca y ciencias afines	1	100,0	0,0	0,0	100,0
Total	219	48,4	37,4	14,2	100,0

Fuente: Elaboración propia con datos de la consulta realizada por el PEN.

Los profesionales en Ingeniería y Tecnología, y en Ciencias Exactas y Naturales, están en una situación intermedia. El recurso humano con menor intención de regresar es el correspondiente a Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente (26,7%) y Ciencias Médicas (35%).

Gráfico 10.2

Talento en el extranjero: razón por la que abandonó el país la última vez
(porcentajes)



Fuente: Elaboración propia con datos de la consulta realizada por el PEN.

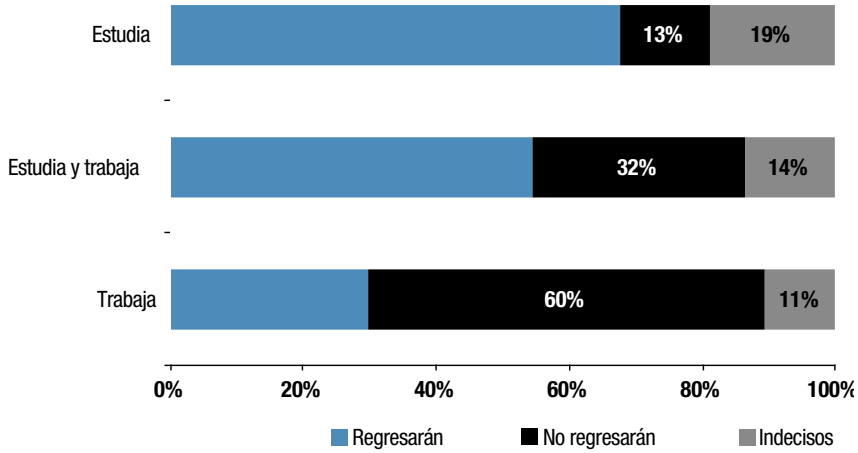
La mayoría de los consultados abandonó el país la última vez con la intención de estudiar y pocos iban a trabajar (gráfico 10.2). Sin embargo, en el momento de la consulta el 50% estaba laborando. Este es, precisamente, uno de los elementos que incide en la decisión de no regresar o de posponer el retorno a largo plazo: entre quienes están trabajando, alrededor del 30% piensa volver, en comparación con casi el 70% de quienes solo estudian (gráfico 10.3). Otras razones para permanecer en el extranjero son: mantener el mejor nivel de vida que tienen allí, el haber establecido una familia fuera del país y no tener ofertas de empleo concretas en Costa Rica.

La mayor proporción de personas que han decidido no regresar al país (55%) reside en Estados Unidos. Su número más que duplica el encontrado entre quienes viven en otros países receptores del talento costarricense, como Alemania y España (González, 2013).

Al considerar el conjunto de características que configuran el perfil de esta población, se observan diferencias significativas entre quienes planean retornar a Costa Rica en los próximos cinco años y quienes no piensan hacerlo (cuadro 10.2). En términos generales, quienes no tienen intención de volver están trabajando, residen principalmente en Estados Unidos y afirman

Gráfico 10.3

Intención de retorno de la diáspora científica costarricense, según condición de actividad
(porcentajes)



Fuente: González, 2013, con datos de la consulta realizada por el PEN.

Cuadro 10.2

Perfiles de la diáspora científica, por intención o no de volver a Costa Rica en los próximos cinco años

	Planea regresar	No planea regresar
Condición de actividad y residencia	La mayoría se encuentra estudiando.	La mayoría está trabajando.
	Reside en Estados Unidos, Alemania o en España.	Reside principalmente en Estados Unidos.
Características sociodemográficas	El 75% son hombres. El 68% tiene entre 26 y 35 años.	El 71% son hombres. El 46% tiene entre 26 y 35 años.
Disciplinas	Matemáticas, Química, Física, Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Ciencias Agrícolas.	Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente, Ingeniería Química e Industrial, Tecnologías Digitales, Medicina Clínica.

Fuente: Elaboración propia con datos de la consulta realizada por el PEN.

tener un nivel de vida mejor que el que tendrían si regresaran al país. Un dato importante es que las personas relacionadas con cinco de las siete áreas de interés definidas en el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014 (Micitt, 2011) son las que tienen la más baja intención de retorno: profesionales en Ciencias de la Tierra y el Espacio, Ingeniería Química e Industrial, Tecnologías Digitales y Medicina Clínica.

Vinculaciones de la diáspora científica con el quehacer científico-tecnológico del país

Solo uno de cada cinco integrantes (21%) de la diáspora científica ha participado en alguna iniciativa de cooperación con colegas en Costa Rica, ya sea por trabajo o por exigencia de su programa de estudios. Los principales vínculos corresponden al desarrollo de proyectos de investigación (32,9%), seguidos por el intercambio de conocimiento y la transferencia de tecnología (25,6%) y los proyectos de intercambio científico/académico[5] (25,6%). Se observa una escasa colaboración en actividades relacionadas con la innovación (únicamente dos iniciativas).

La migración de personal calificado hacia Estados Unidos, principal destino de la diáspora científica, no necesariamente se ha traducido en un intercambio importante con Costa Rica, pese a la cercanía geográfica. En ese país vive el 45% de esta población, en contraste con el 10% que se encuentra en Alemania y el 6% en España. Sin embargo, cuando se analiza la cantidad de iniciativas de colaboración de los profesionales costarricenses radicados en cada una de estas naciones, las diferencias se reducen. Aunque los residentes en Estados Unidos superan más de cuatro veces a quienes viven en Alemania, sus actividades de vinculación con Costa Rica son apenas 2,07 veces superiores. La misma comparación con respecto España indica que en la nación norteamericana hay 7,62 veces más personas, pero solo 1,19 veces más actividades de cooperación (cuadro 10.3). Además de estar comparativamente más desvinculado, como se mencionó antes el talento que reside en Estados Unidos es el que en mayor proporción no planea regresar a Costa Rica en el corto plazo (55%).

Según áreas del conocimiento, las y los profesionales en ciencias exactas y naturales son quienes más participan en actividades de vinculación con los grupos de investigación y comunidades científicas asentadas en Costa Rica. Lo hacen sobre todo en proyectos de investigación y de intercambio científico/académico (51,9% y 47,6%, respectivamente).

Cuadro 10.3

Talento en el extranjero: actividades de vinculación con Costa Rica, según los tres principales países de destino
(porcentajes)

País de destino	Residentes	Actividades de vinculación con Costa Rica
Estados Unidos	45	9
Alemania	10	4
España	6	7

Fuente: González, 2013, con datos de la consulta realizada por el PEN.

A su vez, los ingenieros y tecnólogos tienden a colaborar más en iniciativas de intercambio de conocimiento/transferencia de tecnología e intercambio científico/académico (cuadro 10.4). Llama la atención el caso de los profesionales en Ciencias Agrícolas, pues a pesar de que casi el 80% planea regresar en el corto plazo, están menos vinculados con sus contrapartes locales.

La vinculación con el país ocurre principalmente con instituciones públicas, en especial con las universidades estatales. Del total de las iniciativas mencionadas por los profesionales consultados, el 79,3% corresponde a alguna entidad pública. Aquí destaca la UCR, con casi la mitad (42,7%), mientras que el Gobierno tan solo registra un 9,8%, una proporción no muy distinta a las de otras universidades estatales (cuadro 10.5). Las actividades de colaboración con el sector privado apenas representan una de cada cinco (20,7%) y hay muy pocas iniciativas con universidades privadas. En total, el 76,8% de los vínculos con el quehacer científico y tecnológico del país se da por medio del sector académico (público y privado).

Los científicos residentes en el extranjero y sus contrapartes locales coinciden al identificar prácticas eficientes para capitalizar el conocimiento y la experiencia de los primeros en beneficio del país, sin que sea necesario el retorno. Entre las sugerencias se encuentran las siguientes:

- participación en conferencias y seminarios,
- participación en redes de colaboración y alianzas estratégicas,
- participación en proyectos de investigación conjunta,
- facilitación de información y contactos en las instituciones donde se encuentran los miembros de la diáspora, para la realización de pasantías en instituciones y empresas de base tecnológica en el exterior, y para que profesionales costarricenses cursen estudios de posgrado.

Varias de estas iniciativas ya se están implementando, gracias a la articulación de la Red de Talento Costarricense en el Extranjero (Red Ticotal), activa desde mayo de 2010 (recuadro 10.1).

¿Más información sobre el perfil general de la diáspora científica costarricense y los incentivos que tiene para insertarse en el país?

Véase

- Preguntas 10 y 11 de este Informe

Dictamen

Más de la mitad de la diáspora científica costarricense no tiene planes de regresar al país en el corto plazo y menos de una cuarta parte ha tenido alguna vinculación con sus contrapartes locales. Costa Rica se da un lujo que no puede permitirse dada la escasez de profesionales calificados en áreas de ciencia y tecnología, pues está perdiendo la oportunidad de que este valioso recurso humano ayude a impulsar su desarrollo.

Entre las personas que no planean regresar en el corto plazo destacan los que se desempeñan en campos en los que Costa Rica tiene las carencias más acentuadas de recurso humano, o que coinciden con cinco de las siete áreas que el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* señala como

Cuadro 10.4

Iniciativas de cooperación más frecuentes entre la diáspora científica y sus colegas en Costa Rica, según áreas y subáreas del conocimiento
(porcentajes y absolutos)

Área y subárea[a/]	Total	Distribución porcentual del tipo de iniciativa			
		Proyecto de investigación	Intercambio de conocimiento/ transferencia de tecnología	Proyecto de intercambio científico/ académico	Otros[b/]
Ciencias Exactas y Naturales	42,7	51,9	33,3	47,6	30,8
Ciencias Biológicas	20,7	33,3	9,5	23,8	7,7
Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente	8,5	11,1	4,8	9,5	7,7
Física	3,7	0,0	4,8	9,5	0,0
Matemáticas	2,4	0,0	9,5	0,0	0,0
Química	7,3	7,4	4,8	4,8	15,4
Ingeniería y Tecnología	29,3	14,8	38,1	33,3	38,5
Computación, Inteligencia Artificial e Informática	6,1	0,0	4,8	14,3	7,7
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	4,9	7,4	0,0	0,0	15,4
Otras	13,4	7,4	19,0	19,0	7,7
Tecnología de Alimentos	4,9	0,0	14,3	0,0	7,7
Ciencias Médicas	20,7	22,2	19,0	14,3	30,8
Ciencias de la Salud	11,0	7,4	14,3	4,8	23,1
Medicina Clínica	8,5	14,8	4,8	4,8	7,7
Medicina Fundamental	1,2	0,0	0,0	4,8	0,0
Ciencias Agrícolas	7,3	11,1	9,5	4,8	0,0
Agronomía	3,7	7,4	4,8	0,0	0,0
Silvicultura, pesca y ciencias afines	3,7	3,7	4,8	4,8	0,0
Total	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
Total de iniciativas (absolutos)	**82**	**27**	**21**	**21**	**13**

a/ Corresponde al área y subárea de formación de los miembros de la diáspora.
b/ Corresponde a los siguientes tipos de vínculos: actividades filantrópicas y comunitarias (4), inversión y "emprendedurismo" (2), organización de congresos y conferencias (2), capacitación (1), gestión de una pasantía en Hematología (1), proyectos de cooperación técnica (3).

Fuente: Elaboración propia con datos de la consulta realizada por el PEN.

Cuadro 10.5

Talento en el extranjero: vinculación con colegas en Costa Rica, según sectores e instituciones nacionales

Sector / institución	Distribución porcentual de las vinculaciones
Sector público	**79,3**
Gobierno	9,8
Universidades públicas	69,5
UCR	42,7
UNA	15,9
ITCR	11,0
Sector privado	**20,7**
Empresa privada	13,4
Universidades privadas	7,3
Total	**100,0**
Total de vinculaciones (absolutos)	**82**

Fuente: González, 2013, con datos de la consulta realizada por el PEN.

estratégicas para el fortalecimiento del sector. Así por ejemplo, entre el talento que no tiene la intención de volver predominan ingenieros, tecnólogos y profesionales formados en Ciencias de la Tierra y el Espacio, Tecnologías Digitales y Medicina Clínica. Llama la atención el hecho de que quienes residen en Estados Unidos, principal destino de la diáspora científica, son los que en mayor proporción han decidido no retornar al país (55%) y además se vinculan menos con las comunidades locales que aquellos que residen en España o Alemania.

Implicaciones

Es indispensable que Costa Rica convierta el actual panorama de fuga de cerebros en uno más favorable: de movilidad. Para ello requiere atender dos frentes en forma paralela. El primero supone la implementación de programas permanentes para subsidiar el retorno de la diáspora científica. Un paso inicial, que si se concibe como plan piloto podría evidenciar los beneficios de relocalizar y reinsertar el talento nacional (en este caso enfocado en el sector empresarial), es la asignación de 1,2 millones de dólares al Programa de Atracción de Talentos, que forma parte del Programa de Innovación y Capital Humano para la Competitividad (Ley 9218)[6], financiado mediante un préstamo del BID. La meta de esta iniciativa es relocalizar cuarenta profesionales de alto nivel para que lideren proyectos de investigación y desarrollo tecnológico e innovación, en empresas costarricenses que operen en alguna de las siete áreas prioritarias del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*.

El segundo frente se dirige a quienes ya no pueden o no quieren regresar. En este caso, tal como plantea Tuirán (2009), el reto consiste en enlazar sus conocimientos y contactos con los distintos actores del sector de ciencia, tecnología e innovación del país[7]. Con ese fin es importante apoyar la continuidad de la Red Ticotal, que busca hacer del talento en el extranjero un agente más para el fortalecimiento del medio científico y productivo nacional. Para lograrlo, estos profesionales pueden desempeñar una variedad de roles, entre ellos el de "antenas" de prospección tecnológica (Santos, 2009). El avance en esta dirección se favorecerá en tanto se impulsen de manera focalizada aquellas iniciativas que tanto las comunidades locales como la diáspora científica reconocen como las más efectivas para capitalizar su conocimiento y contactos en beneficio del país.

Recuadro 10.1

Red de Talento Costarricense en el Extranjero (Red Ticotal)

La Red de Talento Costarricense en el Extranjero (Ticotal) fue creada en mayo de 2010, como un instrumento para establecer un contacto permanente entre el quehacer científico y tecnológico nacional, y los científicos e ingenieros costarricenses que trabajan o estudian en el extranjero. Se trata de una iniciativa forjada por la Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica.

La Red tiene como propósito poner a disposición de la comunidad nacional de ciencia, tecnología e innovación, una base de datos con información académica y de contacto del talento en el extranjero dispuesto a colaborar con el país. A sus integrantes se les ofrece la posibilidad de participar en distintos tipos de actividades, entre ellas:

- diseño de políticas públicas,
- conformación de redes temáticas,
- integración en consejos consultivos de proyectos de investigación,
- desarrollo de proyectos, programas conjuntos o acuerdos de cooperación, así como la realización de períodos sabáticos en Costa Rica,
- facilitación de intercambio de estudiantes de posgrado, innovadores e investigadores locales,
- prospección tecnológica,
- fomento de vocaciones científicas en jóvenes costarricenses.

Adicionalmente, la Red Ticotal se propone fortalecer la internacionalización de la investigación local y difundir las actividades científicas y tecnológicas de Costa Rica en el exterior. En el futuro desea propiciar la formación de redes de intercambio con el sector privado y contribuir a la reinserción en el país mediante la difusión de ofertas laborales.

Cada mes Ticotal realiza una entrevista (descargable en <www.ticotal.cr>) a un talento inscrito en la Red. De esta forma se han podido conocer los factores u oportunidades que influyeron para que estos profesionales salieran del país. Las principales circunstancias mencionadas fueron: la obtención de becas para cursar posgrados, contactos con profesores de universidades extranjeras, la realización previa de pasantías o prácticas profesionales, participación en programas de intercambio, ofertas laborales en universidades o instituciones extranjeras, y razones personales o familiares seguidas de oportunidades de estudio.
Al 28 de marzo de 2014 la Red contaba con 217 miembros.

Fuente: Red Ticotal, 2014.

Las políticas y acciones que se formulen para atender estos dos escenarios deberán considerar las particularidades del talento que planea o no regresar, así como las distintas oportunidades y retos implícitos en cada escenario. Al mismo tiempo, deben estar concebidas dentro de un contexto amplio y alineado con la estrategia de desarrollo nacional[8]. El caso de los profesionales que residen en el principal destino de la diáspora científica costarricense, Estados Unidos, ilustra las singularidades mencionadas.

Frontera de investigación

Es una tarea pendiente indagar acerca de la demanda de saberes del talento costarricense en el extranjero, por parte del sector empresarial local. A manera de ejemplo, puede estudiarse un ejercicio en ese sentido realizado en Argentina y documentado por Yoguel et al. (s.f.).

Referencias bibliográficas

Didou-Aupetit, S. (ed.). 2009a. Fuga de cerebros, movilidad académica, redes científicas: perspectivas latinoamericanas. México D.F.: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav).

_____. 2009b. "¿Pérdida de cerebros y ganancia de saberes?: la movilidad internacional de recursos humanos altamente calificados en América Latina y el Caribe". En: Didou-Aupetit (ed.).

González, C. 2013. Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Meyer, J.B. y Brown, M. 1999. Scientific diasporas: a new approach to the brain drain. Ponencia preparada para la Conferencia Mundial sobre Ciencia, organizada por Unesco e ICSU y celebrada en Budapest del 26 de junio al 1 de julio.

Micitt. 2011. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2011-2014. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

OIM. 2009. La emigración de recursos humanos calificados desde países de América Latina y el Caribe: tendencias contemporáneas y perspectivas. Caracas: Organización Internacional de Migraciones.

Pellegrino, A. 2008. "La migración calificada en América Latina", en Foreign Affairs Latinoamérica 8 (2).

Red Ticotal. 2014. Talento destacado. Sitio oficial, en <http://ticotal.cr/talento-destacado/>.

Santos, M. 2009. Guía para la presentación de solicitudes de proyecto de investigación y reinserción a la Comisión de Incentivos. San José: Inédito.

Tuirán, R. 2009. "Prefacio". En: Didou-Aupetit (ed.).

Tuirán, R. y Ávila, J.L. 2013. "¿De la fuga a la circulación de talentos?", en Este País: Tendencias y Opiniones 266.

Yoguel, G. et al. (S.f.). "Acerca de las potencialidades de cooperación de la diáspora con empresas argentinas intensivas en conocimiento". En: <http://siteresources.worldbank.org/EDUCATION/Resources/278200-1126210664195/1636971-1126210694253/Argentina_Diasporas.pdf>

Créditos

La redacción de esta sección fue efectuada por Carolina Baltodano y María Santos.
Jorge Vargas Cullell y Gabriel Macaya participaron en la **edición técnica.**
Ivania García realizó los **procesamientos de información.**
La base de datos creada por el PEN, así como el sistema informático y la dirección electrónica donde la consulta correspondiente a la diáspora científica costarricense se encuentra alojada, fueron implementadas por Christhian Sanabria, con la asesoría de Carlos González.

Notas

1 Mayor al 10% del total de personas que emigran (Docquier y Marfouk, 2006, citados en OIM, 2009).

2 Basada en la plantilla disponible en la dirección: <http://200.107.82.52/diaspora.php>.

3 Basada en la plantilla disponible en la dirección: <http://200.107.82.52/investigadores.php>.

4 Las entrevistas están disponibles en <www.ticotal.cr>.

5 Se refiere al intercambio de personas.

6 Esta iniciativa, que fue aprobada en marzo de 2014 (préstamo nº 2852/OC-CR), provee ayudas financieras complementarias no reembolsables para relocalizar recursos humanos (sean nacionales o extranjeros). Operará en función de la demanda de recurso humano en el exterior por parte de las empresas, en el marco de un proyecto de innovación. En igualdad de condiciones, se le dará prioridad a los profesionales costarricenses.

7 Un ejemplo a nivel latinoamericano es el programa Raíces (Red de Argentinos Investigadores y Científicos del Exterior), administrado desde 2003 por el Ministerio Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina. La iniciativa fue declarada política de Estado, por los resultados obtenidos en la repatriación de investigadores y su impacto en la formación de recursos humanos altamente calificados (<http://www.raices.mincyt.gov.ar>).

8 Una interesante reflexión sobre este tema, centrada en el caso mexicano, puede encontrarse en Tuirán y Ávila, 2013.

PREGUNTA 11

¿Cuáles incentivos tiene la diáspora científica para **reinsertarse en Costa Rica?**

Conceptos clave

Incentivos financieros

Infraestructura y equipamiento en unidades de I+D

Vinculaciones entre investigadores

Marco legal para atraer el talento científico-tecnológico

Situación del país

Se han debilitado los incentivos previstos en la Ley 7169 y las limitaciones de las unidades de I+D afectan la reinserción de la diáspora científica.

Importancia del tema

Para Costa Rica, un país pequeño y con limitaciones de recursos en materia de investigación y desarrollo (I+D), vincular el talento de la diáspora con el quehacer científico y tecnológico es indispensable para dinamizar el desarrollo humano.

Implicaciones de política pública

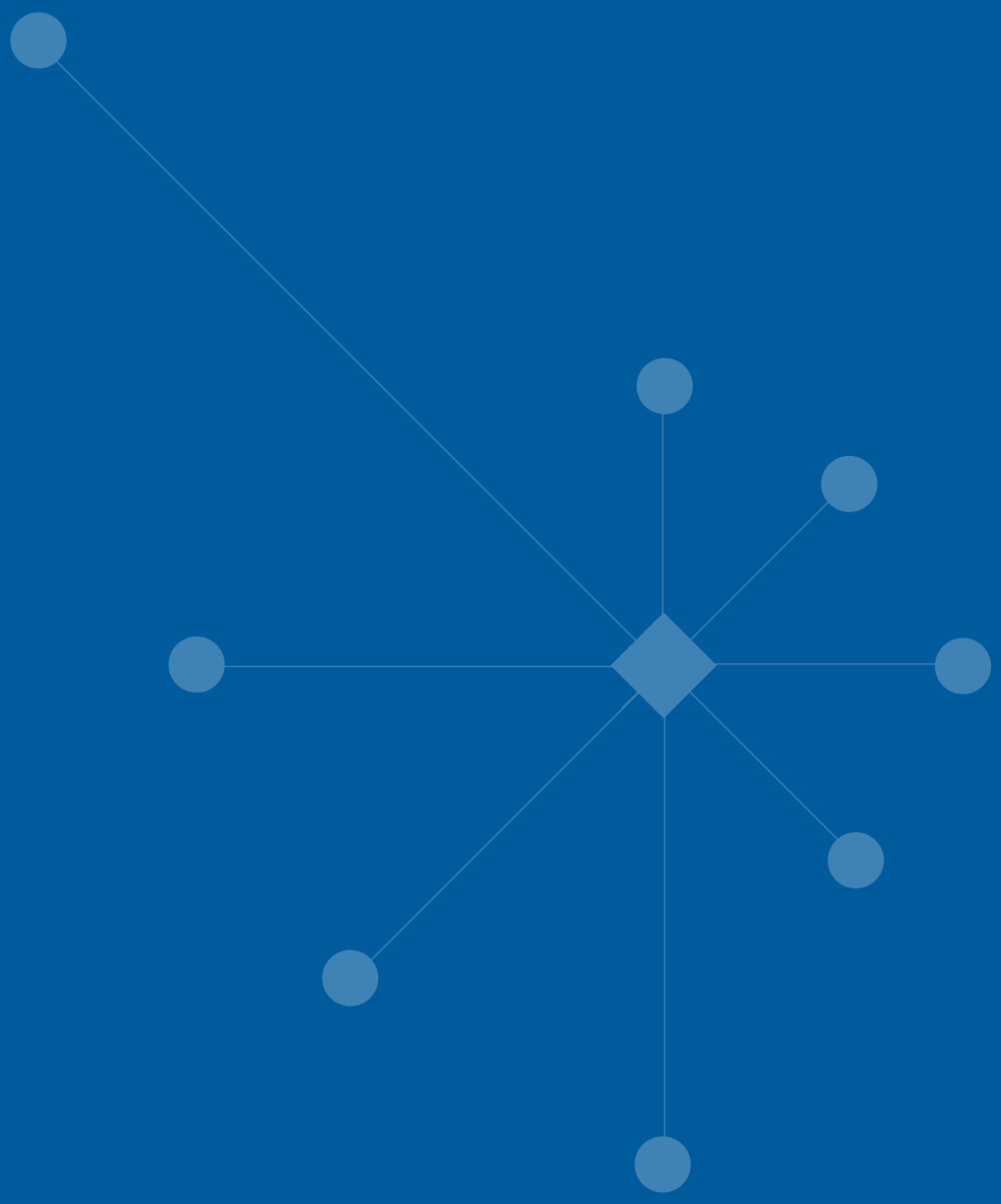
- Necesidad de consolidar un sistema de incentivos para la diáspora científica.
- Fomento de vínculos entre institutos e investigadores nacionales, radicados en el país y en el extranjero.

Investigaciones de base

González, C. 2013. Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Herrera, R. 2013. Sistematización sobre la institucionalidad de la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Segnini, M. 2013. Estado de la infraestructura científico-tecnológica en unidades de investigación y desarrollo. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

En Costa Rica el quehacer científico, tecnológico y de innovación enfrenta grandes restricciones, tanto por las debilidades de su infraestructura física –como se analiza en la Pregunta 17 de este Informe– como por la fragilidad de las comunidades científicas. Pese a la importancia de esta actividad para el estilo de desarrollo del país, centrado en la promoción de sectores productivos de base tecnológica, es poco probable que en el corto plazo estas debilidades y fragilidades sean subsanadas de modo significativo.

Al mismo tiempo, la extensa diáspora científica costarricense, en diversas disciplinas y en muchos casos radicada en naciones de alto desarrollo científico-tecnológico, es un importante activo que podría complementar los esfuerzos que se realizan en el país. Sin embargo, se requieren estímulos eficaces y mejores condiciones para promover el retorno de (una parte de) ella. Es necesario atraer un talento que esté enterado de las circunstancias nacionales, y ofrecerle los recursos humanos y tecnológicos adecuados para llevar a cabo sus labores de investigación, en un entorno sin trabas burocráticas o legales y abierto a la interacción multidisciplinaria.

Los estímulos para promover la repatriación de la diáspora científica generarían una masa crítica e interacción entre investigadores en distintos ámbitos, que dinamizarían el desarrollo científico-tecnológico de Costa Rica.

Hallazgos relevantes

- **Los mecanismos que podrían implementarse para atraer a la diáspora científica costarricense son numerosos y variados, y trascienden los incentivos económicos y laborales individuales, pues incluyen aspectos institucionales, de infraestructura y equipamiento para la investigación, así como estímulos para el desarrollo profesional y la interconexión a nivel global.**

- **Los incentivos financieros previstos en la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico (nº 7169, de 1990) han sido limitados o eliminados por sucesivas disposiciones legales de carácter fiscal. En la actualidad solo se mantiene la compensación adicional al salario, sujeta a una serie de trámites burocráticos que ralentizan su aplicación.**

- **Un empréstito del BID aprobado recientemente prevé la creación de un fondo para facilitar la relocalización de los científicos e ingenieros, nacionales o extranjeros, que decidan instalarse en Costa Rica para desarrollar proyectos de innovación y transferencia tecnológica.**

- **Los profesionales en Química, Ciencias Biológicas, Ingeniería Industrial y Agronomía que planean regresar al país podrían enfrentar dificultades, debido a que cerca de la mitad o menos de las unidades de I+D en esos campos (de las consultadas para este Informe) no dispone del equipamiento idóneo para cumplir con sus objetivos.**

- **El tamaño, la distribución espacial, el espacio disponible para la interacción entre alumnos y profesores, el estado general de las instalaciones y su mantenimiento, junto con el acceso a publicaciones científicas especializadas, son condiciones que limitan la capacidad para atraer a la diáspora científica.**

Metodología

Fuentes de información

La información que sustenta este análisis proviene fundamentalmente de una serie de consultas efectuadas por medio de encuestas en línea, al personal responsable de unidades nacionales con capacidades de investigación y desarrollo (I+D) y a científicos e ingenieros costarricenses formados en el exterior, sea que hayan regresado o no al país. Específicamente las consultas realizadas fueron las siguientes:

- Entrevista de opinión a talento destacado, efectuada por la Red de Talento Costarricense en el Extranjero (Red Ticotal) y disponible en <www.ticotal.cr>.
- Entrevista de opinión a talento que ha regresado a Costa Rica, efectuada por la Red de Talento Costarricense en el Extranjero (Red Ticotal) y disponible en <www.ticotal.cr>.
- Consulta a costarricenses que estudian o trabajan en el extranjero en áreas de ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías, efectuada por el PEN y disponible en <http://200.107.82.52/diaspora.php>.
- Consulta sobre el estado de la infraestructura en unidades de I+D del país, efectuada por el PEN y disponible en <http://200.107.82.52/infraestructuraCTI.php>.

Limitaciones del estudio

Los datos que aquí se presentan constituyen un primer acercamiento al tema, por lo que la información no es completa y podría afinarse siguiendo los lineamientos que sugieren los autores consultados (Segnini, 2013 y González, 2013).

¿Más información sobre el proceso de consulta a la diáspora científica y a las unidades de I+D de Costa Rica?

Véase

- Pregunta 9 y 17 de este Informe

Principales resultados

Marco normativo de incentivos para investigadores

El marco normativo que regula los incentivos para la investigación es de reciente data. La Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico (nº 7169) es el principal instrumento legal en esta materia. Fue promulgada en 1990, en una época en que Costa Rica estaba creando las condiciones institucionales y de política pública para implantar un nuevo estilo de desarrollo, basado en la promoción de las exportaciones, la atracción de inversión externa y el estímulo al comercio internacional.

Pese a que su existencia apenas supera las dos décadas, este marco normativo ha sufrido importantes modificaciones en los últimos años (figura 11.1). En términos generales, el país no ha podido dotarse de una plataforma estable de incentivos para atraer o repatriar a su diáspora científica.

En su versión original de 1990, el título IV, capítulo I, de la Ley 7169 crea un régimen de promoción e incentivos para los investigadores, consistente en un escalafón de méritos y desempeño, para impulsar la formación y la integración en el país de un equipo altamente calificado de profesionales dedicados a la realización de actividades y proyectos en ciencia y tecnología (artículo 43). Además, la Ley estipula quiénes podrán acceder a esos incentivos (artículo 44) y la entidad sobre la que recae su otorgamiento y evaluación (artículo 45).

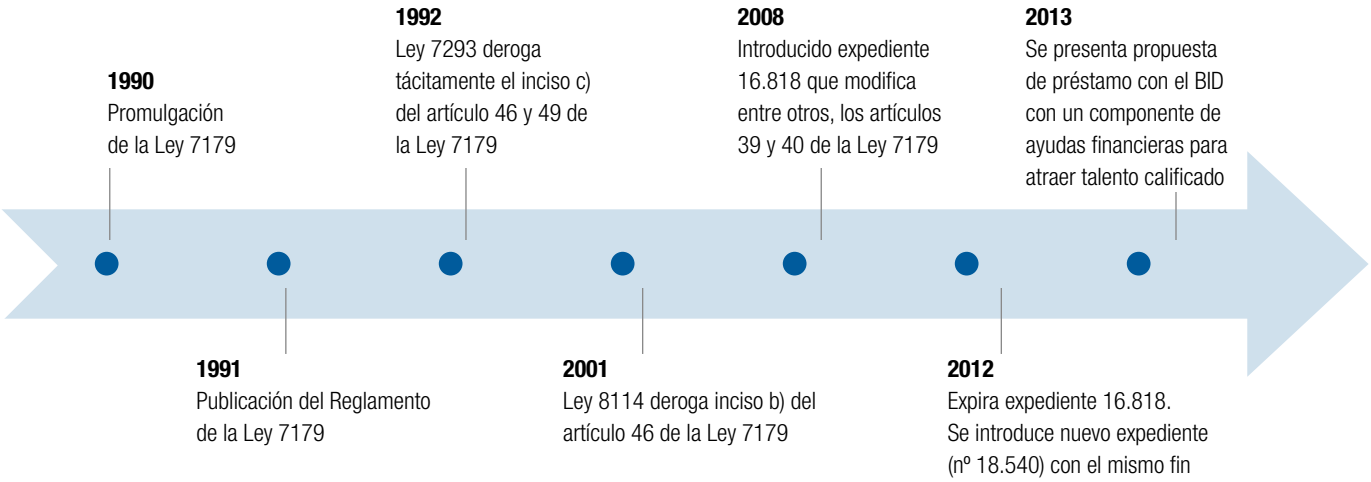
Originalmente, en el artículo 46 se detallaban tres beneficios para los investigadores (figura 11.2): compensación económica, deducción del impuesto sobre la renta por la compra de *software* e importación de un vehículo libre de impuestos (por una sola vez). Sin embargo, los dos últimos beneficios fueron derogados por subsecuentes leyes de simplificación tributaria.

Asimismo, el artículo 49, que hacía extensivos los beneficios anteriores a científicos y técnicos, nacionales o extranjeros, con probada trayectoria en el exterior y que desearan establecerse en el país, fue derogado por la Ley Reguladora de Exoneraciones Vigentes, Derogatorias y Excepciones (nº 7293, del 31 de marzo de 1992).

Desde mediados de la década 2000-2010 se han hecho esfuerzos para reformar la Ley 7169 de 1990. Sin embargo, más que la actualización y mejoramiento del marco normativo, el resultado ha sido, como se indicó, la derogación de parte de los incentivos al talento científico contemplados en la Ley. En 2012, el proyecto de ley 16.818 planteó, entre otras medidas, la modificación de los artículos 39 y 40, relacionados con los recursos para financiar el desarrollo científico y tecnológico del país y el uso de los incentivos creados con ese fin. El expediente se archivó sin haber recibido trámite legislativo y se ha reabierto con un nuevo número, el 18.540, que

Figura 11.1

Cronología de los esfuerzos por consolidar un marco de incentivos para atraer a la diáspora científica costarricense



Fuente: Elaboración propia con base en Herrera, 2013, y en la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico (nº 7169) y su Reglamento.

Figura 11.2

Beneficios previstos en el artículo 46 de la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico y su estatus actual

Inciso a)	Compensación económica adicional al salario otorgada a investigadores inscritos en el régimen de beneficios, que firman un contrato, mantienen una participación continua de al menos dos años en un proyecto de investigación, en un tema de interés nacional o con suficientes méritos científicos (Ley 7169, artículo 44). Estos beneficios se confieren según el escalafón de investigador establecido por el artículo 34 del Reglamento de la Ley 7169, divulgado en 1991.
Inciso b)	Deducción del impuesto sobre la renta de gastos como la adquisición de *software* de cómputo o suscripciones a revistas científicas. Derogado por el inciso i) del artículo 22p de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria (n°8114 del 4 de julio del 2001).
Inciso c)	Exoneración por una sola vez de gravamen o tasas asociadas a la importación de un vehículo con determinadas características. Derogado tácitamente por la Ley Reguladora de Exoneraciones Vigentes Derogatorias y Excepciones (n° 7293 del 31 de marzo de 1992).

Fuente: Elaboración propia con base en Herrera, 2013, y en la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico (nº 7169) y su Reglamento.

está a la espera de la deliberación parlamentaria (Herrera, 2013).

Un instrumento que ayudará a mitigar temporalmente la ausencia de incentivos monetarios para el talento científico se deriva del Programa de Innovación y Capital Humano para la Competitividad, financiado con un préstamo del BID y aprobado en marzo de 2014 mediante la Ley 9218. En su Subcomponente II.2, esta nueva normativa crea el "Programa de Atracción de Talentos" y establece una partida de 1,2 millones de dólares para brindar ayudas financieras complementarias no reembolsables, a profesionales costarricenses y extranjeros con experiencia en la implementación de proyectos de innovación y transferencia de tecnologías.

Los fondos se destinarán a sufragar los gastos de relocalización de estos profesionales en el país, siempre y cuando los mismos no superen un 25% de los costos de los proyectos en que van a participar. El monto definitivo que se otorgará a cada beneficiario está sujeto a las condiciones resumidas en la figura 11.3.

Para que una persona reciba el beneficio, debe haber una petición expresa de un sector productivo cuyo quehacer se relacione con alguna de las siete áreas estratégicas[1] definidas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* (Micitt, 2011). Cabe señalar que esta iniciativa es congruente con el programa de repatriación y atracción de talento establecido en la Acción 2.4 de ese mismo Plan. A su vez, esta herramienta de política pública había sido sugerida en el *Plan de Medio Siglo*, presentado en 2006 por la Asociación Estrategia Siglo XXI.

Preparación de las unidades locales de I+D para recibir a científicos que regresan

Un segundo tipo de incentivos, que complementan los meramente económicos analizados en el acápite anterior, tiene que ver con la capacidad de los centros de investigación y desarrollo (I+D) para recibir a científicos e ingenieros repatriados. Para gran parte del talento costarricense radicado en el extranjero, dejar lo que tiene implica un costo de oportunidad. Incluso aquellos que manifiestan su determinación de regresar al país en un plazo de cinco años, supeditan el retorno a aspectos

Figura 11.3

Condiciones para el otorgamiento de ayudas financieras del Programa de Atracción de Talentos. Ley 9218

a/ Investigación, desarrollo e innovación.

Fuente: Elaboración propia con base en la Ley 9218.

laborales y a la existencia de proyectos de investigación en su campo, de una masa crítica de científicos con quienes alternar, de equipo e infraestructura adecuados o bien de objetivos nacionales prioritarios a cuyo logro puedan contribuir (por ejemplo, la meta de la "carbono neutralidad" para el año 2021). Estas condiciones son, precisamente, las que han encontrado en los lugares donde estudian o trabajan en la actualidad (cuadro 11.1).

Pese a la importancia de este tema, existe poca información sistematizada sobre los sitios de trabajo a los que podrían incorporarse los profesionales que regresan al país, así como sobre el estado de su infraestructura y equipamiento. La plataforma tecnológica creada para apoyar las investigaciones de este Informe aporta datos que, como una primera aproximación, permiten asociar las unidades de investigación por áreas y subáreas científicas y tecnológicas, con las disciplinas en que se desempeña el talento radicado en el extranjero que planea retornar en los próximos cinco años (Segnini, 2013).

El principal hallazgo de este ejercicio es que algunas unidades de I+D podrían enfrentar dificultades para recibir más personal. Particular atención debe ponerse a las subáreas en las que se registra un mayor número de personas dispuestas a regresar, lo que implicaría crear hasta tres o cuatro plazas adicionales por unidad. Tales son los casos de Matemáticas, Química, Ciencias Físicas, Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Ingeniería Industrial y Bioinformática. A esto se agrega el hecho de que un alto porcentaje de las unidades relacionadas con Química, Ciencias Biológicas, Ingeniería Industrial y Agronomía no disponen del equipamiento idóneo para cumplir con sus objetivos (cuadro 11.2). El Proyecto de Mejoramiento de la Educación Superior (Ley 9144) atenderá varias de estas limitaciones en las universidades adscritas al Conare, pues prevé el mejoramiento de la infraestructura en Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Computación, Informática, Química y Ciencias Biológicas. En las tres primeras disciplinas también se contempla la apertura de nuevas plazas.

Cuadro 11.1

Principales condiciones y logros de miembros de la diáspora científica costarricense en los países donde desarrollan su labor[a/]

Buenas conexiones	Amplia disponibilidad de recursos	Aprendizaje y cumplimiento de metas personales
• Roce con otros investigadores[b/] • Contacto con otros institutos o centros académicos donde se realiza investigación relevante para su campo	• Excelentes condiciones para investigar (incluida la flexibilidad horaria para desarrollarlas)[b/] • Becas para seguir estudiando o realizar pasantías • Financiamiento para proyectos de investigación	• Desafío intelectual de desarrollar solidez profesional[b/] • Seguir estudiando y capacitándose • Participar en proyectos de investigación de punta • Oportunidad de ascenso profesional • Poder publicar sus hallazgos • Desarrollo de habilidades (manejo de personal, administración del tiempo, etc.) • Dar clases

a/ La lista de condiciones y logros se obtiene de la pregunta 2 de las entrevistas de la Red Ticotal a talentos destacados en el extranjero: "En términos generales, ¿cómo describiría sus condiciones de vida en el exterior? (p.ej. jornada de estudio y/o trabajo, se han cumplido sus expectativas de lo que sería desenvolverse profesionalmente en el extranjero, principales obstáculos que se le han presentado)".
b/ Estos aspectos fueron los más citados. El roce con otros investigadores a nivel mundial fue citado por 18 de los 26 entrevistados.

Fuente: Elaboración propia con base en Red Ticotal, 2014b.

Cuadro 11.2

Personas de la diáspora científica que planean regresar y porcentaje de unidades de I+D que cuentan con el equipamiento idóneo para el logro de sus objetivos

Área y subárea[a/]	Número de personas que planean regresar al país	Porcentaje de unidades con el equipamiento idóneo para el logro de objetivos	Total de unidades registradas
Ciencias Exactas y Naturales	**49**	**39,1**	**46**
Matemáticas	16	50,0	4
Química	12	55,6	9
Ciencias Biológicas	11	35,7	14
Ciencias Físicas	6	66,7	3
Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente	4	25,0	16
Ingeniería y Tecnología	**38**	**38,6**	**44**
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	10	75,0	4
Computación, Inteligencia Artificial e Informática	9	53,3	15
Otras	7	23,5	17
Ingeniería Industrial	4	0,0	1
Ingeniería Civil	2	50,0	4
Bioinformática	2	0,0	0
Ingeniería Química	2	0,0	1
Ingeniería Ambiental	2	0,0	2
Ciencias Médicas	**7**	**35,3**	**17**
Ciencias de la Salud	5	35,7	14
Medicina Veterinaria	1	0,0	1
Medicina Clínica	1	50,0	2
Ciencias Agrícolas	**12**	**52,6**	**19**
Agronomía	11	52,9	17
Silvicultura, pesca y ciencias afines	1	50,0	2
Total	**106**	**40,5**	**126**

a/ Hay subáreas en las que se cuenta con unidades de I+D, pero no se registran personas con intención de retornar al país.

Fuente: Elaboración propia con datos de la consulta realizada entre noviembre de 2012 y marzo de 2013 (PEN, 2013).

La información que se presenta en el cuadro 11.2 es, como se dijo, una aproximación. Debe aclararse que, según Segnini (2013), del listado de 324 entidades contactadas durante el proceso de elaboración de este Informe, el 40% indicó que cuenta con una unidad de I+D en operación, pero existen otras unidades con estas características que no respondieron a la consulta. Por otra parte, es válido suponer que algunos de los científicos e ingenieros que expresan la intención de repatriarse podrían no hacerlo. No obstante, los datos comentados llaman a la reflexión sobre la importancia de estar preparados para recibir con una oferta laboral estable al talento que podría regresar al país.

El estado general del equipamiento en las unidades de investigación se analiza detalladamente en la Pregunta 17 de este Informe, razón por la cual aquí no se profundizará en el tema. Baste indicar que buena parte de las unidades de I+D reporta problemas de idoneidad y obsolescencia de su equipamiento de corte mediano y mayor, necesidad de mejoras en su

infraestructura y dificultades para establecer lazos de cooperación intra y extramuros. Todo ello debilita la atracción del talento científico residente en el extranjero.

La visión desde la diáspora científica costarricense

Para la mayoría de quienes son o han sido parte de la diáspora científica costarricense resulta fundamental contar con incentivos que los motiven a regresar. Dieciséis de las treinta personas que respondieron a las entrevistas de la Red Ticotal[2] señalaron la competitividad salarial como el principal estímulo para atraer el talento nacional de vuelta al país. En este particular, las condiciones distan de ser positivas.

De acuerdo con los científicos e ingenieros consultados, los incentivos para atraer y retener talento nacional destacado pueden agruparse en seis grandes áreas temáticas (cuadro 11.3).

Cuadro 11.3

Incentivos que podrían atraer a la diáspora científica costarricense, según científicos e ingenieros entrevistados[a/]

Condiciones económicas y sociales	Infraestructura
Salarios competitivos (incentivo nº1)[b/]. Oferta de trabajo y estabilidad laboral (nº4)[b/]. Disminución de la carga académica para poder dedicarse a la investigación. Crear empleos en I+D+i en industrias e institutos. Crear perfiles diferenciados (investigador-docente, docente-investigador) en la academia. Condiciones adecuadas a la aspiración de las nuevas generaciones.	Laboratorios bien equipados (nº2)[b/]. Reducir burocracia para comprar materiales y equipos (nº3)[b/].
Aspectos institucionales	**Apoyo a la formación de capital humano**
Mantener institutos de investigación competentes. Mayor inversión pública y declarar al sector prioridad nacional. Diversificar las opciones de financiamiento. Articular un plan científico nacional con desafíos interesantes. Adoptar legislación moderna. Promover la innovación.	Becas para maestrías y doctorados. Desarrollar doctorados donde no los hay. Patrocinar pasantías, conferencias y participación en congresos. Promover la inversión en investigaciones de alta calidad. Promover la formación de investigadores. Ajuste curricular para responder a nuevas condiciones mundiales. Facilitar el acceso a publicaciones científicas especializadas a nivel internacional. Crear un programa de mentores académicos e industriales con experiencia.
Interconexión a nivel global	**Oportunidades y reconocimientos**
Promover carreras y estudios multidisciplinarios. Aumentar nexos con industrias para obtener financiamiento y opciones de trabajo. Fortalecer las redes de conexión con el extranjero, incluyendo a los costarricenses que viven fuera del país.	Estimular la publicación en revistas científicas. Establecer premios y reconocimientos por investigaciones.

a/ La lista de incentivos se obtiene de las respuestas a la pregunta 6 de las entrevistas de la Red Ticotal a talentos destacados en el extranjero: "¿Cuáles incentivos considera pertinentes para retener al talento científico en el país?".
b/ Estos aspectos son los que los entrevistados consideraron más relevantes. Entre paréntesis se indica el orden de mención de los principales incentivos.

Fuente: Elaboración propia con base en Red Ticotal, 2014b.

¿Más información sobre el equipamiento de las unidades de I+D?

Véase

- Pregunta 17 en este Informe
- Versión 1 de la plataforma tecnológica "Estado de las capacidades en ciencia, tecnología e innovación", en **<www.eccti.or.cr>**

¿Más información sobre la intención de la diáspora científico-tecnológica de volver a Costa Rica?

Véase

- Pregunta 10 en este Informe

Recuadro 11.1

La experiencia del regreso

La experiencia de algunos miembros de la diáspora científica que han regresado al país, sea por las condiciones de la beca que se les concedió o por decisión propia, demuestra que el proceso de readaptación no ha sido sencillo.

Durante su estadía en el extranjero, la mayoría de estas personas no mantuvo contactos profesionales con el país, más allá de la atención de asuntos administrativos (referentes a sus becas) o la comunicación con amistades personales. Antes de retornar, algunos establecieron contactos con científicos y académicos de su área para sondear opciones laborales.

La mayoría regresó para reincorporarse al trabajo que tenía o asumir otro puesto en la misma unidad académica. Varios de ellos se integraron como profesores, con restricciones de tiempo para dedicarlo a la investigación científica. Hay quien ha tenido problemas para convalidar su título, lo que reduce su capacidad de desarrollar investigaciones.

Todos estos profesionales venían con la idea de que trabajarían con limitaciones de equipamiento, materiales, tiempo para dedicarse a la investigación y recurso humano calificado con el cual interactuar. Adicionalmente, tenían la impresión de que tendrían que enfrentar trabas burocráticas. Todo ello se ha cumplido.

Sin embargo, quienes han regresado expresan optimismo y tesón porque: i) observan algunas mejoras recientes en cuanto a la adquisición de equipos de punta, ii) consideran que, pese a las limitaciones, en el país hay personas con buen nivel académico en sus campos, con quienes han logrado establecer contacto e impulsar proyectos ambiciosos de investigación.

Una síntesis de sus recomendaciones para los colegas que están por reinsertarse en el contexto nacional se presenta en la figura 11.4.

Fuente: Elaboración propia con base en Red Ticotal, 2014a.

Se orientan especialmente a la creación de entornos que, a partir de políticas públicas claras y bien dirigidas, propicien el desarrollo profesional y estimulen la investigación científica interdisciplinaria. Como se observa, los incentivos trascienden las condiciones salariales o laborales, aunque estas sean muy relevantes en términos del costo de oportunidad de regresar a un país pequeño y con un desarrollo científico y tecnológico rezagado, con respecto a la mayoría de las naciones donde residen estos profesionales (recuadro 11.1).

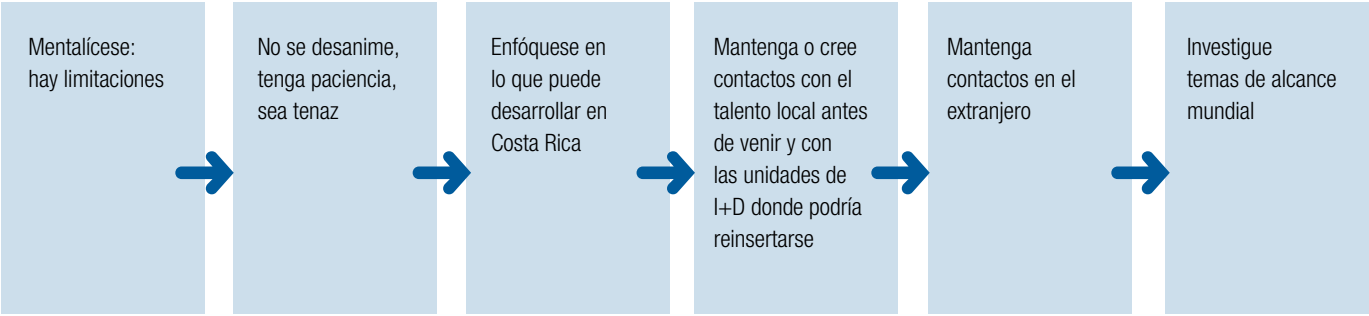
Desde la óptica del talento científico, las condiciones de reinserción en Costa Rica varían según la disciplina de que se trate. Tomando en cuenta la dotación de equipamiento de punta, el estado de avance de las carreras y la normativa legal que rige las distintas actividades de I+D, las áreas con mayores posibilidades de reinserción en el país son Microelectrónica, Micología y Fitopatología (figura 11.5). En cambio, las que presentan condiciones menos favorables son Astrofísica y Química Aplicada; anteriormente se citaba también el campo de la investigación científica en humanos, por las restricciones legales que estuvieron vigentes hasta la aprobación de la Ley Reguladora de la Investigación Biomédica, expediente nº 17.777, en abril de 2014.

Iniciativas para potenciar la reinserción de la diáspora científica costarricense

A partir de las entrevistas realizadas a los profesionales en ciencia y tecnología,

Figura 11.4

Recomendaciones[a/] para una mejor reinserción laboral del talento que regresa al país

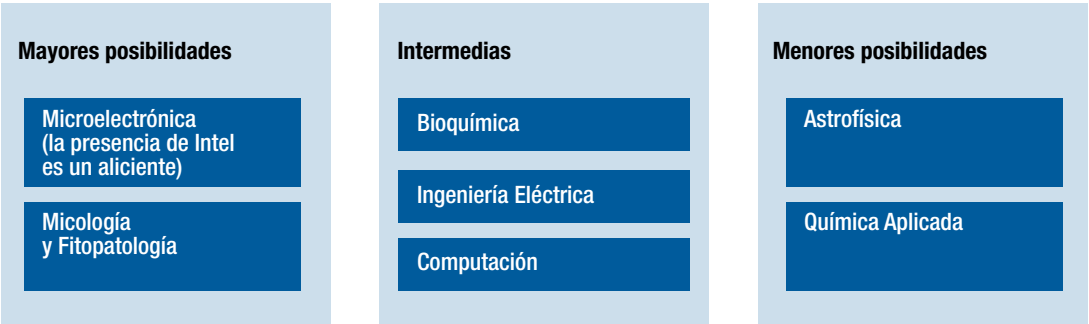


a/ La lista de recomendaciones se obtuvo de las entrevistas efectuadas por la Red Ticotal al talento costarricense que ha regresado del extranjero, específicamente de las preguntas nº 3: "¿Cómo fue su experiencia en su retorno al país, en cuanto al ajuste al medio laboral nacional?", nº 4: "¿Sus expectativas de investigación y desarrollo son las que esperaba?" y nº 7: "¿Qué recomendaciones les daría a los talentos *ticotales* que piensan regresar al país?"

Fuente: Elaboración propia con base en Red Ticotal, 2014a.

Figura 11.5

Evaluación de las posibilidades de reincorporación de la diáspora científica[a/]



a/ La información se obtuvo de las entrevistas efectuadas por la Red Ticotal a profesionales costarricenses, tanto los que ya han regresado al país como los que aún se encuentran en el extranjero. En ambos casos la pregunta que se planteó fue: "¿En su área de trabajo, cuáles serían las necesidades de desarrollo del área en Costa Rica?"

Fuente: Elaboración propia con base en Red Ticotal, 2014a y 2014b.

tanto los que continúan en el extranjero como los que regresaron, se obtuvo una lista de recomendaciones para retener el talento local y estimular el retorno de la diáspora científica. Las propuestas se orientan hacia la consolidación de comunidades interdisciplinarias, la formación de recursos humanos, la identificación de temas o áreas de estudio en función de las condiciones existentes en el país, el desarrollo de nuevos y mejores mecanismos de financiamiento para la investigación y el impulso de políticas de Estado que sustenten una actividad científica robusta.

Una primera recomendación es la consolidación de comunidades de investigación, que en Costa Rica son particularmente frágiles. Para atender esta prioridad los científicos consultados sugieren:

- Fomentar la interacción y la investigación multidisciplinaria, manteniendo un balance temático en las investigaciones y aumentando las alianzas entre institutos públicos y privados, académicos y empresariales, para sacar el máximo provecho de la infraestructura y los equipos existentes, así como del personal de las distintas disciplinas.

- Promover contactos personales con científicos nacionales y extranjeros en otros países, para facilitar el trabajo conjunto.

- Estimular la creación de redes de investigadores en los temas prioritarios para el país.

La segunda propuesta es la formación de recursos humanos en las áreas de ciencia y tecnología. Este es un tema en el que Costa Rica tiene importantes limitaciones, tal como se analiza en la Pregunta 1 de este Informe. Entre las acciones sugeridas están:

- Impulsar a los estudiantes de carreras científicas y tecnológicas a inscribirse en programas de doctorado.

- Establecer y consolidar pasantías para estudiantes y profesores en el extranjero, así como un programa de "mentores" científicos[3].

- Estimular a los investigadores para que publiquen en revistas especializadas a nivel internacional.

- Fomentar la participación de científicos costarricenses en seminarios, congresos y redes temáticas globales, como una forma de promover la actualización del recurso humano y el intercambio de ideas a nivel internacional.

- Dar mayor relevancia a la investigación y reducir la carga académica. Es importante que el recurso que vuelve formado ayude a capacitar a nuevas generaciones de científicos, pero debe haber jornadas laborales flexibles, que faciliten la investigación.

En tercer lugar se recomienda identificar los nichos del quehacer científico y tecnológico sobre los que el país desea enfocarse, dada sus pocas posibilidades para ser consistentemente relevante en todas las áreas. En algunas subáreas hay más dificultades para desarrollar el trabajo investigativo, por falta de equipamiento moderno y personal calificado. La definición de siete áreas estratégicas de intervención en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* es un paso en esta dirección.

Una cuarta sugerencia es desarrollar nuevos y mejores mecanismos de financiamiento para la ciencia, la tecnología y la innovación (I+D+i), mediante las siguientes acciones:

- Gestionar fondos para adquirir equipos, materiales y reactivos, así como para mejorar las condiciones laborales, desarrollar el recurso humano y fortalecer las unidades e institutos de I+D+i.

- Explorar nuevas modalidades para el financiamiento de proyectos, incluyendo cofinanciamientos públicos y privados, e iniciativas nacionales-extranjeras entre centros de investigación o instituciones académicas.

- Aprovechar los contactos en el extranjero para facilitar la consecución de materiales y reactivos.

- Crear centros de servicios con la infraestructura idónea y equipamiento de corte mayor de uso compartido, que atiendan y procesen materiales para diversos laboratorios, con el fin de reducir costos y dar un soporte de calidad a las unidades de I+D más especializadas.

Finalmente, las políticas públicas pueden desempeñar un papel muy importante para estimular la reinserción del talento científico de la diáspora. En tal sentido se recomienda:

- Definir temas de investigación relevantes y asignar recursos a su desarrollo. Por ejemplo, se podría dar prioridad a los compromisos internacionales del país en materia de sostenibilidad (como la iniciativa de lograr la "carbono neutralidad" para el año 2021), o a temas relacionados con la ecología evolutiva y la conservación.

- Trabajar desde la educación primaria y secundaria para realzar la importancia de la investigación científica y fomentar las vocaciones científico-tecnológicas.

- Disminuir la burocracia que ralentiza la compra de materiales, la aprobación de proyectos, los nombramientos y la concreción de iniciativas de financiamiento.

- Desarrollar una política salarial y de incentivos económicos acorde con la formación académica y la experiencia laboral de los profesionales que regresan al país.

Dictamen

El marco normativo que regula los incentivos para el quehacer científico y tecnológico en Costa Rica, un factor importante para atraer al talento nacional radicado en el extranjero, es reciente, inestable y se ha ido desmontado por razones fiscales. En todo caso, se concentra en el ámbito de las compensaciones económicas, cuando el instrumental de políticas en esta materia es mucho más amplio.

La capacidad y el grado de preparación de los centros de I+D es un segundo factor de gran relevancia para atraer a la diáspora científica. Si bien los datos disponibles no permiten llegar a una conclusión robusta sobre el particular, los resultados de la consulta realizada para este Informe sugieren que en algunas áreas debería crearse una importante cantidad de plazas solo para acomodar a los científicos e ingenieros que piensan retornar a mediano plazo, lo que no necesariamente es posible en todos los casos. Además, un alto porcentaje de las unidades de I+D relacionadas con disciplinas como Química, Ciencias Biológicas, Ingeniería Industrial y Agronomía, en las que un número considerable de profesionales planea regresar, reporta limitaciones de infraestructura, una condición que puede afectar su capacidad para recibir a ese talento. La aprobación del empréstito otorgado por el Banco Mundial y que financia el Proyecto de Mejoramiento de la Educación Superior (Ley 9144) atenderá varios de esos problemas en el caso de las universidades adscritas al Conare.

Las entrevistas a la diáspora científica costarricense revelan condiciones salariales adversas, fragilidad en las comunidades de investigación, lentitud y burocracia en los procesos para la adquisición de materiales[4]. Sus miembros plantean un conjunto amplio de recomendaciones para mejorar la capacidad de atraer talento hacia el país, ya sea mediante el retorno de profesionales residentes en el extranjero o estableciendo relaciones de trabajo ágiles entre centros locales y los institutos internacionales donde estos laboran.

Implicaciones

Costa Rica tiene tareas pendientes en el desarrollo del sistema de incentivos, no solo para motivar el regreso de los científicos e ingenieros asentados en otros países, sino también para establecer redes de contacto con aquellos que por diversas razones no pueden hacerlo (familiares, falta de condiciones para llevar adelante sus proyectos en el país).

Es necesario que el Estado haga de la investigación científica y tecnológica un tema prioritario para el desarrollo nacional y, consecuentemente, aporte recursos y genere instrumentos para acceder a diversas modalidades de financiamiento. En este contexto, es importante revisar el marco legal que regula los incentivos directos a las y los investigadores, que prácticamente han sido desmantelados desde que se promulgó la Ley 7169. Para tal efecto, es recomendable considerar modelos internacionales que están siendo exitosos en la promoción de la I+D. Uno de ellos es el Sistema Público de Innovación de Chile, que integra acciones interministeriales para promover la formación de capital humano, fortalecer la base científica y tecnológica y estimular la innovación y la difusión tecnológica. Por otra parte, es necesario aplicar criterios de arraigo al país en los contratos de becas de posgrado en el extranjero, financiados por el Fondo de Incentivos Conicit/Micitt, así como por el Programa de Atracción de Talentos de la Ley 9218.

Información valiosa sobre otras experiencias exitosas pueden aportarla los mismos miembros de la diáspora científica costarricense. En los primeros sondeos y entrevistas efectuados por el Programa Estado de la Nación han surgido las siguientes recomendaciones:

- Analizar los programas de financiamiento para la Ciencia que se han aplicado en México, especialmente el caso de la Universidad Nacional Autónoma de México.

- Estudiar alternativas de financiamiento de los proyectos tecnológicos tipo *start-up* que se

han implementado sobre todo en Chile, pero también en Brasil y Argentina.

- Valorar las iniciativas locales para identificar buenas prácticas, como por ejemplo la decisión adoptada por la UNA, de priorizar la adquisición de equipos que propicien el uso compartido, lo que no solo ahorra dinero, sino que además abre puertas para la comunicación entre centros de investigación (Segnini, 2013).

Frontera de investigación

Se requiere ampliar y mantener actualizada la base de datos de la diáspora científica costarricense, adicionando información sobre las áreas en que se desempeñan, su trayectoria investigativa, las instituciones a las que pertenecen y aquellas con las que mantienen contacto a nivel profesional.

Referencias bibliográficas

González, C. 2013. Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Herrera, R. 2013. Sistematización sobre la institucionalidad de la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Micitt. 2011. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

PEN. 2013. Talento científico costarricense en el extranjero. Consulta realizada entre noviembre de 2012 y marzo de 2013, en el marco del Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Formulario disponible en: <http://200.107.82.52/diaspora.php>.

Red Ticotal. 2014a. ¡De vuelta a casa! Sitio oficial, en <http://ticotal.cr/ticotales-en-el-pais.html>.

_____. 2014b. Talento destacado. Sitio oficial, en <http://ticotal.cr/talento-destacado.html>.

Segnini, M. 2013. Estado de la infraestructura científico-tecnológica en unidades de investigación y desarrollo. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Créditos

La redacción de esta sección fue efectuada por Ana Jimena Vargas.
María Santos y Jorge Vargas Cullell participaron en la **edición técnica.**
Ivania García realizó los **procesamientos de información.**
La base de datos de la diáspora científica, su sistema informático y la dirección electrónica donde se encuentra alojada, fueron desarrollados por Christhian Sanabria, con la asesoría de Carlos González.

Notas

1 Las siete áreas son: i) capital natural, ii) Biotecnología, iii) nuevos materiales y Nanotecnología, iv) tecnologías digitales, v) enfermedades emergentes, vi) Ciencias de la Tierra y el Espacio y vii) energías alternativas.

2 En estas entrevistas participaron veintiséis personas que estudian y/o trabajan en el extranjero, principalmente en Estados Unidos, y cuatro que ya retornaron al país.

3 Los científicos consultados mencionaron con frecuencia el importante papel que tuvieron mentores (profesores, colegas, jefes) que intercedieron en sus casos para conseguir becas, pasantías y contactos con investigadores de otros países, lo que les permitió colocarse y ampliar sus estudios.

4 Así como las restricciones legales que prevalecieron hasta la aprobación de la Ley Reguladora de la Investigación Biomédica, en abril de 2014.

PREGUNTA 12

¿Se observa una **correspondencia** entre la oferta de recurso humano en las disciplinas relacionadas con ciencia y tecnología, y la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación?

Conceptos clave

Áreas estratégicas del ***Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014***

Oportunidades académicas en la educación superior

Oportunidades académicas en la educación media

Situación del país

Persisten asimetrías en la estructura de formación profesional y técnica, y se dificulta establecer una correspondencia clara con la política científica y tecnológica

Importancia del tema

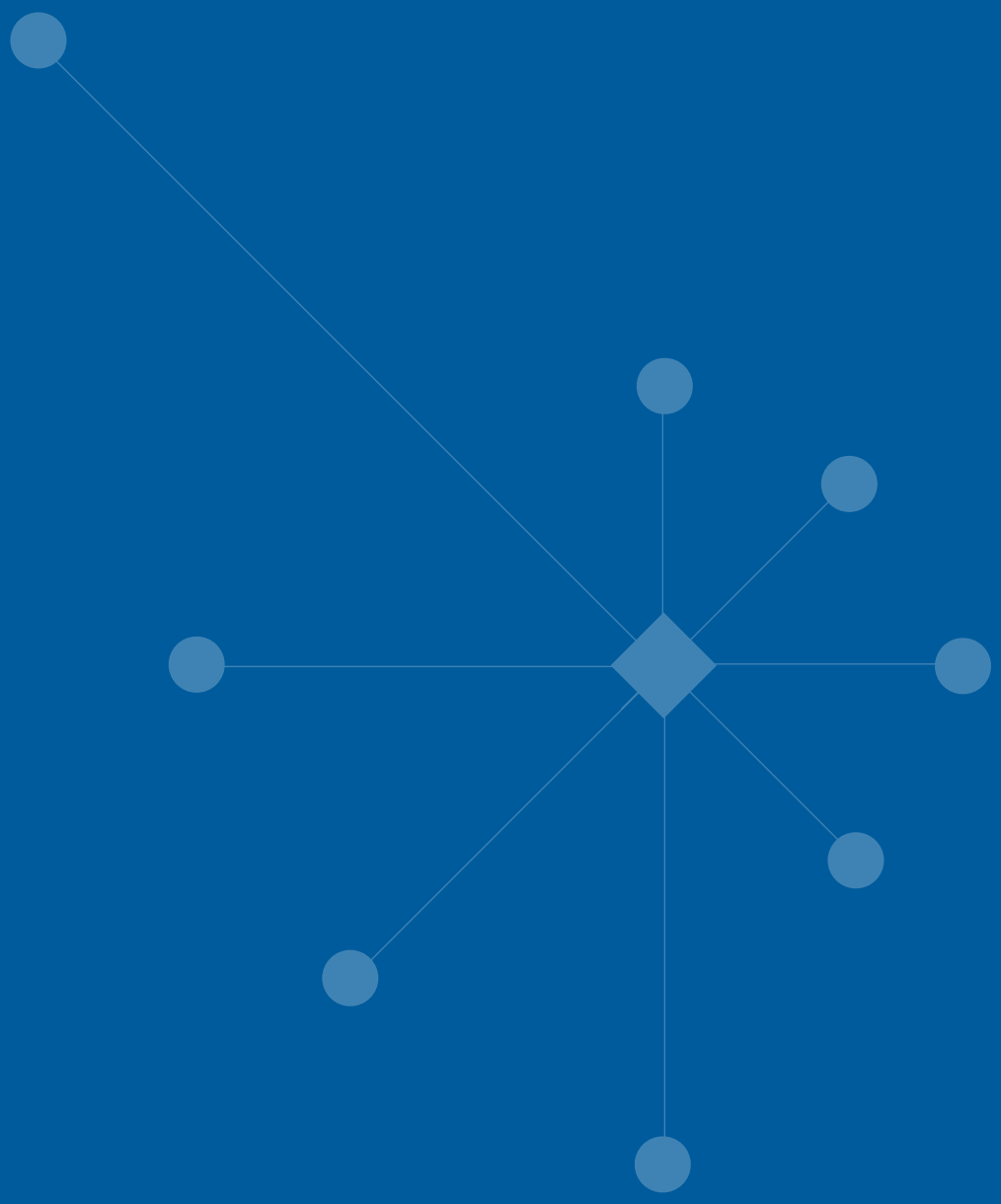
El desarrollo del país se favorece con un mayor acoplamiento entre las prioridades de política pública en ciencia y tecnología, y la oferta de formación de científicos y técnicos.

Implicaciones de política pública

- Promover la formación de recurso humano en áreas que se encuentran estancadas, como ingenierías, tecnologías y técnicos medios y superiores.
- Asegurar la calidad de la oferta curricular en ciencia y tecnología.
- Dar estabilidad a los avances logrados en materia de coordinación interinstitucional.

Investigaciones de base

Matarrita, R. y Sancho, L.A. 2013. Relevancia histórica y prospectiva de los recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

Tal como señala el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*, la disponibilidad de recursos humanos altamente calificados es un factor clave para incrementar la incorporación de conocimiento e innovación a la producción del país y a los servicios que se brinda a la sociedad; además es relevante para la atracción de inversión extranjera directa, en especial en sectores tecnológicos de punta.

El citado Plan identifica siete áreas estratégicas de intervención de la política pública en ciencia y tecnología, y en función de ellas plantea un conjunto de acciones que incluye el fortalecimiento de la formación y actualización de recurso humano de alto nivel en ciencias básicas e ingenierías (Micitt, 2011).

En este contexto, es importante conocer cuál es el grado de acoplamiento de la oferta formativa de las universidades, el INA y el MEP, en relación con el capital humano que requieren las áreas estratégicas definidas por la política pública. Este ejercicio, que no se ha hecho hasta el momento, también permitirá saber si existe correspondencia entre los desafíos que plantea esa política y las demandas del sector productivo nacional.

> **“Pese a la transformación radical de la estructura productiva del país en los últimos veinte años, en 2011 el 58% de la oferta de carreras universitarias y el 70% de los diplomas otorgados se concentraron en las áreas de Ciencias Sociales, Económicas y Educación.”**

Hallazgos relevantes

- **En Costa Rica la oferta de carreras y el número de títulos universitarios tienden a concentrarse en las áreas de Ciencias Sociales, Ciencias Económicas y Educación. En 2011 estas disciplinas agrupaban cerca del 58% de las oportunidades académicas disponibles y alrededor del 70% de los diplomas entregados.**
- **Entre 2001 y 2011 la cantidad de títulos otorgados en carreras relacionadas con ciencia y tecnología casi se duplicó, al pasar de 5.756 a 11.201.**
- **Durante la misma década, el porcentaje de graduados a nivel de grado y posgrado en los campos de ingenierías y tecnologías se mantuvo estancado en alrededor de un 6%, muy por debajo del promedio cercano al 14% que se registró para América Latina y el Caribe en el año 2011.**
- **En el ámbito privado las Ciencias Médicas han cobrado la mayor relevancia. En el período 2001-2011 los diplomas en esta área crecieron a una tasa promedio anual de 11,1%. En las universidades estatales el mayor incremento se dio en Ciencias Exactas y Naturales: se pasó de 956 a 1.425 diplomas, gracias al aporte de la carrera de Computación.**
- **En 2014 solo 38 de las 75 carreras acreditadas en el país tienen relación con la ciencia y la tecnología.**
- **El aumento en las acciones formativas y en la cantidad de participantes sugiere una ampliación en la cobertura del INA. Sin embargo, los datos muestran pocos avances en la formación de técnicos especializados.**
- **Entre 2006 y 2012 el Ministerio de Educación Pública generó cerca de 38.271 técnicos en distintas áreas. Un 42,4% de ellos egresó de programas relacionados con ciencia y tecnología.**
- **En la educación parauniversitaria la oferta es escasa y no está articulada con los niveles universitarios, ni entre las instituciones que conforman el subsector.**
- **Más de la mitad (55,3%) de los préstamos otorgados por Conape entre 2008 y 2012 correspondió a estudiantes de las áreas científicas y tecnológicas.**

Metodología

Para responder la pregunta general planteada para la investigación se analizó el período 2001-2011. Las dimensiones consideradas fueron:

- Oportunidades de estudio existentes en el país, por década, área del conocimiento y grado.
- Serie temporal del número de diplomas otorgados por área del conocimiento, préstamos de Conape, graduados como técnicos medios en el MEP y egresados del INA.
- Correspondencia entre los diplomas entregados y la "empleabilidad" en campos relacionados con las siete áreas estratégicas del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*.

Fuente de información

La principal fuente de información para el estudio fue la plataforma de datos y análisis del *Informe Estado de la Educación*. Para los fines específicos de este trabajo se reprocesó información proveniente de diversas entidades y, complementariamente, se consultó el sistema de seguimiento del Observatorio Laboral de Profesiones (OLaP) del Conare.

Limitaciones del estudio

La información disponible, de carácter secundario, no permite valorar el grado de acople entre las siete áreas de intervención definidas por el Micitt en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación* y la oferta académica para la formación de profesionales y técnicos en ciencia y tecnología.

Principales resultados

El punto de partida: la pirámide distorsionada en ciencia y tecnología

Desde la perspectiva de los niveles de calificación, la estructura del personal dedicado a la ciencia y la tecnología puede visualizarse con la metáfora de una pirámide. En la base más ancha están los operarios calificados, cuya formación les permite trabajar en tareas especializadas, aunque sin mayor complejidad de ejecución. En los niveles intermedios están los técnicos medios y superiores, cuya formación los capacita para realizar labores que demandan niveles crecientes de complejidad y preparación. Aunque no son tan numerosos como los operarios calificados, todo país requiere una dotación relativamente amplia de técnicos, quienes actúan como eslabones entre los profesionales en Ingeniería y Ciencias Exactas, que están en la cúspide de la pirámide, y la base de menor calificación. A los técnicos les corresponde detallar proyectos, distribuir tareas, coordinar trabajos, instruir y supervisar a los operarios. En las naciones más avanzadas, sin embargo, la metáfora de la pirámide puede ser sustituida por la de un pentágono, ensanchada justamente en los estratos técnicos. Pirámide o pentágono, lo cierto es que en ambos casos se considera fundamental una amplia dotación de técnicos medios y altos.

En Costa Rica existe esa pirámide, pero de una manera distorsionada. Para este Informe se realizó un procesamiento de datos relacionados con la disponibilidad de personal en las distintas áreas de la Ingeniería y, como era de esperar, se encontró una amplia base de operarios calificados. No obstante, la educación técnica refleja exiguos avances en la formación de una capa robusta de técnicos medios y superiores. El resultado es que los técnicos son el eslabón débil, una estrecha cintura en la pirámide de la educación técnica del país (PEN, 2011). La base, donde se ubican los operarios calificados, representa el 77,8% de la población con algún tipo de formación técnica (gráfico 12.1).

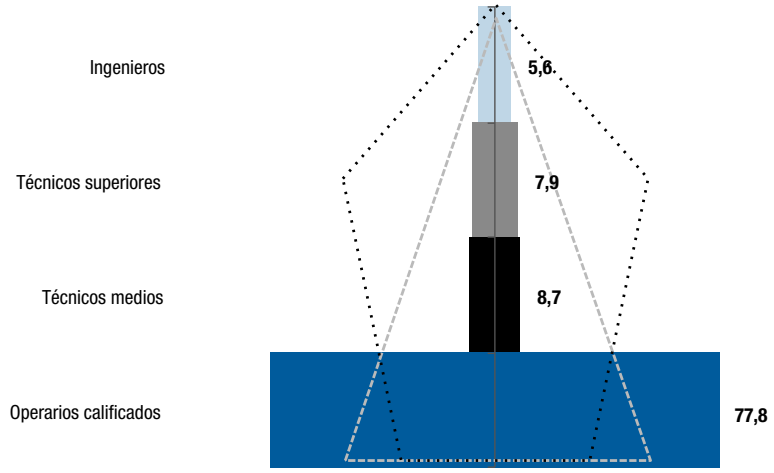
Como se señaló anteriormente, el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* define siete áreas prioritarias de intervención de la política pública, a saber:

- Ciencias de la Tierra y el Espacio
- Nuevos materiales
- Biotecnología
- Capital natural
- Salud (enfermedades emergentes)
- Energías alternativas
- Tecnologías digitales

Sin embargo, retomando la figura de la pirámide, el Plan no busca remediar la distorsión en esa imagen, sino afectar fundamentalmente su cúspide. Su objetivo es que el capital humano sea de alto nivel, para lo cual en algunos de los ejes propone formar, repatriar y retener profesiona-

Gráfico 12.1

Pirámide[a/] de la educación científico-técnica en Costa Rica. 2012
(porcentajes)



a/ Las líneas punteadas son representaciones ideales de una pirámide o pentágono científico-técnico balanceado.

Fuente: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho), del INEC.

les con esa característica. En el caso particular de las tecnologías digitales, pretende impulsar la formación a nivel de pregrado, grado y posgrado, con un énfasis creciente en las áreas menos convencionales. Además recomienda fomentar la formación de técnicos medios y superiores en esas ramas (Micitt, 2011).

Este enfoque de la política se justifica bajo el supuesto de que los perfiles más calificados tienen mayor "empleabilidad" y mayores ingresos salariales, lo que contribuiría a financiar el Presupuesto Nacional por la vía de una base tributaria más amplia (Micitt, 2011). No obstante, desde la perspectiva de este Informe también interesa resaltar el aporte que podrían hacer la oferta técnica y el recurso humano calificado a la base productiva del país, por lo que en los apartados siguientes se presenta una caracterización de ambos factores, a partir de la información disponible.

Oportunidades académicas en la educación superior

Para analizar la formación de capital humano a nivel superior en los ámbitos de ciencia y tecnología, se clasificó la oferta académica universitaria en cuatro áreas: Educación, Ciencias Sociales, Ciencias Económicas y Ciencias Básicas y Exactas (con sus correspondientes desagregaciones). El propósito fue comparar el comportamiento de esta última con el de las otras disciplinas.

Pese a la transformación radical que experimentó la estructura productiva del país en los últimos veinte años, la oferta de carreras universitarias tendió a concentrarse en las áreas de Ciencias Sociales, Ciencias Económicas y Educación. En el año 2011 estas disciplinas agrupaban cerca del 58% del total de oportunidades académicas disponibles en el país (PEN, 2013).

Esta expansión ocurrió principalmente entre 1990 y 2010, período en el cual se creó cerca del 72% de las oportunidades académicas que existen hoy. Este hecho se asocia de manera directa con la fundación de universidades privadas, cuyo número pasó de cinco en la década de los ochenta, a cincuenta en el año 2010. Pese al crecimiento en la cantidad de carreras relacionadas con ciencia y tecnología, en campos como Ciencias Básicas, Agricultura y Recursos Naturales, Ingenierías y Ciencias de la Salud, hay una evidente asimetría si se compara

¿Más información sobre transformación productiva del país?

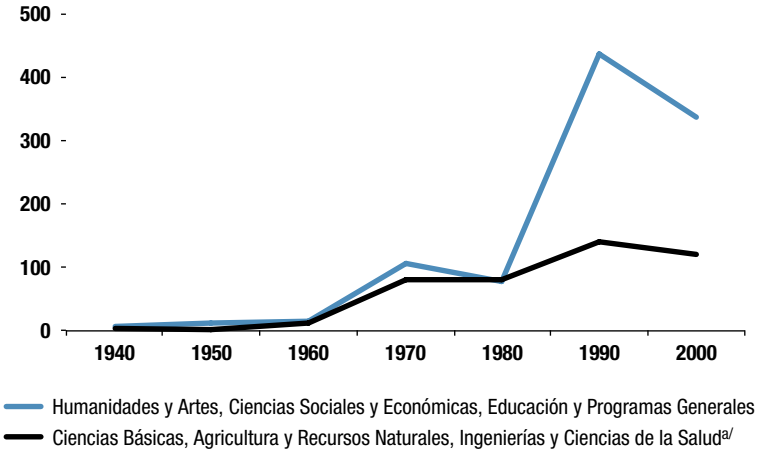
Véase

- Pregunta 14 de este Informe
- *Informes Estado de la Nación*: 17 a 19

en <www.estadonacion.or.cr>

Gráfico 12.2

Carreras creadas en las universidades públicas y privadas de Costa Rica, por década



a/ Constituye una aproximación de las oportunidades académicas en áreas relacionadas con la ciencia y la tecnología, dado que pueden existir discrepancias entre la clasificación utilizada por OPES-Conare y la categorización que sigue el Micitt, apoyado en el *Manual de Frascati 2002*, de la OCDE (Micitt, 2012).

Fuente: Elaboración propia con datos de OPES-Conare.

con un segundo grupo de oportunidades en el que se aglutinan las áreas de Humanidades y Artes, Ciencias Sociales, Ciencias Económicas y Educación (gráfico 12.2).

De las 401 oportunidades relacionadas con ciencia y tecnología disponibles en la actualidad un 42,4% son posgrados, y de ellos el 60% corresponde a Ciencias de la Salud, ámbito en el que se ubican todas las especialidades médicas.

En relación con las carreras científico-tecnológicas, el Micitt (2011) estima que debería duplicarse la cantidad de jóvenes matriculados, lo mismo que los doctorados en las áreas estratégicas. Sin embargo, y aunque las instituciones de educación superior pública están haciendo esfuerzos por aumentar la matrícula, esta proposición debe ser analizada con detalle. Argüello (2012) reporta que el Grupo Interinstitucional en Capital Humano para la Competitividad[1] sugirió a los vicerrectores de Docencia de las universidades estatales un incremento del 20% anual en los cupos de las carreras con mayor demanda, pero la propuesta fue considerada inviable y no sostenible en el tiempo.

No obstante lo anterior, en el informe *Principales resultados alcanzados durante el 2012 y perspectivas para el 2013*, el Grupo Interinstitucional en Capital Humano para la Competitividad documenta una serie de compromisos adquiridos por las universidades estatales, para aumentar progresivamente los cupos de matrícula en las carreras de mayor demanda en áreas como Ingeniería e Informática, aunque no en la magnitud recomendada por el Micitt (cuadro 12.1).

Un tema clave para valorar la correspondencia entre la política pública y las oportunidades de formación en ciencia y tecnología es la calidad de la oferta académica. La poca información que existe al respecto se deriva de los procesos de acreditación de carreras ante el Sinaes. Para el año 2014, de las 75 carreras acreditadas en el país, 38 se relacionan con ciencia y tecnología; 27 de ellas son impartidas por universidades estatales y, dentro de este grupo, 16 han obtenido su reacreditación.

La rama de Ingeniería y Tecnología es la que tiene más carreras acreditadas, con un total de doce. No obstante, esta cifra es baja si se considera que en 2011 existían alrededor de 401 oportunidades académicas ligadas a Ciencias Básicas, Ciencias de la Salud, Computación, Ingeniería y Recursos Naturales (cuadro 12.2).

Al observar la expansión de las oportunidades

Cuadro 12.1

Compromisos adquiridos por las universidades estatales en cuanto a la matricula en carreras de Ingeniería e Informática. 2012

Universidad	Decisión de aumentar la matrícula en:
Universidad de Costa Rica	10% cada cinco años en las carreras de Ingeniería a partir de 2013.
Instituto Tecnológico de Costa Rica	20% en algunas carreras de Ingeniería a partir de 2013.
Universidad Nacional	Todas las carreras y posgrados en el área de Informática.
Universidad Estatal a Distancia	20% en la carrera de Ingeniería Informática y apertura de nuevas ofertas en el área de Ingeniería en 2014.

Fuente: Elaboración propia con base en Grupo Interinstitucional en Capital Humano para la Competitividad, 2013.

Cuadro 12.2

Carreras acreditadas y reacreditadas según área de ciencia y tecnología. 2014

Área	Acreditada	Reacreditada	Total
Ingeniería y Tecnología	9	3	12
Ciencias Exactas y Naturales	6	4	10
Ciencias Agrícolas	2	3	5
Ciencias Médicas	5	6	11
Total	**22**	**16**	**38**

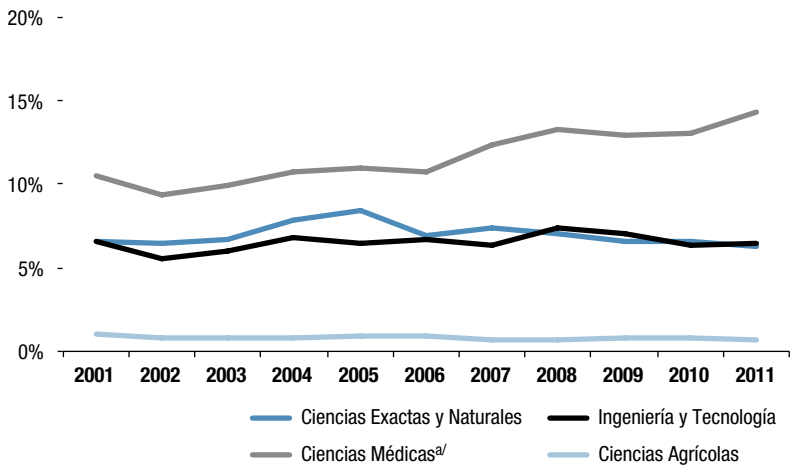
Fuente: Elaboración propia con datos del Sinaes.

académicas y la escasa acreditación, se torna muy relevante la vigilancia de la calidad de la educación superior, máxime teniendo en cuenta que, en el período 1995-2011, la cantidad de títulos otorgados en el país en las diferentes áreas del conocimiento pasó de 12.665 a 40.310, es decir, aumentó 3,2 veces en menos de veinte años. En las carreras de Ciencias Exactas y Naturales, Ingeniería y Tecnología, Ciencias Médicas y Ciencias Agrícolas, agrupadas bajo la categoría de ciencia y tecnología, el número de diplomas casi se duplicó entre 2001 y 2011, al pasar de 5.756 a 11.201, lo que equivale en promedio a un 26,2% de la titulación general del período. Dentro de este grupo, el área de Ciencias Médicas tiene la mayor representación en términos relativos, por encima del 13% entre 2008 y 2011; Ingeniería y Tecnología está ligeramente por encima del 6%, mientras que Ciencias Agrícolas se mantuvo por debajo de un 1% en los años analizados (gráfico 12.3). En contraste, las áreas de Ciencias Sociales[2] y Educación registran porcentajes de graduados mucho mayores: 38,9% y 32,2% respectivamente (recuadro 12.1).

En el ámbito de ciencia y tecnología, el grupo de Ciencias Médicas reflejó el mayor crecimiento de la cantidad de títulos, a un ritmo anual promedio de 8,9%, seguido por Ingeniería y Tecnología (5,5%), Ciencias Naturales y Exactas (5,2%) y finalmente Ciencias Agrícolas, con apenas un 1,5%. La expansión fue mayor en el sector privado. En las 52 universidades privadas existentes en el país, la cantidad de títulos pasó de 3.069 a 7.544 entre 2001 y 2011, lo que implica un crecimiento anual promedio del 9,4%. En las universidades estatales los diplomas en ciencia y tecnología se incrementaron a un ritmo del 3,1% anual, y pasaron de 2.687 a 3.657 en el mismo período.

Gráfico 12.3

Diplomas otorgados a nivel de grado y posgrado en ciencia y tecnología, según área del conocimiento



a/ En Ciencias Médicas se incluye el área de tecnologías médicas.

Fuente: Elaboración propia con datos de OPES-Conare.

Recuadro 12.1

Diplomas en ciencia y tecnología otorgados en el contexto latinoamericano

A pesar del consenso sobre la necesidad de aumentar la cantidad de ingenieros y tecnólogos, Costa Rica muestra una asimetría más pronunciada que el promedio de América Latina y el Caribe en la relación de graduados en las diversas disciplinas de ciencia y tecnología, versus las áreas de Ciencias Sociales y Humanidades. Mientras en el país esa relación es de 2,6 veces a favor del segundo grupo, en el resto de la región la diferencia es de 1,7 veces.

Entre las áreas científicas y tecnológicas más “castigadas” están las Ciencias Exactas y Naturales y las Ciencias Agrícolas. Además, en Costa Rica el porcentaje de graduados en carreras de Ingeniería y Tecnología se mantiene estancado en alrededor de un 6%, muy por debajo del promedio cercano al 14% que se registra en las demás naciones de América Latina y el Caribe, según datos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología –Iberoamericana e Interamericana– (Ricyt) para el año 2011 (gráfico 12.4).

Fuente: Elaboración propia con datos de Ricyt.

En la educación superior privada el ámbito que cobró más relevancia fue el de Ciencias Médicas, con un crecimiento anual de 11,1%, mientras que los campos de Ingeniería y Tecnología y Ciencias Exactas y Naturales registraron tasas de 6,9% en ambos casos. Entre 2009 y 2011, en promedio, el 70% de los títulos en Ciencias Médicas correspondió a Enfermería (35%) y Medicina (35%). Dentro de la misma área, en 2011 la rama de Tecnologías Médicas reportó alrededor de 1.319 títulos. En el caso de las Ciencias Exactas y Naturales el número de títulos otorgados se asocia principalmente a la carrera de Computación, que en promedio representó el 97,4% del total en esa área.

En las universidades estatales el mayor incremento se dio en Ciencias Exactas y Naturales, donde los diplomas pasaron de 956 a 1.425 (crecimiento anual promedio de 4,1%). Las demás áreas crecieron a ritmos menores: 3,9% en Ingeniería y Tecnología y 1,4% tanto en Ciencias Médicas como en Ciencias Agrícolas. También en este caso la rama de Computación es la que más aporta al crecimiento de la titulación en Ciencias Exactas y Naturales, con más de la mitad (57,3%) de los diplomas otorgados (gráfico 12.5).

Los títulos de posgrado (especialidad, maestría y doctorado) representan una proporción baja del total de diplomas en disciplinas científicas y tecnológicas. En las universidades privadas tan solo ascienden a un 5,0% y en las públicas a un 14,3%. Entre 2001 y 2011 se otorgaron 7.522 diplomas de posgrado, de los cuales, en promedio, el 75% correspondió a maestrías. En el mismo período se reportó un total de 108 diplomas de doctorado, la mitad de ellos en centros privados[3].

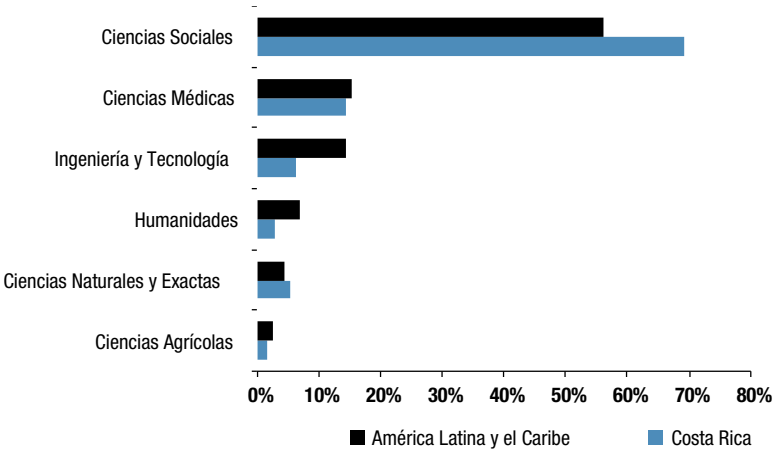
En este contexto ha jugado un papel fundamental la Comisión Nacional de Préstamos para Educación (Conape), que en el período 2008-2012 destinó más de la mitad de sus créditos a financiar el acceso a carreras relacionadas con la ciencia y tecnología (recuadro 12.2).

Oportunidades académicas en la educación técnica media

En Costa Rica, la formación de técnicos medios y superiores corresponde a tres instituciones: el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), el Ministerio de Educación Pública (MEP), por medio de la modalidad de educación técnica, y los centros parauniversitarios. En este

Gráfico 12.4

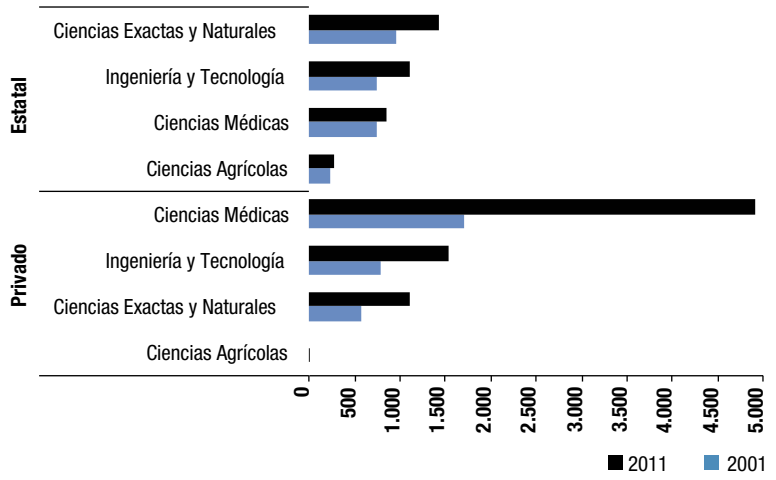
Títulos de grado por área de ciencia y tecnología para Costa Rica y el promedio de América Latina y el Caribe. 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de Ricyt.

Gráfico 12.5

Diplomas otorgados[a/] por las universidades en carreras relacionadas con ciencia y tecnología, según sector



a/ Incluye diplomas de grado y posgrado.

Fuente: Elaboración propia con datos de OPES-Conare.

Recuadro 12.2

Préstamos otorgados a estudiantes de carreras de ciencia y tecnología

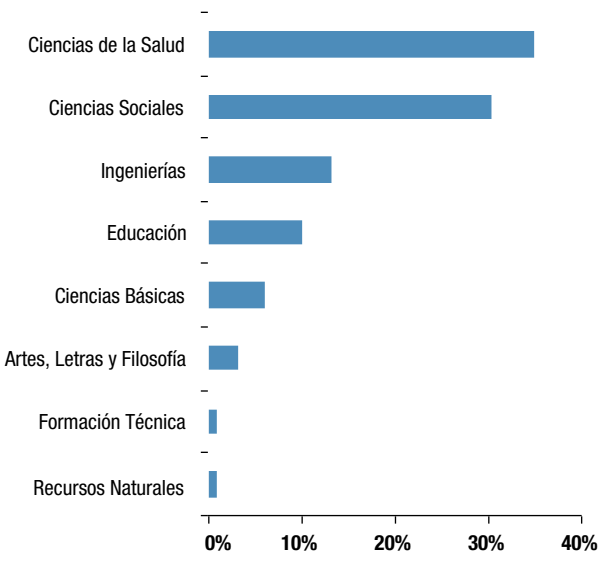
El *Cuarto Informe Estado de la Educación* (2013) señala que los beneficios de la Comisión Nacional de Préstamos para Educación (Conape) han sido vitales para el acceso de la población a los centros privados de educación superior. Entre 1999 y 2010 los préstamos otorgados crecieron en forma acelerada, tanto en cantidad como en monto. No obstante, en 2011 esa entidad sufrió una caída de 15.000 millones de colones en sus ingresos, como resultado de un cambio en la Ley de Banca para el Desarrollo que redujo de 5% a 2% el porcentaje de las utilidades que los bancos estatales deben entregarle. Esto provocó que ese año el número de colocaciones cayera un 43% con respecto al 2010, al pasar de 8.067 a 4.601.

Para el quinquenio 2008-2012, un 35,0% de los préstamos se otorgó a estudiantes de Ciencias de la Salud, lo que ubica a esta área como la más relevante en cuanto a la asignación de créditos. El resto se dirigió, en orden de importancia, a las carreras de Ciencias Sociales (30,3%), Ingenierías (13,3%), Educación (10,2%) y Ciencias Básicas (6,0%). Las áreas de Formación Técnica y Recursos Naturales representaron alrededor de un 1% de los préstamos colocados (gráfico 12.6). En términos relativos, más de la mitad de los créditos correspondió a disciplinas relacionadas con ciencia y tecnología (55,3%).

Fuente: Elaboración propia con datos de Conape.

Gráfico 12.6

Préstamos otorgados por Conape, según área. 2008-2012



Fuente: Elaboración propia con datos de Conape.

apartado se presenta información sobre las dos primeras. Los datos sobre la educación parauniversitaria son muy escasos, motivo por el cual solo se hace una breve referencia a ella.

Con respecto al INA, el *Cuarto Informe Estado de la Educación* señaló que si bien el aumento en las acciones formativas y en la cantidad de participantes sugiere una mayor cobertura, se observan pocos avances en la formación de técnicos especializados. En 2012, el 68,9% de las 32.019 personas que egresaron de sus planes y programas lo hicieron como trabajadores calificados, mientras que los graduados de los niveles técnico y técnico especializado apenas representaron un 28,0%. Entre los años 2010 y 2012 la proporción de estos últimos mostró una reducción de 11,3%.

En el nivel técnico, los subsectores productivos relacionados con las áreas de ciencia y tecnología, en conjunto, representan alrededor de un 20,1% del total de egresados del INA, excluyendo el caso particular del programa de Informática y Comunicación, que por sí solo genera un 35% de los egresados. El sector Eléctrico, después de Informática, fue el que produjo más egresados entre 2010 y 2012, seguido por Tecnologías de

Materiales y Mecánica de Vehículos. Este último es el que reporta la mayor cantidad de técnicos especializados (gráfico 12.7). Según los datos de la tercera encuesta "Pulso Empresarial", realizada en 2012 por la Unión Costarricense de Cámaras y Asociaciones del Sector Empresarial Privado (Uccaep), el 72% de los empresarios considera que la oferta del INA responde a la demanda de su sector (Uccaep, 2012).

La segunda institución que contribuye a la formación técnica del recurso humano es, como se dijo antes, el MEP. De las aulas de sus colegios técnicos egresaron 38.271 personas entre 2006 y 2012, un 42,4% de ellas de disciplinas vinculadas a la ciencia y la tecnología. El área de Ingeniería y Tecnología, aunque sufrió un descenso entre el principio y el final del período considerado, fue la que registró la mayor cantidad de egresados en especialidades como mecánica automotriz, electrotecnia, electrónica, refrigeración y mantenimiento industrial, entre otras. Le siguen las Ciencias Agrícolas, con especialidades como agroindustria, producción agrícola y pecuaria, y Ciencias Exactas y Naturales, ligada al campo de la Informática (gráfico 12.8).

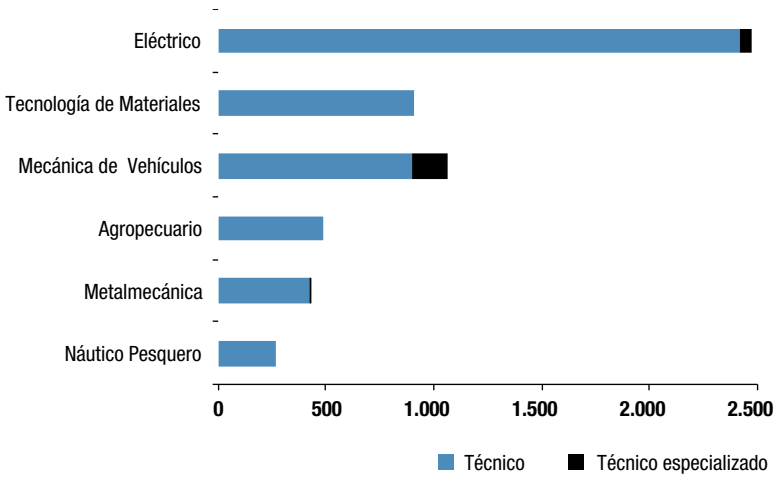
La vinculación entre el sistema educativo y los sectores productivos es fundamental para asegurar la correspondencia entre la oferta de formación técnica y la demanda de graduados. El Departamento de Vinculación con la Empresa y la Comunicad del MEP procura servir como intermediario entre ambos sectores, a través de encuentros con empresarios, pasantías, prácticas profesionales supervisadas y diseño de estrategias de intervención, entre otras iniciativas (PEN, 2013).

Por otra parte, el *Tercer Informe Estado de la Educación* reportó que, pese a los esfuerzos para diversificar la oferta y ampliar la cobertura, desde 1990 las especialidades técnicas apenas representan un 20% de la matrícula del tercer ciclo y la educación diversificada. Este es un porcentaje muy reducido si se compara con otros sistemas educativos del mundo, donde los mínimos se acercan al 40%. En Austria, Bélgica, Finlandia, Alemania y Noruega es igual o superior al 60% (PEN, 2011).

Es importante subrayar que la creación de colegios técnicos no fue una prioridad entre 1990 y 2010. Durante ese período la atención se concentró en la modalidad académica, con lo cual la participación de los centros técnicos en el total de instituciones educativas pasó del 30,1% al 11,7% (PEN, 2011). No obstante, la cuar-

Gráfico 12.7

Egresados de planes y programas del INA a nivel técnico y técnico especializado, en algunos subsectores relacionados con ciencia y tecnología[a/]. 2010-2012

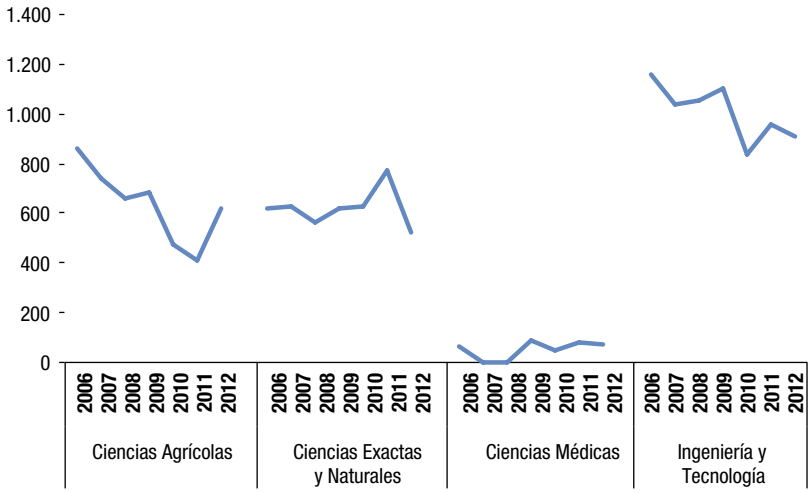


a/ Excluye el programa de Informática y Comunicación, que en el período considerado generó 9.833 egresados, de los cuales 336 eran técnicos especializados.

Fuente: Elaboración propia con datos del INA.

Gráfico 12.8

Graduados como técnicos medios en colegios del MEP, según áreas de ciencia y tecnología



Fuente: Elaboración propia con datos del Departamento de Análisis Estadístico del MEP.

ta edición del *Informe Estado de la Educación* constató que la situación empezó a cambiar entre los años 2009 y 2012, cuando en aras de ampliar la cobertura de la educación técnica el MEP creó 62 nuevos servicios. De ellos, 24 corresponden a nuevos colegios y 38 a secciones nocturnas (PEN, 2013).

Con respecto a la educación parauniversitaria, el *Tercer Informe Estado de la Educación* señaló que la oferta es escasa y no está articulada con los niveles universitarios, ni entre las instituciones que conforman el subsector. Además, no es posible dar cuenta de la evolución de la cobertura de esta modalidad, ni conocer datos de titulación, ya que en el país no existe una entidad que registre esa información de modo sistemático. Además, la oferta estatal sufrió una reconfiguración a partir de la creación de la Universidad Técnica Nacional (UTN)[4], en el 2008.

No obstante lo anterior, se pueden documentar logros puntuales de algunas instituciones, como las becas para cursar carreras técnicas que el Ministerio de Trabajo y el Fondo Nacional de Becas (Fonabe) otorgaron a 2.000 jóvenes en riesgo social, la ampliación del programa de transformación de plástico para la industria médica y de manufactura avanzada del INA, y la aprobación, por parte del Consejo Superior de Educación, de dos nuevas opciones en la oferta del MEP: "Productividad y calidad" y "Administración, logística y distribución" (Grupo Interinstitucional en Capital Humano para la Competitividad, 2013).

Correspondencia con las áreas de intervención de la política pública en ciencia y tecnología

Este apartado explora cuán lejos se encuentra la oferta de graduados con respecto al *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*. Para ello se agrupan las disciplinas que más se relacionan con las siete áreas estratégicas definidas en el Plan[5] y se presenta una aproximación del número de títulos otorgados en cada una de ellas por las universidades públicas y privadas (cuadro 12.3).

Es importante subrayar que este ejercicio tiene un carácter preliminar, pues las fuentes de información disponibles y las definiciones que emplea el Micitt en el Plan no son enteramente comparables. Debido a que las áreas estratégicas de la política pública incluyen tanto campos del conocimiento como tecnologías convergentes, no es posible hacer un cotejo *vis a vis* con la oferta curricular. De hecho, algunos profesionales pueden desempeñarse en varias áreas estratégicas, ya que, en el análisis, un mismo diploma puede estar considerado en más de una de esas áreas.

Las áreas estratégicas que tienen un mayor número de títulos profesionales son campos de alta transversalidad, pues corresponden a tecnologías convergentes, como las energías

Cuadro 12.3

Títulos otorgados[a/] por las universidades en las disciplinas relacionadas con las áreas de intervención de la política pública en ciencia y tecnología, por sector. 2012

Sector y área estratégica	Diplomas
Estatal	
Energías alternativas	429
Tecnologías digitales	373
Capital natural	281
Biotecnología	222
Nanotecnología	177
Enfermedades emergentes	108
Ciencias de la Tierra y el Espacio	24
Privado	
Tecnologías digitales	805
Energías alternativas	762
Capital natural	14

a/ Los títulos considerados corresponden al grado de bachiller universitario, con las siguientes excepciones: i) cuando el grado mínimo en la carrera es el de licenciatura, como sucede en Ingeniería Química, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Electrónica, Microbiología y Química Clínica, ii) en las especialidades médicas, por cuanto el área de intervención de "enfermedades emergentes" no se refiere a los campos de la salud en general, sino a la atención de patologías como dengue, paludismo, cólera 0139, difteria, anthrax, sífilis, tuberculosis y oncocercosis.

Fuente: Micitt, 2011 y OPES-Conare.

alternativas y las tecnologías digitales.

Las universidades estatales son las que más cumplen con la tarea de suplir personal en los campos señalados por la política pública. Las privadas solo gradúan profesionales en tres de las siete áreas programáticas. En ambos casos hay una alta concentración en tecnologías digitales y energías alternativas.

Los resultados de un estudio efectuado por el Observatorio Laboral de Profesiones (OLaP) del Conare (recuadro 12.3) reflejan una débil correspondencia entre la política científica y la demanda de recursos humanos en el país. Una de las siete áreas en las que, según la política, interesa graduar profesionales, se asocia con una de las carreras que registran mayor desempleo: Biología. Las personas que se desempeñen en disciplinas relacionadas con enfermedades emergentes, así como en varias de las especialidades de Ingeniería, son las que tendrían mayores oportunidades laborales (cuadro 12.4).

Dictamen

En el período 2001-2011, la oferta de carreras universitarias tendió a concentrarse en las áreas de Ciencias Sociales, Ciencias Económicas y Educación, lo cual dista de las recomendaciones de la política pública en materia de ciencia y tecnología. Esta asimetría es más aguda si se compara a Costa Rica con el promedio para América Latina y el Caribe: a nivel de ingenierías y tecnologías, por ejemplo, la titulación se ha estancado en alrededor de un 6%, mientras que en los demás países de la región ronda el 14%.

Recuadro 12.3

Seguimiento de la condición laboral de las y los graduados universitarios

De acuerdo con el estudio *Seguimiento de la condición laboral de las personas graduadas 2000-2007 de las universidades costarricenses*, elaborado por el Observatorio Laboral de Profesiones (OLaP) del Conare, el nivel de desempleo en la población analizada es relativamente bajo: 1,99%. Sin embargo, ese porcentaje varía según la disciplina; en el año 2010 la tasa de desempleo fluctuó entre 0,96% en el área de Ciencias de la Salud y 3,11% en Ciencias Básicas. En las Ingenierías fue de 1,66%.

En las áreas de Recursos Naturales, Ciencias Básicas, Ciencias de la Salud e Ingeniería, menos de un 2,5% de las y los graduados se desempeña en un puesto con baja o nula relación con su campo de estudio. En términos generales, un 43% de las personas desempleadas considera que se le hace difícil conseguir trabajo porque hay baja demanda de profesionales en su especialidad. Además señalan la escasa experiencia (15%) y el estar sobrecalificados (13%) como obstáculos adicionales para la obtención de un empleo.

Al considerar los indicadores de desempleo, subempleo por insuficiencia de horas y empleo que tiene poca relación con el campo de estudio, las disciplinas que muestran mejores condiciones laborales son: Estadística, Archivística, Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería en Electromedicina, Imagenología Diagnóstica y Terapéutica y Microbiología. La situación contraria se observa en el caso de la Biología: sus porcentajes de desempleo (10,8%), subempleo por insuficiencia de horas (6,6%) y de trabajos con poca o ninguna relación con el campo de estudio (14,7%) son altos con respecto a los valores medios. Por otra parte, las carreras de Periodismo (7,1%), Terapia Física (5,1%) y Diseño de Interiores (11,8%) coinciden en sus altos porcentajes de desempleo.

Fuente: Gutiérrez Coto y Kikut, 2012.

Cuadro 12.4

Tasa de desempleo de graduados en disciplinas asociadas a las siete áreas estratégicas del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*. 2010

Disciplina[a/]	Tasa de desempleo	Energías alternativas	Tecnologías digitales	Capital natural	Bio-tecnología	Nano-tecnología	Enfermedades emergentes	Ciencias de la Tierra y el Espacio
Biología	10,8			X	X	X		
Ciencias Forestales y Ecología	4,5			X				
Física	3,8					X		X
Ingeniería Agrícola	3,7			X				
Geología	2,8							X
Ingeniería Química	2,7	X			X	X		
Computación	2,6		X					
Ingeniería Electrónica	2,1	X						
Ingeniería Industrial	1,6	X						
Química	1,2	X			X	X		
Agronomía	0,9			X				
Ingeniería Mecánica	0,9	X						
Ingeniería Eléctrica	0,0	X						
Ingeniería de los Materiales	0,0					X		
Microbiología	0,0						X	
Rango de desempleo		0,0 a 2,7	2,7	0,9 a 10,8	1,2 a 10,8	0,0 a 10,8	0,0	2,8 a 3,8

Nota: a/ Las disciplinas corresponden a las incluidas en el estudio de OLAP-Conare, 2012.

Fuente: OLAP-Conare, 2012 y Micitt, 2011.

¿Más información sobre personal científico técnico en Costa Rica?

Véase

- Pregunta 13 de este Informe

Sin embargo, se observan logros en términos de un crecimiento en el número de oportunidades y nuevos profesionales en campos relacionados con ciencia y tecnología, aunque el bajo nivel de acreditación de las carreras, así como de la "empleabilidad" de los graduados en algunas de las áreas que propone la política pública, señalan con claridad retos aún pendientes de atención.

Con excepción del eje de tecnologías digitales, la política científica se enfoca en la formación de capital humano de alto nivel. No obstante, algunos estudios de demanda proyectada señalan la necesidad de aumentar la cantidad de personal con capacidades técnicas. Esto coincide con lo planteado por el *Cuarto Informe Estado de la Educación* (2013), en el sentido de que son pocos los resultados que ha logrado el país en sus esfuerzos por formar una capa robusta de técnicos medios y superiores. Así lo muestra la pirámide de educación técnica comentada al inicio de esta sección del Informe, en la cual es evidente el predominio de los operarios calificados (77,8%), en detrimento del personal técnico con mayores niveles de calificación.

Aunque la información aquí presentada es relevante para caracterizar la oferta de capital humano en Costa Rica e identificar retos pendientes, no es suficiente para afirmar que existe (o no) correspondencia entre la oferta en ciencia y tecnología y la política pública en la materia. El enfoque de esta última, unida a la carencia de información –que se detalla más adelante–, dificultan la formulación de una respuesta robusta a la interrogante planteada. En primer lugar, no hay una relación *vis a vis* entre las disciplinas científicas y tecnológicas y los siete ejes programáticos propuestos en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*, ya que varios de ellos no corresponden a áreas del conocimiento, sino a tecnologías conver-

gentes con una alta transversalidad. Si bien formar profesionales y técnicos con destrezas en estos ámbitos es conveniente, dado su potencial impacto en varios sectores productivos, el empate con las prioridades de la política pública no es sencillo.

Implicaciones

Para asegurar la correspondencia entre la oferta curricular y la política científica y tecnológica es importante redoblar esfuerzos en materia de coordinación interinstitucional. En esta línea, dar solidez y estabilidad al Grupo Interinstitucional en Capital Humano para la Competitividad puede ser muy conveniente para el país, a fin de tener una instancia que promueva acuerdos y genere recomendaciones para apoyar el diseño e implementación de políticas públicas en áreas clave para fortalecer la productividad y la innovación, sin descuidar la necesidad de contar con un acervo de profesionales capaces de atender los principales problemas del entorno natural, en el marco de un desarrollo económico y social sostenido.

De manera más específica, contar con un grupo interinstitucional de alto nivel será crucial para garantizar y monitorear la implementación de los compromisos adquiridos por las universidades estatales, en el sentido de aumentar progresivamente los cupos de matrícula en las carreras de mayor demanda proyectada, como las de Ingeniería e Informática, y para revertir el estancamiento en la formación de técnicos medios y superiores. Asimismo, ante la creciente oferta de programas académicos, conviene fomentar su acreditación.

Frontera de investigación

Costa Rica no dispone de indicadores básicos como la matrícula por universidad y carrera, que sirvan de base para dar cuenta del avance en la formación de capital humano a nivel de pregrado, grado y posgrado. Tampoco a nivel parauniversitario existe una entidad que registre de manera sistemática la matrícula, por lo que no es posible monitorear la evolución de su cobertura, ni se conocen los resultados que genera (titulación), más allá de las estimaciones basadas en los censos de población.

La falta de un registro completo de las instituciones educativas y de datos desagregados sobre graduados de universidades privadas, son otros vacíos en la información disponible que impiden obtener una estimación robusta de la oferta profesional en el país (Argüello, 2012).

Referencias bibliográficas

Argüello, S. 2012. Capital Humano para la Competitividad. San José: Grupo Interinstitucional en Capital Humano para la Competitividad.

Grupo Interinstitucional en Capital Humano para la Competitividad. 2013. Principales resultados alcanzados durante el 2012 y perspectivas para el 2013. San José: Grupo Interinstitucional en Capital Humano para la Competitividad.

Gutiérrez Coto, I. y Kikut, L. 2012. Situación laboral de las personas graduadas en el periodo 2000-2007 de universidades costarricenses. Ponencia preparada para el Cuarto Informe Estado de la Educación. San José: PEN.

Matarrita, R. y Sancho, L.A. 2013. Relevancia histórica y prospectiva de los recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Micitt. 2011. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

_____. 2012. Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación 2010-2011. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

OLaP-Conare. 2012. Seguimiento de la condición laboral de las personas graduadas 2000-2007 de las universidades costarricenses. San José: Observatorio Laboral de Profesiones, Consejo Nacional de Rectores.

PEN. 2011. Tercer Informe Estado de la Educación. San José: PEN.

_____. 2013. Cuarto Informe Estado de la Educación. San José: PEN.

Uccaep. 2012. Tercera Encuesta Trimestral de Negocios "Pulso Empresarial" 2012. San José: Unión Costarricense de Cámaras y Asociaciones del Sector Empresarial Privado.

Créditos

La preparación de esta pregunta estuvo a cargo de Dagoberto Murillo.
La edición técnica fue realizada por María Santos y Jorge Vargas Cullell.

Notas

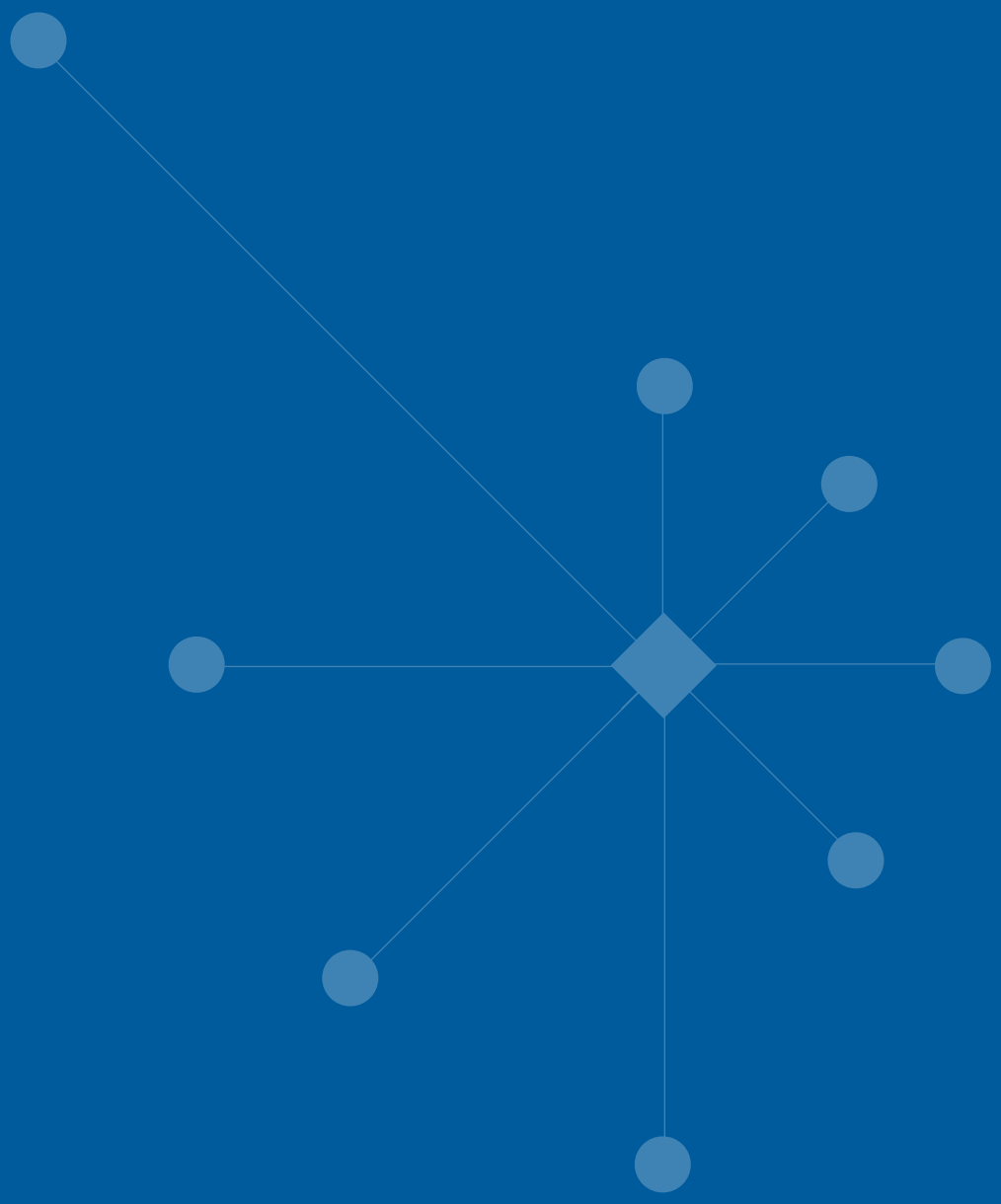
1 El Grupo Interinstitucional en Capital Humano para la Competitividad es un comité informal, ***ad hoc***, que brinda apoyo al Consejo Presidencial de Competitividad e Innovación. En él participan los ministerios de Comercio Exterior, Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones, Educación Pública y Trabajo y Seguridad Social, así como Cinde, el INA, la Secretaría Técnica del Consejo Presidencial de Competitividad, el Consejo Privado para la Competitividad, la Fundación Costa Rica Multilingüe y las universidades adscritas al Conare.

2 Incluye Ciencias Económicas.

3 De ese total, 53 diplomas fueron otorgados en el área de Ciencias Médicas (2007) y uno en el área de Ingeniería y Tecnología (2006).

4 La UTN se constituyó mediante la fusión del Colegio Universitario de Alajuela (CUNA), el Colegio Universitario de Puntarenas (CUP), el Colegio Universitario para el Riego y Desarrollo del Trópico Seco (CURDTS), la Escuela Centroamericana de Ganadería (ECAG) y el Centro de Investigación y Perfeccionamiento para la Educación Técnica (Cipet; PEN, 2011).

5 Siguiendo la descripción del Micitt para cada una de ellas.



PREGUNTA 13

¿Se ajusta la estructura ocupacional en ciencia y tecnología a los **cambios en el sector productivo?**

Conceptos clave

Estructura del mercado de trabajo

Ocupaciones en ciencia y tecnología

Sectores productivos

Posicionamiento internacional

Situación del país

Estructura ocupacional poco alineada con las transformaciones de la estructura productiva del país

Importancia del tema

La estructura productiva del país ha tendido a concentrarse aceleradamente en las actividades vinculadas al sector servicios y en actividades de alto contenido tecnológico en la industria manufacturera, cuyas demandas requieren rápidas transformaciones en la estructura laboral.

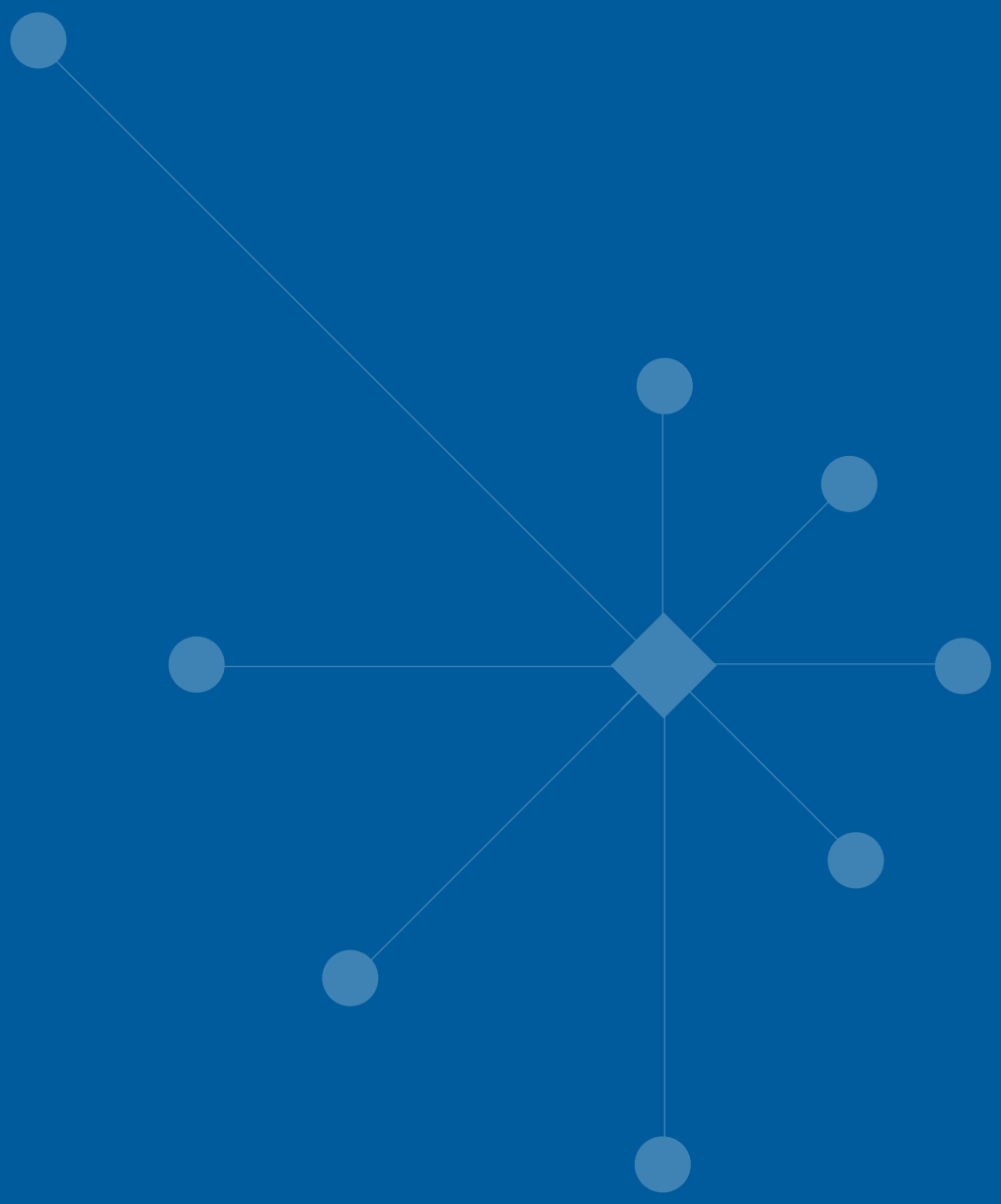
Implicaciones de política pública

Fomento de iniciativas que orienten la transformación de la estructura laboral hacia mayores niveles de calificación, en respuesta a los cambios que está teniendo la estructura productiva del país.

Investigaciones de base

Castrillo, M. 2013. Manual de clasificación de ocupaciones de Costa Rica en los censos de 2000 y 2011. Contribución especial realizada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Matarrita, R. y Sancho, L.A. 2013. Relevancia histórica y prospectiva de los recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

En las últimas décadas, la estructura productiva de Costa Rica ha mostrado una acelerada tendencia a la concentración en actividades vinculadas al sector servicios. Paralelamente, el Estado ha dedicado importantes esfuerzos de política pública al impulso de actividades de alto contenido tecnológico en la industria manufacturera.

Como parte de esta dinámica, el mercado de trabajo ha experimentado cambios que van de la mano con la transformación de la estructura productiva. Sin embargo, las actividades más modernas y relacionadas con el sector externo tienen una capacidad de generar empleo mucho menor que la de las ramas productivas más tradicionales y vinculadas al mercado interno (PEN, 2012).

El estilo de desarrollo del país, orientado a impulsar una producción de alto contenido tecnológico y de innovación, demanda que la oferta de profesionales y la estructura del mercado laboral estén alineadas con ese objetivo. Pese a ello, se observan dificultades para avanzar en la formación del recurso humano que satisfaga tal necesidad. Argüello (2012) señala una brecha importante entre la oferta y la demanda de empleo en actividades de alto valor agregado.

En el ámbito de la ciencia y la tecnología existe poca información acerca del cambio en la estructura ocupacional y la demanda proyectada de profesionales en esas áreas, por parte de los sectores productivos.

Hallazgos relevantes

- **El perfil de los profesionales en ciencia y tecnología es una ventaja que ha permitido un mejor posicionamiento de este grupo en las actividades productivas de la “nueva economía”.**
- **Aunque los profesionales en ciencia y tecnología han logrado una inserción exitosa en la “nueva economía”, no es posible distinguir una relación estrecha entre el incremento de su participación laboral y las ramas productivas que más aportan al crecimiento del PIB.**
- **El mayor cambio en la estructura de los ocupados en ciencia y tecnología se concentra en el sector terciario o de servicios, aunque es menor al crecimiento promedio del país. No se registran grandes cambios en los sectores primario y secundario.**
- **La brecha estimada entre la oferta educativa y la demanda laboral en las ramas de Ciencias de la Vida, manufactura avanzada y servicios, tanto para técnicos como para graduados universitarios, ronda el 40%. Sin embargo, hay serias limitaciones de información que impiden cuantificar la escasez de profesionales de alto perfil en el país.**
- **Existen contradicciones entre los buenos resultados que obtiene Costa Rica en el índice de capital humano del Foro Económico Mundial (FEM) y las preocupaciones internas sobre la escasez de profesionales en ciencia y tecnología.**

Metodología

Se analizó el período 2000-2011, considerando las siguientes dimensiones:

- Estructura de la población ocupada en ciencia y tecnología[1] por rama de actividad y su evolución entre 2000 y 2011.
- Brecha entre la oferta y la demanda de empleo, con énfasis en los trabajadores vinculados a las ramas de ciencia y tecnología, según requerimientos manifestados por las empresas relacionadas con la inversión extranjera directa.
- Comparación internacional en el índice de capital humano.

Fuentes de información

La principal fuente de información consultada fue el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), específicamente las bases de datos de los censos de población de 2000 y 2011 y la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) de 2011.

Limitaciones del estudio

Existen limitaciones para comparar los datos de los censos de población 2000 y 2011, que constituyen la fuente de información más completa para los propósitos de este estudio. Ello se debe a que, dada la distancia temporal entre ambos censos, cada uno de ellos usó una versión distinta del sistema de clasificación industrial internacional uniforme (CIIU). Por tal motivo, la comparación entre los puntos inicial y final del período analizado se realiza en función de las categorías más generales de la estructura productiva como lo son los sectores primario, secundario y de servicios, sin que sea posible entrar a un cotejo detallado por ramas de actividad específicas.

Conceptos clave

El presente trabajo se apoya en el análisis del mercado laboral desarrollado a través de los años por el *Informe Estado de la Nación*. A partir de la decimoquinta edición se incorporó una clasificación alternativa de las actividades productivas, con el fin de captar mejor la transformación que en este ámbito ha experimentado el país en las últimas décadas. La clasificación comprende tres sectores (con sus respectivos subsectores), a saber:

- Vieja economía: incluye las actividades agrícolas e industriales orientadas al mercado interno y la producción exportable que el país había consolidado a finales de los años setenta del siglo XX.
- Nueva economía: se asocia a las exportaciones de productos no tradicionales impulsadas a partir de la década de los ochenta del siglo XX. Incluye la agroexportación de productos no tradicionales (piña, melón, follajes), la creación y consolidación de industrias de alto valor agregado instaladas en zonas francas (electrónica, dispositivos médicos) y nuevos servicios empresariales de *back office*, *call centers*, tecnologías de información y telecomunicaciones.
- Servicios de apoyo: agrupa las actividades de servicios que apoyan tanto a la "vieja" como a la "nueva economía" y que son afectadas, al mismo tiempo, por el desarrollo de éstas, como por ejemplo el sector financiero. Este es un macrosector que opera como una "bisagra" entre ambas economías (PEN, 2013).

Principales resultados

Las políticas de apertura comercial y promoción de las exportaciones impulsadas en las últimas décadas alentaron el desarrollo de nuevos sectores productivos estrechamente vinculados a los mercados internacionales. Estos sectores conformaron una nueva economía que, si bien no sustituyó el aparato productivo existente a finales de los años setenta del siglo XX, lo impactó de manera profunda y, a la vez, propició el surgimiento de nuevos servicios, tanto públicos como privados. El *Informe Estado de la Nación* ha señalado que una consecuencia de esta transformación ha sido la creación de un mercado de trabajo dual, con un fuerte sesgo hacia el personal más calificado[2].

La inserción laboral de los ocupados según tipos de economía muestra cómo la "vieja economía" ha perdido participación. Por el contrario, el sector de los servicios de apoyo ha incrementado su peso y figura como el principal empleador del país, en tanto que la "nueva economía"

ha mostrado poco dinamismo en la generación de empleo, pero ofrece los mejores salarios (gráfico 13.1).

Ahora bien, pese a ser poco intensiva en mano de obra, la "nueva economía" sí ha sido una importante fuente de empleo para profesionales y técnicos en ciencia y tecnología. La participación de estos trabajadores tuvo un notable incremento en la última década, pues pasó de representar el 15% de todos los ocupados en la "nueva economía" en 2001, al 30% en 2011 (gráfico 13.2).

Queda claro entonces que, en comparación con la "vieja economía", la "nueva economía" está conformada en general por actividades de mayor nivel tecnológico, que requieren un recurso humano más calificado (gráfico 13.3). No obstante, es preciso subrayar dos constataciones adicionales:

- El segmento económico cuya estructura ocupacional está más orientada hacia los niveles de mayor calificación es el de los servicios de apoyo que incluye, de manera notable, al sector público.

- En los tres sectores, la mayor parte de la mano de obra que genera el país tiene una baja calificación. Este hecho, por cierto, ha entorpecido los esfuerzos por reducir las altas tasas de desempleo registradas en los años posteriores a la crisis de 2008-2009, e impulsar el crecimiento de los sectores vinculados a la "nueva economía" que, como se mencionó, demandan trabajadores más calificados y ofrecen mejores remuneraciones a sus empleados.

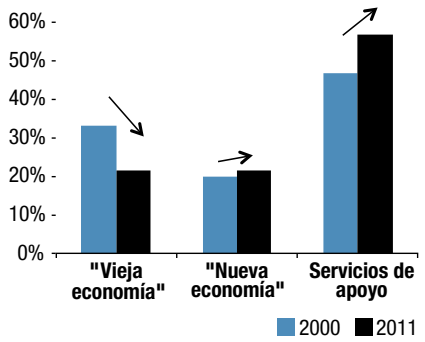
Lamentablemente la información disponible no permite desagregar la estructura ocupacional para cada tipo de economía. Sin embargo, cabe señalar que la evolución de las llamadas "ocupaciones emergentes" en ciencia y tecnología coinciden con el perfil que demanda el sector de nuevos servicios, al cual pertenecen los servicios de apoyo empresarial y las actividades relacionadas con tecnologías de la información, telecomunicaciones y turismo, que en su mayoría requieren personal calificado en áreas como Informática, desarrollo de *software* e Ingeniería de Sistemas, entre otras (cuadro 13.1).

Otra manera de analizar la estructura productiva y laboral de un país es la que se basa en la división clásica de la economía en sectores primario, secundario y terciario o de servicios. Desde el punto de vista investigativo, es menos interesante que el enfoque antes comentado, pues tiene un alcance meramente descriptivo[3]. Sin embargo, en el presente caso tiene la ventaja de que permite comparar la evolución de la economía entre los años 2000 y 2011.

Utilizando la clasificación descriptiva es posible constatar que, en el período 2000-2011, el sector terciario (excluyendo la administración pública) atrajo de manera creciente a los profesionales de ciencia y tecnología, cuya presencia

Gráfico 13.1

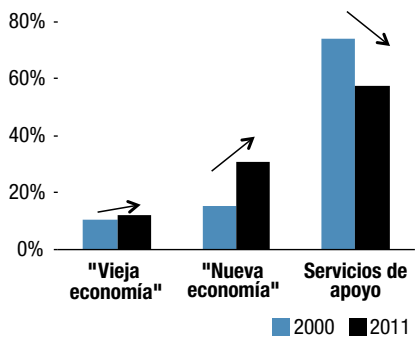
Evolución de los ocupados, según tipos de economía



Fuente: Gutiérrez y Meneses, 2013.

Gráfico 13.2

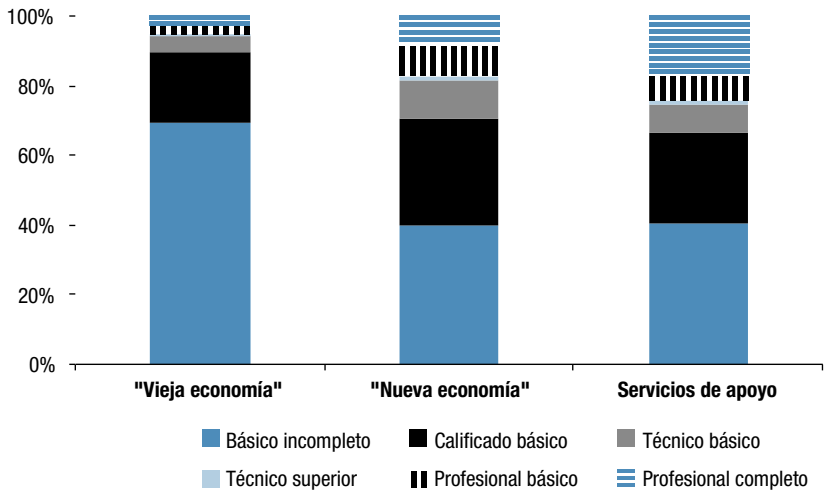
Evolución de los ocupados en ciencia y tecnología, según tipos de economía



Fuente: Elaboración propia con base en datos censales.

Gráfico 13.3

Estructura de los ocupados según tipo de economía, por categoría laboral. 2012



Fuente: PEN, 2012, con datos de la Enaho.

Cuadro 13.1

Ocupaciones emergentes[a/] durante el período 2000-2011

Ocupaciones	Ocupados 2011
Técnicos en operaciones de tecnología de la información y las comunicaciones	4.116
Supervisores de la construcción	2.347
Fisioterapeutas	2.144
Técnicos en Ingeniería de las Telecomunicaciones	1.820
Desarrolladores de software, web y multimedia	918
Técnicos de radiodifusión y grabación audiovisual	619
Otros técnicos en Ciencias Físicas, Química, Ingeniería y Arquitectura no clasificados bajo otros epígrafes	608
Trabajadores comunitarios de la salud	531
Técnicos en aparatos de diagnóstico y tratamiento médico	529
Practicantes y asistentes médicos	512
Total	**14.144**
Porcentaje del total de profesionales en ciencia y tecnología	13,6

a/ Corresponden a las diez actividades que no figuraban entre las ocupaciones consideradas en el Censo de 2000 y "emergieron" en el de 2011.

Fuente: Elaboración propia con datos censales.

aumentó en casi ocho puntos porcentuales. Además este sector es el que concentra a la mayoría de los ocupados en estas ramas (67% del total para el año 2011). En las actividades primarias y secundarias el cambio ha sido pequeño. Por el contrario, se observa un descenso en la participación de los profesionales en ciencia y tecnología en la función pública y la enseñanza, que no se han destacado como fuentes de empleo para ellos (gráfico 13.4).

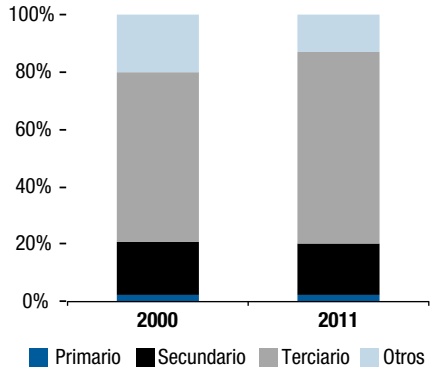
Sin embargo, conviene no sobrestimar la capacidad empleadora del sector terciario en lo que concierne a estos profesionales. Aunque ciertamente atrajo a una creciente proporción de personal con formación en ciencia y tecnología, fue mucho más dinámico a la hora de contratar otro tipo de recursos humanos. En otras palabras, el incremento de la participación de los trabajadores en ciencia y tecnología fue menor que el registrado para el total de ocupados en el sector de servicios (diez puntos porcentuales). En los otros dos grandes sectores, la industria y el agro, el comportamiento de los profesionales en ciencia y tecnología se mantuvo alineado con el del total de los ocupados, ya que ambos redujeron su participación (gráfico 13.5).

Un dato clave que sería importante dilucidar es si los sectores que más aportaron al crecimiento del PIB durante la primera década del siglo XXI, fueron aquellos en los que más se incrementó la participación de empleados con formación en ciencia y tecnología. Ello daría evidencia, aunque indirecta, de la contribución de la ciencia y la tecnología al desarrollo del país. Tampoco en este caso la información disponible permite llegar a una conclusión robusta.

En 2011 el 87% del crecimiento del PIB se explicó por el aporte de cuatro ramas productivas: i) comunicación y transporte, ii) industria, iii) servicios prestados a empresas y iv) comercio

Gráfico 13.4

Estructura de los ocupados en ciencia y tecnología, por sector productivo[a/]

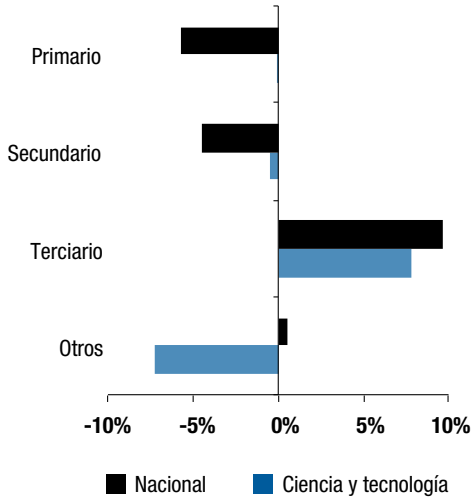


a/ El sector primario agrupa las actividades de agricultura, ganadería, pesca y extracción. Al sector secundario pertenecen la industria manufacturera, el suministro de electricidad y agua y la construcción. El sector terciario está conformado por el comercio, los servicios empresariales, los sectores financiero e inmobiliario, el turismo, los hogares empleadores y las organizaciones extraterritoriales. La categoría "otros" incluye la administración pública y la enseñanza.

Fuente: Elaboración propia con datos de los censos 2000 y 2011, del INEC.

Gráfico 13.5

Cambio en la estructura porcentual de los trabajadores en ciencia y tecnología y del total de ocupados, según sector productivo. 2000-2011



Fuente: Elaboración propia con datos de los censos de 2000 y 2011, del INEC.

Cuadro 13.2

Comparación entre las estructuras de los ocupados en ciencia y tecnología y el total del país. 2011

Rama	Ciencia y tecnología	País
Servicios sociales y de salud	29,8	3,5
Servicios empresariales	13,4	9,4
Enseñanza	10,3	6,0
Administración pública	9,7	5,6
Industria	7,5	11,8
Comercio y turismo	7,1	23,4
Transporte y comunicaciones	5,2	6,6
Electricidad	4,9	1,7
Construcción	4,7	6,2
Agricultura	1,7	14,1
Otros	5,7	11,7
Total	100,0	100,0
Ocupados (n)	109.752	1.989.530

Fuente: Elaboración propia con datos de la Enaho 2011, del INEC.

y turismo. En estos segmentos se concentra el 33% de los ocupados en ciencia y tecnología, dieciocho puntos por debajo de la proporción que representan en la economía en su conjunto. Solo en uno de ellos (servicios prestados a empresas) el porcentaje de estos profesionales supera a la estructura total de los ocupados (cuadro 13.2).

Monge et al. (2011) afirman que en Costa Rica la relación entre tecnología y empleo es compleja, pero está determinada por la calidad y cantidad de la fuerza laboral. En el caso específico de las pymes, determinaron que la innovación en productos y procesos productivos está positivamente asociada al crecimiento en el empleo. Sin embargo, la menor participación relativa de los trabajadores en ciencia y tecnología en el sector servicios, en la industria y en las ramas que más aportan al crecimiento, son señales de la dificultad que tiene el país para suplir la demanda de recursos humanos de alto nivel.

Demanda potencial de profesionales y técnicos en el área de ciencia y tecnología

Costa Rica no cuenta con datos suficientes para estimar con certeza la escasez de mano de obra calificada en los sectores de punta de la economía. Ese conocimiento sería de suma utilidad para orientar una formación de recursos humanos más alineada con las estrategias de desarrollo del país. Algunas investigaciones han aplicado diferentes métodos para tratar de aproximar las posibles brechas entre oferta y demanda de personal calificado. No obstante, la información disponible es fragmentaria.

La brecha estimada entre la oferta educativa y la demanda laboral anual, tanto para técnicos como para graduados universitarios en las ramas de Ciencias de la Vida, manufactura avanzada y servicios, en promedio, ronda el 40%, según un estudio efectuado en 2011 por el Grupo Interinstitucional en Capital Humano para la Competitividad (Argüello, 2012), con base en información proporcionada por Cinde[4] (cuadro 13.3).

Adicionalmente, Cinde elaboró una proyección[5] de la demanda de personal que generarán las empresas asociadas a la inversión extranjera directa para el año 2016, con base en una estimación de los recursos humanos que requerirían los proyectos que se encuentran en fase de evaluación para su posible establecimiento en el país. De acuerdo con esta proyección, se

necesitarán 45.000 trabajadores y trabajadoras: 12.000 en manufactura avanzada y Ciencias de la Vida, y 33.000 en los servicios (Argüello, 2012).

Al analizar la composición de la oferta de técnicos para el año 2012, se observa que ciertas especialidades que están entre las más requeridas por el sector industrial, como electricidad y electrónica (7%), telecomunicaciones y telemática (3,5%), mecánica de precisión (2,5%), refrigeración y aire acondicionado (1,4%), construcciones metálicas (2%) e industria del plástico (1,2%), aún tienen posiciones relativamente bajas dentro del total de graduados por sector económico, según las definiciones del INA. En el sector de comercio y servicios la oferta sí ha logrado migrar más rápidamente hacia actividades de mayor demanda: informática y comunicación (59,8%), idiomas (17,3%) y administración (12,3%) son las especialidades que abarcan la gran mayoría de las acciones formativas en ese sector.

Un caso particular en el que sí se cuenta con información, aunque parcial, sobre la demanda estimada, es el del sector salud. Un estudio realizado en 2006 por el Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud y Seguridad Social (Cendeisss), de la CCSS, utilizó datos de jubilación proyectada, brechas de recurso humano, crecimiento poblacional, perfil epidemiológico, listas de espera y fortalecimiento de la red de servicios de salud, para calcular las necesidades de médicos especialistas en la CCSS (Cendeisss-CCSS, 2006). Los resultados indican que entre 2005 y 2017 se requerirán 1.732 médicos, sobre todo en las especialidades de Anestesia y Recuperación, Medicina Interna, Ginecobstetricia y Pediatría (gráfico 13.6).

El recuadro 13.1 presenta una comparación internacional del desempeño del capital humano de Costa Rica y países con elevados niveles de desarrollo humano e ingreso.

La comparación de Costa Rica con un grupo selecto de países que en las últimas décadas experimentaron una notable modernización económica no arroja resultados halagüeños. La mayoría de los ocupados costarricenses se desempeña en labores que no requieren niveles medios o altos de escolaridad: un 28% de ellos son no calificados y un 15% son trabajadores de servicios y vendedores.

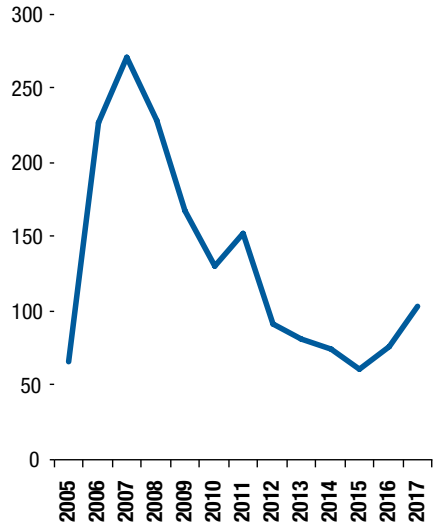
Costa Rica se aleja mucho de la estructura ocupacional de otros países con los que compite por la atracción de inversión extranjera directa, tales como Chile, Irlanda, Malasia y

¿Más información sobre capital humano?

Véase
- Preguntas 12 y 14 de este Informe

Gráfico 13.6

Proyección de la demanda de médicos especialistas por parte de la CCSS



Fuente: Elaboración propia con datos del Cendeisss-CCSS, 2006.

Cuadro 13.3

Estimación anual de la brecha entre oferta educativa y demanda laboral a nivel técnico y universitario, según estimaciones de Cinde. 2011

Ramas	Demanda anual	Oferta anual	Brecha
Ciencias de la Vida y manufactura avanzada	2.630	941	36%
Servicios	3.750	1.718	46%
Total	6.380	2.659	42%

Fuente: Elaboración propia con datos de Argüello, 2012.

Recuadro 13.1

Posicionamiento del capital humano de Costa Rica a nivel internacional

Cada año, el Foro Económico Mundial (FEM) elabora el índice de capital humano, a través del cual mide el peso que tienen en distintos países los factores que favorecen o inhiben el desarrollo y despliegue de una sana, educada y productiva fuerza de trabajo. Para ello considera cuatro pilares, conformados por un total de 51 indicadores: salud y bienestar (14 indicadores), educación (12), fuerza de trabajo y empleo (16), entorno (9).

En la medición de 2013 Costa Rica se ubicó en el lugar 35 de 122 países, un buen posicionamiento si se compara con las naciones que pertenecen a los grupos de alto índice de desarrollo humano (IDH) e ingreso medio (segmentos III y IV en el gráfico 13.7). En el primer grupo Costa Rica está en el primer lugar y en el otro ocupa la segunda posición, solo por debajo de Malasia. Costa Rica también lidera la lista de América Latina, seguida por Chile. Por el contrario, si se compara al país con naciones de ingreso alto y un IDH muy alto (segmentos I y II), como Noruega, Finlandia, Suiza, Estados Unidos y Singapur, la brecha en el índice de capital humano es de casi 2,6 veces para el primer grupo y de 3,7 para el segundo (gráfico 13.7).

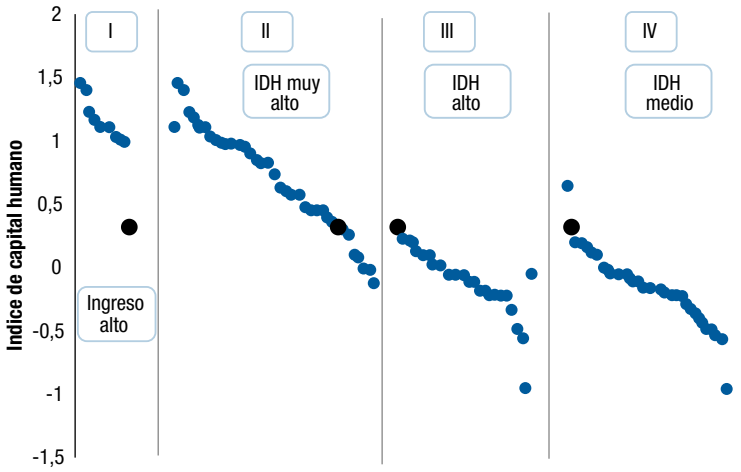
Los mejores resultados obtenidos por Costa Rica en 2013 fueron los del pilar de fuerza de trabajo y empleo (posición 28), lo que se explica por su buen posicionamiento en cuanto a facilidad para encontrar trabajadores calificados (posición 7) y capacidad de retener talento (posición 14)[6]. Es importante destacar que la fuente de información para el cálculo de estos indicadores es la consulta a expertos, no las estadísticas laborales; de ahí que resulte contradictorio que el país reciba una de sus más altas calificaciones por la facilidad de encontrar profesionales, cuando cerca del 60% de los ocupados del país no cuenta con educación secundaria completa y se estima que existe una brecha considerable entre la oferta y la demanda de empleo en actividades de alto contenido tecnológico. Por otra parte, en este mismo pilar hay dos indicadores en los que el país ocupa posiciones bajas en el *ranking*: la brecha de género en la participación económica (lugar 86) y la tasa de participación en la fuerza de trabajo (lugar 76).

Aunque según los expertos el país ocupa una posición internacional satisfactoria en el indicador de facilidad para encontrar trabajadores calificados, a lo interno existe preocupación sobre la posibilidad real de incrementar en el mediano plazo la cantidad y calidad de profesionales de alto perfil, como es el caso de las y los ingenieros. Como reiteradamente ha señalado el *Informe Estado de la Nación*, las actividades de la "nueva economía" ofrecen las mejores condiciones laborales, pero lograr que mayores contingentes de la fuerza de trabajo tengan acceso a las oportunidades que genera ese sector demanda la atención de importantes retos, como suplir la carencia de técnicos medios y superiores, ya sea por escasez o por falta de destrezas del personal disponible. Trejos et al. (2012) señalan que entre 1995 y 2010 la matrícula en la educación secundaria técnica creció un 75,7% (5,8% por año). No obstante, esta modalidad sigue representando menos del 20% de la matrícula en el tercer ciclo y el ciclo diversificado, proporción que dista mucho de los mínimos que en esta materia registran los países desarrollados, e incluso otras naciones en desarrollo (40% y más en la mayoría de los casos).

En este sentido, más allá de su buen posicionamiento en el índice de capital humano, Costa Rica debe enfrentar grandes desafíos para lograr una adecuada participación en las cadenas de valor, así como para satisfacer la demanda de profesionales de las empresas extranjeras que invierten en el país y que se concentran en actividades de alto contenido tecnológico.

Gráfico 13.7

Índice de capital humano: comparación entre Costa Rica[a/] y distintos grupos de países. 2013



a/ El punto negro representa a Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia con datos del Foro Económico Mundial y el PNUD.

Nueva Zelandia (gráfico 13.8). A manera de ejemplo, cabe mencionar que en Singapur más del 20% de las personas trabaja en posiciones técnicas y profesionales de nivel medio, y el 15% son profesionales, científicos e intelectuales (OIT, 2014).

La información aquí comentada parece indicar que un alto porcentaje de la población costarricense no está adquiriendo las habilidades y conocimientos requeridos para el desarrollo de procesos productivos más complejos, situación que podría constituirse en obstáculo para avanzar en la incorporación del país en las cadenas globales de valor, como se procura dentro del actual esquema de atracción de inversiones (Trejos et al., 2012).

Dictamen

La información disponible no permite determinar con certeza si existe correspondencia entre las transformaciones del aparato productivo nacional y la evolución de la estructura ocupacional de los profesionales y técnicos en ciencia y tecnología. Si bien estos han logrado un mejor posicionamiento en las actividades de la "nueva economía", todavía están lejos de tener un peso relativo de importancia en las ramas productivas que más aportan al crecimiento.

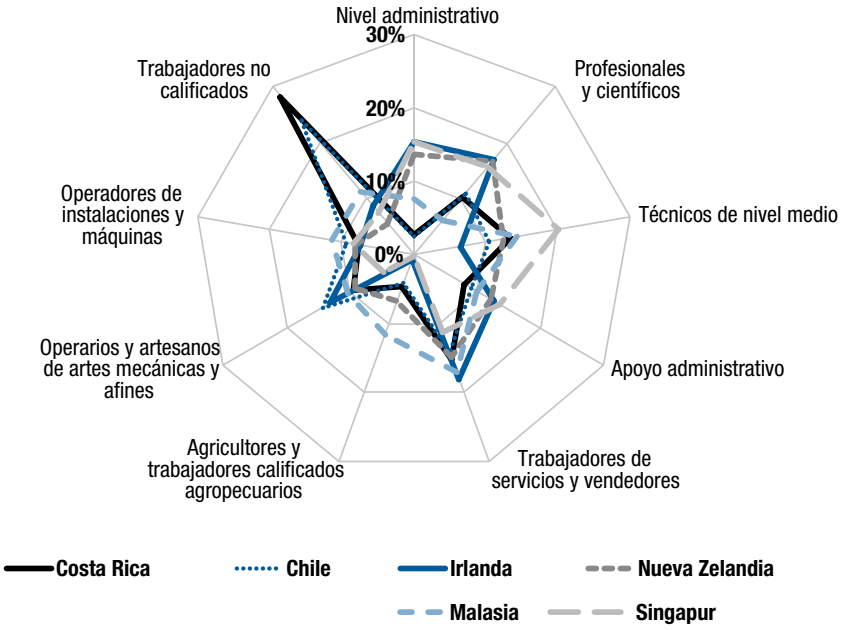
El principal cambio en la estructura ocupacional de los profesionales en ciencia y tecnología se ha dado en las actividades de servicios. La poca evidencia disponible sugiere que no ha sucedido lo mismo en el sector industrial, que ha sido destinatario de esfuerzos de política pública tendientes a incrementar el contenido tecnológico de la producción nacional, de la mano con la inversión extranjera directa (IED). La lenta transformación de la estructura ocupacional en ciencia y tecnología se refleja en la probable existencia de brechas entre la oferta y la demanda de trabajadores en este campo, algunas de las cuales han sido descritas en este análisis.

Implicaciones

La falta de información para valorar el acople entre la economía y la estructura de las ocupaciones en ciencia y tecnología es una debilidad estratégica. La apuesta por el desarrollo de un sector productivo de mayor contenido tecnológico y una amplia plataforma de

Gráfico 13.8

Comparación internacional[a/] de la fuerza de trabajo, por ocupación[b/]
(porcentajes)



a/ La información de Costa Rica corresponde al año 2011, la de Chile al 2012, y la de Irlanda, Singapur y Malasia al 2009.
b/ Según la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO), de la OIT.

Fuente: Elaboración propia con datos de la Enaho 2011, del INEC, y la base de datos Ilostat, de la OIT, 2014.

servicios empresariales requiere la convergencia de políticas públicas en diversas áreas. Los acertados esfuerzos por incrementar la IED deben ir de la mano con políticas de empleo y educación, orientadas a suplir la demanda de profesionales en las ramas productivas impulsadas.

Junto al desafío de alinear la oferta y la demanda de empleo, en la agenda del país figura otro importante reto de carácter institucional. Varios estudios señalan que no se ha logrado consolidar una plataforma de apoyo público-privado, que permita un mejor aprovechamiento de los esfuerzos desplegados como parte de las políticas de atracción de IED en los sectores prioritarios (Maggi et al., 2012; Guimón, 2012; Monge et al., 2011). Agregan que la competitividad de los productos costarricenses no se ha conseguido como resultado de un fuerte impulso a la innovación, sino por un conjunto de factores, entre ellos los salarios, que son bajos si se comparan con los que se pagan en otros países.

Frontera de investigación

Los desafíos son grandes y urgente la necesidad de aumentar el ritmo de transformación del mercado laboral costarricense. Sin embargo, falta información para realizar estudios y estimaciones más precisas en este ámbito. En particular, existen vacíos que impiden analizar dos asuntos fundamentales:

- estimar con certeza la escasez de mano de obra, para lo cual es necesario crear sistemas de registro de la oferta y la demanda de profesionales, y

- determinar si existe relación entre los cambios en la estructura ocupacional de los profesionales en ciencia y tecnología y la transformación del sector productivo. Para ello se requieren estadísticas periódicas y comparables entre las actividades que se utilizan para estimar la producción y la estructura del empleo.

Referencias bibliográficas

Argüello, S. 2012. Capital Humano para la Competitividad. San José: Grupo Interinstitucional en Capital Humano para la Competitividad.

Castrillo, M. 2013. Manual de clasificación de ocupaciones de Costa Rica en los censos del 2000 y 2011. Contribución especial realizada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Cendeisss-CCSS. 2006. Necesidades de especialistas médicos para la Caja Costarricense de Seguro Social: proyección 2006-2017. San José: Área de Planificación del Recurso Humano, Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud y Seguridad Social, Caja Costarricense de Seguro Social.

FEM. 2013. The Human Capital Report. Génova: Foro Económico Mundial.

Guimón, J. 2012. Hacia una nueva agenda para las políticas *cluster* en Costa Rica. Washington D.C.: Banco Mundial.

Gutiérrez, M. y Meneses, K. 2013. Tipos de economía, heterogeneidad productiva y ocupación en los censos 2000 y 2011. Ponencia preparada para el simposio "Costa Rica a la luz del Censo 2011". San José: INEC y PEN.

Maggi, C. et al. 2012. Fortalecimiento del sistema de ciencia, tecnología e innovación de Costa Rica. San José: BID.

Matarrita, R. y Sancho, L.A. 2013. Relevancia histórica y prospectiva de los recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Monge, R. et al. 2011. Innovation and employment growth in Costa Rica: a firm-level analysis. Washington D.C.: BID.

OIT. 2014. Ilostat. Sitio oficial, en <www.ilo.org/ilostat>.

PEN. 2012. Decimoctavo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: PEN.

_____. 2013. Decimonoveno Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: PEN.

Trejos, A. et al. 2012. Desarrollo del talento humano: la clave para competir en la atracción de la inversión extranjera directa. Alajuela: Incae.

Créditos

La preparación de esta pregunta estuvo a cargo de Karla Meneses.
La edición técnica fue realizada por María Santos y Jorge Vargas Cullell.
Los procesamientos de información los efectuaron Antonella Mazzei e Ivania García.

Notas

1 Se basa en las ocupaciones incluidas en la definición de "Ciencia y tecnología", en el *Manual de Clasificaciones de Ocupaciones de Costa Rica* utilizado en el Censo Nacional de Población y Vivienda en sus ediciones de 2000 y 2011.

2 La dualidad del mercado de trabajo se hace evidente en el marcado contraste entre un pequeño grupo de trabajadores con mayores niveles de calificación y acceso a oportunidades laborales, y un grupo amplio y menos calificado de personas que no consiguen trabajo o se emplean en actividades que no mejoran su calidad de vida (PEN, 2013).

3 La clasificación de "nueva" y "vieja economía" permite examinar los cambios en la estructura productiva como resultado del estilo de desarrollo impulsado en Costa Rica en los últimos años, en particular la heterogeneidad del aparato productivo.

4 Se refiere a empresas de alta tecnología asociadas a la inversión extranjera directa (IED).

5 La proyección incluye el cálculo de empleos generados a partir de la IED en el período 2006-2010 y la estimación de la posible inversión en el período 2011-2016. El estudio describe una serie de limitaciones que afectaron las estimaciones brindadas.

6 Ambas respuestas están basadas en entrevistas y siguen una escala de 1 a 7, donde 7 es la mejor puntuación.

PREGUNTA 14

¿Premia el mercado laboral a quienes **se forman en ciencia y tecnología?**

Conceptos clave

Perfil de las ocupaciones en ciencia y tecnología

Brechas territoriales y de género

Situación del país

✘	
✔	Ventajas laborales para los profesionales en ciencia y tecnología

Importancia del tema

Incentivos laborales atraerán a los más capaces hacia ocupaciones relacionadas con la ciencia y la tecnología.

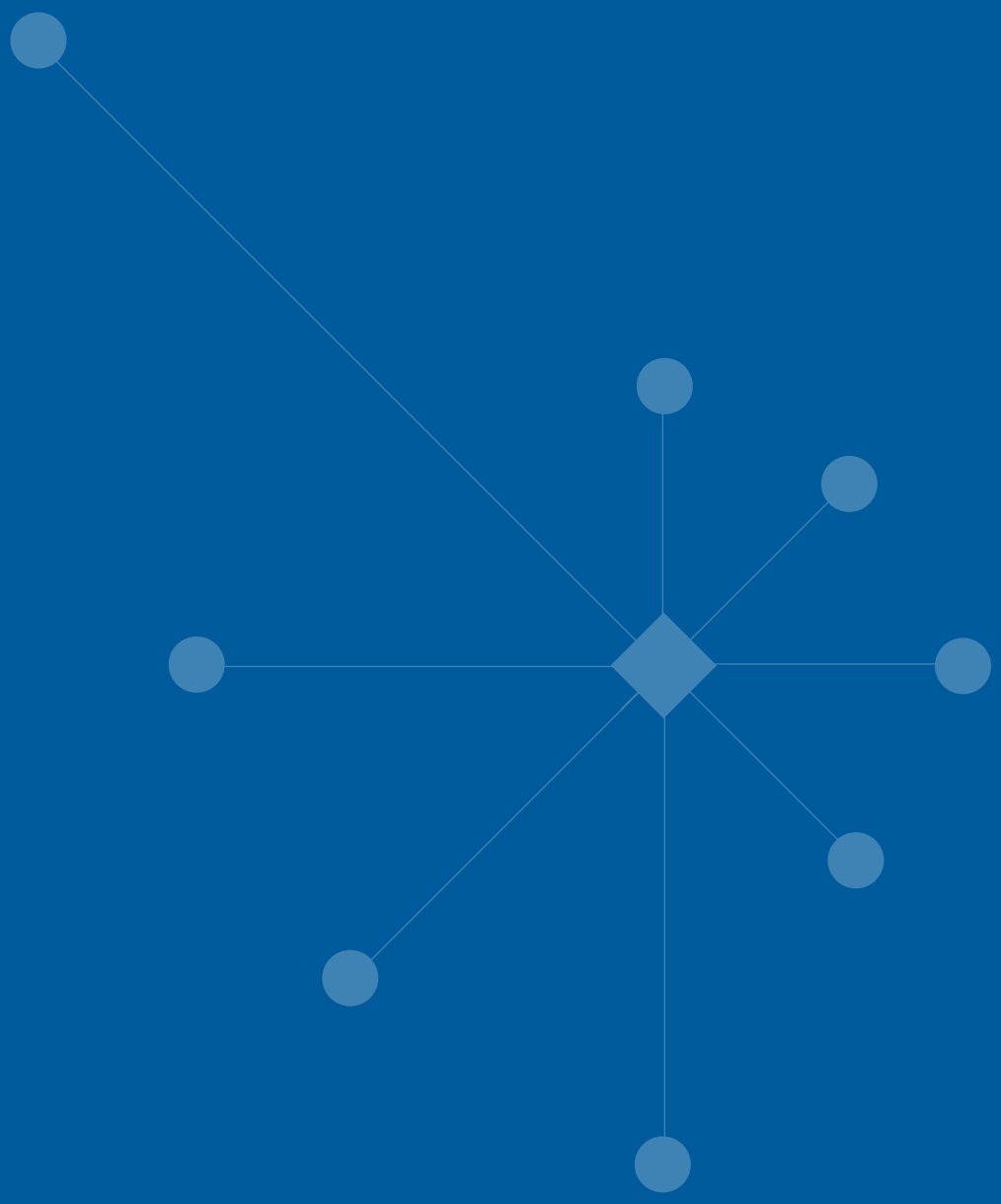
Implicaciones de política pública

- Fomento de actividades de ciencia y tecnología para incrementar las fuentes de empleo.
- Adecuación del sistema educativo para aumentar y mejorar la formación de profesionales en ciencia y tecnología.

Investigaciones de base

Castrillo, M. 2013. Manual de clasificación de ocupaciones de Costa Rica en los censos de 2000 y 2011. Contribución realizada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Matarrita, M. y Sancho, F. 2013. Relevancia histórica y prospectiva de los recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

En la última década, la formación de profesionales en los campos de la ciencia y la tecnología ha adquirido mayor relevancia en la agenda de política pública de Costa Rica. Este tema figura en todos los Planes Nacionales de Desarrollo elaborados desde el año 2000, dado que las áreas señaladas como estratégicas para el desarrollo del país se basan en la calidad del recurso humano y el conocimiento científico y tecnológico.

En este contexto, resulta importante conocer el perfil alcanzado y las ventajas que tienen estos profesionales con respecto a las personas que se desempeñan en otras ocupaciones. También interesa saber si entre los trabajadores de actividades relacionadas con la ciencia y la tecnología existen brechas, que les dificultan a algunos de ellos aprovechar las oportunidades que ofrece ese sector.

Hallazgos relevantes

- **El perfil de las personas vinculadas a actividades científicas y tecnológicas presenta ventajas en relación con otros perfiles ocupacionales. Tienen más años de escolaridad, mayor dominio de un segundo idioma, ganan mejores salarios y un porcentaje alto se encuentra cubierto por la seguridad social.**
- **La participación laboral de los ocupados en ciencia y tecnología casi se duplicó en la última década, aunque los incrementos varían según ocupación.**
- **La estructura de estos profesionales está concentrada en dos grandes ramas: Ciencias Médicas e Ingeniería.**
- **Las mujeres vinculadas a actividades de ciencia y tecnología logran posicionarse en niveles directivos en mayor proporción que los hombres. Sin embargo, la participación femenina en este ámbito es baja.**
- **Los profesionales en ciencia y tecnología se concentran principalmente en la zona urbana y, sobre todo, en la Región Central. Esa tendencia es consistente con el comportamiento general del mercado de trabajo.**

Metodología

Se analizó el período 2000-2011, a partir de las bases de datos de los censos de población de 2000 y 2011 y la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) de 2011. Se consideraron las siguientes dimensiones:

- Perfil de los ocupados en ciencia y tecnología y comparación con el resto de ocupados de la economía, de acuerdo con el *Manual de Clasificación de Ocupaciones de Costa Rica* utilizado en los Censos Nacionales de Población y Vivienda de 2000 y 2011.

- Existencia de brechas territoriales (urbano-rural) y de sexo entre los trabajadores dedicados a ocupaciones en ciencia y tecnología y el resto de trabajadores.

Principales resultados

En 2011 el país contaba con 104.223 personas formadas en disciplinas científicas y tecnológicas. De este total, el 76,5% eran profesionales y el 23,5% restante técnicos y auxiliares. Estas ocupaciones prácticamente han duplicado su participación en el mercado laboral, pues pasaron de representar el 4,1% de los ocupados totales en 2000, a 7,1% en 2011.

En el mismo período hubo cambios importantes en la estructura de los ocupados en ciencia y tecnología. Para facilitar el abordaje de este tema se agruparon las ocupaciones en cuatro áreas: i) Ciencias Exactas y Naturales, ii) Ingeniería y Tecnología, iii) Ciencias Médicas y iv) Ciencias Agrícolas. A partir de esta clasificación, el análisis comparado arrojó los resultados que se presentan en los cuadros 14.1 y 14.2, y que se resumen a continuación:

- La concentración según disciplinas aumentó. Al comparar las cuatro áreas entre sí, se encuentra que el peso relativo de las dos principales (Ciencias Médicas e Ingeniería y Tecnología) pasó de 67,3% a 72,3%.

- Aunque Ciencias Médicas se mantiene como la ocupación de mayor peso, las actividades de Ciencias Exactas e Ingeniería han ganado las mayores cuotas de participación.

- La relación entre los profesionales y la categoría de técnicos y auxiliares aumentó de 68% a 77% en favor de los primeros.

- Entre las nuevas ocupaciones que emergen destacan las de nivel técnico, sobre todo las relacionadas con las tecnologías de información y comunicación (TIC). Les siguen las disciplinas de Enfermería, Medicina, Ingeniería y Agronomía.

Por otra parte, las cuatro ocupaciones con mayores tasas de crecimiento entre 2000 y 2011 fueron: i) otros profesionales en Ciencias de la Salud, ii) nutricionistas, iii) ingenieros electricistas y iv) analistas de sistemas; todos estos grupos más que duplicaron el número de sus miembros. En sentido inverso, las cuatro ocupaciones que más se redujeron fueron: i) técnicos en Ingeniería Mecánica, ii) profesionales de nivel medio de servicios estadísticos, matemáticos y afines, iii) técnicos en Optometría y asistentes de Oftalmología, y iv) técnicos y asistentes en Biología, Botánica, Bacteriología, Citología, Zoología, Microbiología, Genética, Ecología y afines.

El nivel de profesionalización varía en las distintas áreas. Por ejemplo, el 97,8% de los formados en Ciencias Exactas y Naturales son profesionales, mientras que en Ingeniería y Tecnología los profesionales y los técnicos representan el 57,7% y el 42,3%, respectivamente (gráfico 14.1).

Profesionales en ciencia y tecnología tienen ventajas laborales

Las personas que se desempeñan en actividades relacionadas con la ciencia y la tecnología disfrutan de algunas ventajas frente a los demás ocupados. Reciben salarios 2,4 veces superiores, en empleos que por lo general ofrecen mejores condiciones de aseguramiento; sus niveles de escolaridad están siete años por encima del promedio nacional y el 95% de quienes cursaron estudios superiores logró obtener un título. Además triplican el porcentaje de trabajadores que dominan un segundo idioma (cuadro 14.3). Este perfil ha permitido que la tasa de desempleo de estos profesionales sea significativamente menor que la observada en el conjunto de la economía: 1,9% versus 7,3%

Cuadro 14.1

Distribución de las ocupaciones en ciencia y tecnología, por nivel profesional, según área. 2000 y 2011
(porcentajes)

	2000			2011		
Área	**Profesional**	**Técnicos y auxiliares**	**Total**	**Profesional**	**Técnicos y auxiliares**	**Total**
Ciencias Médicas	35,2	35,1	35,2	37,6	31,1	36,1
Ingeniería y Tecnología	23,2	50,7	32,1	27,3	65,0	36,2
Ciencias Exactas y Naturales	21,0	7,3	16,5	24,3	1,8	19,0
Ciencias Agrícolas	7,1	3,6	5,9	5,8	2,1	4,9
Otros	13,5	3,3	10,3	5,0	0,0	3,8
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia con datos de los censos de 2000 y 2011, del INEC.

Cuadro 14.2

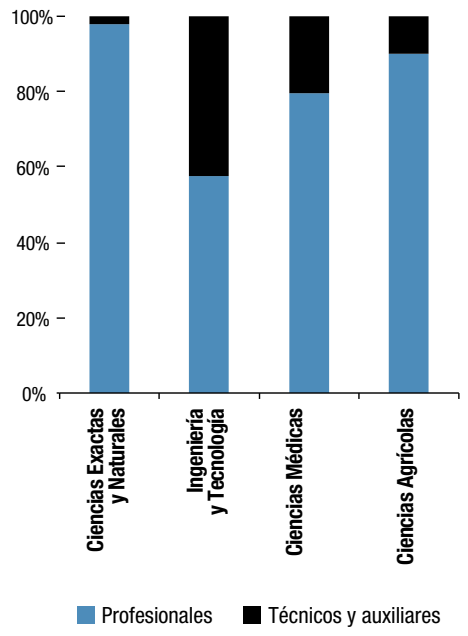
Ocupaciones en ciencia y tecnología con mayor número de personas. 2011

Ocupaciones	Número de ocupados
Analistas de sistemas	12.479
Enfermeros profesionales y profesionales de partería	8.255
Médicos generales y especialistas	8.134
Ingenieros industriales y de producción	5.179
Ingenieros civiles y en construcción	4.896
Agrónomos, ingenieros agrícolas, ingenieros forestales, ingenieros en Zootecnia, ingenieros en maderas y afines	4.643
Técnicos en operaciones de tecnología de la información y las comunicaciones	4.116
Arquitectos y urbanistas	4.091
Profesores universitarios y parauniversitarios	3.956

Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de 2011, del INEC.

Gráfico 14.1

Estructura de las ocupaciones en ciencia y tecnología, según nivel profesional. 2011



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2011, del INEC.

Cuadro 14.3

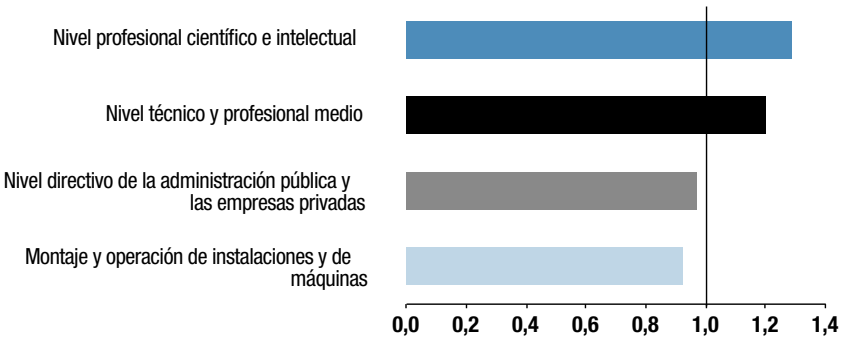
Perfil de los trabajadores en ciencia y tecnología versus el resto de ocupados en la economía. 2011

Indicadores	Ocupados en ciencia y tecnología	Ocupados totales en la economía
Total de ocupados	109.752	1.989.530
Ingreso principal bruto	908.020	380.235
Años promedio de escolaridad	15,6	9,2
Porcentaje de ocupados con segundo idioma	43,6	11,8
Porcentaje de ocupados asegurados	97,6	84,9

Fuente: Elaboración propia con datos de la Enaho 2011, del INEC.

Gráfico 14.2

Ingreso de los ocupados en ciencia y tecnología con respecto a otras ocupaciones en los mismos niveles profesionales[a/]. 2011
(veces)



a/ La línea vertical representa el ingreso promedio de las demás ocupaciones.

Fuente: Elaboración propia con datos de la Enaho 2011, del INEC.

en 2010. Este porcentaje varía según el área del conocimiento; por ejemplo, fue de 0,9% en Ciencias de la Salud, 1,66% en las distintas ramas de la Ingeniería y 3,11% en Ciencias Básicas (Matarrita y Sancho, 2013).

El ingreso promedio que reciben estos trabajadores también es mayor, aunque existen diferencias. De acuerdo con las categorías ocupacionales definidas por el INEC, en el nivel profesional científico e intelectual, un ocupado en actividades de ciencia y tecnología gana 1,3 veces más que otro ocupado de esa misma categoría; esta ventaja se mantiene, aunque en una menor cuantía, en el nivel técnico y profesional medio. Por el contrario, en el nivel directivo de la administración pública y las empresas privadas, así como en el de montaje y operación de instalaciones y máquinas, el salario de los trabajadores en ciencia y tecnología es levemente inferior al de aquellos que se desempeñan en otras ramas del saber (gráfico 14.2).

Otro resultado satisfactorio en la evolución de este grupo es el aumento de la participación femenina, una tendencia concordante con la observada en el mercado de trabajo en general. El incremento es pequeño (de 33,6% a 37,1% en el período de análisis) y el peso relativo de los hombres sigue estando por encima del 60%. Sin embargo, un examen más minucioso indica que las mujeres han ganado importantes espacios en ciertos estratos ocupacionales. Por ejemplo, en el nivel directivo de la administración pública y las empresa privadas, el 61,2% de los profesionales en ciencia y tecnología son mujeres (gráfico 14.3), contario a lo que sucede en la estructura general de los ocupados, donde la participación femenina se mantiene en un 35,2% como promedio.

La presencia minoritaria de las mujeres en ocupaciones científicas y tecnológicas –con la excepción del caso comentado en el párrafo anterior– ocurre a pesar de que las costarricenses tienen un nivel más alto de participación en la educación superior. Este comportamiento es consistente con lo que sucede en el plano internacional, donde la inserción femenina en este tipo de empleos todavía es baja. Según Castillo et al. (2014), aunque el 60% de los graduados de universidades latinoamericanas y el 45% de los investigadores son mujeres, estas solo representan el 36% de los graduados en carreras asociadas a ciencia y tecnología. Los autores señalan la dificultad de encontrar información más precisa que permita ahondar en el tema, especialmente en América Latina, lo cual limita la comprensión del problema y el diseño de políticas para contrarrestarlo.

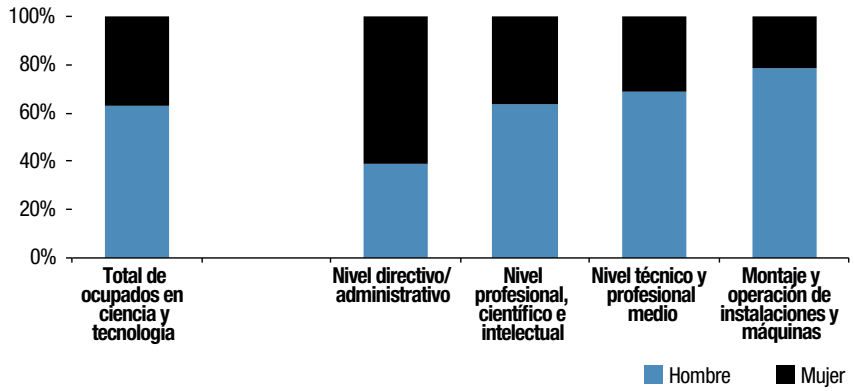
Pese a estas limitaciones, el estudio identificó algunas de las barreras que enfrentan las mujeres para vincularse a esta rama de actividad. Entre ellas se mencionan: i) discriminación en las actividades formales y en los espacios de comunicación, ii) acoso laboral, iii) discriminación y diferencias en las evaluaciones de desempeño y iv) conflictos a nivel familiar/personal y profesional (Castillo et al., 2014).

Amplias brechas territoriales entre los ocupados en ciencia y tecnología

Todas las ventajas identificadas para los ocupados en ciencia y tecnología se concentran en la zona urbana. Las diferencias por zonas geográficas son más marcadas para este grupo

Gráfico 14.3

Estructura de los ocupados en ciencia y tecnología, por categoría, según sexo. 2011[a/]

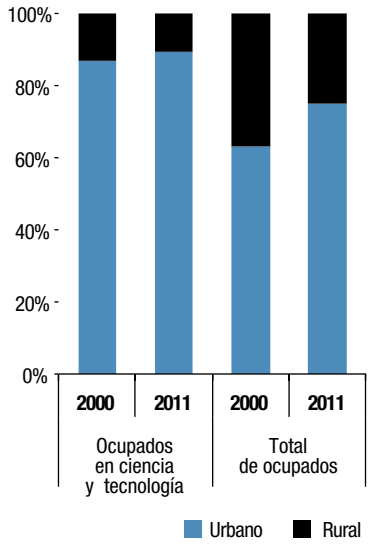


a/ El porcentaje del total de ocupados en ciencia y tecnología corresponde a cifras del Censo de 2011. Los porcentajes según categoría se tomaron de la Enaho 2011.

Fuente: Elaboración propia con datos del INEC.

Gráfico 14.4

Distribución de los ocupados, por tipo de ocupación, según zona



Fuente: Elaboración propia con datos de los censos 2000 y 2011, del INEC.

que para el resto de los trabajadores (gráfico 14.4). Este hallazgo es reflejo de la concentración de las actividades productivas en la Región Central y en unos pocos cantones, tal como indicó el *Decimoctavo Informe Estado de la Nación*, al reportar que solo en 10 de los 81 cantones del país existe una alta capacidad de producción (PEN, 2012). De igual forma, la brecha territorial es consistente con el hecho de que es en estas zonas donde se concentran los perfiles de profesionales más calificados, así como el mejor y mayor acceso a las TIC, a servicios básicos y logísticos para las empresas y a facilidades de infraestructura.

Dictamen

Los profesionales vinculados a la ciencia y la tecnología tienen ventajas con respecto a los demás trabajadores del país. Tienen mayor escolaridad, reciben salarios más altos, por lo general dominan un segundo idioma y comparativamente registran un porcentaje superior de asegurados. En el caso de las mujeres, aunque su participación en estas actividades es baja, las que logran posicionarse lo hacen en niveles de dirección.

Este perfil profesional ha permitido que la tasa de desempleo de estos trabajadores sea significativamente menor que la observada en el conjunto de la economía. Así, en 2010, mientras el desempleo a nivel nacional fue de 7,3%, el registrado en las ocupaciones de ciencia y tecnología fue de 1,9%.

En términos geográficos el alcance de este grupo es reducido. Casi la totalidad de los profesionales y técnicos en ciencia y tecnología se ubica en la Región Central y en la zona urbana, situación congruente con la alta concentración de las actividades más dinámicas de la economía en esos territorios.

Implicaciones

Las ventajas que poseen los trabajadores vinculados a las actividades de ciencia y tecnología contribuyen a elevar el perfil del mercado de trabajo. Son una buena base para desarrollar nuevas acciones que atraigan a más personas hacia estos campos. Sin embargo, la situación actual está lejos del nivel deseado para un país que aspira a tener una economía impulsada por procesos productivos sofisticados y de alto contenido tecnológico.

Costa Rica necesita incrementar en el corto y mediano plazo la proporción de profesionales y técnicos altamente calificados para apoyar y hacer sostenible el dinamismo de la "nueva economía". Si bien hay destrezas que superan el promedio nacional, existen brechas entre los recursos humanos que genera el país y la demanda proyectada de las empresas.

Como se señala en la Pregunta 12 de este Informe, contar con una robusta capa de técnicos medios y superiores con conocimientos técnicos certificados, contribuirá a ofrecer más y mejores opciones de inserción laboral a la juventud costarricense y servirá a la vez como estrategia para reducir el alto nivel de desempleo que existe en este grupo etario, pese a que, según señalan Trejos et al. (2012), la mano de obra disponible no crece a la velocidad de la demanda proyectada de las empresas.

Frontera de investigación

Existen importantes vacíos de información acerca de la estructura y ventajas de los profesionales dedicados a actividades de ciencia y tecnología. Si bien los datos censales han permitido una primera aproximación a este grupo, no son suficientes para analizar su evolución. Por ello sería de gran utilidad aprovechar las encuestas de hogares para captar información más detallada, que facilite el estudio de las condiciones laborales de esta población.

Adicionalmente, la Encuesta Continua de Empleo, que realiza el INEC cada tres meses, podría aportar valiosos insumos para conocer la estabilidad del empleo en las ocupaciones científicas y tecnológicas.

Referencias bibliográficas

Castillo, R. et al. 2014. Women in science and technology: what does the literature say? Washington D.C.: BID.

Castrillo, M. 2013. Manual de clasificación de ocupaciones de Costa Rica en los censos de 2000 y 2011. Contribución realizada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

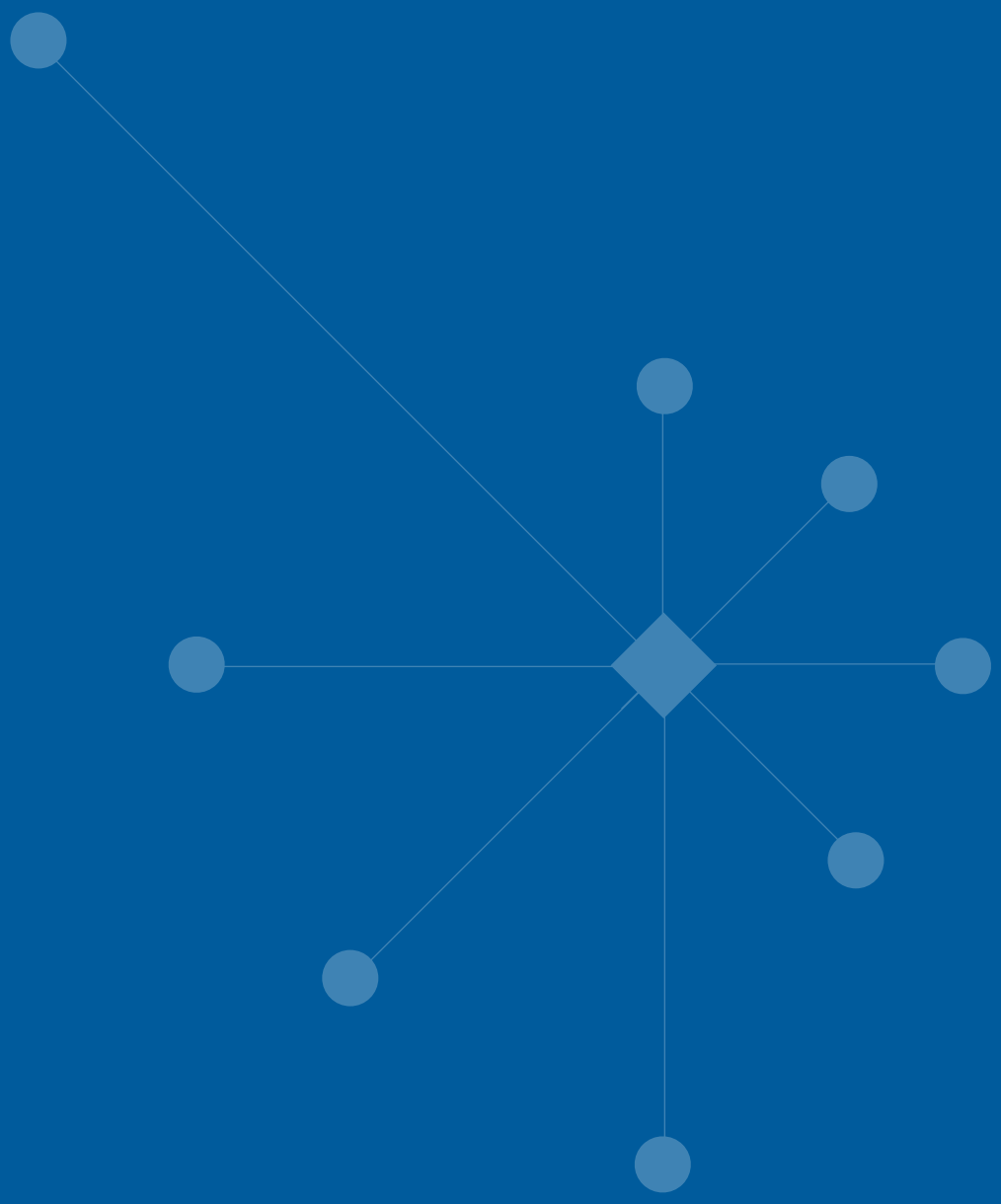
Matarrita, M. y Sancho, F. 2013. Relevancia histórica y prospectiva de los recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

PEN. 2012. Decimoctavo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: Programa Estado de la Nación.

Trejos, A. et al. 2012. Desarrollo del talento humano: la clave para competir en la atracción de la inversión extranjera directa. Alajuela: Incae.

Créditos

La redacción de esta pregunta fue efectuada por Karla Meneses.
La edición técnica fue realizada por María Santos y Jorge Vargas Cullell.
Los procesamientos de la información estuvieron a cargo de Antonella Mazzei e Ivania García.



PREGUNTA 15

¿Se corresponden los campos más robustos de producción de conocimiento científico y tecnológico con las **áreas estratégicas de la política pública** en la materia?

Conceptos clave

Producción científica y tecnológica

Impacto académico

Campos de especialización

Áreas robustas en la producción científica

Situación del país

☒	Escasas competencias científicas en áreas estratégicas para el desarrollo nacional
☐	
☑	

Importancia del tema

La identificación de las áreas en las que el país tiene sus mejores competencias científicas, permitirá tomar medidas para asegurar que éstas se correspondan con los sectores que tienen mayor impacto social y económico, y que contribuyan a prever y resolver problemas que afectan a la sociedad costarricense.

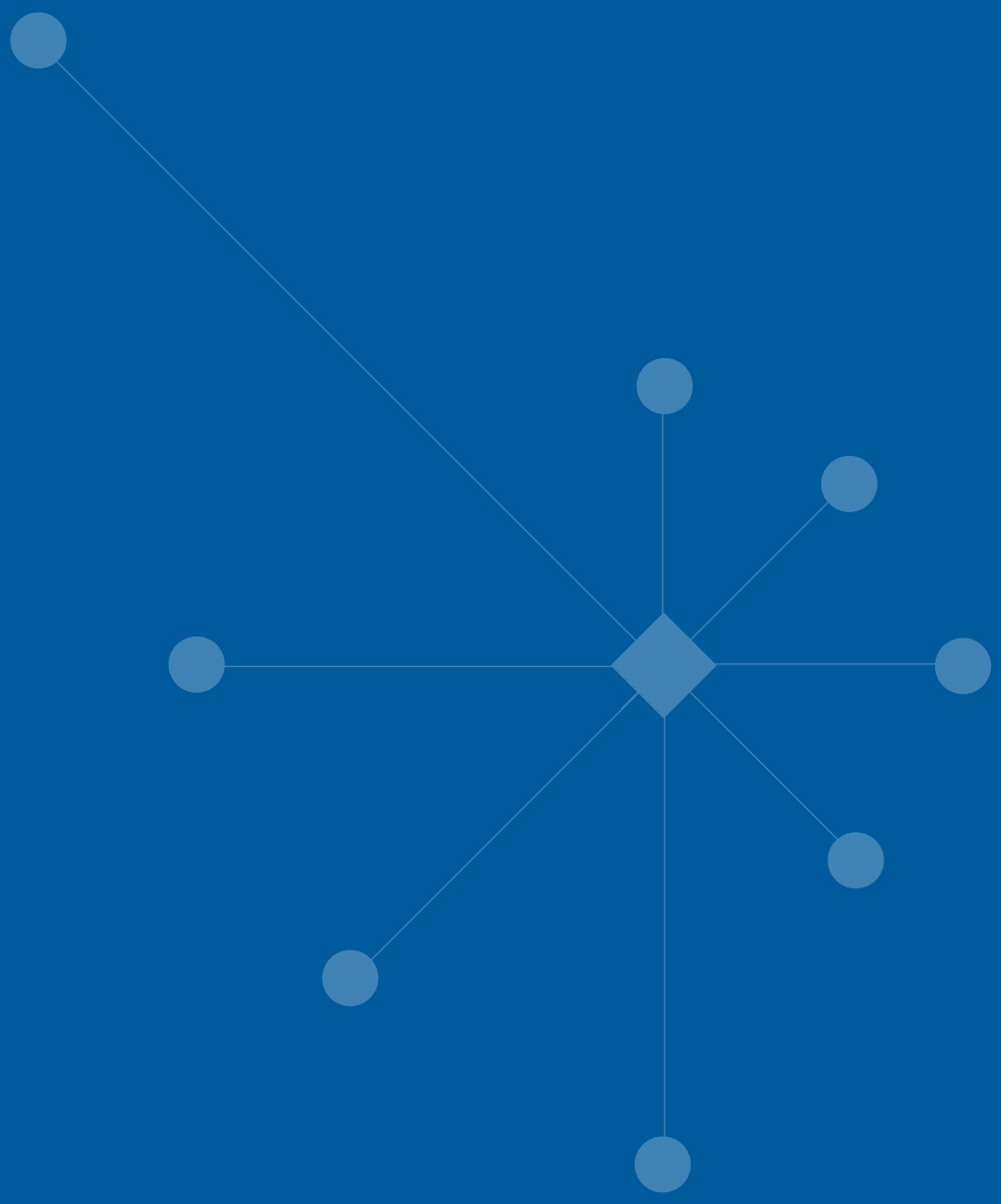
Implicaciones de política pública

- Potenciar las coincidencias entre la política pública y las áreas de mayor competencia científica, para encadenarlas mejor con los sectores productivo y social.
- Fortalecer los grupos de investigación en áreas de relevancia social y económica, como Ciencias Agrícolas, y dar continuidad a las políticas de apoyo en las temáticas formuladas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*.
- Fortalecer las revistas especializadas locales.

Investigaciones de base

Nielsen, V. y Azofeifa, A. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Smith, E. 2010. The productivity of science. Washington D.C.: BID.



Importancia del tema

La identificación de los campos en los que la producción científica y tecnológica del país muestra sus mayores fortalezas, así como los temas de carácter estratégico a la luz de las tendencias de desarrollo a nivel global, debe ser un insumo básico en la definición de la política científica nacional. Más específicamente, contar con esa información permite la toma de decisiones fundamentadas para asignar recursos, fortalecer y encauzar a los grupos de investigación hacia la atención de los problemas nacionales, reformular incentivos académicos e implementar estrategias viables de desarrollo científico, de cara al diseño de un nuevo plan que oriente al sector.

En la actualidad Costa Rica no cuenta con un diagnóstico de sus áreas científicas de mayor fortaleza, identificadas a partir del volumen de producción de conocimiento en relación con el resto del mundo, y el impacto que éste alcanza a nivel internacional.

Hallazgos relevantes

- **Las áreas más robustas de producción de conocimiento en Costa Rica son Bioquímica, Inmunología y Microbiología, y Farmacología y Toxicología, todas ellas asociadas al campo de la Biomedicina.**
- **El país no muestra competencias descollantes en disciplinas o tecnologías transversales, que tienen la capacidad de impactar a una mayor cantidad de sectores, como Ciencias de los Materiales, Ingeniería, Ciencias de la Computación, Biología Molecular y Matemáticas. Resulta preocupante que las áreas definidas como estratégicas por la política pública en la materia (así como por la tendencia global), lejos de corresponder a las fortalezas nacionales, coinciden fundamentalmente con los campos en los que Costa Rica muestra retrocesos respecto a sus posicionamientos previos.**
- **La investigación multidisciplinaria, clave para el abordaje y resolución de problemas complejos, que sí reflejaba ventajas comparativas en el pasado, no se logró mantener en el tiempo y muestra decaimiento. Esta tendencia es contraria a la observada en uno de los países más desarrollados del mundo, Estados Unidos.**
- **El área de Ciencias Agrícolas, esencial para la seguridad alimentaria del país, no solo ha disminuido su producción de conocimiento, sino que además es la menos influyente en términos del impacto de sus publicaciones.**

Metodología

El presente estudio se basa en el número de publicaciones de autores adscritos a instituciones nacionales y extranjeras ubicadas geográficamente en Costa Rica, que se encuentran indexadas en las plataformas *Scopus* y *Web of Science*[1]. Únicamente se considera el conocimiento generado en las temáticas relacionadas con las ciencias experimentales, tecnologías e ingenierías.

La mayor parte de la información utilizada en este trabajo corresponde al período 2001-2011. Adicionalmente se consultó un estudio sobre la especialización de la producción científica (Smith, 2010), que se enfoca en los quinquenios 1981-1985 y 2004-2008. El trabajo realizado consideró las siguientes dimensiones:

- Análisis descriptivo del desempeño de Costa Rica en el índice de "especialización relativa", con información de la base de datos *National Science Indicators* (NSI)[2], de la empresa Thomson Reuter Web of Science, para los períodos 1981-1985 y 2004-2008.

- Análisis descriptivo del número de citas[3] por documento para el período 2001-2011, según área del conocimiento y con base en la plataforma *SCImago Journal & Country Rank*, alimentada por *Scopus*[4].

- Correspondencia entre las áreas en las que el país tiene ventajas competitivas a nivel mundial y aquellas que el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* define como prioritarias.

Limitaciones del estudio

Las plataformas consultadas para el análisis bibliométrico de las publicaciones agrupan los campos del conocimiento de distintas maneras y en ocasiones engloban varias disciplinas dentro de una misma categoría. Ello genera traslapes que dificultan un discernimiento más claro del desempeño por área. Este problema también se presenta al utilizar una misma plataforma.

Dado que el objetivo de esta sección es comparar el desempeño de Costa Rica a nivel global, se recurrió a las bases de datos internacionales *Scopus* y *Web of Science*, que aportan la información necesaria para ese propósito. Sin embargo, se reconoce que en el país existen valiosos acervos de conocimiento local que, al no estar indexados en esas plataformas, no fueron considerados en este estudio.

Conceptos clave

- Campos de especialización: se basa en la estimación del índice de especialización relativa (*relative scientific specialization, RSS*), según se define en Smith (2010)[5]. El RSS es una medida del grado de especialización de un país en un área de estudio determinada. Se estima dividiendo el porcentaje total de publicaciones que ha generado un país en un campo específico, entre el porcentaje total de publicaciones en ese mismo campo que se ha generado en el resto del mundo. Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$RSS_T = \frac{Papers_{CFT}}{\sum Papers_{CT}} \Bigg/ \frac{Papers_{FT}}{\sum Papers_{T}}$$

  Donde:
  T representa el año o años analizados
  F el campo de especialización
  C el país específico
  Si el valor resultante es mayor a 1, significa que en el campo analizado el país tiene una especialización relativa, y si es menor a 1, lo contrario.

- Impacto académico: aunque puede valorarse desde distintas perspectivas, para efectos de comparación y como criterio de objetividad, en este estudio el impacto académico se midió a partir del número de veces que un documento[6] fue citado durante los dos años posteriores a su publicación, en otros artículos indexados en la base seleccionada (Moed, 2005). La citación promedio anual se estimó a partir del promedio ponderado, tomando en cuenta la cantidad de citas por trabajo.

- Áreas robustas en la producción científica: en este estudio se entienden como aquellos campos del conocimiento que cumplen con los siguientes criterios: i) son áreas en las que el país tiene especialización, según lo reportado por Smith (2010), y ii) el número de citaciones promedio por documento es superior al observado a nivel mundial.

- Áreas estratégicas de la política científica: aquellas señaladas como tales por el ente rector en esta materia, en un documento oficial de planeamiento estratégico a mediano plazo. En este caso particular se refiere al *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*, que señala siete áreas prioritarias: capital natural, Biotecnología, tecnologías digitales, nuevos materiales o Nanotecnología, energías renovables, enfermedades emergentes y Ciencias de la Tierra y el Espacio (Micitt, 2011).

Principales resultados

Producción científica según el campo de conocimiento

Costa Rica muestra un comportamiento muy heterogéneo en el volumen de su producción científica según el área de la ciencia y la tecnología. Para valorar ese desempeño desde la perspectiva internacional se recurrió al estudio efectuado por Smith (2010), el cual empleó, a su vez, la clasificación de veintidós campos del conocimiento de la base de datos NSI. A continuación se presentan los principales cambios que se observan al comparar los quinquenios 1981-1985 y 2004-2008, en las veinte disciplinas de la clasificación de NSI que se relacionan con la ciencia y la tecnología.

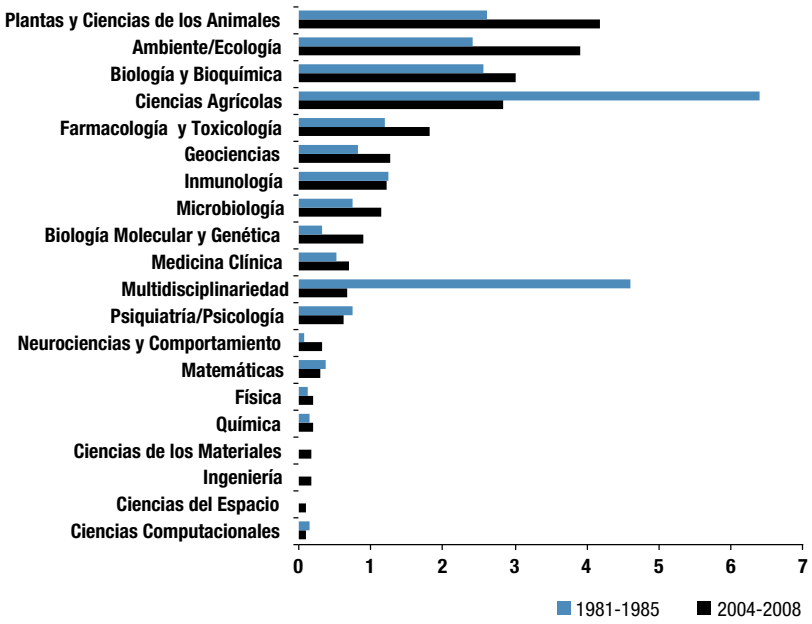
Es importante destacar que, no obstante la pequeñez de su comunidad de investigación, el país registra esfuerzos de producción científica en un amplio abanico de disciplinas. En virtud de un incremento en el volumen de esa producción, en nueve de los veinte campos analizados Costa Rica aumentó su participación internacional entre los quinquenios 1981-1985 y 2004-2008.

En este sentido sobresale la producción en el ámbito de las Ciencias Biológicas, que reúne a las áreas de Plantas y Ciencias de los Animales, Ambiente/Ecología, Farmacología y Toxicología, Biología Molecular y Genética (gráfico 15.1). En el extremo opuesto se encuentran las Ciencias Agrícolas (a pesar de que, como se verá más adelante, se mantiene como uno de los campos de especialización del país) y los estudios de carácter multidisciplinario, que reflejan el mayor decaimiento. Sobre esta última categoría cabe señalar que la situación costarricense es contraria a la tendencia observada en Estados Unidos –utilizado aquí como referencia de las naciones más desarrolladas– donde se da gran importancia al abordaje multidisciplinario en la producción científica (Smith, 2010).

Una mirada a los datos más recientes, correspondientes al período 2004-2008, revela que el país ha logrado crear capacidades científicas que lo posicionan como especialista a nivel mundial (índice de especialización relativa mayor a 1), en ocho campos: Plantas y Ciencias de los Animales, Ambiente/Ecología, Ciencias Agrícolas, Biología y Bioquímica, Farmacología y Toxicología, Geociencias, Inmunología y Microbiología (gráfico 15.1). Esos resultados no sorprenden, ya que entre los mejores cuadros nacionales sobresalen las y los biólogos y agrónomos (véase la Pregunta 1 de este Informe). En cambio, Costa Rica tiene la posición menos prominente en Ciencias de los Materiales, Ingeniería, Ciencias Computacionales y Ciencias del Espacio.

Gráfico 15.1

Especialización científica de Costa Rica en relación con el resto del mundo[a/]



a/ Se mide con el índice de especialización relativa (RSS), que se estima dividiendo el porcentaje total de publicaciones que ha generado un país en un campo específico, entre el porcentaje total de publicaciones en ese mismo campo que se ha generado en el resto del mundo. Un RSS entre 0 y 1 indica que el país es relativamente no especializado en la materia, mientras que un índice mayor que 1 representa una especialización relativa en ese campo.

Fuente: Elaboración propia a partir de Smith, 2010.

Estos hallazgos resultan relevantes, por cuanto las áreas definidas como estratégicas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*, lejos de converger con los campos de especialización relativa del país, coinciden fundamentalmente con aquellos en los que más se ha retrocedido a nivel mundial. La única correspondencia directa que se identifica se da entre el tema de "capital natural", incluido en la política pública, y las Ciencias Agrícolas.

Impacto relativo del conocimiento generado

El análisis del número de citaciones es de gran utilidad para aproximar y comparar la calidad de los trabajos publicados, ya que este dato se utiliza internacionalmente como un indicador del grado de influencia que tienen las publicaciones en la comunidad científica global. En la Pregunta 2 de este Informe se señaló que, en la última década, las citaciones de los trabajos de costarricenses han tendido a la baja, una evolución sin duda preocupante. En esta sección interesa dar un paso más allá y conocer cómo varía el impacto del conocimiento que se publica según el área de ciencia y tecnología. Ello permite identificar ámbitos específicos en los que el quehacer científico nacional muestra fortalezas y debilidades y, en especial, examinar su correspondencia con las prioridades de la política pública en esta materia.

Una primera constatación es que en nueve áreas el impacto de la producción costarricense es superior al observado a nivel mundial: Bioquímica, Genética y Biología Molecular; Medicina; Química; Inmunología y Microbiología; Neurociencia; Física y Astronomía; Ingeniería Química; Farmacología, Toxicología y Farmacia, y Odontología.

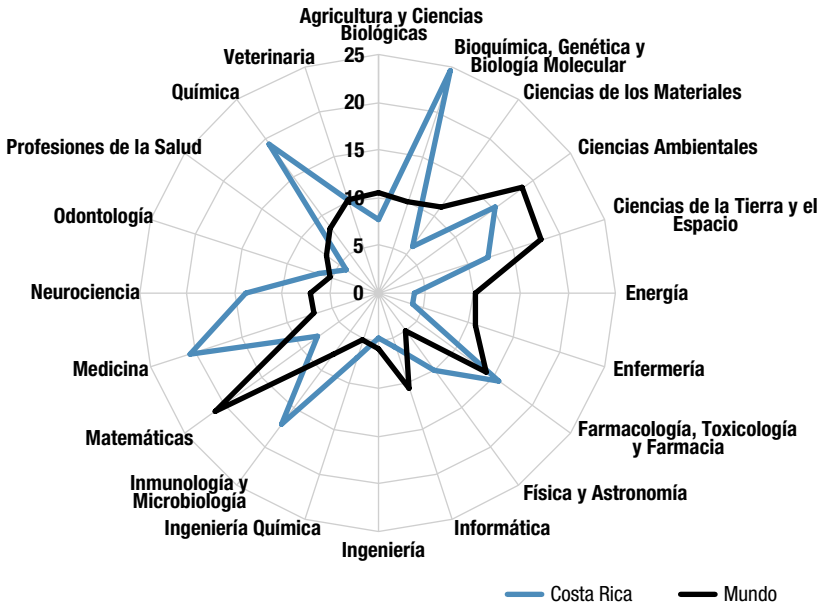
Por el contrario, las temáticas con menor impacto académico son: Matemáticas, Enfermería, Energía, Ciencias de la Tierra y el Espacio, Ciencias de los Materiales y Computación (gráfico 15.2). Preocupa que una disciplina trascendental para el desarrollo científico y tecnológico, como las Matemáticas, no alcanzara a despegar en el período analizado (2001-2011) y, además, su escasa producción es de las menos influyentes en el mundo. En adición a lo anterior, es importante destacar que varios de los campos en que el conocimiento generado tiene menor impacto corresponden a cuatro de las siete áreas de valor estratégico para el país (Micitt, 2011).

Nótese que el orden de relevancia cambia con respecto al listado que se presentó en el apartado anterior: las disciplinas con mejor desempeño en cuanto a número de publicaciones (Ciencias Biológicas, Agrícolas y Ambientales) no son las que tienen mayor impacto. En cambio, Química y Neurociencia, que registran relativamente pocas publicaciones en la década, han logrado una gran cantidad de citas a nivel internacional (gráfico 15.2).

Al desagregar la categoría "Agricultura y Ciencias Biológicas" (en la plataforma *Scopus*) se constata que Botánica, Zoología y Agricultura reciben menos citaciones que el promedio mundial. La última de estas disciplinas es la que muestra el menor dinamismo, tanto en su contribución al desempeño del grupo mencionado, como en su impacto relativo frente al resto del mundo. Preocupa que un área crítica para la seguridad alimentaria no solo haya disminuido su producción de conocimiento, sino que ade-

Gráfico 15.2

Citas por documento en Costa Rica y el mundo, según área temática. 2001-2011



Fuente: Elaboración propia con datos de *SCImago Journal & Country Rank* (<http://www.scimagojr.com>, agosto de 2013).

más sea la menos influyente en términos del impacto de sus publicaciones.

Áreas del conocimiento en las que Costa Rica tiene ventajas competitivas

El cuadro 15.1 resume las áreas del conocimiento en las que el país, dado el volumen de su producción, se posiciona como especialista a nivel global y en las que el conocimiento publicado tiene mayor influencia. Si bien las diferencias en las clasificaciones de las distintas plataformas dificultan el cotejo *vis a vis*, un ejercicio de aproximación permite identificar tres campos como los más robustos en la producción científica: Bioquímica, Inmunología y Microbiología, y Farmacología y Toxicología.

Costa Rica no muestra competencias en campos y "tecnociencias" de carácter transversal, que tienen una mayor capacidad para transformar la producción de amplios sectores, como el de energía, y de disciplinas como Ciencias de los Materiales, Ingeniería, Ciencias de la Computación y Biología Molecular.

Varias de estas lagunas tienen una alta relevancia social. Un caso ejemplar es el de las energías renovables, un área en la que el país enfrenta retos muy complejos debido al alto costo de los hidrocarburos, la inestabilidad de las fuentes hidroeléctricas por efecto del cambio climático y el compromiso de lograr la "carbono-neutralidad" para el año 2021. El conocimiento científico es una valiosa herramienta para acometer estos desafíos y, por ello, sería de esperar que ya en la actualidad existiese una robusta producción científica en campos relacionados con ellos. Sin embargo, no es así.

Además, como se mencionó en párrafos anteriores, en el período 2001-2011 la producción en el área de las Matemáticas fue escasa y estuvo entre las menos influyentes del mundo. El hecho de que las competencias matemáticas de las y los jóvenes costarricenses sean mínimas (como se analiza en la Pregunta 8 de este Informe) tampoco es un buen pronóstico en este ámbito trascendental para el desarrollo científico y tecnológico. Adicionalmente, la investigación multidisciplinaria, crítica para el abordaje y resolución de problemas complejos, que sí mostraba ventajas competitivas alrededor de 1985, no logró sostenerse y hoy muestra una desmejora.

Correspondencia con las prioridades

Cuadro 15.1

Áreas en las que Costa Rica tiene fortalezas científicas, según campo de especialización e impacto académico. 2001-2011

Campos de especialización	Impacto académico
Botánica y Zoología	Bioquímica, Genética y Biología Molecular
Ciencias Ambientales y Ecología	Medicina
Ciencias Agrícolas	Química
Biología y Bioquímica	Inmunología y Microbiología
Farmacología y Toxicología	Neurociencia
Geociencias	Física y Astronomía
Inmunología	Ingeniería Química
Microbiología	Farmacología, Toxicología y Farmacia
	Odontología

Fuente: Elaboración propia con base en *Scopus* para el período 2001-2011(impacto académico) y Smith, 2010 para el período 2004-2008 (especialización relativa).

de política pública

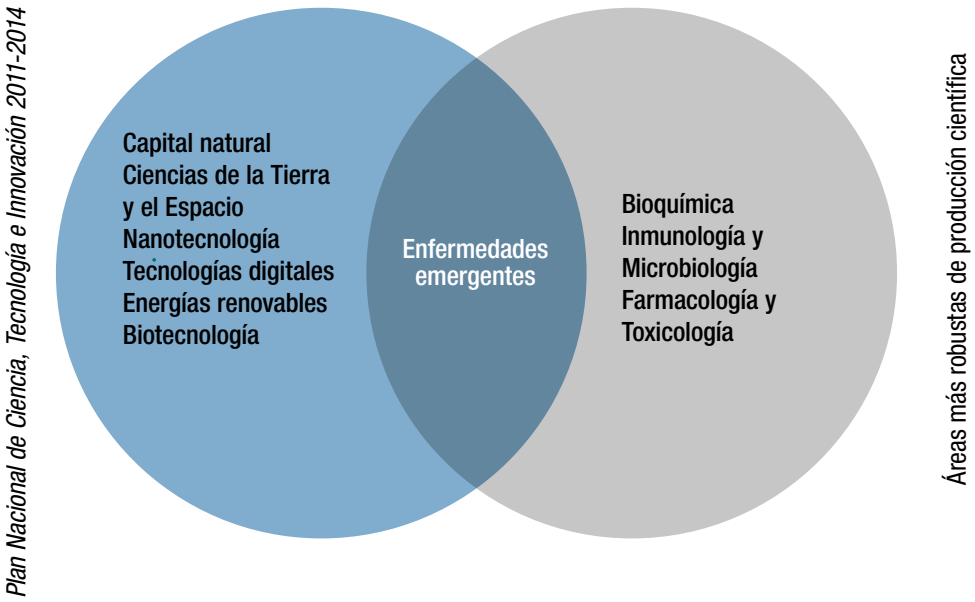
En el país se han formulado dos planteamientos que señalan ámbitos estratégicos en los que debe intervenir la política pública en ciencia y tecnología. Por un lado están las áreas prioritarias definidas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI) 2011-2014* (Micitt, 2011), mencionadas al inicio de esta Pregunta, y por otro lado se encuentran los sectores en los que el Ministerio de Comercio Exterior y la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (Cinde) han concentrado los esfuerzos por atraer inversión extranjera directa (IED) de alto contenido tecnológico. En la década de 2000 se puso énfasis en la inserción de Costa Rica en cadenas globales de valor en los segmentos que Cinde denomina "servicios y tecnologías conexas", "manufactura avanzada" y "Ciencias de la Vida". En los dos últimos ese objetivo se ha logrado con el establecimiento de empresas multinacionales de dispositivos médicos y electrónica. Al buscar la correspondencia entre estas actividades económicas y los campos de especialización de la producción científica nacional (según las categorías establecidas en las plataformas de análisis bibliométrico consultadas), los más cercanos resultan ser la Ingeniería y las Ciencias de la Computación.

Cuando la comparación se hace con respecto a las áreas estratégicas del PNCTI 2011-2014, la principal constatación es que existe un claro desacople entre éstas y los campos más robustos de la producción científica. Solo en un caso, el de las enfermedades emergentes, hay una intersección entre ambos (diagrama 15.1). En resumen, los sectores por los que Costa Rica ha apostado, en sus esfuerzos por integrarse en las cadenas globales de valor, no se relacionan con aquellos en los que el país muestra sus mayores competencias para generar conocimiento.

En la medida en que la atracción de nuevas inversiones al sector de "Ciencias de la Vida"[7] se oriente más directamente hacia el campo de la Biomedicina, y en la medida en que las empresas nacionales de base tecnológica acumulen capa-

Diagrama 15.1

Comparación entre las áreas estratégicas del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* y las áreas más robustas de producción científica



cidades para alcanzar una mayor sofisticación tecnológica, podría entonces crecer la demanda por conocimiento endógeno, lo que a su vez llevaría a aprovechar mejor el potencial de las comunidades locales de investigación.

Dictamen

Costa Rica muestra sus mayores fortalezas en las áreas de Bioquímica, Inmunología y Microbiología, y Farmacología y Toxicología, que de manera general se pueden ubicar en el campo de la Biomedicina. Este resultado no es producto de la casualidad: lo sostiene la red de investigación que se caracteriza por tener los mayores niveles de cohesión, interconectividad, representación interinstitucional y "multidisciplinariedad". Adicionalmente, se identifican comunidades sostenibles en el ámbito de Microbiología-Parasitología (véase la Pregunta 6 de este Informe). Sin embargo, aparte de la relación que tiene el amplio campo de la Biomedicina con el estudio de las enfermedades emergentes, el perfil de capacidades científicas nacionales no muestra mayor relación con las áreas estratégicas del PNCTI 2011-2014[8].

Conocer las decisiones y políticas, implícitas y explícitas, que han contribuido a forjar las fortalezas encontradas, e identificar estrategias exitosas que puedan aplicarse a otros grupos de investigación que muestran rezagos, desborda el objetivo de este primer Informe. No obstante, un punto de partida para tal propósito es el estudio en profundidad de la trayectoria seguida por el Instituto Clodomiro Picado de la UCR desde su fundación. Este centro de investigación ha sido clave en la conformación de una de las principales redes de la comunidad científica nacional. En ese sentido, las reflexiones de Lomonte (2012) y Gutiérrez (2011) son referencias de mucha utilidad.

Implicaciones

La identificación de las áreas en las que el quehacer científico del país tiene ventajas competitivas permitirá afinar el planeamiento estratégico del sector de ciencia, tecnología e innovación, con objetivos e intervenciones diferenciados según el nivel de desarrollo de cada disciplina. Así por ejemplo, ayudaría a lograr una serie de concordancias en los siguientes sentidos:

- Potenciar las coincidencias entre las prioridades de la política pública y las áreas robustas del quehacer científico, para forjar encadenamientos claros y sostenibles de esos grupos más dinámicos con los sectores productivo y social. Esto podría requerir la incorporación de nuevos ejes estratégicos, para incluir aquellos campos en los que el país tiene las mayores competencias pero que no forman parte de la política científica explícita. Además de conferirle mayor coherencia a la gestión del sector, el avance en este sentido contribuiría no solo a aprovechar las fortalezas de las comunidades más competentes, sino también a "engancharlas" al proceso de desarrollo económico y social. Para lograr esta conexión, una de las estrategias que recomiendan los expertos es la creación de "centros de excelencia" en los que participen las universidades locales y las universidades o empresas extranjeras que están en la frontera del conocimiento (Cepal, 2014).

- Fortalecer los grupos de investigación (incluyendo el mejoramiento de la infraestructura en unidades de investigación y desarrollo) en áreas que tienen una alta relevancia social y económica pero no logran despuntar o muestran decaimiento. Así por ejemplo, se recomienda poner en marcha políticas de apoyo a los grupos de investigación en Ciencias Agrícolas y dar continuidad a las ya formuladas en el PNCTI 2011-2014 para impulsar las "tecnociencias".

- Fortalecer las revistas especializadas locales para que logren los estándares que les permitan acceder a los índices internacionales, a fin de aumentar la visibilidad y el impacto del conocimiento endógeno.

Frontera de investigación

El conocimiento de las áreas en las que el país muestra fortalezas y debilidades es un punto de partida para estudios posteriores que profundicen en las razones que explican la evolución reciente. Esos análisis deberán conjugar la indagación sobre aciertos y errores del pasado, con la identificación de oportunidades derivadas de las coyunturas nacionales y globales. Específicamente, deberán examinar más a fondo las instituciones, políticas y comunidades académicas que inciden en la construcción de

competencias científicas y tecnológicas, y determinar cuáles buenas prácticas se pueden trasladar a las áreas más rezagadas, pero prioritarias, del quehacer científico.

Dentro de este marco será de sumo interés considerar el enfoque y las reflexiones de estudios recientes. Uno de ellos es el de Ulate y Fallas (2011), que analiza la producción científico-tecnológica de la UCR en el período 1975-2008 desde dos perspectivas complementarias: la teoría de las transiciones económico-políticas en la estrategia de desarrollo del país y la teoría económica sobre la distribución de recursos para la generación de nuevo conocimiento.

¿Más información sobre posicionamiento regional del país según su productividad científica y tecnológica y las comunidades de investigación del país?

Véase
- Preguntas 2 y 6 de este Informe

Referencias bibliográficas

Cepal. 2014. Cadenas globales de valor y diversificación de exportaciones: el caso de Costa Rica. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Cinde. 2013. "Costa Rica sobresale ante el mundo como sede para empresas de Ciencias de la Vida". En: <http://www.cinde.org/es/news/costa-rica-sobresale-ante-el-mundo-como-sede-para-empresas-de-ciencias-de-la-vida>.

Gutiérrez, J.M. 2011. "La importancia de la generación endógena de conocimiento científico para el sistema ciencia-tecnología-innovación". En: Herrera y Gutiérrez (eds.).

Herrera, R. y Gutiérrez, J.M. (eds.). 2011. Conocimiento, innovación y desarrollo. San José: UCR.

Lomonte, B. 2012. "Investigación científica y tecnológica en el Instituto Clodomiro Picado: una perspectiva bibliométrica de cuatro décadas (1970-2010)", en Interciencia 37 (6).

Micitt. 2011. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Moed, H.F. 2005. Citation analysis in research evaluation. Nueva York: Springer.

Nielsen, V. y Azofeifa, A. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

SCImago Lab. 2014. Sitio oficial, en <www.scimagojr.com>.

Smith, E. 2010. The productivity of science. Washington D.C.: BID.

Ulate, A. y Fallas, A. 2011. Investigación y desarrollo en la Universidad de Costa Rica. San José: Observatorio del Desarrollo, UCR.

Créditos

La redacción de esta sección fue efectuada por Evelyn Villarreal y María Santos.
Jorge Vargas Cullell y Ramiro Barrantes participaron en la **edición técnica.**
Ivania García realizó los **procesamientos de información.**

Notas

1 Cabe indicar que los registros de las publicaciones generadas por las instituciones basadas en Costa Rica en las temáticas de ciencia y tecnología, son muy similares entre las plataformas *Web of Science* y *Scopus*, según se muestra en la Pregunta 2 de este Informe.

2 El estudio que sirve de base al análisis sobre los campos de especialización (Smith, 2010) se basó a su vez en información de la plataforma NSI, que en la actualidad ya no está disponible. Los datos pueden consultarse en la herramienta *InCites*, de la empresa Thomson Reuter Web of Science.

3 Las citas son el reconocimiento que un documento recibe de otro, de modo que se constituyen en un indicador de su grado de influencia o impacto, científico o académico.

4 Es necesario aclarar que el número de documentos contabilizados por *SCImago Journal & Country Rank* no coincide con el número de publicaciones en que se apoya la Pregunta 2 de este Informe, debido a las siguientes razones: i) para facilitar la búsqueda por tema, *SCImago* puede asignar varios descriptores temáticos al mismo artículo, ii) esta plataforma en particular incluye entre sus documentos los siguientes: artículos, revisiones, actas de congresos y "artículos en prensa" (aquellos que han sido aprobados pero aún no se han publicado; SCImago Lab, 2014).

5 El análisis de las áreas de especialización se apoyó en el estudio de Smith (2010) por dos razones: i) la posibilidad de comparar a Costa Rica con los demás países incluidos en ese trabajo, así como de conocer la evolución en el tiempo, dado que Smith examinó dos períodos (1981-1985 y 2004-2008); ii) la imposibilidad de actualizar las estimaciones para Costa Rica con datos del período 2001-2011. Aunque las instituciones adscritas al Conare tienen acceso a la plataforma *Web of Science*, a la fecha de edición de este Informe no se habían adquirido los derechos para el uso de la herramienta *InCites*, que permite descargar la información requerida. Cabe indicar que, por utilizar una fuente distinta, el análisis sobre el impacto académico de la producción científica sí ofrece los datos más recientes disponibles (2001-2011).

6 El análisis incluye artículos, revisiones y actas de congresos.

7 Actualmente en Costa Rica operan más de cincuenta empresas multinacionales en el sector "Ciencias de la Vida", entre ellas seis de las veinte líderes de manufactura tecnológica del sector médico, así como cinco de las diez más especializadas en el área cardiovascular (Cinde, 2013).

8 Debido a que las áreas estratégicas del PNCTI 2011-2014 incluyen tanto campos del conocimiento, como tecnologías convergentes, no es posible hacer un cotejo *vis a vis* y, por ende, resulta difícil valorar la correspondencia entre la política pública y las áreas del conocimiento. Por esta razón, el presente ejercicio debe tomarse como una aproximación para entender esa correspondencia.

PREGUNTA 16

¿Priorizan los centros de educación superior la producción, la protección y la transferencia del **conocimiento científico-tecnológico a otros sectores de la sociedad?**

Concepto clave

Estructura de incentivos académicos

Situación del país

☒	Se priorizan las anualidades y el escalafón, y no tanto la producción, protección y transferencia del conocimiento.
☐	
☑	

Importancia del tema

Dado que en Costa Rica la mayor parte de las actividades de I+D es ejecutada por las universidades públicas, es importante examinar la capacidad de los incentivos que se aplican en esas instituciones para promover la investigación, la transferencia y el uso del conocimiento por otros sectores de la sociedad.

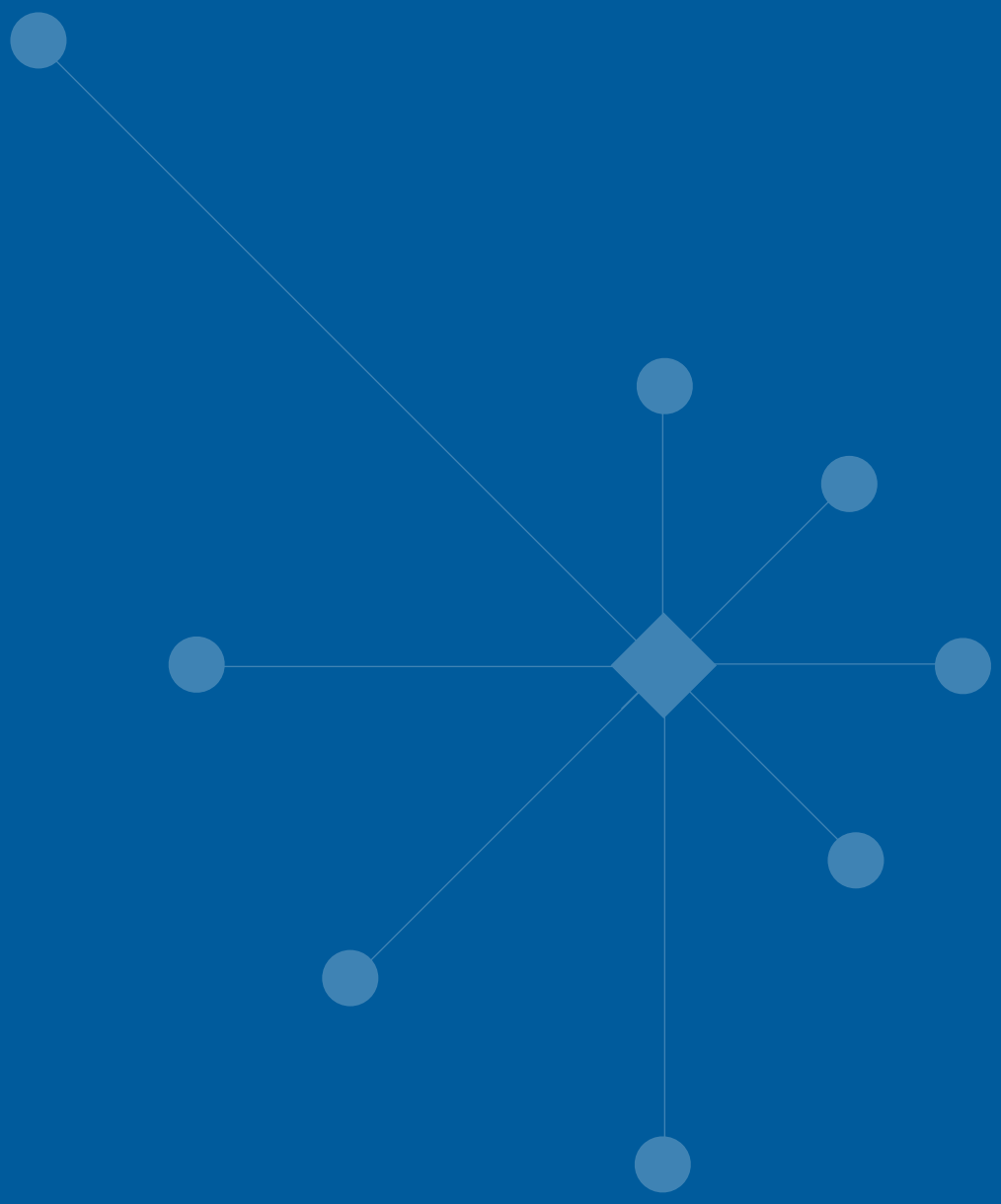
Implicaciones de política pública

- Atender los desafíos planteados por el Conare, para que los incentivos académicos respondan a consideraciones de calidad y mérito.
- Actualizar los esquemas de valoración de las publicaciones en coautoría.
- Implementar un sistema de investigadores que favorezca la productividad y la excelencia.

Investigaciones de base

León, P. 2013. Políticas sobre propiedad intelectual en las universidades en el Conare. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Nielsen, V. y Azofeifa, A. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

Al igual que en otras naciones de ingreso medio, en Costa Rica la mayor parte de la investigación y desarrollo (I+D) es ejecutada por las universidades públicas. Las Preguntas 2 y 3 de este Informe dan cuenta de que el país ocupa una posición modesta con respecto a los principales productores de conocimiento en Latinoamérica y el Caribe, tanto en cantidad de publicaciones como en el número de patentes solicitadas por nacionales. Además, no alcanza los resultados que cabría esperar dado su nivel de desarrollo, y ese desempeño ha desmejorado con el tiempo.

En este contexto, los incentivos al quehacer científico y tecnológico de las universidades públicas son un elemento clave para aumentar la producción y uso del conocimiento. Estos esquemas crean mecanismos para el avance en la carrera académica, al facilitar ascensos a niveles superiores de la institución y otorgar premios salariales y regalías que pueden estimular de manera significativa la productividad del personal científico. En sentido contrario, la ausencia de incentivos o su inadecuado diseño podrían desmotivar ese esfuerzo, una situación sumamente inconveniente a la luz de los rezagos del país en esta materia. Pese a su importancia, la investigación sobre este tema es escasa.

Hallazgos relevantes

- **Las universidades adscritas al Conare difieren en los mecanismos que utilizan para estimular la protección y la transferencia del conocimiento mediante la vinculación externa remunerada, así como en el monto de las retribuciones. Lo anterior se da a pesar de la normativa formulada en el *Convenio de Coordinación de la Educación Superior Universitaria Estatal en Costa Rica*. En cambio, existe mayor convergencia en los incentivos a la producción científica.**

- **En la UCR los componentes "automáticos", como las anualidades y escalafones, representan el 44% de la masa salarial, y el premio al esfuerzo intelectual (rubro "reconocimiento por régimen académico") tan solo el 8,5%. Existen mecanismos paralelos para lograr aumentos salariales, que restan motivación a los académicos para investigar, publicar, proteger y transferir los productos del quehacer científico.**

- **Para el ascenso en el régimen académico, la UNED es la institución que confiere mayor peso a la producción de conocimiento (21%). Le siguen la UCR (15%) y la UNA (9%). Por discrepancias en la reglamentación respectiva, no es posible incluir al TEC en esta comparación.**

- **Únicamente el TEC asigna puntaje para el ascenso en el régimen académico por proyectos de vinculación externa remunerada, además de un complemento salarial. La UNA y la UCR establecen un porcentaje como regalía para el investigador.**

- **Los esquemas de valoración de las publicaciones en coautoría desincentivan la formación de grupos colaborativos naturales, en la dinámica de investigación en las ciencias sociales como en el abordaje multi y transdisciplinario.**

Metodología

Las dimensiones consideradas en el estudio fueron las siguientes:

- Análisis descriptivo de las estructuras de incentivos que se aplican en las universidades estatales para la publicación de artículos científicos, la protección del conocimiento por medio de patentes de invención y la transferencia del conocimiento mediante contratos de vinculación externa remunerada.

- Análisis comparativo del peso asignado por las universidades estatales a las actividades descritas en el punto anterior, con respecto a otros rubros como condición académica, tiempo de servicio, evaluación académica, dedicación exclusiva y cargos administrativos, en los procesos tendientes al ascenso en el régimen académico y el cálculo de incrementos salariales y regalías.

Fuentes de información

El estudio se apoya en una investigación de tipo documental, en la que se analizaron los reglamentos y normas relativos a la producción, protección y transferencia de conocimiento científico, aprobados por las cuatro universidades públicas adscritas al Conare. Solo en el caso de la UCR esa información se complementó con datos de la estructura salarial vigente en 2013. Adicionalmente, durante los meses de febrero y marzo de 2013 se realizaron entrevistas a autoridades universitarias, cuyos nombres se mencionan en los estudios de base.

Limitaciones del estudio

Los centros de educación superior de Costa Rica, públicos y privados, no cuentan con un sistema estandarizado para la valoración de los esfuerzos en materia de producción de conocimiento. La escasa información disponible en las universidades estatales no permite una comparación precisa entre ellas. Por esta razón, los hallazgos que se presentan en esta sección deben verse como el resultado de un primer ejercicio exploratorio sobre el tema, y centrado en las universidades públicas. El análisis de los incentivos al trabajo intelectual con base en la estructura salarial únicamente se efectuó para la UCR.

Por los motivos antes señalados, cuando en este trabajo se habla de "las universidades", debe entenderse que se trata de los cuatro centros de educación superior estatal adscritos al Consejo Nacional de Rectores (Conare), a saber: Universidad de Costa Rica (UCR), Universidad Nacional (UNA), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) y Universidad Estatal a Distancia (UNED).

Concepto clave

- Estructura de incentivos académicos: en este trabajo se refiere a los esquemas que aplican las universidades públicas para incentivar la producción, publicación y protección de conocimiento, así como la participación en proyectos de vinculación remunerada con otros sectores. Se considera también el peso relativo asignado a esas actividades al determinar los reconocimientos que se otorgan a las y los investigadores.

Principales resultados

Incentivos a publicaciones científicas, patentes y contratos de vinculación

Los regímenes académicos de las universidades públicas tienen similitudes y diferencias. Son similares en cuanto a los incentivos asociados a la publicación del nuevo conocimiento generado[1], pues todos promueven el ascenso de las y los científicos, con las consecuentes mejoras salariales. Sin embargo, son muy distintos en las maneras de reconocer la vinculación remunerada mediante contratos con entidades privadas o públicas (cuadro 16.1). No es posible afirmar si las diferencias encontradas son el resultado de las vocaciones y ejes de acción particulares de cada universidad, o si en ello han mediado otros factores contingentes.

Una comparación más detallada del peso asignado a la producción intelectual para el ascenso en el régimen académico refleja diferencias significativas entre los centros de educación superior (cuadro 16.2). En la UNED ese factor aporta como mínimo tres puntos de los quince necesarios (20%) para ascender al primer nivel (que en este caso corresponde al "Profesional 3"). En cambio, en la UCR esa proporción es claramente menor (11%). Visto en su conjunto, el peso promedio relativo asignado a la producción intelectual es, en orden descendente, como sigue: UNED (21%), UCR (15%) y UNA (9%). En el TEC el reglamento respectivo no especifica el puntaje mínimo, sino el máximo, por lo que no es posible compararlo con las otras universidades.

Cuadro 16.1

Mecanismos utilizados por las universidades públicas[a/] para incentivar la producción, protección y transferencia de conocimiento

Universidad	Modalidad		
	Producción científica	Protección de la propiedad intelectual	Transferencia de conocimiento mediante vínculos externos
TEC	Ascenso [b/]	Ascenso y regalías	Ascenso y hasta un 60% de complemento salarial
UCR	Ascenso	Ascenso y regalías	Regalías
UNA	Ascenso	Ascenso y regalías	Hasta un 20% de los ingresos efectivos del proyecto
UNED	Ascenso	Ascenso	No existe una política explícita

a/ Corresponde a las cuatro universidades adscritas al Conare.
b/ Se refiere al ascenso en el régimen académico.

Fuente: Elaboración propia con base en normativa universitaria (TEC, 2005b; UCR, 2008; UNA, 2013 y UNED, 2012).

Cuadro 16.2

Puntajes asignados por las universidades[a/] a la producción intelectual, para el ascenso en el régimen académico[b/]. 2014

Universidad	Puntos para…	Nivel en régimen académico			
		1	2	3	Peso promedio
TEC[c/]	Ascenso	24	48	72	
	Producción intelectual	8	16	30	
	Porcentaje de producción intelectual	33	33	42	
UCR[d/]	Ascenso	36	54	90	
	Producción intelectual	4	8	16	
	Porcentaje de producción intelectual	11	15	18	15
UNA[d/]	Ascenso	26	44	77	
	Producción intelectual	1	3	14	
	Porcentaje de producción intelectual	2	7	18	9
UNED[d/]	Ascenso	15	30	50	
	Producción intelectual	3	6	12	
	Porcentaje de producción intelectual	20	20	24	21

a/ Corresponde a las cuatro universidades adscritas al Conare.
b/ A partir de la categoría de profesor instructor.
c/ En el TEC se refiere a puntajes máximos.
d/ En la UNED, la UCR y la UNA se trata de puntajes mínimos.

Fuente: Elaboración propia con base en normativa universitaria (TEC, 2005a; UCR, 2008; UNA, 2013 y UNED, 2012).

A la hora de asignar el puntaje a un producto determinado, las universidades aplican una escala en apariencia similar, que va de 0 a 4 puntos por trabajo publicado (cuadro 16.3). Sin embargo, dado que no se trata de un sistema estandarizado, las publicaciones de cuatro puntos representan "esfuerzos" distintos entre una institución y otra, en virtud de las diferencias en el peso que se asigna a la producción intelectual para el ascenso en el régimen académico.

Las universidades otorgan un puntaje específico a las producciones científicas de conformidad con una evaluación de su calidad. Una comisión valora la calidad de los trabajos, utilizando como parámetro, en primera instancia, el reconocimiento de la revisión por pares. A este respecto cabe aclarar que seguir este criterio no implica que las revistas pertenezcan a la "corriente principal", y de hecho muchas de las publicaciones locales que dan a conocer esta producción no son reconocidas según estándares internacionales. Otros criterios de evaluación son: impacto académico, trascendencia, complejidad, originalidad y relevancia. Además, en la UNA los académicos pueden obtener tres puntos por "producción intelectual" distinta a la científica, mediante aportes culturales a favor de la comunidad, nacional o internacional (León, 2013).

Un aspecto importante de analizar es el tratamiento que se da a las publicaciones realizadas en coautoría. Esta es una práctica común en las áreas de ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías, debido a que usualmente las investigaciones requieren instalaciones amplias, equipos de alta tecnología y considerables recursos financieros. Pero además el trabajo en grupo favorece el abordaje multidisciplinario de temas complejos, la participación en redes a nivel global y el aumento del impacto académico del conocimiento generado.

Si bien las políticas institucionales, en teoría, buscan fomentar la investigación en grupo, el sistema que se utiliza en la actualidad más bien lo castiga, mientras premia la publicación individual. Por ejemplo, la UCR aplica un procedimiento en el cual, una vez asignado el valor total a la obra, se calcula el porcentaje que representa la contribución de cada uno de los autores y en esa proporción se distribuye entre ellos el puntaje colectivo. Este esquema desincentiva el trabajo en equipo, pues los investigadores estarían recibiendo fracciones de un punto por publicaciones que podrían tener un alto impacto académico.

Por su parte, el TEC asigna un puntaje mayor conforme aumenta el número de autores, pero este debe ser repartido entre ellos. Así por ejemplo, una publicación suscrita por tres o más personas puede recibir un máximo de ocho puntos, independientemente del número de investigadores. En cualquier caso, el máximo que puede recibir un autor es de cuatro puntos (cuadro 16.4).

Cuadro 16.3

Puntajes[a/] asignados por las universidades adscritas al Conare a los trabajos de producción intelectual

TEC	UCR	UNA	UNED
De 0 a 4 puntos.	De 0 a 4 puntos. En casos excepcionales[b/] se otorgan hasta 6 puntos.	De 0 a 3 puntos. En casos excepcionales[b/] se otorgan hasta 2 puntos.	De 0 a 2 puntos. En casos excepcionales[b/] se otorgan hasta 3 puntos.

a/ Dado que los reglamentos para el ascenso en los respectivos regímenes académicos no están estandarizados, los puntajes no son equiparables. En cada caso el valor final dependerá de la calidad asignada a la publicación por la comisión *ad hoc* de cada universidad.
b/ Se refiere a obras excepcionalmente trascendentes y de gran impacto académico en su área, que han recibido reconocimientos de importancia o han sido premiadas por entidades de prestigio internacional.

Fuente: Elaboración propia con base en normativa universitaria (UCR, 2008; UNA, 2013; TEC, 2005a y UNED, 2012).

En resumen, al castigar el trabajo colaborativo, los regímenes académicos afectan la visibilidad e impacto que las y los científicos pueden obtener mediante el asocio con grupos de prestigio nacional e internacional, así como la investigación multidisciplinaria, que es clave para el abordaje y resolución de problemas complejos.

Una segunda dimensión en el examen de los regímenes académicos son los incentivos para la protección del conocimiento por medio de patentes. Las cuatro universidades reconocen los derechos morales del investigador, pero retienen los derechos patrimoniales de las invenciones, lo que les permite definir sus propias políticas de repartición de regalías. Además sufragan todos los costos del proceso, que puede ser muy oneroso según el lugar donde se realice la gestión (Estados Unidos y la Unión Europea, por ejemplo), lo mismo que el manejo de la patente en el mediano y largo plazos[2].

No obstante estas coincidencias, las universidades analizadas difieren en los puntajes y regalías asignados, así como en otras valoraciones cualitativas de la producción intelectual. En todos los casos se otorgan puntos por patente registrada para el ascenso en el régimen académico. Con excepción de la UNA, los reglamentos especifican la distribución porcentual de las regalías correspondientes entre el investigador y el centro de estudios (cuadros 16.5 y 16.6).

En el caso de la UNA, el documento *Políticas para la protección y fomento de la propiedad intelectual generada en la Universidad Nacional* (publicado en *UNA-Gaceta*, nº 17-2006) autoriza la repartición de regalías pero sin mencionar porcentajes, excepto en el inciso 9b, que refiere la distribución estipulada en la Ley 6867, la cual otorga dos terceras partes de los beneficios al inventor y un tercera parte a la empresa o institución. En el mismo documento se indica que la UNA creará otros incentivos no económicos, como distintas modalidades de asignación de

Cuadro 16.4

Puntajes que se asignan en el TEC por publicación, según el número de autores

Número de autores	Máximo de puntos por publicación
1	4
2	6
3 o más	8

Fuente: Elaboración propia con base en TEC, 2005a.

Cuadro 16.5

Mecanismos para el reconocimiento de la propiedad intelectual en las universidades adscritas al Conare

Mecanismo	TEC	UCR	UNA	UNED
Regalías	Regalías de hasta un 50% para el investigador	Regalías de hasta un 35% para el investigador	Regalías[a/]	No existe normativa explícita
Ascenso[b/]	Cada patente otorga 10 puntos	Hasta 4 puntos por patente[c/] (en casos excepcionales hasta 6 puntos)	Hasta 4 puntos por patente[d/]	Hasta 5 puntos por patente[e/]

a/ En la reglamentación no se establece un porcentaje máximo.
b/ Se refiere al ascenso en el régimen académico.
c/ Registradas como productos de diseño industrial o como obras de arte, no como publicaciones.
d/ Registradas como creación artística, científica o técnica; inventos.
e/ Registradas como obras artísticas o científicas y profesionales.

Fuente: Elaboración propia con base en normativa universitaria (UCR, 2008; UNA, 2006 y 2013; TEC 2005a y UNED, 2012).

la carga académica, acceso a equipo especializado y facilidades para realizar publicaciones, entre otros. En 2013 la Oficina de Transferencia Tecnológica y Vinculación Externa (Ottve) trabajaba en la elaboración de un reglamento específico sobre la repartición de regalías por patente (León, 2013).

En caso de que el profesional haya sido contratado para desarrollar una invención o proceso que puede generar propiedad intelectual, el mismo contrato establece el monto de las regalías, que suele ser igual al que reciben los autores de las editoriales universitarias: entre 10% y 12% de lo obtenido por la venta de su obra (León, 2013).

En el recuadro 16.1 se comentan los hallazgos de dos estudios sobre los mecanismos empleados por centros universitarios de todo el mundo para promover la producción de conocimiento científico y su divulgación a través de revistas especializadas. El análisis revela que los incentivos relacionados con el ascenso académico son los más efectivos para fomentar tanto la productividad como la calidad de las publicaciones.

Finalmente, un tercer tipo de incentivos son los referidos a la vinculación externa, esto es, la venta de bienes y servicios como consultorías y cursos especiales, ligados a los proyectos de investigación. En primera instancia cabe indicar que la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico (nº 7169, del 13 de junio de 1990) confiere a las universidades amplias facultades para realizar actividades de vinculación externa, a través de las fundaciones creadas por ellas mismas. Entre otras disposiciones, se autoriza la venta de "servicios técnicos y de transferencia de tecnología a terceros". Esto les permite a los centros de educación superior generar fondos propios para impulsar el desarrollo institucional y de sus dependencias (artículos 93, 94 y 95). Al amparo de esta Ley las universidades aplican diversos mecanismos para incentivar la vinculación externa remunerada, y es en este ámbito donde se observan las mayores diferencias entre ellas (cuadro 16.7).

Cuadro 16.6

Distribución porcentual de las regalías por patentes en el TEC y la UCR

Beneficiario	TEC	UCR
Investigador	50	35
El proyecto mismo	25	25
Unidad académica a la que pertenece el investigador		20
Vicerrectoría o equivalente	25	20
Universidad (total)	50	65

Fuente: Elaboración propia con base en TEC, 2005a y UCR, 2008.

Cuadro 16.7

Mecanismos para promover la transferencia del conocimiento de las universidades mediante proyectos de vinculación remunerada[a/]

Mecanismo	TEC	UCR	UNA
Regalías	Los académicos reciben un complemento equivalente al 60% del salario de un profesional con grado de doctor o, en su defecto, hasta del 100% de su salario bruto.	Los académicos reciben un complemento salarial definido a partir de un reglamento específico para tal efecto[b/].	Los académicos reciben hasta un 20% de los ingresos efectivos del proyecto.
Ascenso[c/]	Se otorga hasta un máximo de 5 puntos por investigador.	La normativa institucional no asigna puntaje.	La normativa institucional no asigna puntaje.

a/ La UNED no cuenta con normativa explícita que regule la vinculación externa de sus funcionarios.
b/ El reglamento se aplica a las actividades de vinculación que son manejadas por las instancias administrativas institucionales. Para los proyectos gestionados a través de Fundevi se usa un reglamento de referencia. La Vicerrectoría de Investigación tiene un consejo institucional que valora este aspecto y puede variar los montos (E: Guillén, 2014).
c/ Se refiere al ascenso en el régimen académico.

Fuente: Elaboración propia con base en normativa universitaria (UNA, 2012b; UCR, 1999 y 2000; TEC 2005 b).

Recuadro 16.1

Políticas de incentivos aplicadas internacionalmente para promover la producción científica y tecnológica

Un estudio reciente valoró el efecto de las políticas de incentivos académicos aplicadas en un grupo de once países durante el período 2000-2009, a partir de la cantidad de artículos científicos presentados y efectivamente publicados en la revista *Science* (Franzoni et al., 2011), reconocida por su alto impacto y su amplio alcance internacional e interdisciplinario. Se analizaron mecanismos de financiamiento institucional (en Australia, Dinamarca, Bélgica, Italia, Nueva Zelandia y Noruega), de pago de bonos económicos a los autores (en China, Corea y Turquía) y de ascensos y mejoras salariales (en España y Alemania).

El modelo basado en el ascenso en el régimen académico resultó ser el más efectivo, ya que los incentivos relacionados con el financiamiento institucional y el pago de bonos no mostraron asociaciones estadísticamente significativas con la cantidad de trabajos aceptados y, por ende, publicados. Además, las tasas de aceptación de los artículos se correlacionaron negativamente con el modelo de bono económico.

Por otra parte, Svensson (2008) analizó distintos esquemas de incentivos para proteger el conocimiento mediante el registro de patentes en centros universitarios, tomando en cuenta que ese proceso les genera conflictos a los investigadores. En efecto, el registro de patentes, además de implicar un costo en términos de esfuerzos adicionales a las actividades ordinarias de las y los científicos (enseñar y, especialmente, publicar), conlleva problemas asociados al hecho de que para efectos de comercialización, con o sin patente, interesa mantener el descubrimiento en secreto por el mayor tiempo posible. Esto significa que no se puede publicar un artículo antes de que la patente haya sido otorgada. Incluso si no se gestiona el registro, y en su lugar se decide explotar la invención a través de una nueva empresa, es aun más importante la confidencialidad. En cambio, en la investigación académica la prioridad es la publicación del nuevo conocimiento tan pronto como sea posible.

Teniendo presente esta realidad, Svensson describe cuatro esquemas bajo los cuales los investigadores pueden recibir un incentivo (salarial) que los motive a participar en procesos de protección del conocimiento. Esos esquemas son: i) financiamiento de proyectos de investigación por parte de empresas, lo que generalmente significa que estas últimas son las que se benefician con los resultados, ii) prestación de servicios de consultoría externa, los cuales son remunerados en la forma de un salario, iii) pago de derechos de autor sobre las licencias, o propiedad compartida en los casos en que una empresa lleva a cabo el registro de la patente, y iv) propiedad compartida de los investigadores si estos se involucran en un *spin-off*[3]. El autor afirma que los incentivos de los tipos iii) y iv), en los cuales los investigadores son remunerados según el éxito que se logre en el proceso de comercialización, son más efectivos que la modalidad que únicamente otorga un salario o un pago fijo.

Fuente: Elaboración propia con base en Franzoni et al., 2011 y Svensson, 2008.

Los lineamientos de la UCR contemplan la posibilidad de otorgar incentivos económicos por medio de complementos salariales, que varían según lo acordado en cada proyecto de vinculación externa. No se hace referencia a un puntaje para ascender en el régimen académico (UCR, 2000).

En la UNA, el *Reglamento de Transferencia Tecnológica y Vinculación Externa* estipula que se debe tomar en cuenta la relevancia e impacto de la investigación para establecer un incentivo por vinculación externa. De los ingresos efectivos del proyecto se destina hasta un 20% para el investigador o investigadores. No obstante, en ningún caso la retribución económica puede ser superior al salario mensual total que el académico recibe de la universidad.

En concordancia con su fuerte proyección hacia los sectores productivos, el TEC se distingue por aplicar los dos tipos de incentivos considerados –retribución económica y puntaje para ascender en el régimen académico– a fin de propiciar la vinculación externa remunerada. El monto máximo mensual asignado como regalía es el equivalente al 60% del salario de un profesional con grado de doctor[4] o, en su defecto, el 100% del salario bruto del investigador.

Gráfico 16.1

Distribución presupuestaria de la masa salarial[a/] en la UCR. 2013[b/]

a/ Se considera la masa salarial en su conjunto, incluyendo personal docente y administrativo. Algunos de los componentes mostrados se aplican de manera distinta entre ambos grupos.
b/ Con base en el presupuesto total aprobado a diciembre del 2013.
c/ El aumento por escalafón se refiere al "aumento de salario anual de acuerdo con la escala vigente, siempre que la calificación de servicios del funcionario referida al puesto de esa categoría corresponda al nivel de la nota de bueno" (UCR, 2013).

Fuente: Elaboración propia con datos de la Vicerrectoría de Administración de la UCR.

Incentivos no asociados a la producción, protección y transferencia de conocimiento

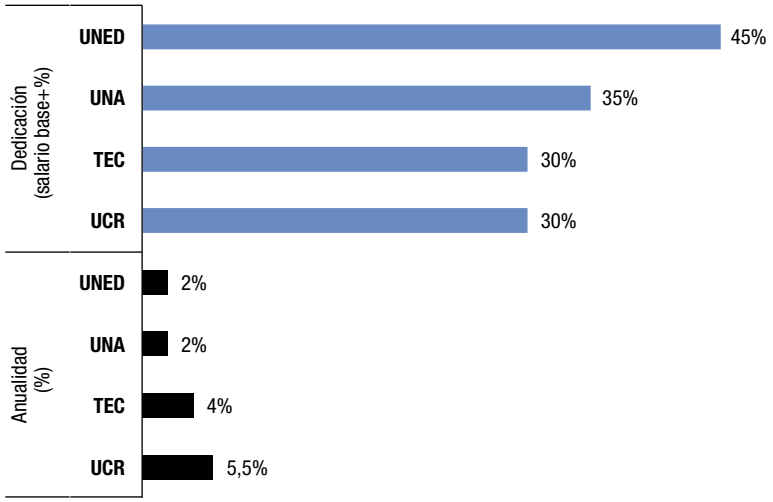
El ascenso en los regímenes académicos de las universidades no depende únicamente de la producción, protección y transferencia de conocimiento. En forma paralela se otorgan beneficios derivados de otros factores que, en la práctica, llegan a ser más importantes en la determinación de los niveles salariales que la productividad científica. En términos generales, esos incentivos se derivan de atributos reconocidos de manera "automática" y que se asocian al tiempo de servicio (anualidad), el escalafón, la dedicación exclusiva y el desempeño de altos puestos de dirección en unidades académicas, decanaturas, vicerrectorías y la Rectoría, entre otros.

En la mayor y más antigua universidad estatal, la UCR, hay una reveladora asimetría en el peso relativo asignado a los resultados del trabajo investigativo y la vinculación externa, en relación con otros factores. La distribución de los componentes del presupuesto salarial refleja que los elementos "automáticos", es decir, anualidad y escalafón, representan el 44% de la masa salarial, mientras que el rubro "reconocimiento por régimen académico" tan solo aporta el 8,5% (UCR, 2014; gráfico 16.1).

Al analizar con más detalle los reglamentos se encuentra que, por concepto de dedicación exclusiva, las universidades premian con un recargo que varía entre un 30% (TEC y UCR) y un 45% (UNED) del salario base y de un 2% hasta un 5,5% por anualidad (gráfico 16.2). Asimismo, en la UNED y el TEC se reconocen sobresueldos de entre 40% y 50%, respectivamente, a los directores de unidades académicas. Para los altos cargos de jefaturas docente-administrativas en la UNA, la UCR y la UNED, los sobresueldos se calculan sobre el salario base de un catedrático, de modo que si el funcionario no ha alcanzado esa categoría, el incremento es aun mayor.

Gráfico 16.2

Recargo sobre el salario base por anualidad y dedicación exclusiva en las universidades adscritas al Conare



Fuente: Elaboración propia con base en normativa universitaria (UCR, 1991 y 2008; UNA, 1987, 2012a y 2013; TEC 2005a y 2005b; UNED, 1992 y 2012

Dictamen

En teoría, los mecanismos para ascender en el régimen académico por concepto de producción y protección de conocimiento, así como por vinculación externa remunerada, constituyen un poderoso acicate para estimular esas actividades. En la práctica, sin embargo, los incentivos que se aplican en las universidades públicas no se ajustan enteramente a esa expectativa.

Desde el punto de vista del beneficio salarial, pueden obtenerse aumentos mayores a partir de condiciones no ligadas a la productividad y la transferencia de conocimiento, como anualidades, dedicación exclusiva, dedicación extraordinaria, regionalización y, de manera particular, el desempeño de cargos de jefatura. En el caso de la UCR los componentes "automáticos", es decir, las anualidades y el escalafón, actualmente aportan el 44% de la masa salarial, mientras que el premio al esfuerzo intelectual, es decir, el rubro "reconocimiento por régimen académico" tan solo representa el 8,5%.

Por otra parte, el requisito de producción científica y publicación en revistas especializadas puede cumplirse sin hacer investigación del todo, mediante trabajos didácticos, revisiones de artículos anteriores (propios o de otros académicos), hechas por un solo autor, elaboración de antologías y otras actividades académicas. Esto es relevante pues, aunque la calidad de las publicaciones costarricenses con altos índices de citación es buena, las Preguntas 2 y 3 de este Informe dan cuenta de que el país ocupa una posición modesta con respecto a los principales productores de conocimiento en Latinoamérica y el Caribe, tanto en cantidad de publicaciones como en el número de patentes concedidas a nacionales (Nielsen y Azofeifa, 2013). Otros estudios señalan la urgencia de intensificar las relaciones academia-sector productivo y aprovechar los resultados de la investigación que genera la primera (Adamson, 2011; Cepal, 2014).

En resumen, contrario a lo que sería deseable, el peso que tienen los mecanismos paralelos de reconocimiento académico ofrece avenidas alternas para lograr aumentos salariales significativos, sin tener que investigar y publicar. Esto desincentiva la participación de los académicos en esos procesos.

¿Más información sobre la sobre la producción de conocimiento y de patentes?

Véase
- Preguntas 2 y 3 de este Informe

Implicaciones

Las instituciones públicas de educación superior son las principales generadoras de conocimiento científico y tecnológico en Costa Rica. No obstante, el desempeño nacional en materia de producción y protección intelectual es modesto, a la luz de lo que se esperaría según el nivel de desarrollo del país (Crespi et al., 2010). Esto sugiere la pertinencia de revisar las políticas de incentivos que se aplican actualmente en las universidades públicas.

En ese sentido hay varios asuntos que pueden examinarse. Uno de ellos es el peso de los incentivos relacionados con la producción, protección y transferencia del conocimiento, en contraste con los asociados a otros rubros distintos a la investigación y la docencia, pilares fundamentales del quehacer universitario. El *Plan Nacional de la Educación Superior Universitaria Estatal 2011-2015* señala la atención de este tema como uno de los desafíos del Sistema de Educación Superior Universitaria Estatal, y propone desarrollar mecanismos interinstitucionales que procuren que los incentivos respondan primordialmente a consideraciones de calidad y mérito (OPES-Conare, 2011).

Asimismo, es importante mejorar la cultura institucional de evaluación del rendimiento académico e implementar un "sistema de investigadores" (como se ha hecho en otros países) que favorezca la rendición de cuentas, la productividad y la excelencia (Gutiérrez, 2011). De manera particular, conviene revisar los esquemas de valoración de las publicaciones científicas en coautoría, ya que los vigentes en la actualidad, además de castigar una práctica que es propia de las diversas áreas de la ciencia y la tecnología, no estimulan la participación en redes nacionales o globales de investigación, ni el abordaje multidisciplinario de problemas complejos.

Finalmente, un asunto relevante que deben analizar las universidades estatales es la promoción de una mayor convergencia en las políticas de incentivos, de conformidad con el artículo 40 del *Convenio de Coordinación de la Educación Superior Universitaria Estatal en Costa Rica*, en el cual se indica que "las instituciones signatarias se comprometen a que existan bases salariales similares, procedimientos de evaluación e incentivos similares, en sus regímenes de salarios y escalafón" (OPES-Conare, 2013).

Frontera de investigación

Un conocimiento más amplio de las políticas de incentivos de las universidades adscritas al Conare requerirá un análisis comparativo, que incorpore la información sobre los componentes de los presupuestos salariales de la UNED, la UNA y el TEC. También queda pendiente una investigación sobre los incentivos académicos en las universidades privadas, un tema muy poco conocido en el país.

Será útil complementar estos estudios con análisis de los esquemas de incentivos académicos y administrativos que utilizan universidades de países con mayores logros en producción científica, propiedad intelectual y vinculación externa, en los que privan los criterios de competencia entre pares, la calidad y el rigor.

Referencias bibliográficas

Adamson, M. 2011. "Interrelación universidad-sector productivo y endogenización de la I+D: grandes desafíos y soluciones para un crecimiento sostenido de Costa Rica". En: Herrera y Gutiérrez (eds.).

Cepal. 2014. Cadenas globales de valor y diversificación de exportaciones: el caso de Costa Rica. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Crespi, G. et al. 2010. Nota técnica sobre el sistema nacional de innovación de Costa Rica: una contribución al diálogo de políticas públicas entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo (nota técnica IDB-TN-142). San José: BID.

Franzoni, Ch. et al. 2011. "Changing incentives to publish", en Science 333.

Gutiérrez, J.M. 2011. "La importancia de la generación endógena de conocimiento científico para el sistema ciencia-tecnología-innovación". En: Herrera y Gutiérrez (eds.).

Herrera, R. y Gutiérrez, J.M. (eds.). 2011. Conocimiento, innovación y desarrollo. San José: UCR.

León, P. 2013. Políticas sobre propiedad intelectual en las universidades en el Conare. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Monge, M. et al. 2012. "La creación de *spin-off* universitarias: caso del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)", en Revista Recrearte 12+1.

Nielsen, V. y Azofeifa, A. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

OPES-Conare. 2011. Plan Nacional de la Educación Superior Universitaria Estatal 2011-2015 (OPES-19/2010). San José: Oficina de Planificación de la Educación Superior, Consejo Nacional de Rectores.

_____. 2013. Compendio leyes, decretos y convenios de la educación superior universitaria estatal en Costa Rica (4ª ed.; OPES-02/2013). San José: Oficina de Planificación de la Educación Superior, Consejo Nacional de Rectores.

Svensson, R. 2008. Growth through research and development: what does the research literature say? Estocolmo: Vinnova.

TEC. 2005a. Reglamento de Carrera Profesional del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

_____. 2005b. Segunda Convención Colectiva y sus reformas; compendio de normas de remuneración. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

UCR. 1991. Régimen Salarial Académico de la Universidad de Costa Rica. San José: Universidad de Costa Rica.

_____. 1999. Normas para la asignación de complementos salariales a funcionarios universitarios con fondos extrauniversitarios. San José: Universidad de Costa Rica.

_____. 2000. Lineamientos para la vinculación remunerada de la Universidad de Costa Rica con el sector externo. San José: Universidad de Costa Rica.

_____. 2008. Reglamento de Régimen Académico y Servicio Docente. San José: Universidad de Costa Rica.

_____. 2013. Regulaciones del Régimen Salarial Académico de la Universidad de Costa Rica. San José: Universidad de Costa Rica.

_____. 2014. Informe gerencial al 31 de diciembre de 2013. San José: Vicerrectoría de Administración, Universidad de Costa Rica.

UNA. 1987. Reglamento para el reconocimiento de tiempo servido en el sector público a funcionarios académicos y administrativos de la Universidad Nacional. Heredia: Universidad Nacional.

_____. 2006. Políticas para la protección y fomento de la propiedad intelectual generada en la Universidad Nacional. Heredia: Universidad Nacional.

_____. 2012a. Aplicación de Incentivos Salariales en la Universidad Nacional. Heredia: Universidad Nacional.

_____. 2012b. Reglamento de Transferencia Tecnológica y Vinculación Externa. Heredia: Universidad Nacional.

_____. 2013. Reglamento de Carrera Académica. Heredia: Universidad Nacional.

UNED. 1992. Reglamento de Dedicación Exclusiva. San José: Universidad Estatal a Distancia.

_____. 2012. Reglamento de Carrera Universitaria. San José: Universidad Estatal a Distancia.

Entrevistas y comunicaciones personales

Guillén, R. 2014. Delegado Ejecutivo, Fundevi-UCR.

Créditos

La preparación de esta pregunta estuvo a cargo de Jason Chaves y María Santos.
La edición técnica fue realizada por Gabriel Macaya, Jorge Vargas Cullell, Ramiro Barrantes y Jose Andrés Masís.
Los procesamientos de información fueron realizados por Ivania García.

Notas

1 En los reglamentos consultados, para definir el puntaje de ascenso se consideran como trabajos publicados los libros y artículos que han sido aprobados por un comité editorial, o su equivalente, constituido por especialistas (así se establece, por ejemplo, en el artículo 42 bis del Reglamento de Régimen Académico y Servicio Docente de la UCR, de 2008).

2 Se requiere, por ejemplo, velar por el respeto a la patente y gestionar el cobro de regalías.

3 El sentido amplio del término *spin-off,* es el proceso de creación de nuevas empresas a partir de otras ya existentes. En este estudio se utiliza el concepto de "*spin-off* académica", que Monge et al. (2012) definen como "una empresa cuyo objetivo es explotar el conocimiento generado en la universidad, como resultado de su actividad investigadora y ante una oportunidad comercial, donde el conocimiento puede ser codificado o tácito. Para ser clasificada como una *spin-off* académica, el fundador debe provenir de una universidad y la actividad de la empresa debe estar basada en ideas técnicas, generadas en el entorno de la misma".

4 El monto máximo mensual que puede percibir un funcionario del TEC por participar en actividades de vinculación externa debe ser proporcional a la complejidad de las responsabilidades asignadas y no exceder el 60% del salario correspondiente a un profesional con grado académico de doctor, categoría profesional de catedrático, antigüedad de treinta años de servicio, cinco años de experiencia profesional docente, dedicación exclusiva y demás componentes del salario pagados a todos los profesionales; en su defecto, el monto no puede sobrepasar el 100% del salario bruto del funcionario (TEC, 2005a y 2005b).

PREGUNTA 17

¿Cuentan las unidades de I+D con la infraestructura idónea para facilitar la generación, transferencia y uso del **conocimiento científico y tecnológico?**

Conceptos clave

Estado del equipamiento de corte mediano y mayor

Condiciones de infraestructura

Grado de obsolescencia del equipamiento

Situación del país

La mayoría de los centros de I+D no tiene equipamiento idóneo y una proporción importante de los pertenecientes a la academia y el gobierno está desactualizada.

Importancia del tema

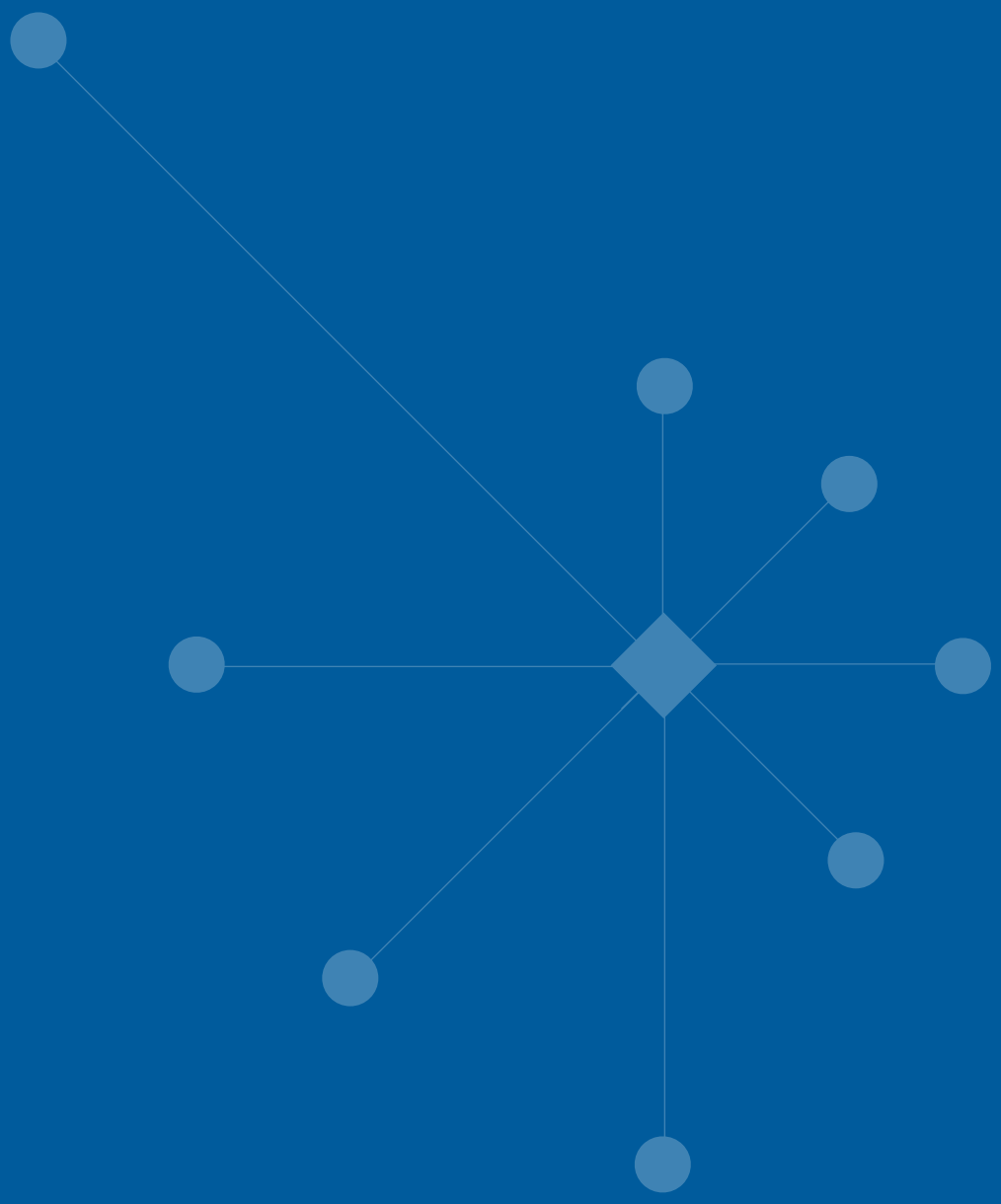
El estado de la infraestructura de los centros de I+D es una variable crítica para potenciar la capacidad de producción de conocimiento y la vinculación entre los distintos actores asociados a la innovación.

Implicaciones de política pública

- Implementación efectiva de las leyes 9144 y 9218.
- Atención de particularidades según sector.

Investigación de base

Segnini, M. 2013. Estado de la infraestructura científico-tecnológica en unidades de investigación y desarrollo. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

La infraestructura de las unidades de investigación y desarrollo (I+D) es fundamental para la innovación. El tipo y estado del equipamiento, así como las prácticas de colaboración entre esos centros y los sectores productivos, proporcionan los medios para que el personal involucrado en actividades de I+D pueda desarrollar nuevos conocimientos y aplicaciones que, eventualmente, serán transferidos y usados en los procesos productivos. Desde esta perspectiva, el estado de la infraestructura determina el potencial innovador de un país: es una variable crítica en la medida en que potencia –o en su defecto limita– la capacidad de generar conocimiento y favorecer la vinculación entre los distintos actores de la institucionalidad para la ciencia, la tecnología y la innovación.

En una economía abierta, de renta media, como la costarricense, la infraestructura para la I+D es una condición para lograr mejoras sustanciales en la productividad y la competitividad. No es un lujo propio de países avanzados, sino un medio indispensable para fomentar el progreso y el bienestar de la población. Habida cuenta de que Costa Rica carece de "salidas fáciles" para el crecimiento, como la existencia de algún *commodity* estratégico que permita la implantación de una economía extractiva o monocultivos a gran escala, la capacidad de I+D se torna aún más decisiva.

Pese a su relevancia, este tema no ha sido estudiado sistemáticamente en el país. El presente estudio busca aportar una primera valoración del estado general de la infraestructura en unidades de I+D, el equipamiento de corte mediano y mayor del que disponen y las principales limitaciones que enfrentan.

Hallazgos relevantes

- **El parque instrumental de corte mediano y mayor con que cuentan las unidades de I+D funciona según las especificaciones de los fabricantes y genera mediciones confiables. No obstante, cerca de la mitad (44%) del perteneciente a la academia y el gobierno se encuentra desactualizado.**
- **El 59% de las unidades de I+D no dispone del equipamiento idóneo para cumplir con sus objetivos. Las carencias se acentúan en las unidades del sector gubernamental (63%) y en las dedicadas a las Ciencias Agrícolas. La principal limitación se asocia a la necesidad de adquirir equipos no preexistentes.**
- **Más de la mitad de las unidades consultadas para este Informe manifiesta que no tiene el equipamiento idóneo para potenciar su vinculación con otros actores de la institucionalidad para la ciencia, la tecnología y la innovación. En las unidades asociadas al área de ingenierías y tecnologías, estratégica para ese propósito, el porcentaje asciende al 60%.**
- **Mejoras en el tamaño de las instalaciones, un programa institucional para la disposición de residuos y plantas piloto, o espacios adecuados para ensayar escalamientos y procesos novedosos –en los casos de ingenierías y tecnologías, así como de las empresas– son los principales requerimientos para aumentar las posibilidades de vinculación.**
- **Pese a su importancia, las unidades de I+D que pertenecen a las siete áreas de intervención del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología* e Innovación 2011-2014 no muestran ventajas con respecto a otros centros de I+D ubicados en áreas no prioritarias para la política pública.**

Metodología

El estudio consistió en el análisis descriptivo de las siguientes dimensiones:

- Estado general de los equipos, según funcionamiento confiable y obsolescencia.
- Idoneidad del equipamiento para cumplir los objetivos de las unidades de I+D y potenciar su vinculación con otros actores de la institucionalidad para la ciencia, la tecnología y la innovación.
- Limitaciones de infraestructura que dificultan el cumplimiento de los objetivos de la unidad y su vinculación con otros actores.

Los valores y categorías de las variables que se reportan se originan en una consulta efectuada por el Programa Estado de la Nación. El análisis examina las respuestas ofrecidas por los representantes de las unidades de I+D que participaron en este ejercicio, considerando los campos de la ciencia en que se desempeña cada una de ellas y su relación con alguna de las siete áreas estratégicas identificadas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación* 2011-2014, a saber: capital natural, Biotecnología, Ciencias de la Tierra y el Espacio, nuevos materiales, enfermedades emergentes, energías alternativas y tecnologías digitales (Micitt, 2011). De acuerdo con la autodesignación que hicieron las unidades de sus ámbitos de trabajo, y según criterio de experto, 51 de ellas se asociaron a alguna las áreas estratégicas.

Fuente de información

Como se indicó, este trabajo se basa en los resultados de una consulta en línea a unidades de I+D, realizada por el Programa Estado de la Nación (PEN). Esa labor se efectuó entre noviembre de 2012 y marzo de 2013.

Para delimitar el universo de las unidades de I+D, se levantó un listado de las organizaciones que pudiesen contar con centros relativamente estructurados para llevar a cabo este tipo de actividades. El listado se elaboró a partir del *Directorio de Unidades de Investigación de Costa Rica* (Conicit, 2011), una base de datos de empresas vinculadas al Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) de la UCR, así como la información brindada por varias cámaras y agrupaciones empresariales. En total, se identificaron 324 unidades de I+D pertenecientes a los sectores público y privado.

El PEN remitió a los jerarcas de los centros identificados una nota de solicitud de información, basada en la plantilla que se puso a disposición en línea y que se encuentra en la dirección <http://200.107.82.52/infraestructuraCTI.php>. Se recibió respuesta de 130 unidades de I+D, que corresponden al 40% de las invitaciones enviadas. De ellas, 85 registraron equipamiento de corte mediano y mayor.

Conceptos clave

- Unidades de I+D: unidades que cuentan con infraestructura y equipamiento para llevar a cabo actividades de investigación y desarrollo experimental. Obedeciendo a un criterio de priorización, este primer ejercicio se concentró en las áreas de ciencias experimentales (que incluyen Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Médicas y Ciencias Agrícolas), ingenierías y tecnologías, que están más directamente relacionadas con las disciplinas que sustentan la investigación nacional que busca "correr" la frontera del conocimiento y apoyar a los sectores productivos.
- Equipamiento de corte mediano y mayor: equipos considerados como de mediana o alta complejidad y de punta, que son indispensables para recabar la información que será sometida a análisis, según los objetivos que se busquen[1]. La identificación de estos equipos fue hecha en primera instancia por las mismas unidades de I+D, y luego fue depurada mediante criterio experto. Como producto de esa depuración se eliminaron del estudio los instrumentos de medición rutinaria, como termómetros, pH-metros y manómetros, entre otros, y equipamiento auxiliar como agitadores y autoclaves. En los casos de centros que trabajan en el área de las tecnologías de información y comunicación (TIC), las computadoras son un recurso imprescindible para la consecución de sus objetivos, y bajo ese criterio se incluyeron en el análisis. No obstante, en unidades no relacionadas con las TIC (independientemente de su sector) el equipo de cómputo, por no considerarse esencial para el cumplimiento de sus objetivos, fue excluido del estudio.

- Obsolescencia: condición que, según el criterio de la persona consultada, muestra el equipo que, si bien funciona de acuerdo con las especificaciones del fabricante y permite obtener datos confiables, no se encuentra tecnológicamente actualizado según la frontera del conocimiento y puede dar señales de poca automatización, procesamiento lento o ineficiente, o *software* desactualizado.

Para efectos comparativos, en esta sección los conceptos de "I+D" y "actividades científico-tecnológicas" se entienden según las definiciones consignadas por el Micitt en el documento "Definiciones, clasificaciones y otros elementos utilizados en la VI Consulta Nacional, 2013", el cual se elaboró en el marco de la VI Consulta Nacional 2013 de Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación para el sector institucional (Micitt, 2013).

Limitaciones del estudio

La consulta realizada para este Informe constituye una primera aproximación al universo de las unidades de I+D que operan en el país. El registro resultante no es exhaustivo y su cobertura varía según el sector institucional. En primer lugar, en este ejercicio el esfuerzo se concentró en recabar información de las unidades asociadas a los sectores académico y gubernamental que, se sabe, tienen la mayor cantidad de centros de I+D. En segundo lugar, debido a la carencia de un inventario de unidades de I+D, especialmente para el sector privado, no se puede caracterizar el conjunto de organizaciones que quedó fuera de la consulta.

La tasa de respuesta lograda (40% de la lista de unidades de I+D, según se indicó antes) es aceptable para un primer ejercicio de investigación sobre el tema. Las consultas en línea usualmente tienen tasas de respuesta que oscilan entre 20% y 30%.

Los datos y análisis que aquí se presentan se refieren únicamente a las características de los centros que respondieron a la consulta. No es, en este sentido, una muestra representativa del universo, ni los datos permiten hacer inferencias para todo el país. Pese a ello, debe señalarse que la información cubre de manera razonable los centros de I+D en ciencias exactas y experimentales, ingenierías y tecnologías de las universidades del país más activas en este quehacer y, en menor medida, de los sectores público y privado, por lo que ofrece un reflejo aproximado de estos últimos.

Por lo dicho anteriormente, cuando en esta sección se habla de las unidades de I+D del país, debe entenderse que se trata de las unidades que respondieron a la consulta.

Principales resultados

Las unidades de I+D del país están concentradas en el sector académico, fundamentalmente en las universidades públicas. A ellas pertenecen 72 de los 130 centros consultados (55%). En las empresas y en las instituciones públicas no universitarias –que en adelante se denominarán "gobierno"– el número de unidades es bastante menor. Esta preponderancia de la academia se manifiesta en todas las disciplinas científicas, excepto en las Ciencias Médicas, donde predomina el sector gubernamental (cuadro 17.1). Las áreas con más centros de investigación son las de las ingenierías y tecnologías y las de Ciencias Exactas y Naturales. No obstante, el perfil institucional es muy distinto: la presencia privada en la I+D que se realiza en las ingenierías y tecnologías es muy destacada –casi similar a la de las universidades– mientras que en las Ciencias Exactas y Naturales tres cuartas partes de las unidades son académicas (35 de 46).

Cuadro 17.1

Unidades de I+D, según sector y disciplina de ciencia y tecnología. 2013

Sector	Área de ciencia y tecnología				
	Ciencias Exactas y Naturales	Ingenierías y Tecnologías	Ciencias Médicas	Ciencias Agrícolas	Total
Académico	35	21	7	9	72
Gobierno	5	5	9	5	24
Privado	2	19	1	1	23
ONG	4	2	0	0	6
Otros	0	1	0	4	5
Total	46	48	17	19	130
Distribución porcentual	35,4	36,9	13,1	14,6	100,0

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

No todos los 130 centros con capacidad para realizar I+D en Costa Rica lo hacen en la práctica. Cerca de uno de cada cinco (17%) se dedica en forma exclusiva a vender servicios como ensayos, normalización, control de calidad, asesoría y consultoría, entre otros. Asimismo, uno de cada diez tiene como únicas labores la enseñanza y la formación en ciencia y tecnología (cuadro 17.2). Entre las 95 unidades enfocadas en I+D, predominan las que trabajan en investigación aplicada (45,4%) y, en menor medida, en desarrollo tecnológico (16,2%). Independientemente de su actividad, un 39% se relaciona con alguna de las siete áreas de intervención del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI) 2011-2014* (Micitt, 2011).

Lamentablemente, no todas las unidades que respondieron la consulta aportaron información sobre su equipamiento de corte mediano y mayor. Solo lo hicieron 85 de ellas (65%). En este subconjunto fue posible conocer las condiciones generales de su parque instrumental, en términos de confiabilidad de funcionamiento, obsolescencia y disponibilidad de los equipos idóneos para el logro de sus objetivos. En este grupo también se examinó el estado del equipamiento en los centros que se desempeñan en las siete áreas de intervención estratégica del PNCTI 2011-2014.

Cerca del 100% del parque instrumental de corte mediano o mayor funciona según las especificaciones del fabricante y, por tanto, genera mediciones confiables. No se observan diferencias significativas en función del sector institucional, actividad o área científico-tecnológica de los centros consultados, con la excepción de una menor proporción en los relacionados con la Nanotecnología (gráfico 17.1).

Pese a la confiabilidad de su funcionamiento, una parte sustancial del equipamiento de corte mediano y mayor tiene problemas de obsolescencia. Un 43,8% de las unidades de la academia tiene menos de la mitad de sus equipos en ese estado, una proporción similar a la del gobierno (que es el 43%) y levemente superior a la de los centros privados (36%). Los centros dedicados a labores de enseñanza y formación (entre los que se ubican varios laboratorios) son los que

Cuadro 17.2

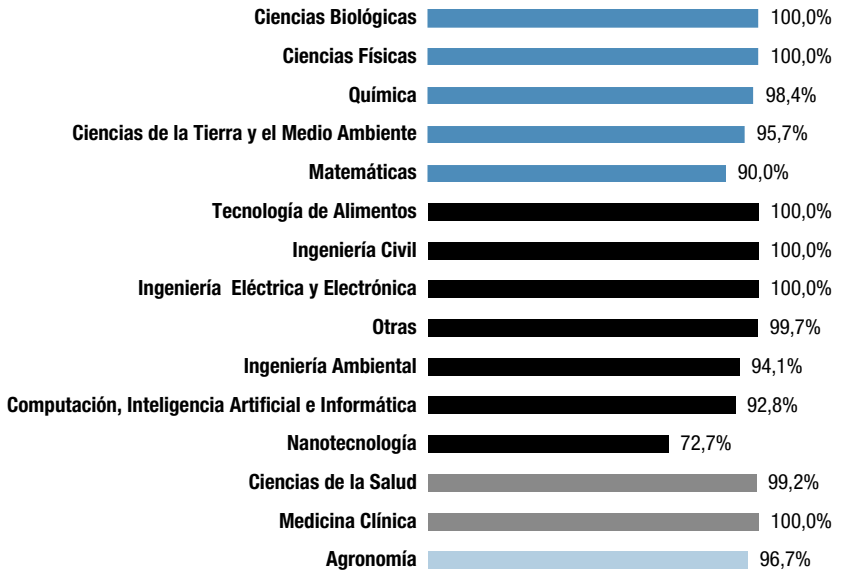
Unidades de I+D consultadas, según las actividades científicas y tecnológicas que realizan. 2013

Actividad	Total	Distribución porcentual
I+D	95	73,1
Investigación aplicada	59	45,4
Desarrollo tecnológico	21	16,2
Investigación básica	15	11,5
Servicios en ciencia y tecnología	22	16,9
Ensayos, normalización, control de calidad	8	6,2
Asesoría y consultoría	5	3,8
Sistemas de información	4	3,1
Difusión de conocimientos	3	2,3
Actividades de ciencia y tecnología en museos, bibliotecas y ONG	1	0,8
Inventario e informes	1	0,8
Enseñanza y formación en ciencia y tecnología	13	10,0
Enseñanza científica y tecnológica superior	7	5,4
Formación con obtención de título universitario	6	4,6
Total	**130**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Gráfico 17.1

Funcionamiento confiable de los instrumentos[a/] en las unidades de I+D, según subáreas del conocimiento en ciencia y tecnología. 2013



a/ Basado en 85 unidades que aportaron información sobre el estado de su equipamiento de corte mediano y mayor.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

reportan menos instrumentos obsoletos. Cabe destacar que el equipamiento utilizado para actividades de I+D, área crítica para sustentar la generación y transferencia de conocimiento, es el que se encuentra más desactualizado (cuadro 17.3).

Las unidades de I+D en Ciencias Médicas son las menos afectadas por la obsolescencia: casi tres cuartas partes de ellas (71%) cuentan con equipos de corte mediano y mayor actualizados. Esto marca un fuerte contraste con la situación imperante en las Ciencias Exactas y Naturales y en las ingenierías, áreas en las que, como se mencionó, se ubican dos terceras partes de los centros de I+D del país. En estas disciplinas solo una de cada dos unidades de investigación reporta tener completamente actualizado su instrumental (gráfico 17.2).

Cuadro 17.3

Situación de obsolescencia del equipamiento, por tipo de actividad. 2013

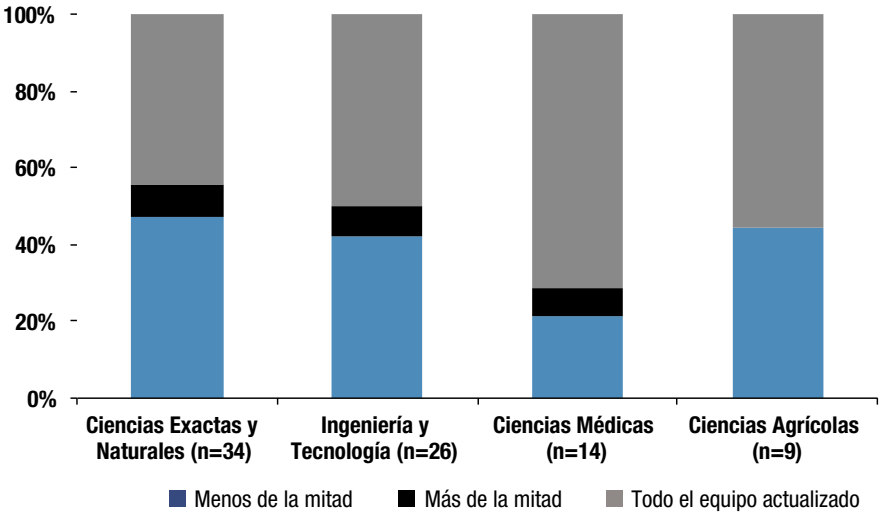
(porcentaje con respecto al número de equipos por unidad)

Situación del equipamiento	I+D	Enseñanza y formación	Servicios
Todo el equipo actualizado	46,9	71,4	66,7
Menos de la mitad obsoleto	43,8	28,6	33,3
Más de la mitad obsoleto	9,4	0,0	0,0
Total	100,0	100,0	100,0
Total de unidades	64	7	12

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Gráfico 17.2

Estado de actualización de los instrumentos, por disciplina de ciencia y tecnología. 2013
(porcentaje con respecto al número de instrumentos por unidad)



Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Un dato que resulta fundamental conocer es si el equipamiento de los centros de I+D asociados a las áreas de intervención del PNCTI 2011-2014 está en mejor estado que el de las unidades que se desempeñan en ámbitos no prioritarios. En principio se esperaría que ello sea así, y con bastante diferencia: las prioridades de política pública constituyen una apuesta estratégica, que debe reflejarse en la movilización de recursos financieros y de otro tipo para crear "puntas de lanza" de la ciencia y la tecnología en los campos en que el país concentra sus esfuerzos.

La realidad, sin embargo, no se ajusta a lo esperado. Por un lado, no hay mayores diferencias: vistas de manera agregada, el 54,5% de las unidades de I+D asociadas a las áreas prioritarias tiene todos sus equipos actualizados, una situación apenas marginalmente mejor que la de los centros de áreas no prioritarias (50%). En ambos grupos la obsolescencia afecta a buena parte de las unidades. Por otro lado, entre las áreas prioritarias existen grandes brechas: los centros de Biotecnología y tecnologías digitales se encuentran en una situación mucho más favorable que los de Ciencias de la Tierra y el Espacio (cuadro 17.4). La política pública no parece hacer gran diferencia en esta variable.

Una segunda constatación relevante emerge cuando se considera la idoneidad del equipamiento de corte mediano y mayor. Es importante tener en cuenta que un equipo puede ser confiable, estar actualizado y, sin embargo, no ser el adecuado para los fines de un centro de I+D. Desde este punto de vista, la situación actual es preocupante.

Solo en el área de Nanotecnología todo el equipamiento disponible es el idóneo para cumplir con los fines de los centros. Lo mismo sucede en la mayor parte de las unidades de I+D dedicadas a las Ciencias Físicas y las Ingenierías Eléctrica y Electrónica. Sin embargo, estas buenas noticias tienden a ser datos aislados. La situación prevaleciente son los bajos porcentajes de centros que reportan dotaciones idóneas de equipamiento de corte mediano y mayor: 40% en ingenierías y tecnologías, 39% en Ciencias Naturales y Exactas y 35% en Ciencias Médicas. En general, la idoneidad de los equipos está más extendida en las unidades que realizan investigación básica, en contraste con las dedicadas al desarrollo experimental y la investigación aplicada (cuadro 17.5).

Al indagar sobre las consecuencias de la falta de idoneidad en los equipamientos de corte

Cuadro 17.4

Obsolescencia de los equipos, según pertenencia a las áreas de intervención de la política pública[a/]. 2013

(porcentaje con respecto al número de equipos por unidad)

Área	Todo el equipo actualizado	Más de la mitad actualizado	Menos de la mitad actualizado	Total de unidades
Ciencias de la Tierra y el Espacio	33,3	0,0	66,7	100,0
Nanotecnología	66,7	0,0	33,3	100,0
Biotecnología	80,0	0,0	20,0	100,0
Capital natural	0,0	50,0	50,0	100,0
Enfermedades emergentes	66,7	0,0	33,3	100,0
Energías alternativas	40,0	0,0	60,0	100,0
Tecnologías digitales	71,4	0,0	28,6	100,0
Áreas estratégicas	54,5	6,1	39,4	100,0
Áreas no estratégicas	50,0	8,0	42,0	100,0
Total general	51,8	7,2	41,0	100,0

a/ Según el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Cuadro 17.5

Unidades de I+D con equipamiento idóneo para cumplir sus objetivos, según subárea de ciencia y tecnología. 2013

Área de ciencia y tecnología

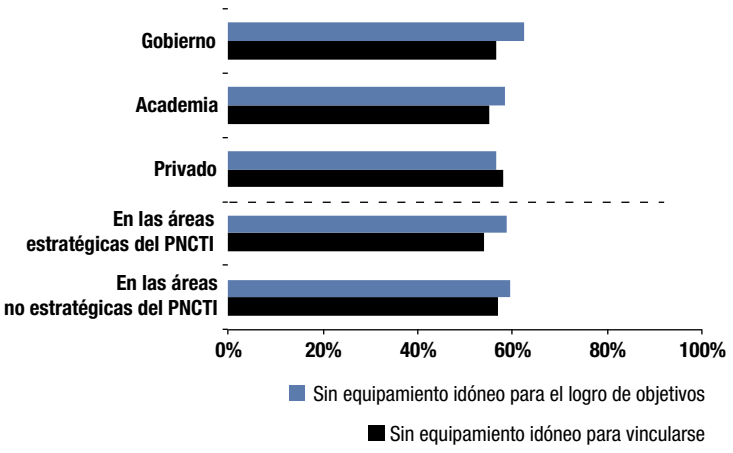
Ciencias Naturales y Exactas	Ingeniería y Tecnología	Ciencias Médicas	Ciencias Agrícolas
Total del área (39%)	Total del área (40%)	Total del área (35%)	Total del área (52%)
Ciencias Físicas (67%)	Nanotecnología (100%)		
	Ingeniería Eléctrica y Electrónica (75%)		
Química (56%)	Computación, Inteligencia (53%)	Medicina Clínica (50%)	Agronomía (53%)
Matemáticas (50%)	Ingeniería Civil (50%)		Silvicultura (50%)
Ciencias Biológicas (36%)	Tecnología de Alimentos (33%)	Ciencias de la Salud (36%)	
Ciencias de la Tierra el Medio Ambiente (25%)	Ingeniería Industrial, Química y Ambiental, Bioinformática (0%)	Veterinaria (0%)	

Del 60% al 100% — Del 40% al 59% — Del 0% al 39%

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Gráfico 17.3

Unidades de I+D sin el equipamiento idóneo para cumplir sus objetivos, ni para potenciar su vinculación con otros actores, según sectores y áreas estratégicas[a/]. 2013

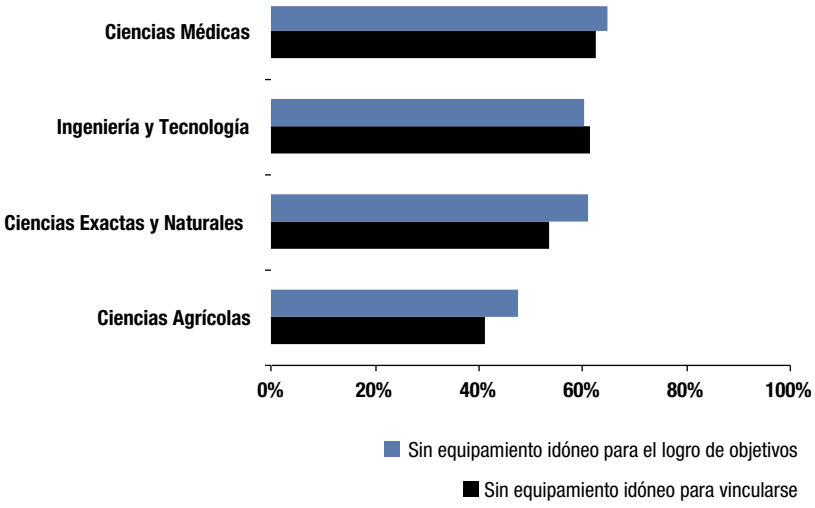


a/ Áreas estratégicas definidas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI) 2011-2014*.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Gráfico 17.4

Unidades de I+D sin equipamiento idóneo para cumplir sus objetivos, ni para potenciar su vinculación, según áreas de ciencia y tecnología. 2013



Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

mediano y mayor, destacan las limitaciones para ampliar los nexos con el sector productivo y con entidades que forman parte de la institucionalidad para la ciencia y la tecnología. El panorama no es alentador. El 55% y el 57% de los centros consultados de la academia y el gobierno, respectivamente, no disponen del instrumental idóneo para aumentar su capacidad de vinculación (gráfico 17.3).

No hay mayores diferencias por área de la ciencia y la tecnología. Entre el 40% y el 65% de los centros de I+D en estos campos no tiene equipamiento idóneo para cumplir sus objetivos y potenciar su vinculación con el sector productivo o con otras entidades del sector. La situación es un tanto más favorable en las Ciencias Agrícolas, donde poco menos de la mitad de las unidades está en las condiciones arriba indicadas. Sin embargo, ello no cambia el panorama general (gráfico 17.4).

Pertenecer a las áreas identificadas como estratégicas por el PNCTI 2011-2014 no supone ventajas para los centros de I+D. En relación con las unidades asociadas a áreas no prioritarias, no cuentan con una mayor capacidad para cumplir sus objetivos y aumentar su vinculación (cuadro 17.6). Los que se encuentran en mejores condiciones son los centros de Biotecnología y nuevos materiales. En cambio, en más del 70% de las unidades relacionadas con energías alternativas, Ciencias de la Tierra y el Espacio, capital natural y enfermedades emergentes, la falta de idoneidad del equipamiento está afectando negativamente su desempeño. Cabe destacar que, pese a su mejor situación, las unidades de Biotecnología son las que presentan una mayor proporción (98%) de instrumentos no compartidos con otras organizaciones, según se analiza en la Pregunta 18 de este Informe.

La principal razón que explica las carencias de equipamiento para aumentar la vinculación de las unidades de I+D es la falta de inversión, ya sea para adquirir instrumentos nuevos no preexistentes, o para renovar los existentes. Hay diferencias en la intensidad de los problemas según el sector, pero a grandes rasgos la situación es similar. Por ejemplo, en los centros gubernamentales el mayor obstáculo es la dificultad para comprar equipo no preexistente, mientras que en el sector privado también influye la necesidad de renovar el existente (cuadro 17.7).

Además de la valoración sobre el estado del equipamiento de corte mediano y mayor, en un

Cuadro 17.6

Unidades de I+D que disponen o no del equipamiento idóneo para el logro de sus objetivos, según su relación con las áreas estratégicas de la política pública[a/]. 2013

Área estratégica	Sí	No	Total
Energía alternativas	1	5	6
Ciencias de la Tierra y el Espacio	2	5	7
Nanotecnología	2	1	3
Capital natural	2	5	7
Enfermedades emergentes	2	5	7
Biotecnología	4	2	6
Tecnologías digitales	8	7	15
Áreas estratégicas	21	30	51
Áreas no estratégicas	32	47	79
Total general	53	77	130

a/ Áreas estratégicas definidas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014.*

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Cuadro 17.7

Razones por las cuales las unidades de I+D no cuentan con equipamiento idóneo para potenciar su vinculación con otros actores. 2013
(porcentaje de menciones)

	Sector		
Razón	**Académico**	**Gubernamental**	**Privado**
Adquisición de equipamiento no preexistente	32,5	58,3	14,3
Actualización o renovación del equipamiento existente	32,5	25,0	35,7
Falta de personal para operar los equipos	15,0	8,3	21,4
Limitaciones de la infraestructura	7,5	0,0	21,4
Problemas de organización	2,5	0,0	7,1
Equipo de uso restringido	2,5	8,3	0,0
Falta de financiamiento	2,5	0,0	0,0
Naturaleza de la investigación	2,5	0,0	0,0
Desabastecimiento de insumos	2,5	0,0	0,0
Total (porcentaje)	**100,0**	**100,0**	**100,0**
Unidades (n)	33	11	9
Número de menciones	**40**	**12**	**14**

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

contexto más amplio se consultó a los centros de I+D acerca de los aspectos de su infraestructura que requieren mejora. El propósito fue identificar los asuntos específicos que podrían constituir un cuello de botella para el logro de los objetivos de la unidad y para potenciar una mayor vinculación intersectorial. En total, las 130 unidades destacaron 423 problemas. En términos generales el tamaño de las instalaciones y los recursos para el adecuado mantenimiento de las unidades fueron los más citados.

En el ámbito de las ingenierías y tecnologías el problema principal es, por mucho, la dificultad para ampliar las instalaciones, asunto mencionado dos o más veces que cualquier otro tema. En cambio, en las otras áreas la preocupación por el tamaño de las instalaciones tiene una intensidad similar que la relacionada con su mantenimiento. En el caso de las Ciencias Agrícolas hay un problema adicional: la distribución espacial dentro de las instalaciones de los centros (cuadro 17.8).

Para potenciar la transferencia de conocimiento se requerirá una atención diferenciada según las necesidades de las unidades de I+D. Mientras en el área de ingenierías y tecnologías sobresalen en la misma medida la "disponibilidad de plantas piloto" y el "tamaño de las instalaciones", en las Ciencias Médicas se citan las "facilidades biomédicas" y en las Ciencias Agrícolas las mejoras en fincas experimentales y los invernaderos para ensayos novedosos (cuadro 17.9).

Cabe destacar la importancia estratégica de mejorar la infraestructura de plantas piloto en los centros públicos de investigación. Tal como señalan Bitrán y González (2012) en una evaluación sobre los institutos tecnológicos públicos del país, estos pueden coadyuvar en el "proceso de desarrollo tecnológico de las empresas al permitir compartir infraestructura cara en una etapa en que no se ha probado aún la viabilidad comercial del desarrollo".

Cuadro 17.8

Aspectos de infraestructura[a/] que requieren mejoras en las unidades de I+D, por áreas de ciencia y tecnología y áreas estratégicas de la política pública[b/]. 2013
(porcentaje de menciones)

	Áreas de ciencia y tecnología			Áreas estratégicas		
Aspecto por mejorar	Ciencias Exactas y Naturales	Ingenierías y tecnologías	Ciencias Médicas	Ciencias Agrícolas	Prioridad	Sin prioridad
Instalaciones						
Tamaño	17,8	20,2	17,4	16,1	16,5	19,3
Distribución espacial	9,6	10,5	13,0	19,6	9,1	13,1
Espacio para interacción	13,2	9,7	10,9	5,4	11,6	10,4
Estado general	10,7	8,9	8,7	10,7	9,0	10,0
Servicios						
Mantenimiento	18,3	10,5	23,9	21,4	14,6	18,5
Continuidad del fluido eléctrico	6,6	6,5	6,5	7,1	7,9	5,8
Conectividad (internet, teléfono)	6,6	8,1	4,3	7,1	9,8	5,0
Equipos y recursos disponibles						
Acceso a publicaciones especializadas	8,6	9,7	6,5	5,4	10,4	6,9
Otros	8,6	16,1	8,7	7,1	11,1	10,8
Total	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**

a/ 423 menciones.
b/ Áreas estratégicas definidas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014.*

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Cuadro 17.9

Variables de infraestructura[a/] que requieren mejoras para aumentar la vinculación entre las unidades de I+D, por áreas de ciencia y tecnología y áreas estratégicas de la política pública[b/]. 2013

(porcentaje de menciones)

Tipo de infraestructura	Áreas de ciencia y tecnología			Áreas estratégicas		
	Ciencias Exactas y Naturales	Ingenierías y tecnologías	Ciencias Médicas	Ciencias Agrícolas	Prioridad	Sin prioridad
Instalaciones						
Tamaño	19,6	20,8	18,0	15,4	18,8	19,3
Plantas piloto o espacios para ensayar	8,9	20,8	12,0	13,5	11,3	14,3
Distribución espacial	12,0	6,3	18,0	17,3	12,0	12,1
Fincas experimentales, invernaderos	8,9	5,2	2,0	21,2	6,0	10,3
Espacio	13,3	14,6	10,0	1,9	13,5	10,3
Localización geográfica	3,8	9,4	2,0	5,8	5,3	5,4
Servicios						
Disposición de residuos	19,0	11,5	22,0	11,5	18,0	15,2
Instalaciones para ensayos	9,5	3,1	14,0	7,7	7,5	8,5
Otros	5,1	8,3	2,0	5,8	7,5	4,5
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

a/ 356 menciones.
b/ Áreas estratégicas definidas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014.*

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Como ocurre en otros asuntos, estar asociados a alguna de las áreas prioritarias del PNCTI 2011-2014 no se traduce, a la fecha, en ninguna ventaja en cuanto a la dotación de infraestructura que propiciaría el logro de los objetivos de los centros o una mayor vinculación intersectorial. En este caso, entre los problemas mencionados destacan los relacionados con el tamaño de las instalaciones, la existencia de un programa de disposición de residuos y las limitaciones de "espacios para propiciar la interrelación entre estudiantes y profesores" (cuadro 17.10).

¿Más información sobre el grado del uso del equipamiento en las unidades de I+D y la vinculación entre la academia y los sectores productivos?

Véase
- Preguntas 7 y 18 en este Informe
- Versión 1 de la plataforma tecnológica "Estado de las capacidades en ciencia, tecnología e innovación", en **<www.eccti.or.cr>**

Cuadro 17.10

Variables de infraestructura que requieren mejoras en las unidades de I+D en las siete áreas estratégicas de la política pública[a/]. 2013

Mejoras que se requieren para:	
El logro de los objetivos	Potenciar la vinculación
Tamaño de las instalaciones (16%)	Tamaño de las instalaciones (19%)
Programa institucional de mantenimiento de las instalaciones (15%)	Programa institucional para la disposición de residuos (18%)
Espacio para propiciar la interrelación entre estudiantes y profesores (12%)	Espacio para propiciar la interrelación entre estudiantes y profesores (14%)

a/ Áreas estratégicas definidas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Dictamen

Los resultados de este primer ejercicio sugieren que el estado actual de la infraestructura en las unidades de I+D constituye una limitación para potenciar la generación, transferencia y uso de conocimiento científico-tecnológico en el país. Cerca del 60% de las unidades consultadas no cuenta con el equipamiento de corte mediano y mayor requerido para el logro de sus objetivos, lo cual restringe su vinculación con otros actores en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la innovación. Además, una proporción importante de los centros de I+D pertenecientes a la academia y al gobierno tiene equipos que se encuentran desactualizados, lo que frena la introducción de nuevos abordajes tecnológicos.

La mayoría de los centros consultados de la academia y el gobierno indica que no tiene el equipamiento idóneo para aumentar sus actividades de vinculación con el sector productivo. Para ello necesitan adquirir equipos que no tienen o renovar los existentes, acciones que les resulta difícil llevar a cabo. Esta dificultad es común a todos los sectores institucionales, aunque con distinto peso.

Al puntualizar sobre otras condiciones que obstaculizan una más amplia vinculación, emergen particularidades según el área de trabajo. Así, la falta de plantas piloto o instalaciones para que las empresas privadas ensayen escalamientos y procesos novedosos es la principal limitación señalada por las unidades del área de ingenierías y tecnologías. Ello indica que una mayor disponibilidad de esos espacios en los centros de I+D públicos o universitarios estimularía la innovación, al facilitar el acceso a infraestructura tecnológica en una etapa de alto riesgo para las empresas.

Las unidades de I+D que pertenecen a las áreas de intervención estratégica del PNCTI 2011-2014 no están en mejor situación que las unidades de otras áreas. En la actualidad tienen las mismas carencias que otros centros, pese a la prioridad que la política pública ha asignado a su quehacer.

Por último, los centros dedicados a las Ciencias Agrícolas, área no contemplada por el PNCTI 2011-2014, son los que comparativamente exhiben más fortalezas en las variables analizadas.

¿Más información sobre los planes de mejoramiento de la infraestructura de las universidades adscritas al Conare mediante el préstamo del Banco Mundial?

Véase
- Anexo 16 de Segnini, 2013, en **<www.estadonacion.or.cr>**

Implicaciones

El conocimiento de las limitaciones de infraestructura en las unidades de I+D evidenciadas en este estudio puede contribuir a dar mayor visibilidad y apoyo a tres iniciativas públicas recientes:

- Acción 1.2 del PNCTI 2011-2014: "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"[2].

- Disposiciones de la Ley 9144, Proyecto Mejoramiento de la Educación Superior, que se financia con un empréstito otorgado por el Banco Mundial a las universidades adscritas al Conare.

- Programa de Innovación y Capital Humano para la Competitividad, previsto en la Ley 9218 y financiado con un préstamo del BID. En su Subcomponente I.1, "Desarrollo de capacidades empresariales", el Programa incluye ayudas financieras complementarias y no reembolsables (por cuatro millones de dólares) para que empresas relacionadas con las áreas estratégicas del PNCTI puedan financiar, entre otros rubros, mejoras en su equipamiento.

El examen pormenorizado de las limitaciones permitió evidenciar particularidades según la perspectiva de cada sector. Su atención contribuirá a potenciar la transferencia de conocimiento entre ellos. Así por ejemplo, se enfatiza la necesidad de mejorar las instalaciones asociadas a plantas piloto en los centros públicos de I+D.

Frontera de investigación

En un segundo ejercicio de consulta convendría ampliar la base de datos de las unidades de I+D, tanto en términos de su cobertura como en la incorporación de nueva información. De manera particular interesa examinar más de cerca la capacidad instalada de los laboratorios de centros públicos de investigación y el grado en que ésta es compartida con otras organiza-

ciones públicas, académicas y del sector empresarial, para apoyar los procesos de innovación de las empresas de base tecnológica.

En este marco, sería pertinente fortalecer las capacidades de infraestructura y la disponibilidad de instalaciones como las plantas piloto, dado el impacto que pueden tener en el desarrollo tecnológico empresarial. Adicionalmente, será de gran utilidad ampliar la consulta para incluir a organizaciones gremiales que llevan a cabo importantes esfuerzos de extensión tecnológica.

Referencias bibliográficas

Bitrán, E. y González, C. 2012. Institutos tecnológicos públicos en América Latina: una reforma urgente (documento de debate IDB-DP-225). Washington D.C.: BID.

Conicit. 2011. Directorio de Unidades de Investigación de Costa Rica. San José: Registro Científico y Tecnológico, Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

Conicyt. 2009. Antecedentes para el diseño del Programa de Centros de Servicios de Equipamiento Científico y Tecnológico Mayor de Uso Compartido (documento de trabajo 13). Santiago de Chile: Departamento de Estudios y Planificación Estratégica, Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica.

Micitt. 2011. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

_____. 2013. Definiciones, clasificaciones y otros elementos utilizados en la VI Consulta Nacional, 2013. Anexo preparado para la VI Consulta Nacional 2013 de Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación (sector institucional). San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Segnini, M. 2013. Estado de la infraestructura científico-tecnológica en unidades de investigación y desarrollo. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

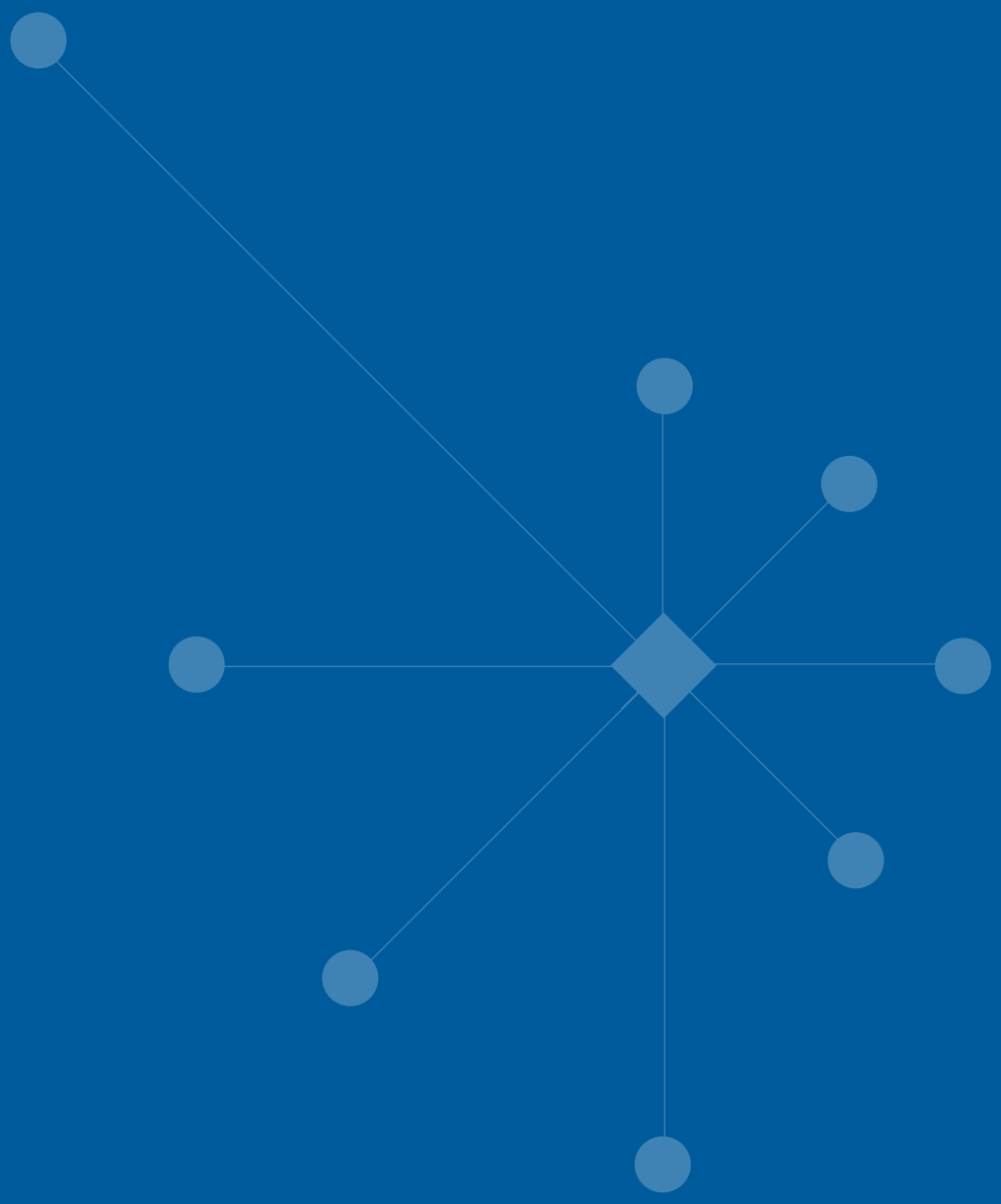
Créditos

La redacción de esta sección fue efectuada por Ivania García y María Santos.
Jorge Vargas Cullell participó en la **edición técnica.**
Ivania García realizó los **procesamientos de información.**
Se contó con un aporte de Jimena Vargas en la **elaboración de gráficos.**
La base de datos, el sistema informático y la dirección electrónica donde esa base se encuentra alojada fueron implementados por Christhian Sanabria, con la asesoría de Carlos González.

Notas

1 Otra referencia define como equipamiento medio aquel cuyo costo es de entre 30.000 y 200.000 dólares, y equipamiento mayor aquel cuyo costo es superior a 250.000 dólares (Conicyt, 2009).

2 Esta línea de acción se deriva del 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” (Micitt, 2011).



PREGUNTA 18

¿Es el **uso compartido de la infraestructura** en las unidades de I+D una práctica extendida en Costa Rica?

Conceptos clave

Tasa de uso del equipamiento de corte mediano y mayor

Uso compartido a nivel intra y extramuros

Situación del país

☒	
☐	
☑	La mayoría del equipamiento se comparte, principalmente dentro de una misma organización.

Importancia del tema

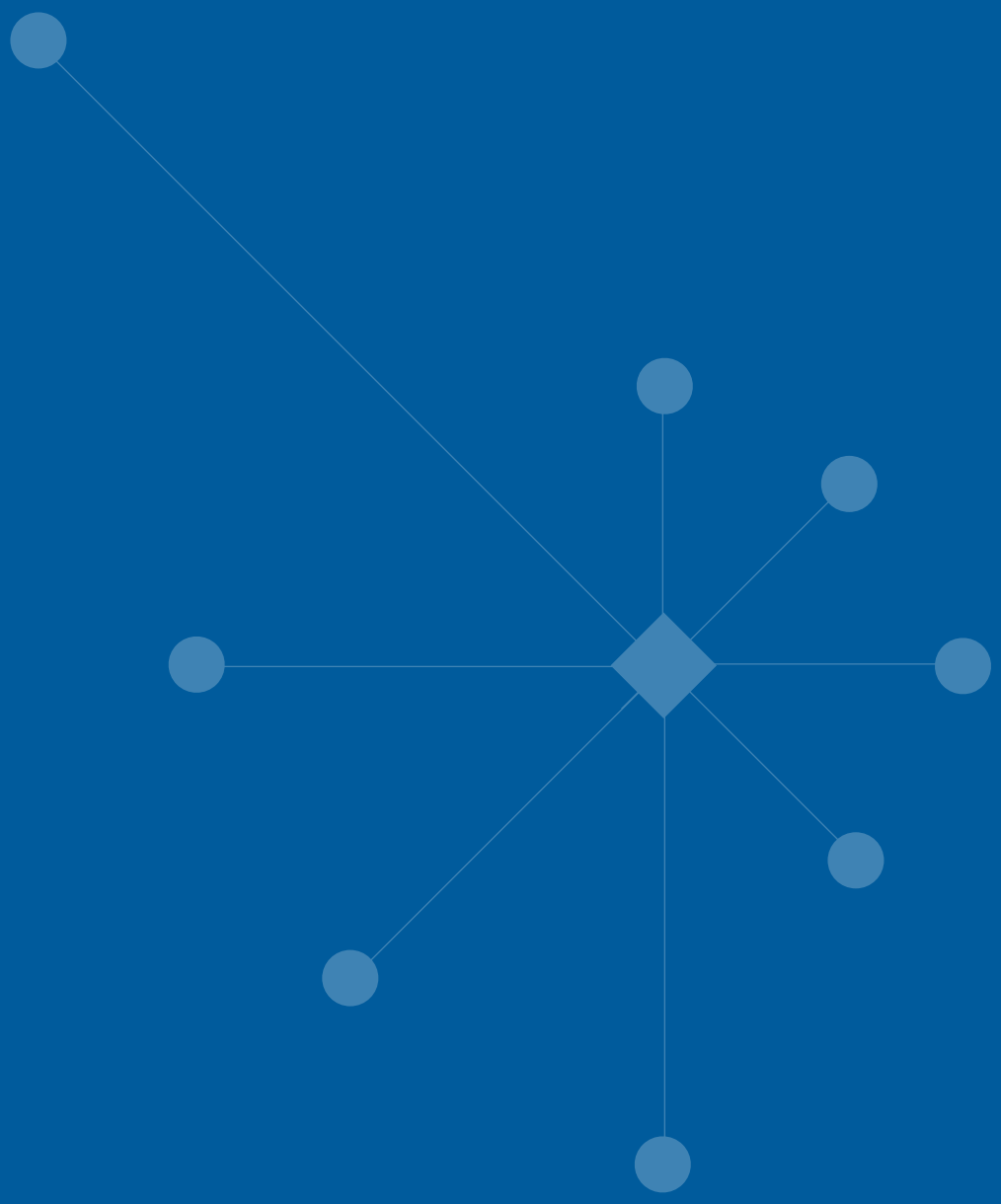
En el país no se han implementado políticas para coordinar la inversión en infraestructura científico-tecnológica, que consideren la posibilidad del uso compartido del equipamiento. Tampoco se cuenta con estudios sistemáticos que den cuenta de la tasa de uso del parque instrumental de las unidades de investigación y desarrollo, y el grado en que se comparte dentro y fuera de las organizaciones respectivas.

Implicaciones de política pública

- Crear instancias formales de coordinación de la inversión en infraestructura de apoyo a la ciencia, la tecnología y la innovación.
- Implementar la línea de acción 1.2.1 del *Plan Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación 2011-2014.*

Investigación de base

Segnini, M. 2013. Estado de la infraestructura científico-tecnológica en unidades de investigación y desarrollo. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

En el país no se han implementado políticas para coordinar la inversión en infraestructura científico-tecnológica que consideren la posibilidad del uso compartido del equipamiento, a pesar de las limitaciones de financiamiento y la necesidad de hacer un uso racional y planificado de los recursos.

Un estudio reciente enfocado en institutos tecnológicos públicos de Latinoamérica determinó que en Costa Rica se subutiliza esa infraestructura, debido a la alta fragmentación de los centros de investigación y desarrollo (I+D) y a las dificultades para compartir las instalaciones y equipos (Bitrán y González, 2012).

Pese a la relevancia del tema, no se han realizado estudios sistemáticos que den cuenta de la tasa de uso del parque instrumental de las unidades de I+D y del grado en que este recurso se comparte. Contar con esa información por sector institucional y área de ciencia y tecnología es de interés no solo para evitar duplicaciones, sino para propiciar acciones tendientes a obtener un mayor impacto de la inversión en este campo.

Hallazgos relevantes

- **Las unidades de I+D reportan un uso intensivo de su equipamiento. El 42% de los instrumentos de corte mediano y mayor se utiliza durante la mayor parte de la jornada laboral.**
- **Incrementar la demanda de servicios (65%) y contar con más personal entrenado para operar los equipos (18%) son las principales condiciones que permitirían aumentar el uso del equipamiento mayor.**
- **Las necesidades detectadas en los distintos sectores sugieren la posibilidad de establecer una relación de complementariedad entre centros de investigación públicos y académicos, y las empresas de base tecnológica. A través de mecanismos de vinculación idóneos, se podrían potenciar las capacidades de los primeros, en términos de la infraestructura cara disponible y el personal entrenado que requieren las segundas para llevar adelante sus procesos de innovación.**
- **La mayoría del equipamiento se comparte, pero ello ocurre principalmente dentro de la misma organización. El sector gubernamental es el que menos lo hace.**
- **El 38% del equipamiento de las unidades asociadas a alguna de las áreas estratégicas del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* nunca se comparte dentro de la organización; a nivel extramuros el porcentaje aumenta a 62%. Adicionalmente, los centros relacionados con Biotecnología y energías alternativas reportan una alta subutilización de su instrumental.**

Metodología

El presente trabajo consistió en el análisis descriptivo de las siguientes dimensiones:

- Tasa de uso del equipamiento de corte mediano y mayor.
- Grado en que éste se comparte dentro y fuera de la organización.
- Condiciones que permitirían aumentar la utilización de aquel equipamiento cuya tasa de uso es menor a una jornada laboral.

Los valores y categorías de las variables se originan en una consulta en línea efectuada por el Programa Estado de la Nación a un conjunto de unidades de I+D. El análisis examina las respuestas de cada una de ellas según los campos de la ciencia en que trabajan y según su asociación con alguna de las siete áreas estratégicas definidas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*, a saber: capital natural, Biotecnología, Ciencias de la Tierra y el Espacio, nuevos materiales, enfermedades emergentes, energías alternativas y tecnologías digitales (Micitt, 2011).

Fuente de información

Como se indicó, este trabajo se basa en los resultados de una consulta en línea a unidades de I+D, realizada por el Programa Estado de la Nación (PEN). Esa labor se efectuó entre noviembre de 2012 y marzo de 2013, a partir de la plantilla que se encuentra disponible en la dirección <http://200.107.82.52/infraestructuraCTI.php>.

Se recibió respuesta de 130 unidades de I+D, que corresponde al 40% de las invitaciones enviadas. De ellas, 85 registraron equipamiento de corte mediano y mayor. De acuerdo con la autodesignación que hicieron las unidades de sus ámbitos de trabajo, y según criterio de experto, 51 de ellas se asociaron con alguna de las siete áreas estratégicas antes mencionadas.

¿Más información sobre el proceso de consulta a unidades de I+D?

Véase
- Pregunta 17 de este Informe

Conceptos clave

- Unidades de I+D: unidades que cuentan con infraestructura física y equipamiento para llevar a cabo actividades de investigación y desarrollo experimental. Obedeciendo a un criterio de priorización, este primer ejercicio se concentra en las áreas de las ciencias experimentales (que incluyen Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Médicas y Ciencias Agrícolas), ingenierías y tecnologías, que están más directamente relacionadas con las disciplinas que sustentan la investigación nacional que busca "correr" la frontera del conocimiento y apoyar a los sectores productivos.

- Equipamiento de corte mediano y mayor: equipos considerados como de mediana o alta complejidad y de punta, que son indispensables para recabar la información que será sometida a análisis, según los objetivos que se busquen[1]. La identificación de estos instrumentos fue hecha en primera instancia por las mismas unidades de I+D, y luego fue depurada mediante criterio experto. Como producto de esa depuración se eliminaron del estudio los equipos de medición rutinaria, como termómetros, pH-metros y manómetros, entre otros, y equipos auxiliares como son agitadores y autoclaves. En los casos de centros que trabajan en el área de tecnologías de información y comunicación (TIC), así como en las empresas que se desenvuelven en los ámbitos de Computación, Inteligencia Artificial e Informática[2], las computadoras son un recurso imprescindible para la consecución de sus objetivos, y bajo ese criterio se incluyeron en el análisis. No obstante, en unidades no relacionadas con las TIC (independientemente de su sector) el equipo de cómputo, por no considerarse de carácter esencial para el cumplimiento de sus objetivos, fue excluido del estudio.

- Tasa de uso: proporción de tiempo en que se emplea el equipamiento de corte mediano y mayor. Según la cantidad de horas de uso diario, se establecieron las siguientes categorías: uso continuo: 24 horas todos los días; uso pleno: entre 6 a 8 (prácticamente toda la jornada laboral) hasta 23 horas; uso moderado: 4 a 6 horas; uso leve: 1 a 4 horas; uso esporádico: menos de una hora al día. En aras de una mejor identificación de tendencias, en algunos análisis se simplificó la escala considerando las dos primeras variables como "una jornada o más" y las tres últimas como "menos de una jornada".

- Uso compartido intramuros: porcentaje del tiempo en que los instrumentos se comparten dentro de una misma institución.

- Uso compartido extramuros: porcentaje del tiempo en que los instrumentos se comparten con otras instituciones.

Para efectos comparativos, en la presente sección los conceptos de "I+D" y "actividades científico-tecnológicas" se entienden según las definiciones del "Glosario de Términos" de Micitt (2013).

Limitaciones del estudio

Los datos y análisis que aquí se presentan se refieren únicamente a las características de los centros de investigación que respondieron a la consulta. No constituyen, por tanto, una muestra representativa del universo, ni la información permite hacer inferencias para todo el país.

Como se señala en la Pregunta 17 de este Informe, el 55% de las unidades que respondieron la consulta (72 de 130) pertenece a las universidades estatales. La representación del gobierno (entendido como las instituciones públicas no universitarias) y las empresas es menor: 19% y 18%, respectivamente. Del total de centros que participaron en este ejercicio, 85 (65%) aportaron información sobre el equipamiento de corte mediano y mayor del que disponen. En este subconjunto se logró conocer la intensidad con que se emplean los equipos, las condiciones que podrían favorecer un aumento de ese uso, así como el grado en que el instrumental se comparte dentro y fuera de la institución respectiva.

Por lo dicho anteriormente, cuando en esta sección se habla de las unidades de I+D en el país, debe entenderse que se trata de las unidades de I+D que respondieron a la consulta en los temas de interés (85).

Principales resultados

Costa Rica muestra importantes limitaciones en su infraestructura para la ciencia y la tecnología. Pese a ello, el equipamiento existente no se emplea en toda su capacidad. Si bien cerca del 70% del instrumental del que disponen las unidades de I+D es utilizado de manera continua o plena, alrededor de un 20% tiene un uso leve o esporádico. El examen según sectores institucionales indica que alrededor de uno de cada cuatro equipos en los centros de I+D del gobierno y de la academia se emplea menos de una jornada laboral (cuadro 18.1). Esto sugiere que, aun

¿Más información sobre las limitaciones asociadas al proceso de consulta, y sobre las características generales de las unidades en las que se apoya este estudio?

Véase
- Pregunta 17 en este Informe

Cuadro 18.1

Intensidad de uso del equipamiento, según sector institucional
(porcentaje del equipamiento)

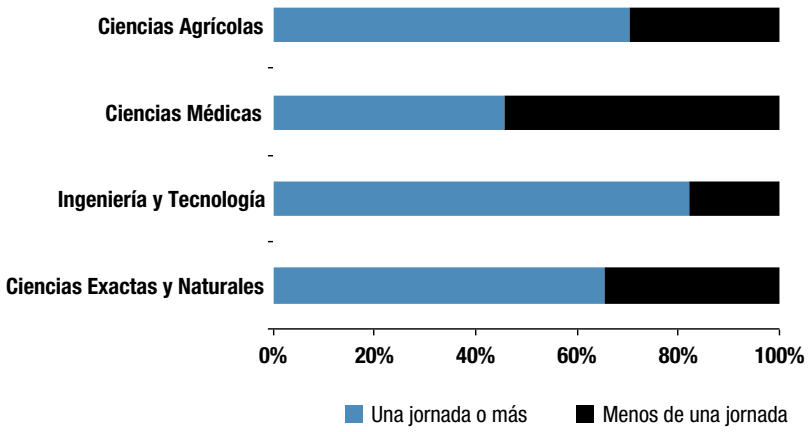
	Sector institucional			
Tasa	**Académico**	**Gubernamental**	**Privado**	**General**
Una jornada o más	70,6	73,9	68,8	71,3
Uso continuo	27,6	31,5	26,9	29,3
Uso pleno	43,0	42,4	41,9	42,0
Menos de una jornada	29,4	26,1	31,2	28,7
Uso moderado	7,1	14,0	5,4	7,5
Uso leve	13,2	7,3	23,7	12,9
Uso esporádico	9,1	4,8	2,1	8,3
Total	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
Instrumentos (n)	1.603	165	93	1.910[a/]

a/ Incluye el equipamiento registrado por otros sectores institucionales, como organizaciones sin fines de lucro (ONG) y otros.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Gráfico 18.1

Intensidad de uso del equipamiento[a/], por áreas de ciencia y tecnología

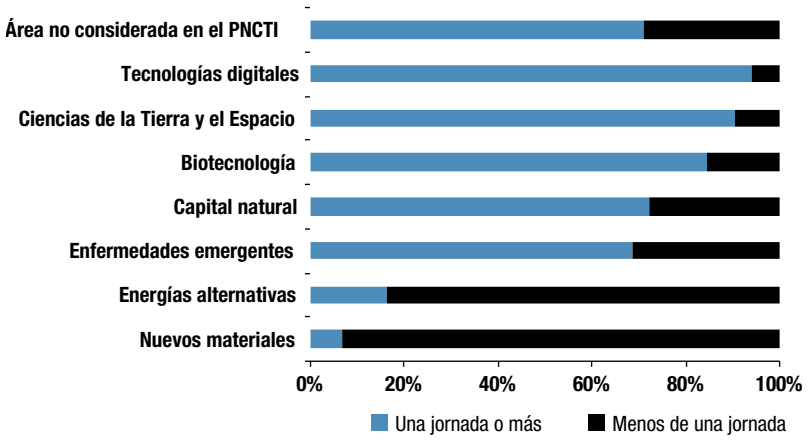


a/ Número de equipos: Ciencias Agrícolas: n=293; Ciencias Médicas: n=217; Ingeniería y Tecnología: n=831; Ciencias Exactas y Naturales: n=569.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Gráfico 18.2

Intensidad de uso del equipamiento[a/], según las áreas estratégicas del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI) 2011-2014*



a/ Número de equipos: área no considerada en el PNCTI: n=1.222; tecnologías digitales: n=99; Ciencias de la Tierra y el Espacio: n=218; Biotecnología: n=117; capital natural: n=68; enfermedades emergentes: n=83; energías alternativas: n=74; nuevos materiales: n=29.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

cuando el equipamiento reportado en su mayor parte podría no estar subutilizado, hay algún grado de disponibilidad para aumentar su uso, facilitando un acceso compartido intra e intersectorial.

La intensidad con que se usa el equipamiento varía entre las unidades, tanto si se examina el campo específico de su quehacer, como el área de intervención del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI) 2011-2014* al que están asociadas (Micitt, 2011). En el primer caso, en tres de las cuatro áreas científicas analizadas el 20% o más de los equipos se utiliza menos de una jornada laboral (gráfico 18.1). En las Ciencias Médicas esa proporción asciende al 54%. Esto significa que durante buena parte del día los equipos no son empleados, y podrían ser compartidos con otros actores interesados en acceder a ellos.

Cuando se consideran las áreas estratégicas del PNCTI 2011-2014 se constata que en algunas de ellas la subutilización del equipo es tal que abre grandes oportunidades para la colaboración intra y extramuros. Este es el caso de las unidades de I+D que trabajan en energías alternativas y nuevos materiales, probablemente debido al hecho de que su quehacer tiene un carácter emergente en el país. En la situación contraria están los centros que se desempeñan en el ámbito de las Ciencias de la Tierra y el Espacio: al incluir en el análisis las estaciones dedicadas a la vigilancia volcánica y sísmica continua, no sorprende que registren una alta tasa de uso del equipamiento (gráfico 18.2).

Por otra parte, es importante conocer cuáles condiciones favorecerían un mayor uso del instrumental que no se utiliza en forma plena o continua. De acuerdo con los representantes de las unidades de I+D, las principales serían incrementar la demanda de servicios (65%) y contar con más personal entrenado para operar los equipos (18%). El peso relativo de estas y otras respuestas varía según el ámbito de acción, el sector institucional y la afinidad con las áreas de intervención de la política pública. Así por ejemplo, en los centros dedicados a la venta de servicios en ciencia y tecnología, como es de esperar, el factor más relevante para poder realizar esa actividad de manera continua es tener mayor disponibilidad de reactivos e insumos.

El sector privado se aparta de la tendencia general señalada, por cuanto su principal barrera para un mayor uso del instrumental tiene

que ver con la cantidad de personas entrenadas para operar los equipos (gráfico 18.3). Esta diferencia sugiere la posibilidad de promover una relación de complementariedad entre los centros de investigación públicos y académicos, y las empresas de base tecnológica. A través de mecanismos de vinculación y extensión idóneos, se podrían potenciar las capacidades de los primeros, en términos de infraestructura cara disponible, pero no utilizada, y el personal entrenado que requieren las segundas para llevar adelante sus procesos de innovación. Esta posibilidad se refuerza al considerar que, en una consulta efectuada por el Micitt, el 77,4% de las empresas participantes señaló la importancia de tener acceso a los recursos disponibles en las universidades y centros públicos (Micitt, 2014).

Las respuestas de las unidades relacionadas con alguna de las áreas de intervención prioritarias de la política pública coinciden con este patrón general, pero con un matiz importante: en los centros de I+D asociados a las tecnologías digitales, la "disponibilidad de fondos para la compra rápida de repuestos e insumos" es tan relevante como una "mayor demanda de servicios" y "más personal entrenado para operar los equipos" (gráfico 18.4).

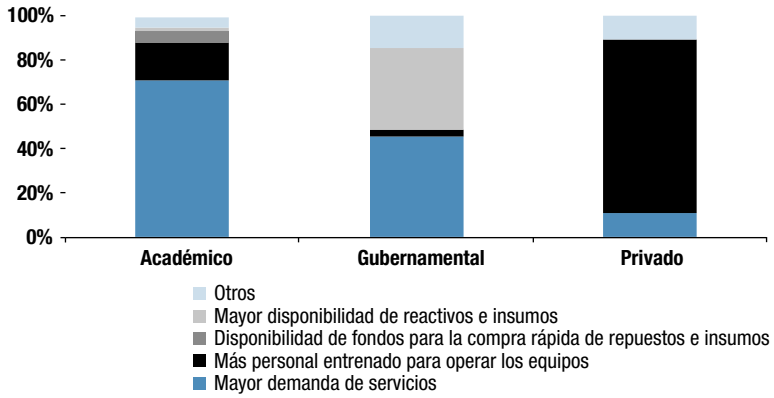
Al indagar sobre la dinámica del empleo de la infraestructura se encontró que la mayor parte de ella se comparte, principalmente dentro de la misma organización a la que pertenecen las unidades de I+D y con una intensidad de media jornada o menos (gráfico 18.5). Sin embargo, es importante destacar que la mitad del instrumental nunca se comparte extramuros y una proporción no despreciable (alrededor de una tercera parte), tampoco se comparte intramuros, con otras dependencias de una misma institución. Con los datos disponibles no es posible saber si estas situaciones se justifican por la naturaleza del quehacer científico-tecnológico o del equipamiento, o si, por el contrario, reflejan

¿Más información sobre los proyectos de vinculación remunerada que desarrolla la academia con los sectores productivos?

Véase
• Pregunta 7 en este Informe

Gráfico 18.3

Condiciones que propiciarían un mayor uso del equipamiento, según sector institucional[a/]

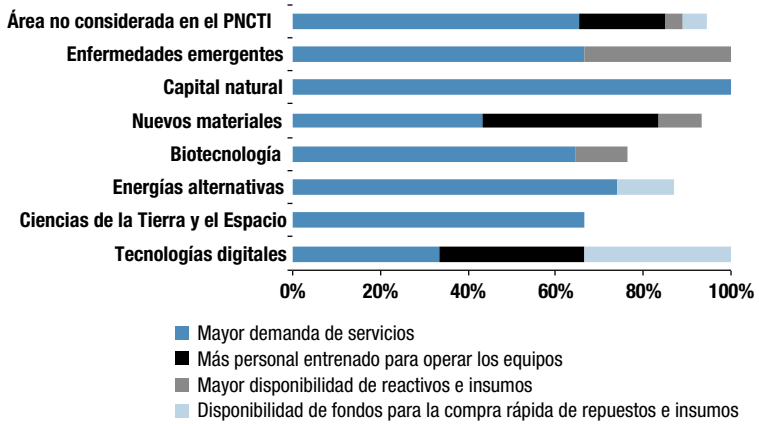


a/ Para indagar sobre este tema se planteó una pregunta de respuesta múltiple. Solo se consultó a las unidades de I+D que reportaron una tasa de uso inferior a la jornada completa. Academia: n=475 menciones; 38 centros. Sector gubernamental: n=35 menciones; 12 centros. Sector privado: n=28 menciones; 8 centros.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Gráfico 18.4

Condiciones que propiciarían un mayor uso del equipamiento[a/], según las áreas de intervención del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*

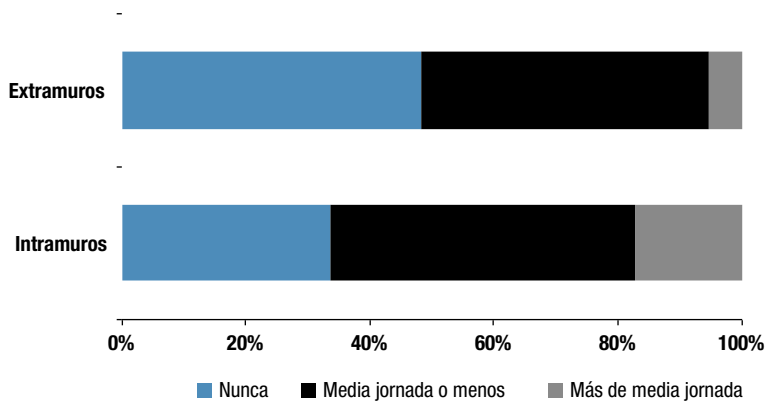


a/ Número de menciones = 551. De ese total, 438 corresponden a unidades que se desempeñan en áreas no consideradas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* (PNCTI) y 113 a centros que tienen relación con las áreas estratégicas establecidas en ese Plan.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Gráfico 18.5

Uso compartido de equipos, intramuros y extramuros, según la jornada durante la cual se comparten[a/]

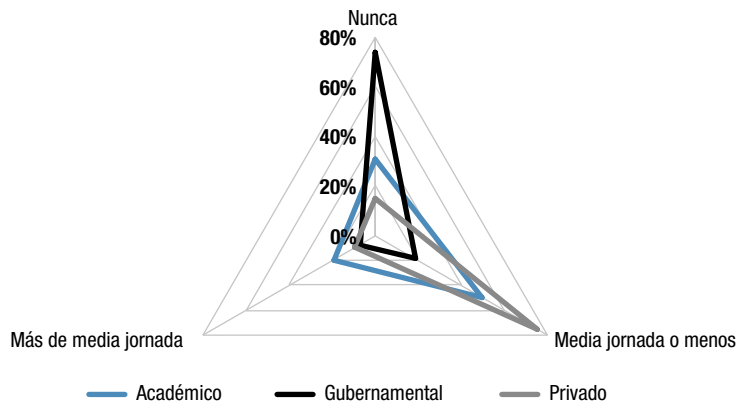


a/ Número de equipos: 1.910.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Gráfico 18.6

Equipo compartido intramuros[a/], según proporción de tiempo en que se comparte, por sector



a/ Número de equipos según el sector: académico: n=1.603; gubernamental: n=165; privado: n=93.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

resistencias al uso compartido de equipos o, simplemente, la inexistencia de estrategias en la materia.

Contrario a lo que podría pensarse, el gobierno es el sector que menos brinda acceso a su parque instrumental. El 95% de su equipamiento nunca se comparte fuera de las instituciones, y el 74% tampoco lo hace intramuros (gráficos 18.6 y 18.7). En cambio, los centros de I+D privados son los que facilitan un mayor acceso a su equipamiento, sobre todo intramuros, es decir, a otros departamentos de la misma empresa. Comparativamente, las universidades tienden más al uso asociativo a nivel extramuros, con una intensidad menor a media jornada.

Las unidades de Ingeniería y Tecnología, así como las de Ciencias Agrícolas, son las que más comparten su infraestructura, tanto dentro como fuera de la institución o empresa a la que pertenecen. No obstante, las segundas lo hacen con una intensidad significativamente menor. En cambio, las unidades de Ciencias Exactas y Naturales son las menos proclives a compartir sus equipos (cuadro 18.2).

A diferencia del equipamiento asociado a las Ciencias de la Tierra y el Espacio, el relacionado con otras áreas prioritarias de la política pública, como la Biotecnología y las energías alternativas, tiende a compartirse poco fuera de las organizaciones respectivas (gráfico 18.8). En términos generales, sin embargo, existen amplias oportunidades para impulsar prácticas de uso compartido en estas áreas, un asunto que reviste un interés público, ya que permitiría optimizar el uso de la infraestructura existente.

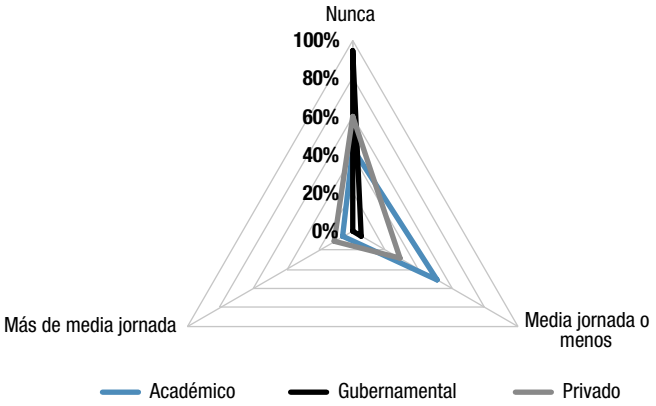
Finalmente, las unidades que ofrecen servicios como asesorías y consultorías, ensayos, normalización, pruebas de control de calidad, entre otros, son las que menos comparten su equipamiento, en comparación con los centros dedicados a actividades de I+D.

Dictamen

La mayor parte del parque instrumental de corte mediano y mayor que poseen las unidades de I+D consultadas se comparte, sobre todo intramuros. Sin embargo, una buena proporción de los equipos nunca se comparte, situación que varía según el área del quehacer científico-tecnológico y el sector institucional que se examine. Desde la perspectiva sectorial, un resultado hasta cierto punto sorpresivo es que los centros

Gráfico 18.7

Equipo compartido extramuros[a/], según proporción de tiempo en que se comparte, por sector

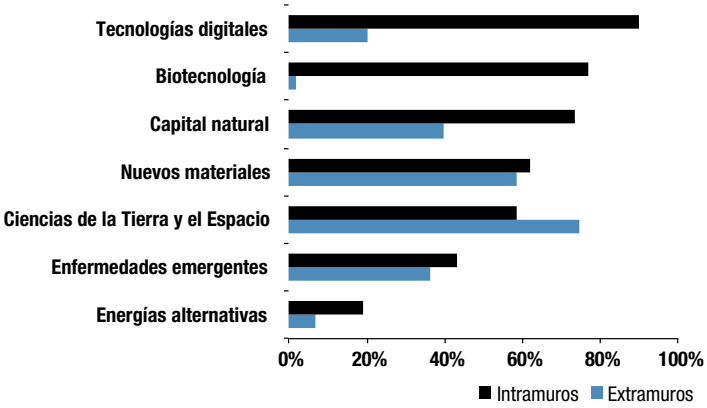


a/ Número de equipos según el sector: académico: n=1.603; gubernamental: n=165; privado: n=93.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Gráfico 18.8

Equipamiento compartido intramuros y extramuros[a/] por las unidades de I+D, en las áreas estratégicas del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*



a/ Número de equipos según áreas: tecnologías digitales: n=99; Ciencias de la Tierra y el Espacio: n=218; Biotecnología: n=117; capital natural: n=68; enfermedades emergentes: n=83; energías alternativas: n=74; nuevos materiales: n=29.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

Cuadro 18.2

Equipo compartido intramuros y extramuros[a/], según jornada en que se comparte, por áreas de ciencia y tecnología
(porcentaje del equipamiento)

	Intramuros				Extramuros			
Tiempo	Nunca	Media jornada o menos	Más de media jornada	Total	Nunca	Media jornada o menos	Más de media jornada	Total
Ciencias Exactas y Naturales	49,6	30,1	20,4	100,0	61,2	37,1	1,8	100,0
Ingeniería y Tecnología	20,0	57,4	22,6	100,0	38,0	50,8	11,2	100,0
Ciencias Médicas	54,4	38,2	7,4	100,0	66,4	33,2	0,5	100,0
Ciencias Agrícolas	25,3	70,6	4,1	100,0	39,2	60,8	0,0	100,0

a/ Número de equipos según área: Ciencias Agrícolas: n=293; Ciencias Médicas: n=217; Ingeniería y Tecnología: n=831; Ciencias Exactas y Naturales: n=569.

Fuente: Elaboración propia con base en la consulta efectuada por el PEN.

gubernamentales son los que muestran menos prácticas de uso compartido, cuando lo deseable sería que tengan una vocación orientada a generar "bienes club"[3] (véase Bitrán y González, 2012) y proveer servicios para cerrar brechas de productividad en la industria. En efecto, el 95% y 74% de su equipamiento nunca se comparte fuera o dentro de la organización, respectivamente. La academia, en términos comparativos, propicia una mayor colaboración extramuros.

Adicionalmente, aunque la mayoría del instrumental reportado podría no estar subutilizado, alrededor de uno de cada cuatro equipos pertenecientes al gobierno y a la academia se emplea por menos de una jornada laboral. Esto sugiere cierta disponibilidad para aumentar su uso, lo que a su vez podría propiciar un mayor acceso intra o extramuros y, consecuentemente, el crecimiento de la demanda por los servicios de las unidades de I+D. Una opción que podría servir para tal propósito es el desarrollo de programas que impulsen proyectos conjuntos o de cooperación con empresas privadas, como vía para potenciar la vinculación. Esta idea toma más peso al considerar que el 57% de las empresas dice no contar con el equipamiento idóneo para el cumplimiento de sus objetivos, tal como se analiza en la Pregunta 17 de este Informe.

Implicaciones

Considerando las limitaciones de financiamiento del sector de ciencia, tecnología e innovación, así como la necesidad de hacer un uso racional y planificado de los recursos disponibles, un reto importante en el corto plazo es la creación de instancias formales de coordinación de la inversión en infraestructura de apoyo a estas actividades. Asimismo, debe garantizarse el cumplimiento de la meta propuesta en la línea de acción 1.2.1 del PNCTI 2011-2014, que propone: "Generar una nueva línea de financiamiento del Fondo de Incentivos dirigida a la adquisición de equipos estratégicos para laboratorios, de acceso compartido" (Micitt, 2011).

Los resultados de la consulta sobre el estado del equipamiento de corte mediano y mayor, reportados tanto en esta sección como en la Pregunta 17, sugieren la conveniencia de implementar políticas públicas que propicien una mayor vinculación intersectorial mediante el acceso compartido a equipos costosos, sobre todo en los centros públicos de I+D, y especialmente en los de Biotecnología y energías alternativas, áreas identificadas como prioritarias para el desarrollo científico-tecnológico del país.

En este sentido, cabe destacar la política implementada por la UNA, que considera las posibilidades de uso compartido como criterio para la asignación de fondos para la compra de equipamiento científico-tecnológico especializado. En este esquema se da prioridad a las solicitudes de equipos que beneficiarán a la mayor cantidad de usuarios y se procura no financiar instrumentos que ya están disponibles en la universidad. También se valoran otros aspectos, como "los productos académicos, las capacidades para generar recursos complementarios por vinculación externa, transferencia tecnológica y cooperación nacional e internacional, la seguridad de los laboratorios, las facilidades de espacio físico, los mecanismos de control de uso y mantenimiento de los instrumentos" (UNA, 2013).

Frontera de investigación

En concordancia con lo mencionado en la Pregunta 17, en futuras investigaciones será importante aumentar la cobertura de la base de datos sobre las unidades de I+D y realizar esfuerzos adicionales para lograr una adecuada representación de aquellas adscritas a institutos tecnológicos públicos, así como al sector privado.

Referencias bibliográficas

Bitrán, E. y González, C. 2012. Institutos tecnológicos públicos en América Latina: una reforma urgente (documento de debate IDB-DP-225). Washington D.C.: BID.

Conicyt. 2009. Antecedentes para el diseño del Programa de Centros de Servicios de Equipamiento Científico y Tecnológico Mayor de Uso Compartido (documento de trabajo 13). Santiago de Chile: Departamento de Estudios y Planificación Estratégica, Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica.

Micitt. 2011. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

_____. 2013. Definiciones, clasificaciones y otros elementos utilizados en la VI Consulta Nacional, 2013. Anexo preparado para la VI Consulta Nacional 2013 de Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación (sector institucional). San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

_____. 2014. Indicadores Nacionales Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica 2012. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Segnini, M. 2013. Estado de la infraestructura científico-tecnológica en unidades de investigación y desarrollo. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

UNA. 2013. Fondos del sistema para adquirir equipo científico y tecnológico 2013. Sitio oficial, en <http://www.documentos.una.ac.cr/handle/unadocs/1876>.

Créditos

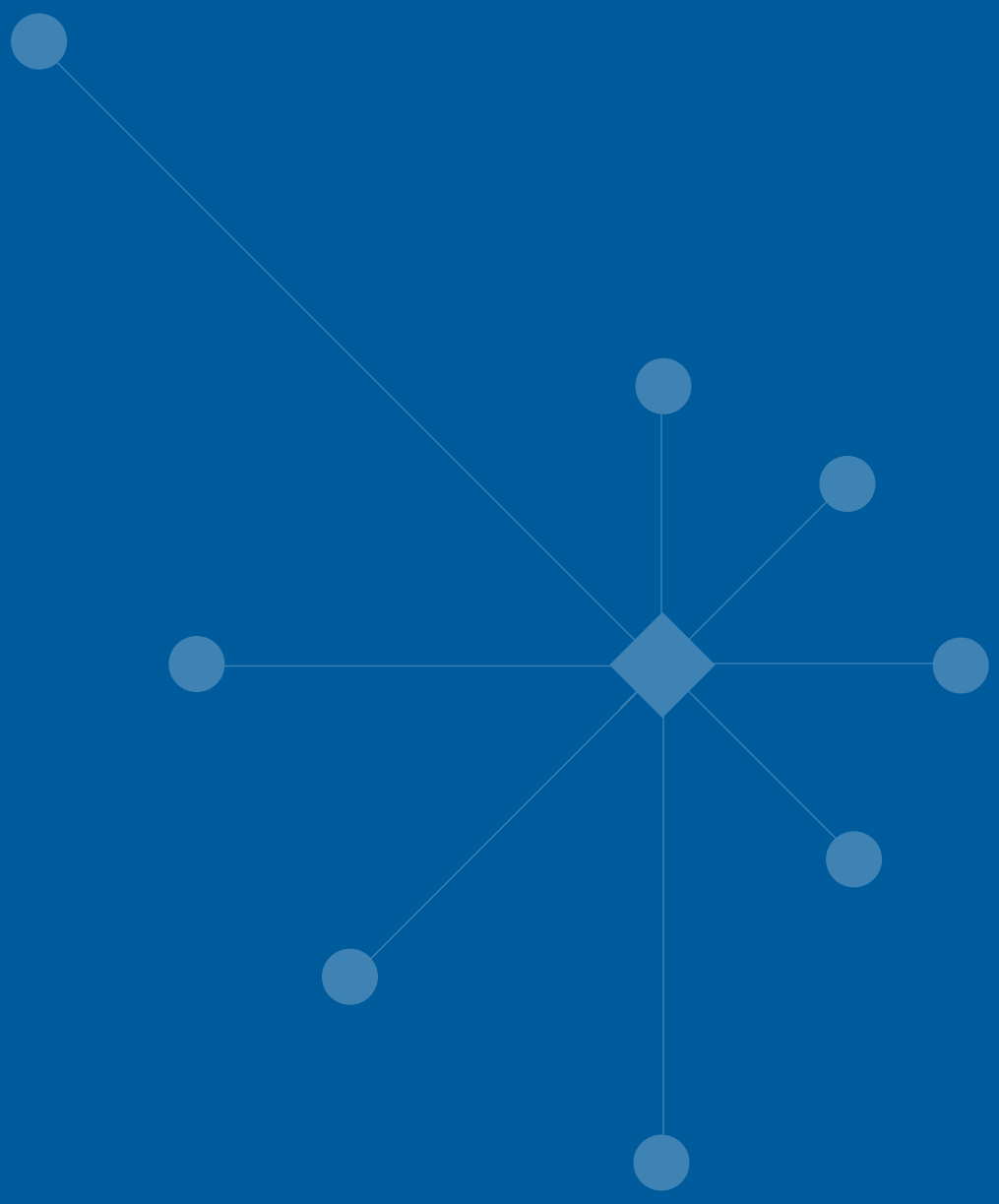
La redacción de esta sección fue efectuada por Ivania García y María Santos.
Jorge Vargas Cullell participó en la **edición técnica.**
Ivania García realizó los **procesamientos de información.**
La base de datos, el sistema informático y la dirección electrónica donde la base se encuentra alojada fueron implementados por Christhian Sanabria, con la asesoría de Carlos González.

Notas

1 Otra referencia define como equipamiento medio aquel cuyo costo es de entre 30.000 y 200.000 dólares, y equipamiento mayor aquel cuyo costo es superior a 250.000 dólares (Conicyt, 2009).

2 Las áreas de Computación, Inteligencia Artificial e Informática representan un porcentaje considerable (42%) de las unidades del ámbito privado incluidas en el presente análisis.

3 Se denomina “bienes club” a los productos que pueden ser utilizados por una gran cantidad de personas a la vez, pero cuyo derecho de uso puede restringirse, como los campos de golf, los cines y los estadios.



PREGUNTA 19

¿Provee Costa Rica un entorno favorable a la consolidación de emprendimientos basados en el **uso del conocimiento endógeno?**

Conceptos clave

Emprendimientos de base tecnológica

Uso del conocimiento endógeno

Situación del país

☒	Entorno desfavorable para la consolidación de emprendimientos basados en el uso del conocimiento endógeno
☐	
☑	

Importancia del tema

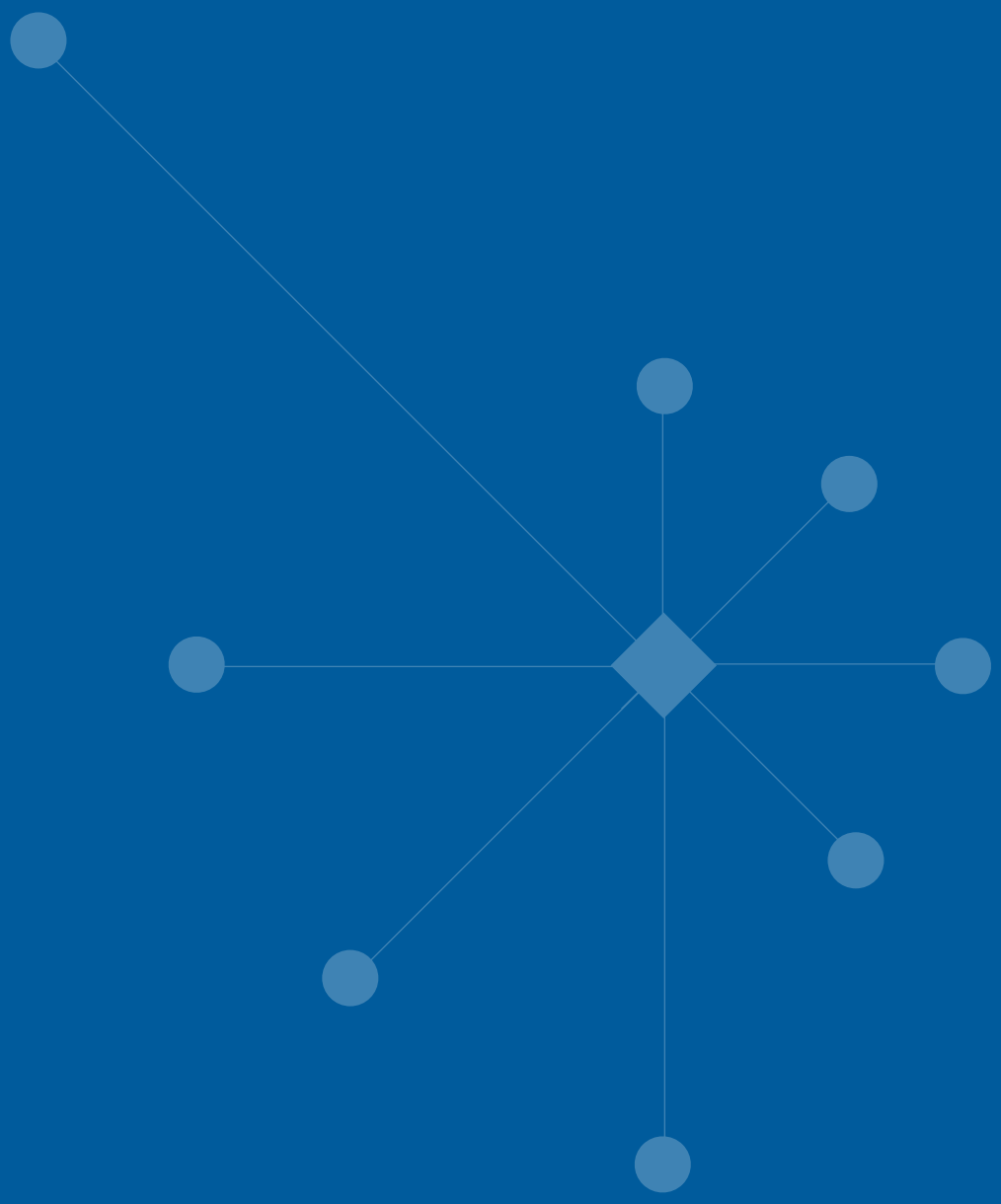
El fomento y la consolidación de emprendimientos basados en conocimiento endógeno son necesarios para aumentar la productividad y el desarrollo humano en el largo plazo.

Implicaciones de política pública

- Ampliar el acceso a financiamiento y asesoría para el desarrollo de emprendimientos de base tecnológica.
- Fortalecer instituciones de enlace y garantizar una eficaz coordinación interinstitucional.

Investigación de base

Alonso, E. 2013. Uso del conocimiento científico y tecnológico. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

Costa Rica, una nación pequeña con un alto desarrollo humano y estrechamente vinculada a los mercados mundiales, necesita estimular los emprendimientos innovadores con el fin de incrementar la productividad de su economía y mejorar la calidad de vida de su población. Tal requerimiento es aun más urgente cuando se considera que carece de *commodities* estratégicos, que faciliten la implantación de modelos extractivos y la obtención de ingresos fáciles por esa vía, como sucede en otros lugares de América Latina; su limitada dotación de territorio impide el desarrollo de monocultivos extensivos y su riqueza principal, la biodiversidad, solo puede ser utilizada con la condición de no destruirla. Este perfil de recursos escasos hace que el fomento de la innovación en todas las áreas sea indispensable para la supervivencia misma del país.

Pese a la importancia del tema, se conoce poco acerca del emprendimiento innovador en Costa Rica, y lo poco que se sabe no es alentador. La productividad de los factores ha crecido lentamente en los últimos años; hay una insuficiente inversión privada, que aporta solo el 31,3% de los recursos que el país destina a investigación y desarrollo (Monge et al., 2010), a diferencia de otras naciones que tienen grados de desarrollo semejantes, donde ese esfuerzo asciende al 50% (UIS-Unesco, 2014). Entre las razones que explican ese déficit están el poco dinamismo que se observa en la creación de empresas de base tecnológica y el limitado desempeño de las existentes (Maggi et al., 2012). En 2012, la actividad emprendedora en Costa Rica, definida como el porcentaje de emprendedores en su fase inicial, alcanzó un 15,0%, por debajo de países de la región que tienen un desarrollo similar, como Perú (20,2%), Chile (22,6%) y Colombia (20,1%). Además, solo un 31% de ellos está asociado a una idea innovadora (Lebendiker et al., 2013).

Costa Rica ha realizado esfuerzos para implementar un sistema de ciencia, tecnología e innovación desde la promulgación de la Ley 7169, en 1990, con subsiguientes cambios normativos y de política pública. Sin embargo, existe poca información acerca del acceso, oportunidad y relevancia de los servicios que, en la práctica, se ofrece a los emprendimientos innovadores.

Esta sección del Informe aborda el tema de la innovación desde la perspectiva de los emprendedores. Conocer su experiencia permite identificar los factores que facilitan u obstaculizan el camino hacia la consolidación de los emprendimientos de base tecnológica, así como visualizar elementos importantes para fortalecer las políticas orientadas a crear un entorno que los favorezca.

Hallazgos relevantes

- **En Costa Rica sí existen emprendimientos basados en el conocimiento endógeno, que han sido posibles por la capacidad del capital humano resultante de una inversión sostenida en educación.**
- **El principal obstáculo que enfrentan los emprendimientos de base tecnológica es la falta de acceso a financiamiento. Esta situación podría mejorar tras la aprobación de la Ley de Garantías Mobiliarias, en abril de 2014.**
- **Los esfuerzos del Gobierno para atender las necesidades en este campo están desarticulados y existen carencias para responder a las demandas específicas de los proyectos de innovación.**
- **Aunque existen muchas leyes, planes y programas de gobierno que contienen directrices para promover los emprendimientos innovadores, falta coordinación entre los diferentes actores del sistema de ciencia y tecnología e innovación para implementarlas de forma efectiva.**

Metodología

Método de análisis

La presente sección utiliza la metodología de estudio de casos para examinar las oportunidades, barreras y amenazas que enfrentan los emprendimientos innovadores en Costa Rica. Como se explica más adelante, la escogencia de esta metodología se debió a la falta de fuentes de información sistemáticas y estudios previos sobre el tema. En tal circunstancia, los estudios de casos son una opción adecuada, pues permiten realizar un análisis exploratorio con el fin de generar hipótesis de trabajo, que luego deberán ser comprobadas mediante otro tipo de investigaciones (Ragin, 2000; Ragin y Becker, 1992; Coppedge, 2012a).

Un estudio de casos se enfoca en un proceso particular y lo reconstruye como un caso demostrativo. Es un ejercicio analítico (Levi, 1998) interesado en encontrar secuencias, características dominantes y resultados previsibles en la acumulación de pequeños eventos que conforman el proceso. Se trata de recopilar toda la información disponible y clasificarla según un conjunto de temas, dimensiones y criterios de análisis. Los temas considerados en este trabajo fueron:

- El proceso evolutivo de los casos de estudio, considerando la experiencia previa de los emprendedores en la generación de un proyecto innovador y en la interacción con el sistema de ciencia, tecnología e innovación.

- Los factores relevantes del proceso evolutivo, para determinar elementos facilitadores y obstáculos.

- El contraste de las experiencias de los casos de estudio con los resultados de otras investigaciones sobre el tema efectuadas en Costa Rica.

El estudio se basó en una indagación sistemática de dimensiones y asuntos asociados a estos temas. En total, se definieron dieciocho aspectos relevantes para examinarlos en cada emprendimiento (cuadro 19.1). Posteriormente, cada caso "se construyó" a partir de la recopilación, clasificación y análisis de la información obtenida.

Selección de casos

Se estudiaron cuatro emprendimientos de base tecnológica, dos en el ámbito de la Biotecnología (BioTD S.A. y Biotécnica Análisis Moleculares S.A.) y dos en el de las energías renovables (Energías Biodegradables S.A. y TurboEoms S.A.). Ambos campos son de interés, pues forman parte de las siete áreas de intervención definidas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*[1] (Micitt, 2011). Entre ellos se escogió uno con mayor trayectoria de desarrollo en el país (Biotecnología) y otro de carácter más emergente (energías renovables). Es preciso aclarar que se trata de cuatro casos de emprendimientos, no de proyectos consolidados de innovación.

En todos los casos el período analizado fue 1999-2013. Se recopiló toda la información documental existente sobre los emprendimientos y se realizaron entrevistas en profundidad con los innovadores, a partir de un cuestionario que repasó sistemáticamente los criterios analíticos descritos en el cuadro 19.1.

Limitaciones del estudio

El presente estudio posee tres limitaciones. La primera, de contexto, es la falta de investigaciones sistemáticas sobre la innovación en Costa Rica. Ciertamente el tema ha sido tratado en diversos estudios (Lebendiker et al., 2013; Banco Mundial, 2013; Maggi et al., 2012; Micitt, 2007 y 2012) y existen análisis sobre el funcionamiento de instrumentos de política pública que, en principio, deberían facilitar el desarrollo de emprendimientos innovadores (CGR, 2012). Asimismo, al momento de redactarse este Informe la Asamblea Legislativa acababa de aprobar un préstamo que dedicará una importante cantidad de recursos al fomento de la innovación (véase más adelante el recuadro 19.1, en el apartado "Implicaciones"). No obstante, ese material no permite un diagnóstico claro de la situación en este ámbito, lo que impide valorar si los emprendimientos estudiados son casos excepcionales o se ajustan a la normalidad del entorno.

La segunda limitación se origina en la metodología empleada. Los estudios de casos sirven para analizar en profundidad procesos y eventos, e incluso develar mecanismos causales, pero no permiten realizar inferencias aplicables al conjunto del entorno. Los hallazgos y conclusiones tienen validez únicamente para los casos estudiados.

Cuadro 19.1

Criterios aplicados en el estudio de casos de empresas de base tecnológica

Criterio	Descripción
Cualificaciones del emprendedor	
Espíritu emprendedor	Identifica oportunidades y organiza recursos para aprovecharlas; tiene experiencia previa en emprendimientos.
Visión de negocio	Perfila con claridad el escenario ideal al que quiere llegar con el emprendimiento.
Capacidad empresarial	Tiene formación en administración de empresas, además de capacidades de negociación efectiva y de adaptación.
Apoyo de la academia	
Asesoría y acompañamiento	Apoyo en tramitación de patentes, actividades de capacitación, acceso a infraestructura, asistencia técnica, recursos económicos, etc.
Transferencia de conocimiento	Apoyo a los emprendimientos mediante la transferencia de conocimientos generados por las universidades.
Apoyo gubernamental	
Políticas públicas para emprendedores	Existencia de normas, apoyo en trámites, concursos, capacitación, incubadoras de empresas.
Efectividad de las políticas públicas	Aplicación oportuna de los instrumentos de política.
Capacidades institucionales	Apoyo y acompañamiento técnico, información efectiva para los fines del emprendedor.
Efectividad en la implementación del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*	Aplicación efectiva de políticas que emanen del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*.
Financiamiento	
Existencia de fondos financieros	Existencia de diversos fondos de financiamiento para emprendimientos de base tecnológica.
Suficiencia de fondos	Fondos especializados que disponen de suficiente capital para atender los requerimientos de los emprendedores.
Tramitología de acceso	Tipos de trámites y requisitos de los fondos y si el interesado, en cada caso, recibió financiamiento.
Incentivos fiscales	Estímulos por medio de la reducción de tasas de impuestos.
Acceso a fondos públicos y del sistema financiero	Financiamiento de la banca de desarrollo y de los sectores bancario y financiero.
Financiamiento de inversionistas privados	Inversionistas del sector privado (nacional o extranjero).
Protección de propiedad intelectual	
Tramitología	Transparencia en la información brindada para realizar los procesos.
Asesoría pertinente para guiar proceso de protección	Marco de ayuda para guiar el proceso hacia la protección de la propiedad intelectual.
Instituciones de enlace[a/]	
Existencia de redes de relaciones para hacer negocios	Redes con instituciones o empresas consultoras.
Efectividad del trabajo en redes	Trabajo con las redes apoya la consolidación de los emprendimientos.
Efectividad de la coordinación entre instituciones de fomento de la actividad	Apoyo a la consolidación de los emprendimientos.
Existencia de instituciones de enlace de orientación tecnológica	Instituciones del sector de ciencia, tecnología e innovación que fomenten la innovación empresarial, como Cenibiot e INBio, entre otros.

a/ Instituciones que intermedian entre empresas y los programas públicos de apoyo a la innovación, con el fin de prestar diversos tipo de ayuda, como asistencia en los trámites para solicitar fondos o facilitación del acceso a infraestructura tecnológica.

Fuente: Elaboración propia con base en Alonso, 2013.

La tercera limitación proviene de la información disponible para el estudio de los emprendimientos seleccionados. No se tuvo acceso a los estados financiero-contables de las empresas, de modo que no fue posible documentar lo afirmado en las entrevistas. Por ello, la sistematización de las experiencias tan solo pretende ilustrar la vinculación o el encadenamiento que esas empresas específicas tuvieron con los diversos elementos del sistema, a lo largo de su desarrollo.

Conceptos clave

- Emprendimientos de base tecnológica: empresas que ofrecen bienes o servicios clasificados como de alta tecnología en sus respectivas áreas de actividad.

- Uso del conocimiento endógeno: bienes o servicios innovadores que han sido desarrollados mediante la aplicación del conocimiento propio de personas residentes en el país.

Principales resultados

Situación actual de los emprendimientos innovadores estudiados

Los cuatro emprendimientos de base tecnológica estaban en situaciones distintas al momento de realizar los estudios de caso (cuadro 19.2). Dos de ellos tienen actividad comercial: BioTD S.A. está preparando exportaciones a diversos mercados y Energías Biodegradables S.A. vende biodiésel a una empresa de transporte público. Sin embargo, las perspectivas de escalamiento de mercado son distintas. Mientras BioTD S.A. busca posicionarse como una pyme exportadora, Energías Biodegradables S.A. debe encontrar una fuente alternativa de materia prima, pues la que utiliza actualmente hace que su producto sea poco competitivo con respecto al precio de los combustibles fósiles.

Por otra parte, TurboEoms S.A. promociona su turbina eólica en el mercado, pero no ha podido iniciar la producción en serie porque no ha obtenido el financiamiento necesario para medir adecuadamente la eficiencia energética de su producto. Y el cuarto emprendimiento estudiado, Biotécnica Análisis Moleculares S.A., no ha podido avanzar a la fase de desarrollo de su innovación. Está en busca de financiamiento para escalar su producto, que incrementa la resistencia de las plantas a agentes patógenos. En este último caso, el emprendedor ha dejado en manos de otra entidad el logro de este objetivo y en la actualidad trabaja fuera del país.

Los cuatro emprendimientos tienen entre ocho y catorce años de haber diseñado sus innovaciones. Como se mencionó, uno de ellos está todavía en la etapa de generación y otro se encuentra en la fase de desarrollo, aunque en paralelo realiza labores de promoción, y los otros dos han logrado presentar sus productos, efectivamente, como innovaciones que pueden ser comercializadas (cuadro 19.3). Pese a estas diferencias, las historias tienen aspectos comunes que denotan la fragilidad de los emprendimientos: la búsqueda incesante e infructuosa de financiamiento, la complejidad y los costos de los procesos de protección de la propiedad intelectual y las escasas implicaciones prácticas de los premios y reconocimientos que reciben los innovadores.

Primera historia: TurboEoms S.A.

El emprendedor es un físico graduado de la UCR. En los años ochenta fundó su primera empresa de servicios para la industria, Balances Dinámicos S.A., tras detectar una necesidad no cubierta por los proveedores locales (el mantenimiento de turbinas para secado). Combinaba su actividad empresarial con la docencia en varias universidades, entre ellas la UCR. A finales de la década viajó a Inglaterra con el fin de obtener una maestría en sonido y vibraciones. A su regreso continuó con el desarrollo de su emprendimiento.

Durante los años 2006 y 2007 diseñó una turbina eólica, con el propósito de mejorar la eficiencia en la generación eléctrica. En esa innovación combinó su vocación de inventor e investigador con su faceta de empresario, pues vio en ello una oportunidad de negocio. Registró la turbina en Costa Rica y Estados Unidos con el nombre de *Skytwister,* y buscó financiamiento en el sistema bancario y en fundaciones, pero no lo consiguió por falta de garantías. Tampoco lo obtuvo en el fondo Propyme del Micitt/Conicit, por no estar al día con el pago de cargas sociales. Finalmente, decidió financiar, construir y realizar pruebas de la turbina con recursos propios.

En 2008 se acercó a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UCR, con la idea de lograr el desarrollo de su innovación. Esta unidad académica compró dos turbinas eólicas por

Cuadro 19.2

Descripción general de los cuatro casos de innovación estudiados

Sector	Empresa	Innovación	Situación
Energías renovables	TurboEoms S.A.	Turbina eólica para empresas pequeñas, condominios y casas de habitación	El producto se promociona en el mercado, pero no se ha podido iniciar la producción en serie por falta de financiamiento para realizar mediciones adecuadas de la energía generada por la turbina.
Energías renovables	Energías Biodegradables S.A.	Biodiésel como alternativa a los combustibles fósiles para el sector transporte, la industria y la vivienda	Existe demanda y capacidad de escalar la producción, pero se requiere una fuente alternativa de materia prima, pues la que se utiliza actualmente no es de fácil adquisición y ello hace poco competitivo el precio del biodiésel en relación con los combustibles fósiles. Además, las autoridades del sector energía no han sido efectivas en fomentar la producción de biodiésel.
Biotecnología	Biotécnica Análisis Moleculares S.A.	Método natural para incrementar la resistencia de las plantas a agentes patógenos	La empresa está en busca de financiamiento para el escalamiento del producto, con el propósito de identificar su potencial de comercialización.
Biotecnología	BioTD S.A.	Citofem (método alternativo para la detección del cáncer de útero)	La empresa está por expandir su producción para atender los mercados nacional e internacional, pero necesita aumentar su promoción y mercadeo.
		Ross-Riu (protección de la piel)	El producto se ofrece actualmente en el mercado.
		SPB (tratamiento de alergias a los guantes de látex)	El producto se ofrece actualmente en el mercado.

Fuente: Elaboración propia con base en Alonso, 2013.

Cuadro 19.3

Avance en el proceso de innovación de los cuatro casos estudiados

Empresa	Etapa actual		
	Generación[a/]	Desarrollo[b/]	Innovación[c/]
TurboEoms S.A.			2006
Energías Biodegradables S.A.			2004
Biotécnica Análisis Moleculares S.A.	2004		
BioTD S.A.			1999-2002

a/ Generación: etapa de prospección de posibles productos, procesos o servicios, nuevos o mejorados.
b/ Desarrollo: diseño de prototipos, pruebas y escalamiento de la producción.
c/ Innovación: promoción de un producto en el mercado, comercialización, ajuste y mejora.

Fuente: Elaboración propia con base en Alonso, 2013.

dieciséis millones de colones y se dispuso a medir su capacidad de generación eléctrica. Al faltar recursos para instalar un laboratorio, el inventor prestó sus propios equipos. Sin embargo, también faltaron recursos para pagar un salario al inventor, por lo que la investigación no se inició.

El contacto con la UCR también tenía la finalidad de patentar la innovación por medio del programa Proinnova, de esa misma institución. Sin embargo, por no ser profesor de esa universidad, el inventor tuvo que ceder la propiedad intelectual a la UCR y ésta le otorgó una licencia de explotación comercial exclusiva. No se logró patentar el producto, debido a que no fue posible obtener los datos necesarios sobre la capacidad de generación energética.

Durante el período 2008-2009 la empresa fue seriamente afectada por la crisis económica que vivió el país. A pesar de ello continuó la relación con la UCR, pero, al no concretarse la contratación del inventor, éste decidió retirar el equipo de medición y en 2011 el vínculo se rompió. Surgió entonces un conflicto, en el cual la UCR le devolvió la propiedad de la invención y le solicitó el pago de los gastos de la patente. A mediados de 2013 ese proceso aún no había concluido.

Aun sin estar inscrita en el registro de propiedad intelectual, la turbina eólica ha recibido galardones. En 2011 obtuvo el primer lugar del concurso "Yo Emprendedor"[2], cuyo premio fue la elaboración del plan de negocios para el desarrollo del producto. En 2012-2013 la empresa fue finalista del certamen "Cleantech Open" en los Estados Unidos, en el cual participó como invitada de la organización "Yo Emprendedor".

Nuevo acercamiento a una universidad pública. Se estableció un vínculo con el Departamento de Física de la UNA, para medir y recolectar datos sobre la generación de energía eólica. Sin embargo, la información recabada hasta ahora no es suficiente para llevar a cabo los análisis requeridos. Además faltan recursos para contar con el sistema de medición adecuado, por lo que no se tiene certeza de la confiabilidad de los datos recogidos y, por ende, de la efectividad del producto.

La empresa ha recibido el apoyo de varios inversionistas nacionales, pero necesita más recursos. Otros acercamientos con inversionistas nacionales y extranjeros no se han concretado en ayudas específicas. No puede acceder al fondo Propyme por no estar al día en el pago de cargas sociales. El diagrama 19.1 resume la historia de TurboEoms S.A.

Segunda historia: Energías Biodegradables S.A.

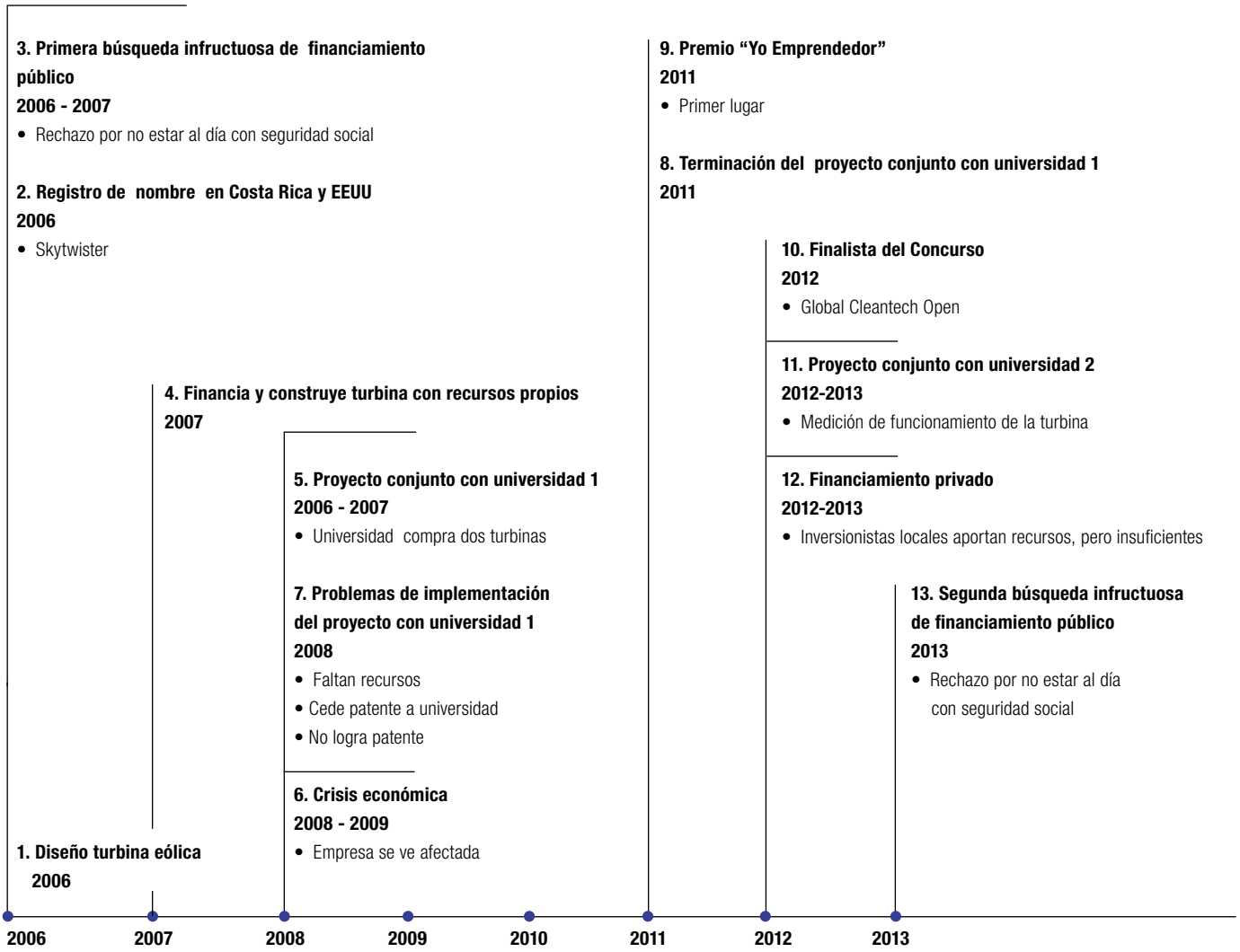
El emprendedor principal es contador público y privado con una maestría en Administración de Empresas. Durante la década de los noventa laboró como gerente de una empresa exportadora de chayote. En 2004 estableció una oficina de consultoría empresarial y su hija, que participa en el emprendimiento, estudiaba Biotecnología en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Ese mismo año el emprendedor analizó la posibilidad de producir biodiésel y viajó a diversos países para entrevistar a fabricantes de los equipos necesarios para ello. Logró relacionarse con un cliente y socio potencial que era dueño de autobuses, lo que ofrecía la oportunidad de realizar pruebas de eficiencia energética del biodiésel que se produjera. Padre e hija contaron con apoyo de la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR) para recibir capacitación en servicios empresariales.

El 2005 fue un año clave para el desarrollo de la innovación. Durante seis meses la empresa buscó financiamiento en veintiuna entidades públicas y privadas (BNCR, BCAC, BPDC, HSBC, BNV, entre otras). Finalmente, Acorde le otorgó un préstamo por 186 millones de colones, con garantía hipotecaria, para la compra y equipamiento de una bodega y la contratación a un ingeniero para instalar la fábrica. Paralelamente presentó al MAG una propuesta para establecer una política nacional sobre biocombustibles, pero no obtuvo respuesta.

En 2006 la empresa comenzó a producir biocombustible para autobuses, utilizando una mezcla de 30% biodiésel y 70% diésel fósil. Sin embargo, tiene dificultades para conseguir aceite vegetal, insumo principal de su producto, y desde el 2007 busca fuentes alternativas. Conjuntamente con la Escuela de Química de la UCR y la CICR, recibió financiamiento por trece millones de colones del fondo Propyme del Micitt/Conicit, para un proyecto que pretendía obtener glicerina a partir de biocombustibles, pero los fondos resultaron insuficientes para desarrollar la iniciativa. Durante la segunda administración Arias Sánchez buscó, sin éxito, el apoyo del programa "Paz con la Naturaleza". Tampoco fructificaron diversas gestiones realizadas en el Minae y Recope.

Diagrama 19.1

Primera historia: TurboEoms S.A. y las dificultades de innovar con una turbina eólica



Fuente: Elaboración propia con base en Alonso, 2013.

En 2009 el emprendedor se vinculó con la Escuela de Biología de la UCR, pero no se concretó un proyecto específico de cooperación. Ese mismo año participó en un seminario de la Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica (AEA) procurando unirse a un movimiento más global a favor de los biocombustibles y obtuvo de esa organización financiamiento por 30.000 dólares para un proyecto que busca obtener biodiésel a partir de microalgas. Con el fin de acelerar la investigación presentó la propuesta al Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (Cenibiot), pero la retiró porque su hija partió a Holanda para cursar una maestría en Ciencias de la Vida y Tecnología, con una beca del Fondo de Incentivos del Micitt/Conicit.

En la actualidad la empresa está negociando una carta de entendimiento con la Escuela de

Biología de la UCR, con el propósito de gestionar conjuntamente el apoyo del Fondo de Incentivos del Micitt para el proyecto de microalgas. La investigación sería desarrollada por la citada Escuela, con la colaboración de los centros CITA, Cimar y Ciprona, también de la UCR.

También se ha presentado a la Cámara de Transportistas un proyecto de promoción del uso de biocombustible en el transporte público, y se ha sugerido al Consejo de Transporte Público que adopte ese parámetro como criterio de evaluación. Ninguna de estas iniciativas ha concitado interés.

El emprendimiento tiene potencial para crecer, ya que existe demanda y capacidad de producción, pero necesita encontrar una fuente alterna de materia prima, pues el costo de la que usa actualmente se ha incrementado de modo sustancial y le resta competitividad. Cabe señalar que durante todos estos años la empresa ha dedicado un 6% de sus ventas a investigación y desarrollo.

En el diagrama 19.2 se sintetizan los principales hitos de la trayectoria de Energías Biodegradables S.A.

Tercera historia: Biotécnica Análisis Moleculares S.A.

El emprendedor estudió Agronomía en la UCR y obtuvo un doctorado en Biología Molecular de Plantas, en Dinamarca, a mediados de la década de los noventa. Al regresar al país se incorporó al Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM) de la UCR. Creó su empresa de consultoría y su laboratorio con un costo cercano a 25.000 dólares, financiado con un préstamo familiar. Originalmente su plan de negocios era vender servicios al MAG, pero el proyecto no se concretó por falta de demanda. Se dedicó entonces a la venta de instrumentos de laboratorio, hacer pruebas de paternidad canina y variabilidad genética de las aves, y estudios de procedencia del arroz importado mediante análisis de ADN. En colaboración con Zoo Ave desarrolló tres estudios sobre variabilidad de aves en cautiverio con fines reproductivos, iniciativas que recibieron apoyo del Fondo de Incentivos del Micitt/Conicit.

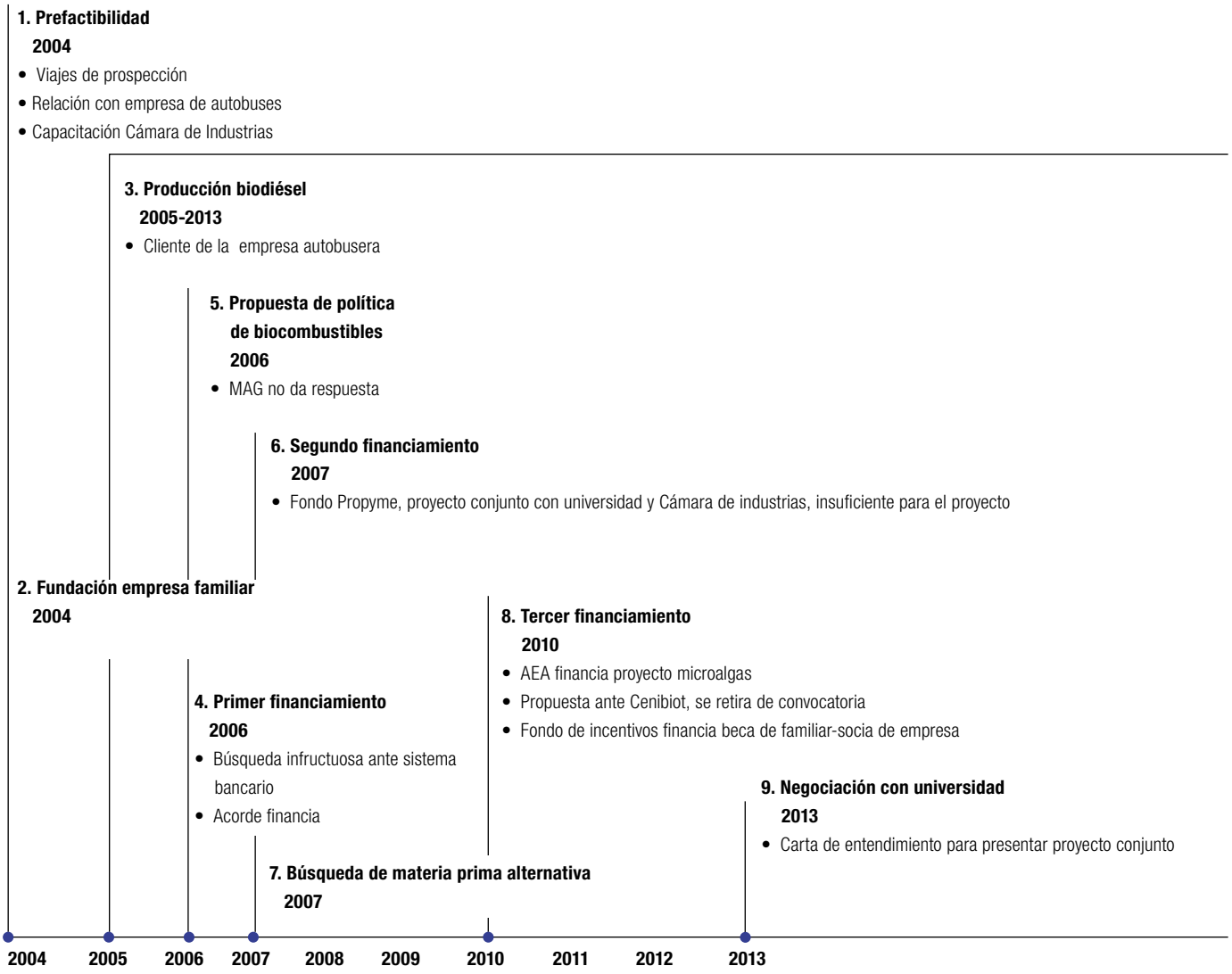
En 2004 ideó un método para mejorar la resistencia de las plantas a enfermedades. Se trata de inducir en ellas un estado de alerta, lo que provoca la activación de mecanismos de defensa –con microorganismos beneficiosos– que las protegen de agentes patógenos. La innovación consiste en usar herramientas de la Biología Molecular para buscar y seleccionar los microorganismos beneficiosos, así como para monitorear la respuesta de las plantas. Dado que le resultaba difícil contar con suficientes microorganismos útiles para la investigación, el inventor se puso en contacto con el INBio y en conjunto con este recibió financiamiento del Fondo de Incentivos del Micitt/Conicit. Los recursos se utilizaron para la compra de reactivos, pero no incluyeron el pago de honorarios. El INBio cubrió los gastos de personal. A lo largo de cinco años se obtuvieron 40.000 dólares. Se involucró a estudiantes del TEC como parte del equipo técnico, ofreciendo a cambio la oportunidad de realizar su práctica profesional en la empresa. En 2008, luego de cuatro años de trabajo, se identificaron ocho microorganismos que producen genes de defensa y confieren resistencia a las plantas. Al año siguiente se encontró reacción positiva de otros cuatro microorganismos.

En 2009 el innovador ganó el primer lugar del concurso "Yo Emprendedor", por medio del cual logró publicidad y difusión de buenas expectativas para utilizar su producto en el control de la sigatoka negra en el banano. Los organizadores del concurso consiguieron financiamiento por 200.000 dólares para finalizar la investigación, pero ello no se concretó porque no se logró un acuerdo en temas relacionados con la propiedad intelectual, entre otras razones. El investigador siguió probando la resistencia de las plantas ante otros patógenos, con resultados positivos.

En 2012 el emprendedor regresó a Dinamarca, a trabajar en una universidad, y dio por concluido el proceso de investigación científica. Decidió no continuar con el desarrollo de la innovación con recursos propios, ya que no ha recibido retribución económica y ha sufragado los gastos con el patrimonio de su familia. Acordó con el INBio que éste se encargue de obtener los fondos necesarios para el escalamiento del producto. En la actualidad el INBio tiene este como uno de sus proyectos prioritarios. Se desconoce cómo se negoció la distribución de beneficios, pero en caso de que el proyecto sea rentable, el inventor será retribuido. Los momentos más relevantes en la historia de Biotécnica Análisis Moleculares S.A. se presentan en el diagrama 19.3.

Diagrama 19.2

Segunda historia: Energías Biodegradables S.A. y la producción de biodiésel



Fuente: Elaboración propia con base en Alonso, 2013.

Diagrama 19.3

Tercera historia: Biotécnica Análisis Moleculares S.A. y las plantas más resistentes a agentes patógenos

1. Empresa de consultoría
1990-2012
- Préstamo familiar
- Laboratorio
- Servicios varios de mercadeo

2. Formulación proyecto de resistencia de de plantas a enfermedades
2004

3. Obtiene financiamiento
2004 -2008
- En conjunto con INBio. Fondo de incentivos de Micitt / Conicit

4. Primer hallazgo
2008
- Genes en microorganismos confieren resistencia a enfermedades en plantas

5. Nuevos hallazgos
2009
- Reacción positiva en 4 microorganismos más

6. Premio "Yo Emprendedor"
2009

7. Búsqueda de nuevo financiamiento
2009
- No se concreta por tema de propiedad intelectual

8. Migración
2012
- Emprendedor obtiene trabajo en universidad europea

9. Búsqueda de financiamiento
2012
- Proyecto en cartera del INBio
- Estatus desconocido

1990 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012

Fuente: Elaboración propia con base en Alonso, 2013.

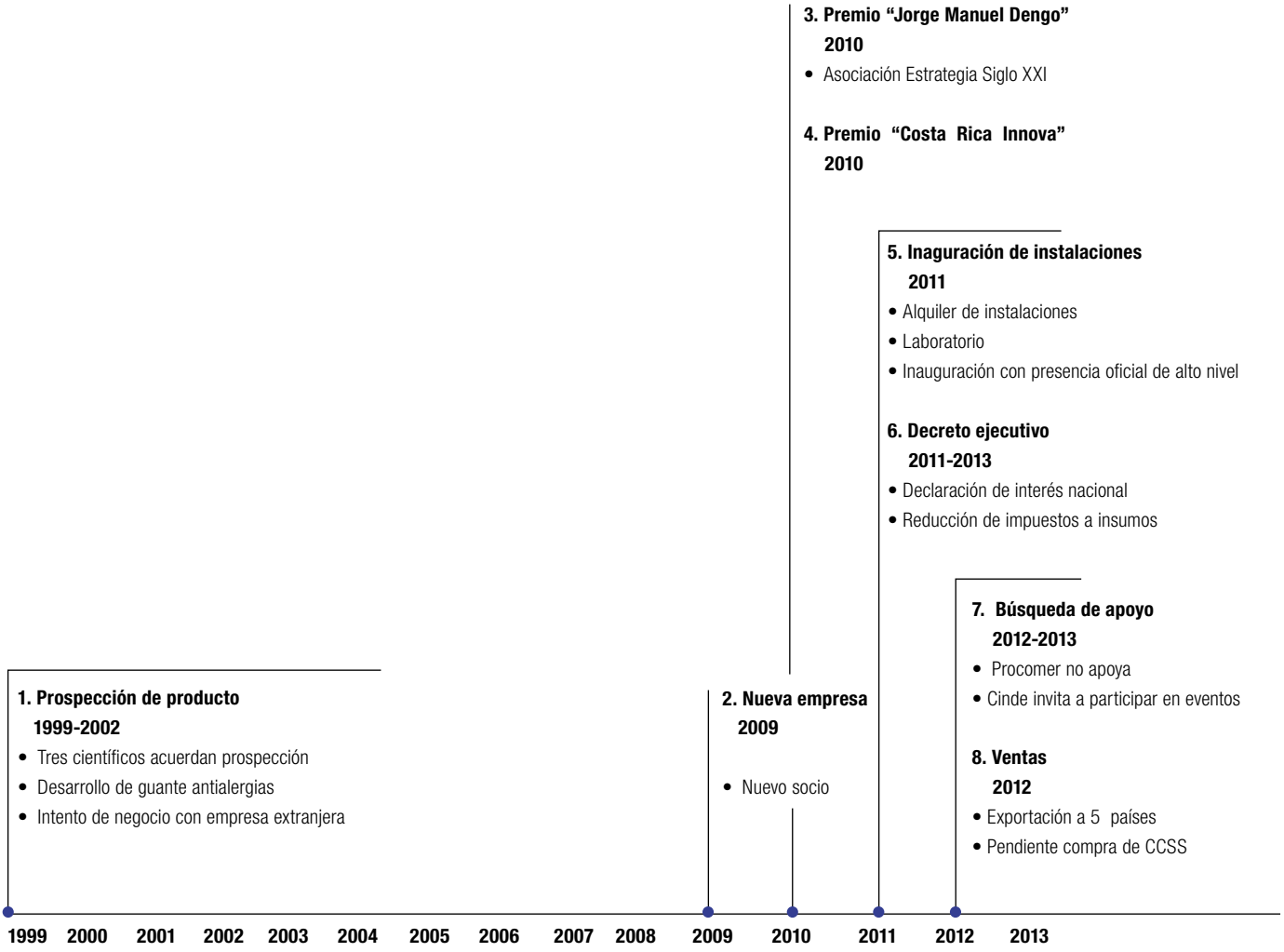
Cuarta historia: BioTD S.A.

BioTD S.A. es la historia de cuatro emprendedores que, a inicios del presente siglo, decidieron unirse para desarrollar una innovación. Se trata de un químico, un bioquímico, un médico y un matemático (este último falleció antes de que se conformara la empresa). Dos de ellos están ligados a la academia y uno tiene experiencia en negocios.

El matemático trabajaba en una empresa que comercializaba guantes de látex y propuso a los investigadores buscar una solución para evitar alergias a esa sustancia, problema frecuente entre quienes usan esas prendas. En un mes y medio el químico y el bioquímico crearon un producto que bloquea la reacción al látex. Enviaron muestras a la fábrica de guantes en Taiwán. Esta comprobó la efectividad de la invención e invitó al químico y al matemático a acordar las condiciones del negocio; además presentaron en forma conjunta una solicitud de patente en aquel país. A la postre el negocio no se concretó, y tampoco la patente. Mientras tanto, un médico pidió la colaboración del

Diagrama 19.4

Cuarta historia: BioTD S.A. y los productos biomédicos



Fuente: Elaboración propia con base en Alonso, 2013.

químico para elaborar un producto que funciona como preservante fisiológico para células y se utiliza como método alternativo para la detección del cáncer de útero. Posteriormente el producto recibió el nombre "Citofem".

En 2009 el químico y el bioquímico invitaron al médico a participar en sus investigaciones y crearon la empresa BioTD S.A. En 2010 la innovación del bloqueador de látex ganó el concurso "Costa Rica Innova", que organiza el programa Proinnova, de la UCR, y en 2011 el Citofem obtuvo el premio "Jorge Manuel Dengo Obregón", otorgado por la Asociación Estrategia Siglo XXI.

En 2012 los emprendedores alquilaron un edificio en Heredia e instalaron la empresa. Al acto inaugural asistió la Presidenta de la República, quien en esa ocasión firmó un decreto ejecutivo que declaró de interés nacional los productos biomédicos y redujo las cargas impositivas a la importación de insumos. La empresa posee un laboratorio en Pavas. Cuenta con tres productos estrella en distintas presentaciones y tiene en estudio otros trece. Obtuvo financiamiento por diez millones de colones del fondo Propyme del Micitt/Conicit para registrar patentes y treinta millones para someter sus productos a la aprobación de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por su sigla en inglés) de los Estados Unidos. Se tenía previsto concluir ambos procesos en 2013. También se consiguió apoyo de inversionistas extranjeros.

La empresa ha buscado el respaldo de Procomer, pero no lo ha logrado debido a la especificidad de sus productos. Cinde la ha invitado a participar en actividades para darse a conocer entre inversionistas extranjeros. Actualmente distribuye el Citofem en laboratorios privados y prepara exportaciones a Estados Unidos, México, El Salvador, Panamá y República Dominicana. Al momento del estudio estaba pendiente la aprobación de la CCSS, como requisito previo para la compra del producto. La empresa tiene nueve empleados entre químicos e ingenieros industriales. El diagrama 19.4 resume la trayectoria de BioTD S.A.

Análisis comparado

En términos generales, los cuatro emprendimientos estudiados encontraron un conjunto similar de factores facilitadores y obstaculizadores en su empeño por colocar sus innovaciones en el mercado, lo que aquí se denomina "escalamiento de mercado". Esos factores varían poco, independientemente de la situación de la empresa. En otras palabras, los emprendimientos que lograron algún escalamiento (Energías Biodegradables S.A. y BioTD S.A.) comparten con los que no lo consiguieron una historia de fragilidad, búsqueda incesante de apoyo y fuertes y persistentes barreras.

Al comparar cada caso con base en los criterios examinados para valorar la interfaz entre el conocimiento endógeno y el desarrollo de la innovación, se observa que en todos los emprendimientos predominaron los obstáculos (cuadro 19.4). De los dieciocho factores evaluados, TurboEoms S.A. (proyecto no exitoso hasta la fecha), obtuvo resultados negativos en 14, Energías Biodegradables S.A. (con escalamiento de mercado) en 11, Biotécnica Análisis Moleculares S.A. (iniciativa no exitosa hasta la fecha) en 12 y el emprendimiento más desarrollado hasta ahora, BioTD S.A., en 8.

Visto de manera resumida, agrupando los criterios en áreas, se aprecia que los factores facilitadores corresponden a la calificación del emprendedor y, en bastante menor medida, al apoyo de la academia. En cambio, los obstáculos tienen que ver mayoritariamente con temas clave para el éxito de una empresa innovadora, como el acceso a financiamiento, la vinculación con entidades de enlace, la protección de la propiedad intelectual y el apoyo gubernamental (cuadro 19.4).

El aspecto mejor valorado en los cuatro casos es el alto nivel educativo de los emprendedores y su talento para plasmar ideas en proyectos tecnológicamente viables. Dos inventores mostraron mayores debilidades en el criterio de "habilidad, destreza y capacidad empresarial del emprendedor", por lo que es conveniente que las entidades públicas y privadas exploren la posibilidad de diseñar estrategias para fortalecer esas capacidades empresariales, que los innovadores no necesariamente tienen.

Se identificaron contribuciones de la academia, pero con limitaciones. Tres de los cuatro emprendimientos entablaron relaciones con las universidades, en aspectos como prácticas profesionales de estudiantes en los proyectos, acceso a laboratorios y espacios físicos, participación en ferias universitarias, colaboración para solicitar financiamiento de los fondos públicos y espacios para divulgar las innovaciones.

Como se comentó, uno de los emprendedores se acercó a la UCR en busca de ayuda para

Cuadro 19.4

Análisis comparado de los emprendimientos según los criterios del estudio de casos

Criterio	Casos estudiados: TurboEoms S.A.	Energías Biodegradables S.A.	Biotécnica Análisis Moleculares S.A.	BioTD S.A.	Situación dominante
Cualificaciones del emprendedor					**Facilitador**
Espíritu emprendedor	Alto	Alto	Bajo	Alto	
Visión de negocio	Alto	Alto	Alto	Alto	
Capacidad empresarial	Medio	Alto	Medio	Alto	
Apoyo de la academia					**Facilitador parcial**
Asesoría y acompañamiento	Medio	Medio	Medio	NA	
Transferencia de conocimiento generado por las universidades	Bajo	Bajo	Bajo	NA	
Apoyo gubernamental					**Obstáculo**
Políticas públicas para emprendedores	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	
Efectividad de las políticas públicas	Bajo	Bajo	NA	Medio	
Capacidades institucionales	NA	Bajo	Medio	Bajo	
Efectividad en la implementación del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*	Bajo	Medio	Bajo	Medio	
Financiamiento					**Obstáculo**
Existencia de fondos financieros	Medio	Medio	Medio	Medio	
Suficiencia de fondos	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
Tramitología de acceso	Bajo	Medio	Medio	Medio	
Incentivos fiscales	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
Acceso a fondos públicos y del sistema financiero	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
Financiamiento de inversionistas privados	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	
Protección de propiedad intelectual					**Obstáculo**
Tramitología	Bajo	NA	Bajo	Bajo	
Asesoría pertinente para guiar proceso de protección	Bajo	NA	Bajo	Medio	
Instituciones de enlace con el mercado					**Obstáculo**
Existencia de redes de relaciones para hacer negocios	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
Efectividad del trabajo en redes	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
Efectividad de la coordinación entre instituciones de fomento a la actividad	Medio	Medio	Medio	Medio	
Existencia de instituciones de enlace de orientación tecnológica	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	
Situación dominante en la empresa	14/18	11/18	12/18	8/18	

Bajo: la ausencia del factor afectó negativamente al emprendimiento.

Medio: el factor estaba presente, pero en proporciones insuficientes.

Alto: la presencia del factor afectó positivamente al emprendimiento.

NA: no aplica.

Fuente: Elaboración propia con base en Alonso, 2013.

patentar su innovación. Sin embargo, no era funcionario de la universidad, y ésta solo puede gestionar la protección de invenciones que le pertenecen, razón por la cual el inventor tuvo que ceder la propiedad intelectual de su producto. Evidentemente, desde el punto de vista del emprendedor esta no es la vía más adecuada para patentar sus innovaciones.

El apoyo de la academia en la consolidación de los proyectos fue débil. Cuando hubo acercamientos no se alcanzaron los objetivos planteados, ya fuera por discrepancias entre las partes, o porque se requería una participación más activa de la que podían ofrecer las universidades. No hay evidencia de que las vinculaciones se establecieran con base en algún plan o mecanismo formal, sino que surgieron por razones más contingentes como la relación personal entre los interesados. Cabe señalar que el proceso de negociación y firma de convenios entre la academia y los emprendedores fue calificado por los segundos como burocrático y lento.

Tomando en cuenta los lineamientos del *Atlas para la innovación en Costa Rica* (Micitt, 2007), en los casos estudiados se identificaron prácticas novedosas en ámbitos como la participación de estudiantes y los proyectos conjuntos con unidades académicas, aunque parece necesario reforzarlos, en particular el trabajo de los estudiantes. No se encontraron prácticas novedosas que mejoraran la situación descrita en el *Atlas* en relación con los mecanismos de vinculación entre la academia y los sectores productivos y la transferencia del conocimiento generado en las universidades.

Acceso a financiamiento

La dificultad para acceder al financiamiento ha sido el principal obstáculo en los cuatro emprendimientos analizados. A la misma conclusión se llegó en la encuesta GEM-2012, realizada por la organización Global Entrepreneurship Monitor, en la cual los emprendedores y expertos consultados coincidieron en señalar ese problema como la barrera que más afecta la actividad empresarial (Lebendiker et al., 2013). Ese resultado también es consistente con el *Atlas para la innovación en Costa Rica* (Micitt, 2007), que identifica la falta de un sistema de apoyo financiero y fiscal como la traba de mayor peso para la investigación, el desarrollo experimental y la innovación.

Las fuentes de recursos públicos que mencionan los emprendedores son el Fondo de Incentivos y el Fondo Propyme, ambos del Micitt. Tres de las cuatro empresas tuvieron acceso a ellos. Sin embargo, en todos los casos los recursos fueron insuficientes para desarrollar los proyectos. El inventor que no tuvo acceso a los fondos no cumplía con el requisito de estar al día con el pago de cargas sociales.

Un señalamiento común de los emprendedores es que los fondos deberían tener mayor difusión. Ello concuerda con uno de los hallazgos de la Encuesta de Innovación Empresarial 2010-2011 (Micitt, 2012), según el cual el principal motivo por el que las empresas no acceden a financiamiento es que no conocen los fondos públicos (58,1% de las empresas pequeñas). En este punto, un informe de la Contraloría General de la República sobre Propyme corrobora que los fondos disponibles no se invierten en apoyo a las pymes, debido a que estas, por desconocimiento, no los solicitan (CGR, 2012).

En síntesis, los mecanismos públicos de financiamiento para los proyectos innovadores son insuficientes y requieren mayor difusión en la comunidad emprendedora.

Por otra parte, ninguno de los cuatro emprendimientos tuvo incentivos fiscales que alentaran la innovación, un hallazgo importante si se considera que esta herramienta de política pública ha sido profusamente utilizada en Costa Rica para estimular el desarrollo de sectores productivos como el turismo, la exportación y las zonas francas.

El acceso al financiamiento de la banca de desarrollo, pública y privada, y de otras entidades, también ha sido difícil para las empresas, pues se requieren garantías hipotecarias similares a las que se suelen exigir en otras operaciones crediticias. Solo una de las cuatro empresas estudiadas obtuvo recursos por esta vía, específicamente de una agencia de microfinanzas y presentando una garantía hipotecaria. Es de esperar que esta situación mejore con la entrada en vigencia de la Ley de Garantías Mobiliarias, aprobada en abril de 2014.

La participación de inversionistas privados fue importante para la consolidación de dos de los emprendimientos. Energías Biodegradables S.A. tuvo la particularidad de contar con el apoyo de un cliente que se convirtió en socio de la empresa, lo cual le dio un fuerte impulso. Sin embargo, actualmente está buscando recursos para desarrollar otra fuente de materia prima. En otro caso el financiamiento se obtuvo por los

contactos de uno de los emprendedores. En los dos proyectos que no han podido consolidarse, la inversión de origen privado no se concretó del todo: en un caso el apoyo fue insuficiente; en el otro no se logró un acuerdo entre el investigador y los potenciales inversionistas.

Según el Micitt (2012), la principal fuente de financiamiento para esta actividad son los recursos propios de las empresas, mediante la reinversión de utilidades (35,9%). Solo uno de los emprendimientos estudiados invierte en investigación y desarrollo (6% de las ventas). Un aspecto muy importante es que faltan incentivos salariales para los investigadores en las fases de generación y desarrollo de sus innovaciones, los cuales sí existen en Argentina, Chile, México, Paraguay y Uruguay (Maggi et al., 2012).

Instituciones de enlace con el mercado

Un segundo obstáculo común encontrado en el análisis es la ausencia de una red de instituciones de enlace entre los emprendedores y los programas públicos de apoyo a la innovación, lo que constituye un obstáculo para la consolidación de los emprendimientos. Solo Biotécnica Análisis Moleculares S.A. tuvo una experiencia en este sentido, al establecer con el INBio un acuerdo de distribución de beneficios en caso de que su innovación sea rentable. Esa entidad brindó respaldo para conseguir financiamiento y acceso a insumos para la investigación; además aportó su experiencia para el escalamiento y comercialización del producto. Pese a ello, es importante señalar que el investigador no contó con asesoría o acompañamiento para realizar las negociaciones con el Instituto y, a la postre, la vinculación con éste, aunque positiva, no fue suficiente para lograr el escalamiento de mercado de la innovación.

Dos emprendimientos tuvieron acercamientos con la Cámara de Industrias de Costa Rica. Uno contó con apoyo para recibir capacitación, y el otro, si bien está afiliado a la Cámara, tiene con ella una relación pasiva y no reporta ningún tipo de colaboración. Un tercer emprendimiento buscó la ayuda del Cenibiot para acelerar su investigación, pero se retiró del proceso. En los tres casos se trató de contactos puntuales, no de alianzas propiamente dichas.

En términos generales, los hallazgos en el tema de las instituciones de enlace concuerdan con lo observado por Maggi et al. (2012) y el *Atlas para la innovación en Costa Rica* (Micitt, 2007). El primer estudio señala el escaso desarrollo de un sector de entidades que ayuden a las empresas a elaborar e implementar proyectos innovadores. Es de esperar que el surgimiento de ese tipo de entidades se vincule al aumento de recursos públicos para financiar iniciativas de innovación. La labor de intermediación es necesaria en todo sistema de apoyo a los emprendimientos, y es mejor prestarle la atención adecuada y guiarla, que dejarla a merced de las fuerzas del mercado, pues pueden generarse distorsiones que afectan el cumplimiento de los objetivos de los programas. El segundo estudio –el *Atlas*– subraya la baja articulación de los emprendimientos privados con las otras entidades de enlace (Micitt, 2007).

Por su parte, los resultados de la encuesta a expertos GEM-2012 (Lebendiker et al., 2013) indican que un aspecto positivo para el establecimiento de redes de negocios son las ferias y eventos donde los emprendedores pueden encontrarse y relacionarse. En cambio, se requiere más apoyo de entes locales para promover actividades de vinculación, el fomento del "emprendedurismo" en el sistema educativo y, en los cursos sobre este tema, un énfasis mayor en la relevancia del trabajo en red.

Protección de la propiedad intelectual

Un tercer obstáculo común, fundamental desde el punto de vista del escalamiento de mercado de una innovación, son los procesos para proteger la propiedad intelectual, cuya complejidad y costo obligan a buscar apoyo externo de personas que tienen conocimiento especializado en el tema. Según la encuesta a expertos GEM-2012, en Costa Rica el entorno para la protección de la propiedad intelectual no es favorable; sin embargo, no se señala específicamente a la legislación como una barrera, de modo que podría pensarse que el desconocimiento sobre el proceso es un factor que también incide en esta problemática (Lebendiker et al., 2013).

A la fecha del estudio, solo dos emprendimientos se encontraban en proceso de obtener la patente de su invención. En un caso, los investigadores ya habían tenido experiencia previa en esta materia y utilizaron el financiamiento obtenido del Propyme para contratar a un bufete de abogados. El otro caso, ya comentado, fue el del emprendedor que para poder realizar el trámite, y por no ser funcionario de la UCR, debió ceder la propiedad de su invención a esa universidad,

a cambio de una licencia exclusiva de comercialización. Desde la perspectiva del *Atlas para la innovación en Costa Rica*, estos emprendimientos muestran avances importantes, porque encontraron entidades de enlace para llevar a cabo el proceso tendiente a proteger su propiedad intelectual y, en un caso, se logró acceso a fondos del Estado para cubrir los gastos asociados a ese trámite.

Apoyo gubernamental

Finalmente, el apoyo del Gobierno no ha sido un elemento facilitador para la consolidación de los emprendimientos estudiados. A pesar de que existen la "Ley de promoción del desarrollo científico y tecnológico" e instrumentos de política como fondos de incentivos y varios decretos ejecutivos, su aplicación en la práctica dista de ser oportuna y relevante desde el punto de vista de los emprendedores. Uno de ellos ha solicitado de manera insistente el apoyo de distintas instituciones, sin conseguirlo. Otros no lo buscaron, pues de antemano consideraban que no lo iban a obtener.

Las instituciones públicas tienen enormes limitaciones para realizar trámites de proyectos basados en ciencia y tecnología, por falta de conocimiento sobre los términos y procedimientos en este campo. Uno de los emprendedores tuvo dificultades para obtener los permisos de operación porque en las instituciones respectivas ignoraban qué tipo de actividad desarrollaría, dado que se trataba de un producto nuevo. Otro no encontró apoyo para vincularse al mercado internacional, por falta de conocimiento de los funcionarios a cargo sobre los requisitos para exportar el producto de innovación.

Según el informe *Doing Business 2014* (Banco Mundial, 2013), Costa Rica ha ascendido en el indicador de facilidad de hacer negocios, al pasar de la posición 126 entre 185 países en 2013, al lugar 102 entre 189 países en 2014. Este avance se debió principalmente al progreso en la implementación de trámites por internet. Sin embargo, desde un punto de vista comparado, el posicionamiento del país evidencia un fuerte rezago internacional. Como se mencionó, en los casos analizados las instituciones públicas mostraron importantes debilidades por falta de conocimiento especializado en los trámites para apoyar a los emprendimientos basados en tecnología.

Dictamen

Más allá del éxito o no en el escalamiento de mercado, los cuatro emprendimientos estudiados enfrentaron un entorno muy desfavorable para la innovación. Si bien existe capital humano altamente calificado para desarrollar ideas de base tecnológica y algún apoyo de la academia (universidades públicas), no se encontró un sistema de ciencia, tecnología e innovación articulado que, en la práctica, proveyera mecanismos de acompañamiento en el desarrollo y la consolidación de los proyectos innovadores.

Las barreras de acceso al financiamiento, la falta de entidades de enlace que faciliten la vinculación con el sistema de ciencia, tecnología e innovación, una institucionalidad de apoyo desarticulada que impide la efectividad de las políticas públicas, la complejidad y el alto costo del proceso para proteger la propiedad intelectual, fueron los principales obstáculos encontrados en todos los casos.

Este panorama concuerda con lo indicado, a grandes trazos, en los pocos estudios existentes sobre el tema en Costa Rica. A modo de ejemplo, los expertos consultados en los estudios de GEM 2010 y 2012 coincidieron en señalar la falta de financiamiento como el principal obstáculo para el desarrollo de proyectos innovadores (76,3% y 78,8%, respectivamente), Además manifestaron que la complejidad y el alto costo del proceso de protección de la propiedad intelectual desincentivan los pequeños emprendimientos (Lebendiker et al., 2011 y 2013).

Debe resaltarse que el principal aspecto facilitador para el surgimiento de los emprendimientos es el conocimiento científico y la capacidad creadora de los propios emprendedores. Este hallazgo no sorprende, dado el lugar prioritario que históricamente ha tenido la educación entre las políticas públicas del país. Maggi et al. (2012), por ejemplo, destacan la fortaleza del capital humano costarricense en relación con el de países más avanzados, en el caso específico de la Biología.

Implicaciones

Los esfuerzos que ha hecho el país en la formación de capital humano y la creación de infraestructura para la educación superior, han permitido que esos dos factores sean facilitadores del desarrollo de emprendimientos con base

tecnológica. Sin embargo, los emprendedores muestran debilidades en áreas como administración de negocios, habilidades y destrezas empresariales, que podrían subsanarse con cursos de capacitación, asesoría y acompañamiento. La implementación del Programa de Innovación y Capital Humano para la Competitividad, aprobado mediante la Ley 9218, dará un importante impulso en este sentido (recuadro 19.1).

El principal resultado del estudio de casos, la escasa presencia y articulación del sistema de ciencia, tecnología e innovación –que en ciertos casos incluso impone obstáculos por falta de instrumentos y funcionarios con conocimientos especializados– es una debilidad estratégica. Costa Rica debe promover opciones de financiamiento con capital semilla[3], la creación de "fondos de ángeles"[4] en el sector privado y el diseño de incentivos salariales para los investigadores en las etapas de generación y desarrollo de la innovación. Asimismo, es necesario establecer metodologías más laxas para el otorgamiento de créditos y un sistema de garantías y avales.

Recuadro 19.1

Un paso en la dirección correcta: la Ley 9218

En abril de 2014 la Asamblea Legislativa aprobó la Ley 9218, Programa de Innovación y Capital Humano para la Competitividad, mediante el cual Costa Rica obtiene un préstamo por 35 millones de dólares para impulsar actividades de ciencia y tecnología e incentivar el desarrollo de proyectos de innovación.

Los fondos se destinarán a dos áreas: veinticinco millones de dólares para mejorar el capital humano, mediante becas de posgrado y un programa de atracción de talentos del extranjero, y diez millones de dólares para emprendimientos de base tecnológica. La administración del Programa estará a cargo de una unidad ejecutora instalada en el Micitt.

Fuente: Elaboración propia con base en la Ley 9218.

Frontera de investigación

El apoyo al "emprendedurismo" y la innovación tecnológica basada en el conocimiento endógeno es un asunto sobre el que casi no existe información sistemática en Costa Rica. El uso de la metodología de estudio de casos, de corte eminentemente exploratorio, atestigua las dificultades encontradas en la preparación del presente Informe para investigar el tema y que conviene atender, mediante las siguientes acciones:

- Conformar una base de datos de los emprendimientos de base tecnológica.
- Realizar investigaciones con diseños metodológicos que permitan la inferencia estadística.
- Establecer criterios comunes para estudiar los casos de innovación.
- Analizar casos que se hayan desarrollado antes y después de modificaciones importantes en la normativa relacionada con el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, para evaluar de mejor forma esos cambios.

Referencias bibliográficas

Alonso, E. 2013. Uso del conocimiento científico y tecnológico. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Banco Mundial. 2013. Doing Business 2014: Economy profile: Costa Rica. Washington D.C.: Banco Mundial.

Bates, R. et al. 1998. Analytic narratives. Nueva Jersey: Princeton University Press.

CGR. 2012. Informe de auditoría de carácter especial sobre la eficiencia y eficacia en la utilización de los recursos del Propyme. San José: División de Fiscalización Operativa y Evaluativa, Contraloría General de la República.

Coppedge, M. 2012a. "Case studies and comparative history". En: Coppedge, 2012b.

_____. 2012b. Democratization and research methods. Cambridge: Cambridge University Press.

Lebendiker, M. et al. 2011. Reporte Nacional 2010: La situación del emprendimiento en Costa Rica: una perspectiva local sobre emprendimientos, retos y crecimientos en Costa Rica. San José: Consorcio GEM Costa Rica.

_____. 2013. Reporte Nacional 2012: La situación del emprendimiento en Costa Rica: una perspectiva local sobre emprendimientos, retos y crecimiento en Costa Rica. San José: Consorcio GEM Costa Rica.

Levi, M. 1998. "Modelling complex historical processes with analytic narratives". En: Bates et al.

Maggi, C. et al. 2012. Fortalecimiento del sistema de ciencia, tecnología e innovación de Costa Rica (versión resumida; documento de debate IDB-DP-221). BID.

Micitt. 2007. Atlas para la innovación en Costa Rica. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

_____. 2011. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

_____. 2012. Indicadores Nacionales 2010-2011 Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

_____. 2014. Indicadores Nacionales Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica 2012. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Monge, R. et al. 2010. Productive development policies in Costa Rica: market failures, government failures and policy outcomes (IDB working paper series IDB-WP-157). BID.

Ragin, C. 2000. Fuzzy-set Social Science. Chicago: The University of Chicago Press.

Ragin, C. y Becker, H. 1992. What is a case?: exploring the foundations of social inquiry. Cambridge: Cambridge University Press.

UIS-Unesco. 2014. Base de datos, en <http://stats.uis.unesco.org/unesco>.

Créditos

La redacción de esta sección fue efectuada por Roslyn Jiménez. Jorge Vargas Cullell, Eduardo Alonso y María Santos participaron en la **edición técnica.**

Notas

1 Las siete áreas prioritarias son: i) Ciencias de la Tierra y el Espacio, ii) Nanotecnología y nuevos materiales, iii) Biotecnología, iv) capital natural, v) enfermedades emergentes, vi) energías alternativas y vii) tecnologías digitales.

2 El premio "Yo Emprendedor" es otorgado por la ONG del mismo nombre y financiado a través del Fondo Multilateral de Inversiones (Fomin) del BID.

3 Dinero aportado por terceros para implementar una empresa y financiar actividades clave, como compra de activos y capital de trabajo, desarrollo de prototipos, lanzamiento de productos o servicios innovadores, protección de la propiedad intelectual, constitución y puesta en marcha de la empresa, estudios de mercado, entre otras.

4 Inversiones de capital para el desarrollo y expansión de negocios que son de riesgo elevado en cuanto a sus resultados, pero que pueden generar rendimientos por encima del promedio de las inversiones del mercado.

PREGUNTA 20

¿Brinda el perfil de las políticas en ciencia, tecnología e innovación una plataforma robusta para **impulsar el desarrollo humano del país?**

Conceptos clave

Perfil de políticas públicas

Política industrial

Instrumentos de fomento

Situación del país

El perfil actual de las políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación no constituye una plataforma robusta para el desarrollo humano.

Importancia del tema

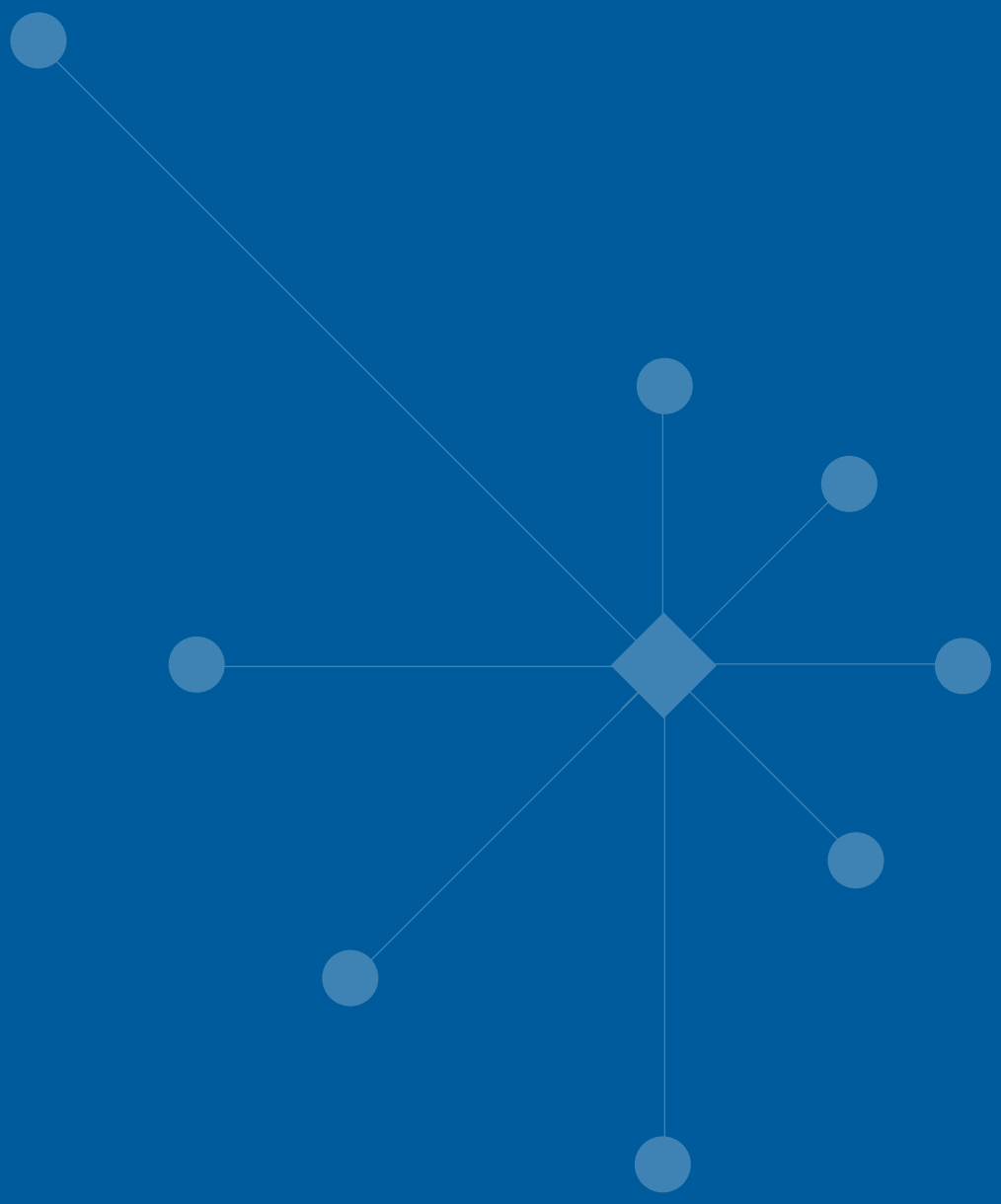
Las políticas en ciencia, tecnología e innovación son fundamentales para lograr aumentos generalizados de la productividad y mejorar la equidad social.

Implicaciones de política pública

Necesidad de considerar las políticas en ciencia, tecnología e innovación como un componente de la política industrial del país.

Investigación de base

Herrera, R. 2013. Sistematización sobre la institucionalidad de la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.



Importancia del tema

Costa Rica es una economía pequeña, y está cerca de que se agote su "bono demográfico"[1]. Ello implica que, en pocos años, no podrá crecer como resultado de una creciente fuerza de trabajo, sino que dependerá de incrementos en su productividad. Para lograr ese objetivo, se requerirán robustas políticas en ciencia, tecnología e innovación, el fortalecimiento de las políticas de fomento productivo y la articulación entre ambas.

Tales requisitos, a su vez, imponen una modificación de fondo en las políticas de desarrollo, que han reducido su objeto a la inserción internacional y la atracción de inversión extranjera directa, sin fomentar la creación de cadenas de valor que favorezcan los encadenamientos productivos, sociales y fiscales. Ha ocurrido un crecimiento desequilibrado, con una profunda escisión entre los segmentos más dinámicos y modernos de la economía, por un lado, y el tejido productivo de base local, por el otro. Esta ruptura tiene costos políticos, pues genera antagonismos entre los grupos beneficiados y los perjudicados, que se expresa en mayor desigualdad, y que ya vive el país. La clave de una estrategia exitosa y democrática es, pues, que los distintos sectores sociales participen secuencialmente de los beneficios del desarrollo, de manera que sean tolerables los costos transitorios que en un momento dado deban soportar ciertos grupos (Hirschman, 1986).

Debe recordarse que ningún país ha logrado pasar de la extendida pobreza rural a la riqueza posindustrial, sin el empleo de políticas gubernamentales integradas y selectivas (Salazar et al., 2014). Tampoco han podido las naciones, sobre la base de situaciones de relativo éxito, transitar a estadios superiores sin antes haber generado las necesarias condiciones de contexto y realizado esfuerzos en materia de ciencia, tecnología e innovación. En resumen, parafraseando al expresidente Castro Madriz, no habrá desarrollo humano futuro para el país sin mucho conocimiento y sin mucha ciencia (Monge Alfaro, 1975)[2].

Hallazgos relevantes

- **De manera creciente, las autoridades públicas y otros actores sociales valoran las políticas en ciencia, tecnología e innovación como factores indispensables para el desarrollo del país. Esta visión no es consistente con la escasa inversión nacional en investigación y desarrollo (0,57% del PIB).**
- **En materia de ciencia, tecnología e innovación, Costa Rica tiene hoy más instrumentos, más recursos y una variación positiva de sus énfasis en relación con cinco o diez años atrás.**
- **Las políticas nacionales en ciencia, tecnología e innovación muestran diferencias y rezagos relevantes con respecto a los países más avanzados de América Latina y el Caribe y los de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).**
- **La articulación entre las políticas de fomento productivo y las de ciencia, tecnología e innovación es débil. Se tiende a ver a estas últimas como iniciativas sectoriales sin mayor relación efectiva con los programas, proyectos y servicios de apoyo al tejido productivo nacional.**

Metodología

Dimensiones consideradas en el estudio

Originalmente esta sección se concibió como un balance comparativo del perfil de políticas públicas para la ciencia, la tecnología y la innovación (en adelante CTI) de Costa Rica con respecto a América Latina, el Caribe y las naciones miembros de la OCDE. Sin embargo, la información disponible sobre el tema es escasa y no permite ir más allá de lo consignado por las fuentes oficiales. Por ello, se amplió el propósito inicial con el fin de abordar un tema clave: la articulación de esas políticas con la estrategia de desarrollo del país. Así pues, este trabajo considera:

- Una descripción del perfil de la política costarricense en materia de CTI, en comparación con el promedio de la OCDE y su tendencia. Este ejercicio utiliza las categorías establecidas por la OCDE y se limita a reseñar las respuestas brindadas por el Micitt, al completar un cuestionario que forma parte de las actividades de preparación de Costa Rica para incorporarse a esa organización (Micitt, 2014a)[3].

- Una descripción del portafolio de instrumentos de fomento de la CTI con una referencia comparativa a otros países de América Latina.

- Una valoración sobre el grado de articulación que muestran las políticas de apoyo a la CTI y las políticas de fomento productivo en Costa Rica, a la luz de nuevas evidencias y conclusiones de los estudios internacionales que sirvieron de base a este trabajo.

Conceptos clave

- Perfil de políticas públicas: resultado de las mezclas de políticas en CTI, agrupadas según las categorías establecidas por la OCDE (2012) y con base en la información aportada por los países que colaboran en la generación de indicadores sobre el tema.

- Política industrial: la institucionalidad y las acciones emprendidas mayoritariamente por la administración pública, que tienen como principal objetivo aumentar la competitividad de la industria de un país o región (Cepal, 2014; Salazar et al., 2014)[4].

- Instrumentos de fomento: medios operativos asociados a la política industrial, o de desarrollo productivo, y en su sentido más específico los relativos al fomento de la CTI.

Fuentes de información

Esta sección se elaboró con información de fuentes secundarias. Se recurrió a trabajos publicados recientemente por el BID, el Programa Estado de la Nación (PEN), el Micitt, la Cepal y la OIT, entre otros, que analizan el contexto de desarrollo del país y, en particular, las políticas para la CTI. El listado de esos estudios puede consultarse en el apartado "Referencias bibliográficas". Adicionalmente, se utilizó una de las investigaciones realizadas para el presente Informe como la fuente principal en el tema de la institucionalidad en materia de CTI (Herrera, 2013).

La única fuente primaria de información que se empleó es la base de datos de programas, proyectos y servicios del Estado costarricense en el ámbito agropecuario, elaborada por el PEN en 2008. Se utilizó para el abordaje de un tema puntual.

Limitaciones de investigación

El estudio sobre las políticas de CTI en Costa Rica es incipiente. Los únicos datos disponibles provienen del primer ejercicio realizado por el Micitt para responder, con base en criterio de expertos, el cuestionario que aplica la OCDE para recabar información en esta materia (Micitt, 2014a). No existe una base robusta de indicadores que permita comparar el perfil de esas políticas con las de la OCDE, o las de América Latina y el Caribe[5].

Por otra parte, dado que este trabajo es una sistematización de fuentes bibliográficas, no hay correspondencia en el tratamiento de enfoques, categorías, conceptos y, especialmente, plazos. Sin embargo, es necesario señalar una importante convergencia, o al menos compatibilidad, entre los estudios seleccionados (Salazar et al., 2014; Cepal, 2014; PEN, varios años; Monge y Rodríguez, 2013), que se comenta a lo largo del texto.

Pese a estas dificultades, el presente análisis se basa en la más reciente y mejor información y análisis disponibles, para construir una imagen lo más nítida posible de la situación de las políticas nacionales de fomento de la CTI y su despliegue efectivo, en relación con América Latina, el Caribe y los países miembros de la OCDE.

Principales resultados

Balance comparativo del perfil de política costarricense con el de la OCDE

Con respecto a cinco o diez años atrás, hoy Costa Rica tiene políticas de CTI más orientadas a poblaciones específicas (empresas, grupos) y menos universales. Asimismo, son políticas más dirigidas a impulsar ciertas tecnologías, antes que neutras o genéricas. Los principales instrumentos empleados para promover el quehacer científico-tecnológico son los de carácter financiero.

Otros rasgos distintivos del perfil de políticas en esta materia es el uso de instrumentos que fomentan la competencia entre actores para obtener el apoyo público y el predominio de mecanismos "de oferta", aunque crecen los diseñados según demanda. Vistas en su conjunto, las políticas públicas en CTI de Costa Rica hoy son más convergentes con las de los países de la OCDE que cinco o diez años atrás.

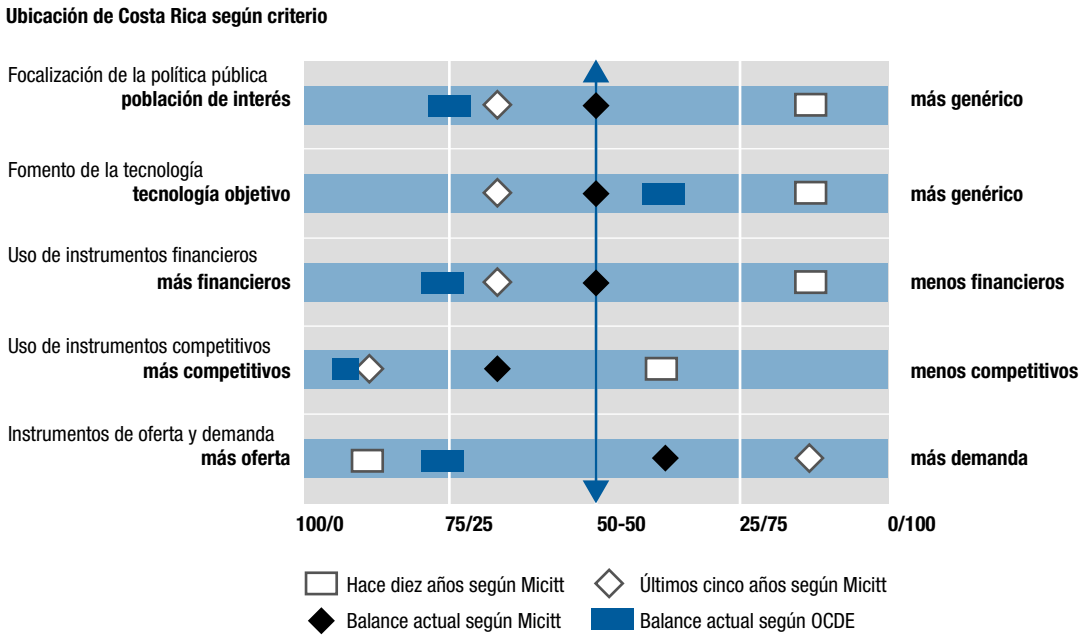
El primer aspecto que se comparó en el presente análisis fue la focalización de las acciones de fomento. En principio, un país puede utilizar políticas diseñadas para promover ciertos grupos, como sectores considerados prioritarios, y grupos específicos como pymes o empresas de base tecnológica; por el contrario, puede basar su estrategia en la aplicación de medidas genéricas, dirigidas a incentivar el quehacer científico, tecnológico y de innovación en general. También es posible que realice mezclas de ambos tipos de políticas.

La tendencia predominante en la OCDE son los mecanismos focalizados, particularmente hacia las micro, pequeñas y medianas empresas (Mipyme) y los nuevos emprendimientos. En la última década, según el Micitt, Costa Rica pasó de tener un énfasis en políticas genéricas, a un mayor balance entre instrumentos focalizados y no focalizados. Ello revela, a su vez, una oscilación en la orientación de la política pública (figura 20.1).

El segundo aspecto de la comparación es la neutralidad en la promoción de tecnologías. Las políticas pueden procurar el desarrollo, adopción o difusión de campos de actividad específicos,

Figura 20.1

Comparación de la tendencia del perfil de políticas en ciencia, tecnología e innovación de Costa Rica[a/] y la OCDE



a/ Según criterio de Micitt, 2014a.

Fuente: Elaboración propia con base en Micitt, 2014a y OCDE, 2012.

como la biotecnología, la nanotecnología, o las tecnologías de información y comunicación (TIC), entre otros, o bien pueden ser neutras, sin estímulos diferenciados.

En este tema los perfiles de Costa Rica y de la OCDE son parecidos. En promedio, las naciones afiliadas a esa organización tienen una mezcla de instrumentos de política pública con un leve sesgo hacia la promoción de tecnologías objetivo. En el caso costarricense, según el Micitt, se ha creado un balance entre mecanismos neutrales y focalizados en áreas específicas. Nuevamente, el país muestra una considerable fluctuación en los énfasis en la última década (figura 20.1).

El tercer aspecto de la comparación es la naturaleza de los instrumentos que se emplean para fomentar el quehacer científico, tecnológico y de innovación. En este ámbito el acento puede estar en herramientas financieras directas, como los préstamos bancarios y la emisión de garantías respaldadas con fondos públicos, subvenciones gubernamentales otorgadas mediante concursos –que pueden o no distinguir sectores o áreas prioritarias–, servicios de consultoría tecnológica y de extensión, fondos "ángeles"[6], capital semilla y capital de riesgo, o bien pueden usarse mecanismos indirectos, como los incentivos fiscales dirigidos a actividades de investigación y desarrollo (I+D). Otra opción es enfatizar en políticas no financieras, orientadas a proveer una plataforma de servicios de apoyo como capacitación, inteligencia de mercados, acceso a plataformas tecnológicas, organización de eventos y campañas de innovación.

La tendencia en los países de la OCDE ha sido hacia la utilización de mecanismos más financieros, dentro de éstos se ha favorecido la disponibilidad de incentivos fiscales a la I+D. Costa Rica reporta una mezcla de políticas que la posiciona en la categoría de "balanceado" pero no se han implementado incentivos fiscales a la I+D. El cuarto aspecto de la comparación es el grado en que los países emplean instrumentos competitivos para fomentar la CTI. En este caso la disyuntiva se da entre mecanismos en los que el acceso a los beneficios se basa en el desempeño de los actores en procesos de selección como, por ejemplo, concursos públicos, y políticas no competitivas, de las cuales puede beneficiarse cualquier persona que cumpla con criterios de elegibilidad previamente establecidos.

En Costa Rica, similar al contexto de la OCDE se prefieren las políticas competitivas. Al igual que en los casos anteriores, el país ha mostrado importantes oscilaciones en este tema en los últimos diez años.

El último tema de análisis es el perfil de las políticas públicas según su orientación hacia la oferta o hacia la demanda. Los instrumentos de oferta buscan desarrollar bienes públicos para la innovación, como el capital humano, las capacidades científicas (producción y transferencia de conocimientos y externalidades) y la infraestructura, independientemente de que exista una demanda para ellos. Se asume que la creación de una plataforma para la CTI que ofrezca múltiples y variados servicios generará los estímulos necesarios para que los actores empiecen a demandarlos. En cambio, los instrumentos de demanda se enfocan en promover oportunidades de mercado y requerimientos de innovación por parte de las empresas existentes: más que crear una plataforma, procuran mejorar las condiciones en que operan esas empresas.

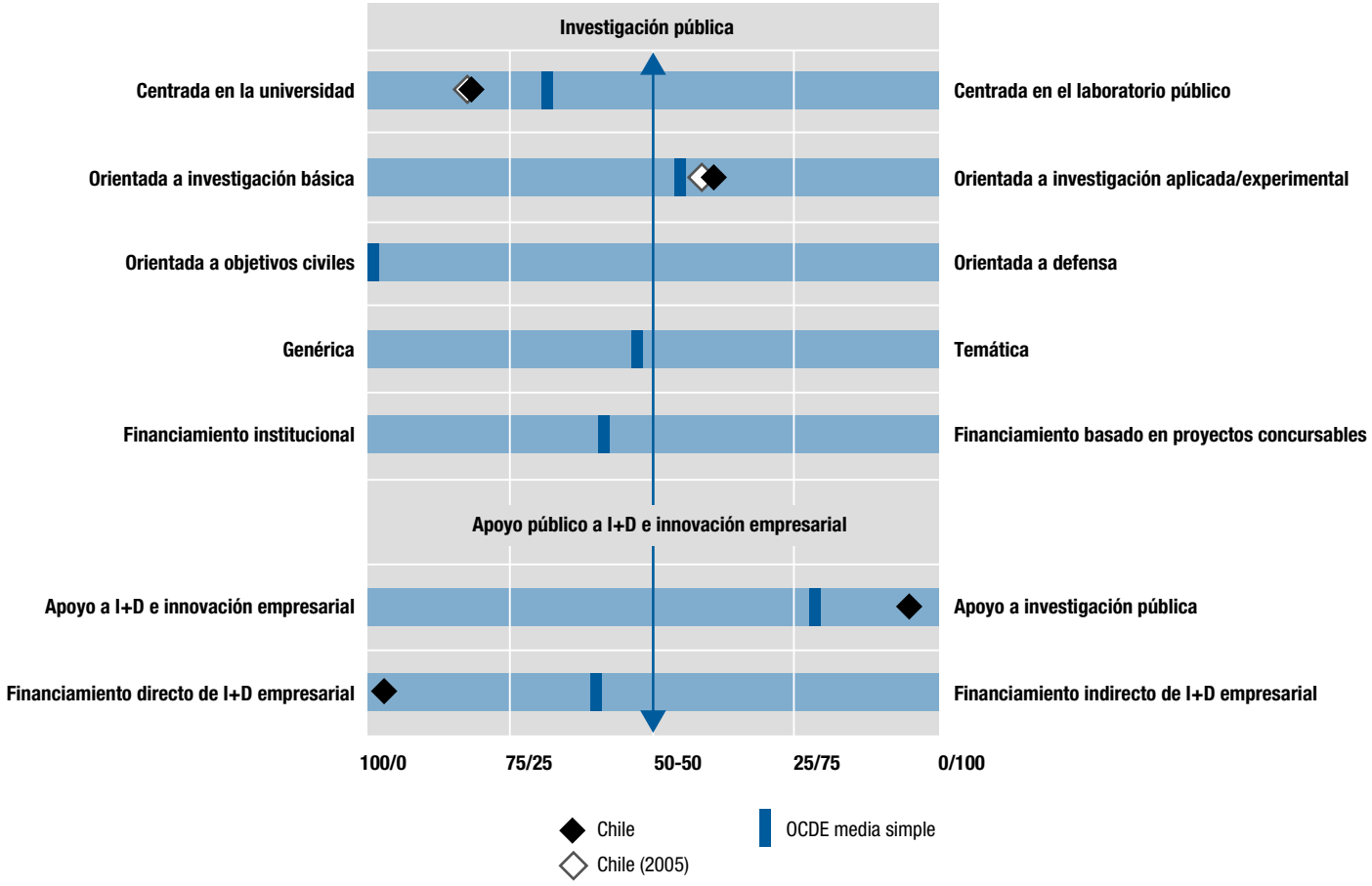
Los países de la OCDE han enfatizado en el uso de instrumentos de oferta, y esperan que ese dominio se mantenga pese a que en los últimos años han emergido mecanismos centrados en la demanda. Por su parte, Costa Rica exhibe una mezcla de políticas públicas con una leve prevalencia de los instrumentos de demanda, según el Micitt, en contraste con la situación de hace diez años, cuando claramente prevalecía la orientación hacia la oferta.

Finalmente, cabe señalar que la comparación entre los perfiles de políticas públicas de Costa Rica y los países de la OCDE puede (y debe) efectuarse en más dimensiones que las cinco comentadas en este acápite. Esa organización da seguimiento a un conjunto más amplio de indicadores, pero varios de ellos no fueron considerados por el Micitt en el documento que sirvió de base al presente trabajo (Micitt, 2014b). Además, en algunos otros temas aún no se cuenta con una valoración sistemática del citado Ministerio.

No obstante lo anterior, con base en los datos que aportan otras secciones de este Informe puede decirse que la inversión en I+D se concentra en el ámbito universitario, y en menor medida en laboratorios públicos, mientras que los esfuerzos privados son poco significativos. Que los instrumentos de política no están orientados a la investigación básica sino a la investigación

Figura 20.2

Comparación de la tendencia del portafolio de políticas de CTI[a/] de Chile y la OCDE



a/ Ciencia, tecnología e innovación.

Fuente: Traducido de OCDE, 2012.

aplicada. Y que las políticas públicas en CTI no se orientan hacia la defensa del país, sino hacia actividades civiles, como es de esperarse en un país que proscribió un ejército permanente.

Una nota final: los problemas de información sistemática para la valoración de las políticas públicas en CTI no son exclusivos del caso costarricense. Un ejemplo de ello es Chile, un país afiliado a la OCDE, que tampoco logra una comparación a lo largo de todos los criterios relevantes (figura 20.2). Sin embargo, lo hace sobre un conjunto mayor de temas que Costa Rica, según lo comentado en los párrafos anteriores.

Comparación del portafolio de políticas con América Latina

No es posible realizar una comparación amplia y sistemática de indicadores de política pública en CTI entre Costa Rica y América Latina y el Caribe. Sin embargo, hay algunos trabajos preparados por organismos internacionales que permiten un primer acercamiento al tema (Crespi et al., 2010; Maggi et al., 2012; Monge et al., 2010). En su respuesta al cuestionario de la OCDE, en 2014, el Micitt ha actualizado la información de esos estudios y presenta su visión, la que puede ser complementada por los análisis de Paus y de Cepal, ambos de 2014.

Lamentablemente, tampoco existe un estudio en profundidad sobre las capacidades y la dinámica de la institucionalidad pública para la CTI, que acompañe el examen de las políticas públicas que se realiza en esas investigaciones (recuadro 20.1).

De acuerdo con la Cepal (2014), en Costa Rica las políticas para desarrollar el sistema nacional de innovación son débiles y la inversión en I+D es baja[7]. Faltan recursos humanos calificados en áreas críticas para las empresas de alta tecnología, los vínculos entre las universidades y los sectores productivos son escasos, y se requiere fortalecer el apoyo público a los procesos de certificación que permitirían a más empresas integrarse en redes globales de valor, a través de las compañías multinacionales que operan en el país. Todos estos factores limitan un crecimiento más acelerado de la producción y las exportaciones de bienes y servicios de alta tecnología.

En consecuencia, la Cepal recomienda que el sector privado aumente la inversión en innovación y que el sector público incremente su gasto para reforzar la labor del Micitt, reorientando los recursos existentes en el MAG y el MEIC hacia programas de fomento de la CTI. Asimismo, sugiere dar más apoyo público a empresas locales en coordinación con Procomer. Lo más importante es definir una agenda de innovación mejor articulada con la agenda de inserción internacional y productividad, y procurar que su ejecución se realice de manera coordinada entre las instituciones involucradas, con metas claras, un eficaz sistema de seguimiento y un amplio diálogo con los principales actores privados (Cepal, 2014).

Estas sugerencias son coincidentes con lo reseñado por otros estudios, en el sentido de que la inversión en I+D está concentrada en las universidades, que la participación del sector privado en esa actividad es débil y que la adquisición de tecnología ocurre principalmente por la vía de las importaciones de bienes de capital. Se registran pocos proyectos de cooperación entre el sector productivo y la academia, aunque existen iniciativas importantes como la creación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología en 1990, en el Ministerio de Ciencia y Tecnología (hoy Micitt) y del Centro Nacional de Alta Tecnología (Cenat) en 1999. Maggi et al. argumentan que, si bien han generado resultados positivos, esas instancias no cuentan con

Recuadro 20.1

El estudio de la institucionalidad pública para la ciencia, la tecnología y la innovación en Costa Rica

Herrera (2013) y Maggi et al. (2012) realizaron diagnósticos sobre las principales relaciones legales y funcionales de las instituciones públicas con competencias en las áreas de ciencia, tecnología e innovación al finalizar la primera década del siglo XXI en Costa Rica. El segundo de esos trabajos describe una compleja e intrincada institucionalidad, que muestra serias debilidades en el apoyo a la innovación, e identifica importantes espacios de mejora. Por su fecha de publicación, no incorpora en sus recomendaciones los consejos de competitividad (público y privado) creados en los últimos cuatro años. Pese a la relevancia de ambos textos, puede decirse que, a la fecha, no existe un análisis en profundidad de las capacidades técnicas, financieras y humanas de la institucionalidad en estas materias. Desafortunadamente, el presente Informe no remedia esta situación y deja el tema pendiente.

No obstante este vacío, los contornos generales de la institucionalidad pública para la ciencia, la tecnología y la innovación son conocidos y, en general, han variado poco pese a las evoluciones recientes. Costa Rica no dispone de una instancia que tenga por misión construir una mirada estratégica sobre las políticas de fomento en estos ámbitos, que cuente con un amplio respaldo político y recursos para llevar a cabo su labor de manera continua. Los países que logran acordar una estrategia de mediano y largo plazo, sustentada en una sólida alianza público-privada, tienen mayores posibilidades de avanzar rápidamente en una senda de desarrollo (Devlin y Moguillansky, 2009, citado en Maggi et al., 2012).

financiación suficiente y están descoordinadas (Maggi et al., 2012). También se señala que en materia de CTI no ha habido una estrategia coherente y sostenida en el tiempo, y que los rezagos científicos son observables (Paus, 2014; Monge et al., 2010).

En contraste con América Latina, la situación de Costa Rica es preocupante. Al finalizar la primera década del siglo XXI, el portafolio de instrumentos de política pública era reducido (Herrera, 2013). En una revisión efectuada por Maggi et al. (2012) se determinó que el país solo tiene dos de quince instrumentos examinados. Esta constatación no es por sí misma desfavorable, si las pocas herramientas disponibles son robustas y eficaces; sin embargo, el estudio detectó problemas operativos y de diseño. Aunque reconoce fortalezas importantes, el mismo análisis se centra en las debilidades encontradas y formula propuestas para mejorar la coordinación interinstitucional, reorganizar las instituciones y perfeccionar los instrumentos de política, su uso y la magnitud de los recursos destinados a la CTI (cuadro 20.1).

El Micitt reconoce como asuntos urgentes para desarrollar la CTI en Costa Rica el mejoramiento del capital humano y del marco de condiciones para la innovación, el fortalecimiento de la inversión en I+D y la coordinación de las políticas y sistemas de innovación. También señala la necesidad de incrementar el número y la calidad de los científicos, tecnólogos e innovadores. Del lado positivo, reporta como avances importantes el establecimiento de una visión compartida, expresada en la Estrategia Siglo XXI y el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e*

Cuadro 20.1

Comparación de programas de apoyo a la CTI[a/] en Costa Rica con respecto a América Latina y el Caribe. *Circa* 2008

Instrumentos de política	ARG	BRA	CHI	COL	CRI	DOM	GUA	MEX	PAN	PAR	PER	URU
Instrumentos de oferta												
Fondos para la CTI	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Apoyo a centros de excelencia	x	x	x	x				x				x
Becas en CTI	x	x	x	x				x	x		x	x
Apoyo a programas nacionales para posgrados en CTI	x	x	x	x				x	x	x		x
Incentivos salariales a la investigación	x							x	x			x
Vínculos con investigadores nacionales en el exterior	x		x					x	x			x
Instrumentos de demanda												
Fondos para innovación, tecnología y competitividad	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Capital de riesgo	x	x	x	x								x
Incentivos fiscales para I+D	x	x	x	x				x				
Servicios de extensión y transferencia tecnológica	x							x	x		x	
Instrumentos estratégicos y de innovación												
Fondos sectoriales	x	x	x					x				x
Programas en áreas prioritarias	x	x	x	x				x			x	x
Innovación en *cluster*, promoción de consorcios	x	x	x			x						x
Innovación regional		x	x					x				
Mecanismos de coordinación entre actores del sistema de innovación	x	x	x					x				x

a/ Ciencia, tecnología e innovación.
b/ ARG: Argentina; BRA: Brasil; CHI: Chile; COL: Colombia; CRI: Costa Rica; DOM: República Dominicana; GUA: Guatemala; MEX: México; PAN: Panamá; PAR: Paraguay; PER: Perú; URU: Uruguay.

Fuente: Maggi et al., 2012.

Innovación 2011-2014, y los cambios en materia de gobernabilidad de la CTI y de la inteligencia de las estrategias institucionales.

Acople con políticas industriales

Un problema central de la estrategia de desarrollo de Costa Rica es el desacople entre el crecimiento económico, el dinamismo del sector externo y la poca capacidad para lograr aumentos generalizados de la productividad interna con base en la adaptación de tecnologías innovadoras. Existe desconexión entre la inversión extranjera directa (IED) y la acumulación de capacidades por parte del empresariado local.

En efecto, la evidencia muestra que no hay nada de automático en los derrames tecnológicos de la IED y que Costa Rica no ha hecho la tarea en la medida necesaria (Paus, 2014). Aunque con frecuencia el país es citado como un caso exitoso en términos de crecimiento y diversificación de las exportaciones, su modelo tiene serios problemas, relacionados con la desvinculación entre las políticas económicas y las de fomento de las capacidades productivas locales.

El éxito en las exportaciones no se tradujo en un éxito inequívoco de desarrollo. La estrategia de inserción internacional atrajo IED gracias a las capacidades creadas en períodos previos (sustitución de importaciones), a una fuerza de trabajo especializada y a una serie de incentivos. Sin embargo, las capacidades sociales (educación, infraestructura, instituciones) no se mantuvieron al día con las necesidades del sector privado local (Paus, 2014; PEN, 2004, 2009, 2010, 2011a, 2011b, 2012, 2013a y 2013b) y se han convertido en restricciones para una modernización de base amplia, de modo que el país está en alto riesgo de caer en la trampa de los ingresos medios, esto es, la dificultad para superar esa condición una vez alcanzada (Salazar et al., 2014).

Nübler señala que, pese a la importante y continuada inversión en educación, en la actualidad Costa Rica tiene una estructura de logro educativo de "medio faltante" (*missing middle*) que reduce las opciones para un desarrollo industrial amplio[8]. Ello significa que tiene buenos logros en educación primaria y terciaria, pero un serio rezago en el desempeño y resultados de la educación secundaria (PEN, 2013a y 2011b; Nübler, 2014).

Las políticas consistentemente "proactivas" para atraer IED contrastan con la falta de continuidad y dinamismo en el apoyo a las empresas locales y las pymes, cuya acumulación de capacidades ha sido limitada (recuadro 20.2). En términos relativos, pocas de ellas logran insertarse en el comercio mundial y muchas producen para el mercado interno, con serios problemas para competir. Hay, pues, una desconexión entre la IED que el país atrae y la acumulación de capacidades locales, por lo que se corrobora lo dicho: no hay nada de automático en los derrames tecnológicos de la IED. Se necesitan robustas políticas para atender y apoyar al tejido productivo local (Paus, 2014).

Los buenos resultados en el posicionamiento y la diversificación de la oferta exportable no se han traducido en incrementos generalizados de la sofisticación tecnológica de los procesos productivos, ni en mayores y mejores encadenamientos locales. Los logros del sector externo han ocurrido en un contexto de bajos niveles de inversión en I+D, de una incipiente industria local que suple solo marginalmente la demanda de las empresas transnacionales y de una participación en las cadenas de valor restringida a eslabones que no se apropian de las ganancias del valor agregado exportado. Estas tres características dificultan que los aciertos en los productos denominados "estrellas crecientes", se trasladen al resto de la economía (Padilla y Alvarado, 2014).

Un factor clave para superar el desacople aquí comentado es la articulación de las políticas industriales, que procuran el fomento productivo, con las dirigidas a la CTI. Con respecto a estas últimas, en los acápites anteriores de esta sección se constató que el portafolio de instrumentos que posee Costa Rica es débil, cambiante y limitado. Y en materia de fomento productivo la poca información disponible sugiere que, a pesar de una gran cantidad de herramientas de política pública, la situación imperante se caracteriza por una alta fragmentación, escasa cobertura y falta de coordinación.

El sector agropecuario, clave para el desarrollo del país, es un ejemplo de lo anterior. Un inventario realizado por el PEN en 2008 identificó veintisiete instituciones públicas que estaban a cargo de 341 programas, proyectos y servicios de todo tipo dirigidos a los productores (cuadro 20.2). La oferta comprendía intervenciones de muy diverso alcance, desde muestreos de finca, formación de jóvenes, certificación de semillas, hasta financiamiento de la producción y servicios de frigoríficos, entre otros.

Recuadro 20.2

Políticas de fomento industrial y desarrollo económico

En la actualidad existe una revalorización de las políticas de fomento productivo como un importante recurso para el desarrollo de economías pequeñas, medianas y de ingresos medios. Este enfoque cuestiona la estrategia centrada exclusivamente en la promoción de las exportaciones y la atracción de inversión extranjera directa, que Costa Rica, al igual que otros países de la región, adoptó en décadas pasadas (Cepal, 2014; Salazar et al., 2014; PEN, varios años).

El propósito de las políticas de inserción internacional fue superar cuellos de botella asociados a la insuficiencia de capital local, pero también se esperaba que tuvieran como efecto el inducir la transferencia científico-tecnológica, la innovación y la trasformación productiva. Se asumió que esta trasformación, que sería facilitada por la inversión externa (IED), no solo generaría crecimiento, sino también empleo y desarrollo, mediante un incremento de la productividad. Es acá donde esas políticas tuvieron sus mayores falencias.

Los resultados obtenidos por Costa Rica demuestran que no basta con una política de inserción internacional. Se necesitan políticas de más amplio espectro que influyan sobre la velocidad y los patrones del crecimiento económico y lo hagan inclusivo, con mayor productividad, mejores salarios, a la vez que reducen la informalidad y la pobreza. En síntesis, las políticas industriales deben articular la inserción internacional y la inclusión económica y social (Salazar et al., 2014).

Las políticas industriales tuvieron una época de oro con la estrategia de sustitución de importaciones en América Latina y con el modelo exportador asiático. En las décadas de 1980 y 1990, cuando prevaleció el llamado "Consenso de Washington", la política industrial desapareció del discurso económico, pero no en la práctica; muchos países continuaron utilizándola intensivamente con diferentes nombres: promoción de la competitividad, fomento de *clusters* y otros. En la actualidad, el debate ha pasado de argumentaciones estériles sobre si tener o no política industrial, a la cuestión concreta de cómo hacerla, cómo diseñar estrategias y programas de transformación productiva y cómo ponerlos en práctica de manera efectiva en las condiciones específicas de cada país (Salazar et al., 2014).

No se encontraron datos e indicadores sobre los resultados de estas iniciativas. En una buena cantidad de ellas se trabajaba con presupuestos muy pequeños (menores a un millón de dólares) y en decenas de casos no existía información sobre los recursos con que contaban. La mayoría de los funcionarios responsables de las intervenciones señaló en aquel momento que, si bien estaban amparados por algún instrumento legal (ley, decreto ejecutivo o directriz), su operación era afectada por la antigüedad de esas normas, la inexistencia de leyes que protegieran ciertas líneas de acción (muchos dependían de la voluntad política de cada administración) y las dificultades para una efectiva coordinación interinstitucional (Alpízar et al. 2008). La actualización del inventario, actualmente en marcha, ha sido un proceso lento y arduo, pues las instituciones no siempre tienen documentación sobre los programas, proyectos y servicios que brindan.

Una situación análoga a la reseñada en el caso de las políticas de CTI se observa al realizar un breve examen de tres políticas de fomento productivo, específicamente el Programa de Apoyo a la Pequeña y Mediana Empresa (Propyme) del Micitt, la iniciativa denominada "Costa Rica Provee" (hoy transformada en la Dirección de Encadenamientos para la Exportación) de Procomer y el Sistema de Banca para el Desarrollo. Propyme se especializa en actividades asociadas al acceso y uso de información y conocimientos útiles para la modernización productiva y la actualización (*up grade*)

Cuadro 20.2

Oferta de servicios para empresas agropecuarias por parte del sector público en Costa Rica. 2008

	Tipo de apoyo				
Institución	**Programa**	**Proyecto**	**Servicio**	**No disponible**	**Total general**
Cámara Nacional de Productores de Palma				1	1
Consejo Nacional de la Producción	4		10		14
Corporación Arrocera Nacional	7	2	5		14
Corporación Bananera Nacional		73	11		84
Corporación Ganadera	5	4	3		12
Corporación Hortícola Nacional			4		4
Corporación Nacional de la Palma				1	1
Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición	1				1
Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura	1				1
Instituto Costarricense de Turismo	3	3			6
Instituto Costarricense del Café		5	2		7
Instituto de Desarrollo Agrario		4			4
Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Tecnológica	3	6	1		10
Junta de Desarrollo del Sur			1		1
Junta de Fomento Avícola				1	1
Junta de Fomento Porcino				1	1
Liga Agrícola Industrial de la Caña	5				5
Ministerio de Agricultura y Ganadería	23	53	6		82
Ministerio de Ciencia y Tecnología	1	3			4
Ministerio de Ambiente y Energía	8	5	13		26
Oficina Nacional de Semillas			15		15
Programa Integral de Mercadeo Agropecuario			3		3
Refinadora Costarricense de Petróleo		7	3		10
Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria			11		11
Servicio de Salud Animal (adscrito al MAG)	12				12
Servicio Fitosanitario del Estado (adscrito al MAG)	1	2	5		8
Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento	2	1			3
Total general	76	168	93	4	341

Fuente: Elaboración propia con base en PEN, 2008 y Alpízar et al., 2008.

tecnológica de las empresas. Esta línea de apoyo puede ser muy importante para pymes que requieren adecuar sus productos y procesos a mayores niveles de exigencia, como es el caso, por ejemplo, de las firmas locales que desean participar en el programa "Costa Rica Provee", para convertirse en proveedoras de las compañías multinacionales instaladas en el país.

Este último programa, por su parte, ha enfrentado limitaciones presupuestarias para llevar adelante su labor de ayudar a las empresas locales a convertirse en proveedores exitosos, mediante la transferencia tecnológica y el acceso a financiamiento y asistencia técnica. En la actualidad la Dirección de Encadenamientos de Procomer cuenta con recursos inferiores a medio millón de dólares anuales (Govaere, 2014). Cabe mencionar que cerca del 60% del financiamiento otorgado por Propyme a sus beneficiarios se ha dirigido al mismo tipo de actividades

que realiza esta Dirección, pero la articulación entre ambos ha sido escasa. Este programa de encadenamientos debe ser llevado a una escala mayor, tanto en términos del número de empresas locales atendidas como de la profundidad de la vinculación (Monge y Rodríguez, 2013).

Por último, si bien el marco legal de los fondos públicos establece la absorción tecnológica como una actividad elegible para ser financiada, no es frecuente encontrar proyectos orientados de manera expresa hacia la actualización y modernización tecnológica de las empresas. La Ley del Sistema de Banca para el Desarrollo (SBD), nº 8634, es probablemente la herramienta más importante con que cuenta el país para tal fin. El SBD dispone de un marco que permite la implementación de mecanismos de crédito y de garantías necesarios para facilitar este proceso por medio de uno de sus fondos, el Fideicomiso Nacional para el Desarrollo (Finade).

El SBD fue evaluado por el PEN en el 2012. Ese análisis fue especialmente complejo por tratarse de un sistema que aún no termina de desplegarse, tanto por el tiempo que ha transcurrido desde su creación, como por las inconsistencias que se han detectado en su diseño normativo y de operación. Algunas de esas inconsistencias son de peso. Por ejemplo, el principal fondo del SBD no puede usarse para créditos, pues las normas prudenciales generales y otros factores lo impiden. El 17% de los depósitos del público en la banca privada, que por ley debe ser colocado en el SBD, se encuentra inmovilizado.

La evaluación corroboró la existencia de esfuerzos –infructuosos– para cumplir con el mandato legal de utilizar el 15% del presupuesto del INA en actividades de capacitación y asistencia técnica, de manera planificada y coordinada con el SBD, así como para plasmar en productos financieros concretos las previsiones de la Ley 8634 acerca de capitales semilla y capitales de riesgo, entre otros. La rectoría del sistema vivió una situación crítica que llevó a la salida de su primer director ejecutivo en 2010, tanto así que su inicio puede ser caracterizado como fallido.

A la luz de estos hallazgos se planteó una serie de reformas a la Ley del SBD (Gutiérrez et al., 2011). Sin embargo, a mayo del 2014, luego de más de dos años de encontradas las inconsistencias y reconocidos los fallos de la Ley, la Asamblea Legislativa no había aprobado modificación alguna.

Dictamen

La ciencia, la tecnología y la innovación basadas en capacidades propias (CTI endógena) son crecientemente valoradas por las autoridades públicas y otros actores sociales como factores indispensables para el desarrollo de Costa Rica. En los últimos años se han formulado políticas y creado instituciones con ese fin. Hoy se tienen más políticas, más instrumentos y más recursos que cinco o diez años atrás. El portafolio de políticas públicas se ha diversificado en cuanto a la selección de "ganadores", pues estas ya no se enfocan tan enfáticamente en la inserción internacional y la atracción de IED, sino que contemplan otros posibles beneficiarios. Sin embargo, la información sobre el desempeño y resultados de esta diversificación es muy limitada.

El contexto del país es desfavorable para la CTI endógena. Existe una densa pero deteriorada infraestructura de transportes y el sistema educativo muestra bajos niveles de cobertura y calidad en la educación secundaria (lo que en la literatura especializada se denomina "medio faltante", así como una escasa formación de técnicos medios. Los pocos o ineficaces programas de financiamiento para la actividad empresarial de riesgo, o para las pymes, la sobrevaluación del colón y el difícil acceso a los mecanismos de protección de la propiedad intelectual de los creadores e innovadores, comentado en otras secciones de este Informe, contribuyen al rezago de Costa Rica.

Por un cuarto de siglo, el esfuerzo principal de modernización ha estado asociado a una estrategia de inserción internacional y atracción de IED, que generó una "nueva economía" impulsada por el sector exportador y las compañías multinacionales acogidas al régimen de zonas francas. Esta "nueva economía" cuenta con una institucionalidad moderna, eficiente y bien financiada, y exhibe logros muy relevantes en cuanto a volumen de exportaciones e inversiones, diversificación de productos y destinos, y suscripción de acuerdos comerciales bilaterales y multilaterales. Ha sido tratada con prioridad en la asignación de recursos (gasto fiscal expresado en exoneraciones y en los presupuestos públicos) y en ella se ha concentrado una alta proporción de las políticas públicas. Sin embargo, los avances en términos de encadenamientos productivos (compras de insumos

a proveedores locales), sociales (generación de empleo) y fiscales (generación de ingresos para el Estado), así como de transferencia tecnológica, han sido bastante menos espectaculares o, en algunos casos, negativos. En el diseño y ejecución de esta estrategia no han salido fortalecidas la ampliación de la participación nacional en las cadenas de valor, la actualización (creación, transferencia y adaptación) tecnológica y la generación de capacidades nacionales.

En contraste con lo anterior, las políticas de fomento para las empresas locales tienen una institucionalidad fragmentada, e instrumentos de eficacia y aplicabilidad débiles, como es el caso del SBD. Las iniciativas para promover encadenamientos productivos y sociales con las compañías multinacionales establecidas en el país, para diversificar la actividad exportadora y vincularla con regiones geográficas fuera de la Gran Área Metropolitana son recientes, con una escala reducida o con diseños defectuosos.

Un primer ejercicio de comparación del perfil de política costarricense en CTI con el de los países de la OCDE, en las pocas dimensiones en que es posible hacerlo, muestra una reciente convergencia en relación con cinco o diez años atrás. Sin embargo, esa mayor convergencia reportada por el Micitt no es producto de una evolución gradual, sino de cambios abruptos en las estrategias, lo cual genera una imprevisibilidad no deseable en actividades que, como la CTI, requieren una planificación de largo plazo.

El país está rezagado. Hay tiempos de espera muy prolongados, y en más de un caso sinuosos, desde la declaración de intenciones y prioridades, hasta que una política se hace operativa y obtiene resultados, por más urgente y consensuada que sea.

Implicaciones

El análisis realizado en esta sección hace evidente la importancia de conjugar las políticas en CTI con las políticas industriales y de desarrollo productivo. En este sentido, es necesario ampliar el enfoque estrecho centrado exclusivamente en la inserción internacional e incluir como prioridad de política pública la promoción de aumentos generalizados de la productividad en las empresas de base local. En ese esfuerzo, resulta crucial contar con un Estado más "proactivo", menos atomizado en sus competencias con respecto a los sectores productivos.

Desde esta perspectiva, hay desafíos del entorno nacional que son claves para la CTI, aunque no correspondan propiamente a políticas de fomento de la CTI endógena. Entre ellas destacan:

- Cuidar el entorno "macro" y "micro" del sector exportador, evitando la sobrevaloración del colón y manteniendo controlados el déficit fiscal y la deuda pública.
- Superar atrasos en infraestructura, logística y en el sector energético.
- Efectuar reformas en el sector público para agilizar procesos administrativos y establecer mecanismos público-privados de financiamiento.
- Promover encadenamientos productivos, sociales y fiscales entre los sectores modernos y los rezagados. Para ello es indispensable mejorar las políticas de apoyo a las pymes, incluyendo su impacto y escala, y ampliar el acceso al financiamiento para las pequeñas empresas exportadoras (directas o indirectas).
- Adaptar la oferta educativa a las demandas de los sectores productivo y exportador, con medidas como la expansión de la red de colegios técnicos profesionales y de carreras universitarias en las áreas de ciencias exactas, naturales e ingenierías, incrementar la oferta de personal con formación avanzada (doctores) y reforzar el dominio del inglés y de las técnicas de gestión y comunicación (conocidas como "habilidades blandas").

Por otra parte, del análisis del perfil de políticas públicas para la CTI se desprenden retos de especial importancia, a saber:

- Aumentar y reorientar la inversión en innovación e I+D a partir de una agenda de competitividad basada en la generación de capacidades endógenas para la CTI y no solo en el aprovechamiento de ventajas comparativas estáticas. Es importante profundizar el debate público sobre la articulación de las políticas de comercio exterior y atracción de IED con las políticas industriales.

- Fortalecer la red de instituciones públicas encargada del diseño e implementación de las políticas de fomento productivo, incluyendo a un mayor número de entidades en un esfuerzo colaborativo, desarrollando vínculos más sistemáticos e intensivos con el sector privado y procurando un mayor grado de institucionalización del Consejo Presidencial de Competitividad e Innovación, así como una mayor participación del Consejo de Promoción de la Competitividad, promovido por el sector privado.

- Evitar las fuertes oscilaciones en el perfil de políticas públicas para la CTI, como las reportadas por el Micitt durante la última década.

Frontera de investigación

Para elaborar esta sección fue necesario recurrir a la metodología de investigación bibliográfica, ante la imposibilidad de sistematizar información a partir de fuentes primarias. Hay severas limitaciones para examinar la orientación y efectos de las políticas públicas en Costa Rica. Éstas podrían ser reducidas mediante la continuidad en la aplicación de instrumentos como el cuestionario anual a instituciones que realiza el Micitt, al cual se le podrían agregar las categorías de mezclas de políticas que emplea la OCDE, de manera que sus resultados sean más compatibles con los indicadores de esa organización. También sería de gran utilidad el desarrollo ulterior de la plataforma "Estado de las capacidades en ciencia, tecnología e innovación" (Eccti) que sirvió de base al presente Informe.

Por otra parte, para ahondar en el conocimiento sobre las relaciones entre la CTI, el crecimiento económico y las políticas de desarrollo productivo, es necesario diseñar y poner en ejecución un ambicioso sistema de indicadores, que permita evaluar y planificar de mejor forma la política pública.

Referencias bibliográficas

Alpízar, F. et al. 2008. Oferta de servicios, proyectos y programas en el sector social y productivo del Estado costarricense. San José: PEN y Mideplan.

BID. 2010. Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.

_____. 2011. The imperative of innovation: creating prosperity in Latin America and the Caribbean. Nueva York: Banco Interamericano de Desarrollo.

Cepal. 2014. Cadena globales de valor y diversificación de exportaciones: el caso de Costa Rica. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Crespi, G. et al. 2010. Nota técnica sobre el sistema nacional de innovación de Costa Rica: una contribución al diálogo de políticas públicas entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo (nota técnica IDB-TN-142). San José: BID.

Govaere, V. 2014. Comentario al documento "Desempeño exportador y heterogeneidad estructural en Costa Rica". Intervención realizada en el marco de la presentación del Aporte para el Análisis del Desarrollo Humano Sostenible 12, el 27 de mayo en San José.

Gutiérrez, M. et al. 2011. Informe de la Comisión Evaluadora del Sistema de Banca para el Desarrollo (SBD). San José: Comisión Evaluadora del Sistema de Banca para el Desarrollo.

Herrera, R. 2013. Sistematización sobre la institucionalidad de la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Hirschman, A. 1986. "Confesión de un disidente: nueva visita a la «estrategia del desarrollo económico»". En: Meier y Seers (eds.).

Maggi, C. et al. 2012. Fortalecimiento del sistema de ciencia, tecnología e innovación de Costa Rica (versión resumida; documento de debate IDB-DP-221). BID.

Meier, G.M. y Seers, D. (eds.). 1986. Pioneros del desarrollo. Madrid: Editorial Tecnos, para el Banco Mundial.

Meneses, K. y Gutiérrez, M. 2012. Tipos de economía, heterogeneidad productiva y ocupación en los Censos 2000 y 2011. Ponencia preparada para el "Simposio: Costa Rica a la luz del Censo". San José: INEC, CCP-UCR, PEN.

Micitt. 2014a. Cuestionario OECD 2014. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

_____. 2014b. Indicadores Nacionales Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica 2012. San José: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Monge, R. et al. 2010. Productive development policies in Costa Rica: market failures, government failures and policy outcomes (IDB working paper series IDB-WP-157). BID.

Monge, R. y Rodríguez, J.A. 2013. Impact evaluation of innovation and linkage development programs in Costa Rica: the cases of Propyme and CR Provee. San José: BID.

Monge Alfaro, C. 1975. La educación superior en Costa Rica. San José: Oficina de Publicaciones, UCR.

Nübler, I. 2014. "A theory of capabilities for productive transformation: learning to catch up". En: Salazar et al. (eds.).

Ocampo, J.A. 2014. "Latin American structuralism and production development strategies". En: Salazar et al. (eds.).

OCDE. 2012. Science, Technology and Industry Outlook 2012. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2012-en>.

Padilla, R. y Alvarado, J. 2014. Desempeño exportador y heterogeneidad estructural en Costa Rica (Serie Aportes para el Análisis del Desarrollo Humano Sostenible 12). San José: PEN.

Paus, E. 2014. "Industrial development strategies in Costa Rica: when structural change and domestic capability accumulation diverge". En: Salazar et al. (eds.).

PEN. 2004. Décimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: Programa Estado de la Nación.

_____. 2008. Base de datos de la oferta de servicios, proyectos y programas en el sector social y productivo del Estado costarricense. San José: Programa Estado de la Nación.

_____. 2009. Decimoquinto Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: Programa Estado de la Nación.

_____. 2010. Decimosexto Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: Programa Estado de la Nación.

_____. 2011a. Decimoséptimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: Programa Estado de la Nación.

_____. 2011b. Tercer Informe Estado de la Educación. San José: Programa Estado de la Nación.

_____. 2012. Decimoctavo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: Programa Estado de la Nación.

_____. 2013a. Cuarto Informe Estado de la Educación. San José: Programa Estado de la Nación.

_____. 2013b. Decimonoveno Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José: Programa Estado de la Nación.

Salazar, J. et al. (eds.). 2014. Transforming economies: making industrial policy work for growth, jobs and development. Ginebra: OIT.

Créditos

La redacción de esta sección fue efectuada por Miguel Gutiérrez Saxe.
Jorge Vargas Cullell y María Santos participaron en la **edición técnica.**

Notas

1 Se habla de "bono demográfico" cuando la población en edades activas (entre 15 y 64 años) crece más rápidamente que la población en edades dependientes (menores de 15 años y mayores de 65 años).

2 En 1844, tiempos de la fundación de Costa Rica como república independiente, dijo don José María Castro Madriz: "Advirtamos que se ha propagado en el mundo un espíritu de análisis y hay tal emulación en las naciones que todo lo que no se ejecute conforme a los mejores principios, tendrá resultados desfavorables y que ningún pueblo podrá competir con los demás sin mucha actividad y sin mucha ciencia" (Monge Alfaro, 1975).

3 El cuestionario fue respondido por el Micitt y Comex. Las preguntas específicas que contestó el Micitt fueron: ¿Cuál es el balance entre los diferentes instrumentos en la mezcla de política CTI en los negocios en su país? ¿Cómo ha cambiado en los últimos diez años? ¿En qué dirección se ha inclinado el balance durante los últimos cinco años?

4 El concepto de política industrial es distinto al de política de desarrollo productivo, aunque ambos estén estrechamente vinculados. El segundo es más amplio y alude a la articulación de políticas sectoriales (industria, comercio, turismo, servicios, entre otras), conocidas como políticas industriales, y acciones de fomento de la producción que incorporan otras políticas de contexto macroeconómico (como régimen cambiario y tipo de cambio, política de tasas de interés, manejo de inflación, incentivos fiscales, etc.) para difundir los beneficios de la actividad económica por la vía de la innovación, la competitividad y los encadenamientos (Ocampo, 2014). Pese a las diferencias conceptuales, en la presente sección siempre que se hable de política industrial se asume que, normativamente, ésta debiera estar al servicio de una transformación productiva.

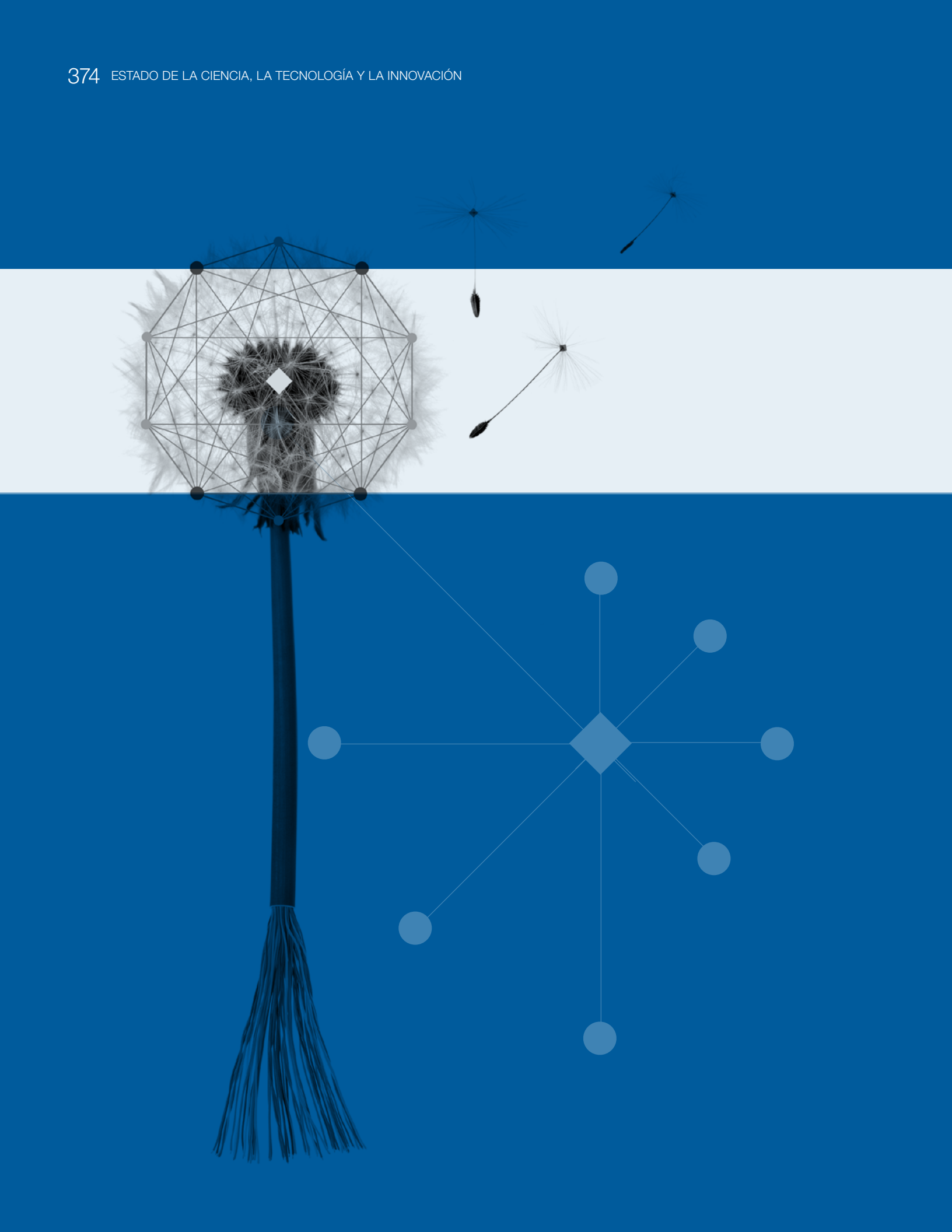
5 La encuesta que realiza el Micitt con el fin de elaborar indicadores de CTI es una fuente indispensable, pero insuficiente para el análisis. Además, la información solo está disponible para la presente década. No fue posible procesar la encuesta para obtener indicadores que permitieran hacer un balance basado en datos.

6 Se denomina "fondos ángeles" a los recursos que se invierten en empresas innovadoras que se encuentran en etapas tempranas de desarrollo y tienen un alto potencial de crecimiento.

7 0,57% del PIB es la valoración oficial del país para el 2012.

8 Las estructuras de logro educativo aluden a una tipología de resultados obtenidos en los diversos niveles del sistema educativo. Esta tipología contiene tres perfiles: i) con medio fuerte (amplia cobertura en educación primaria y secundaria), típica de países asiáticos exitosos, ii) con medio faltante (coberturas bajas de secundaria y altas de primaria y terciaria), y iii) con forma de "L" (alta proporción de primaria y baja en secundaria y terciaria), que ni siquiera logra desarrollar industrias de baja tecnología. Esta tipología forma parte de la teoría de las potencialidades (Nübler, 2014).

PARTE III
Fichas de las investigaciones de base

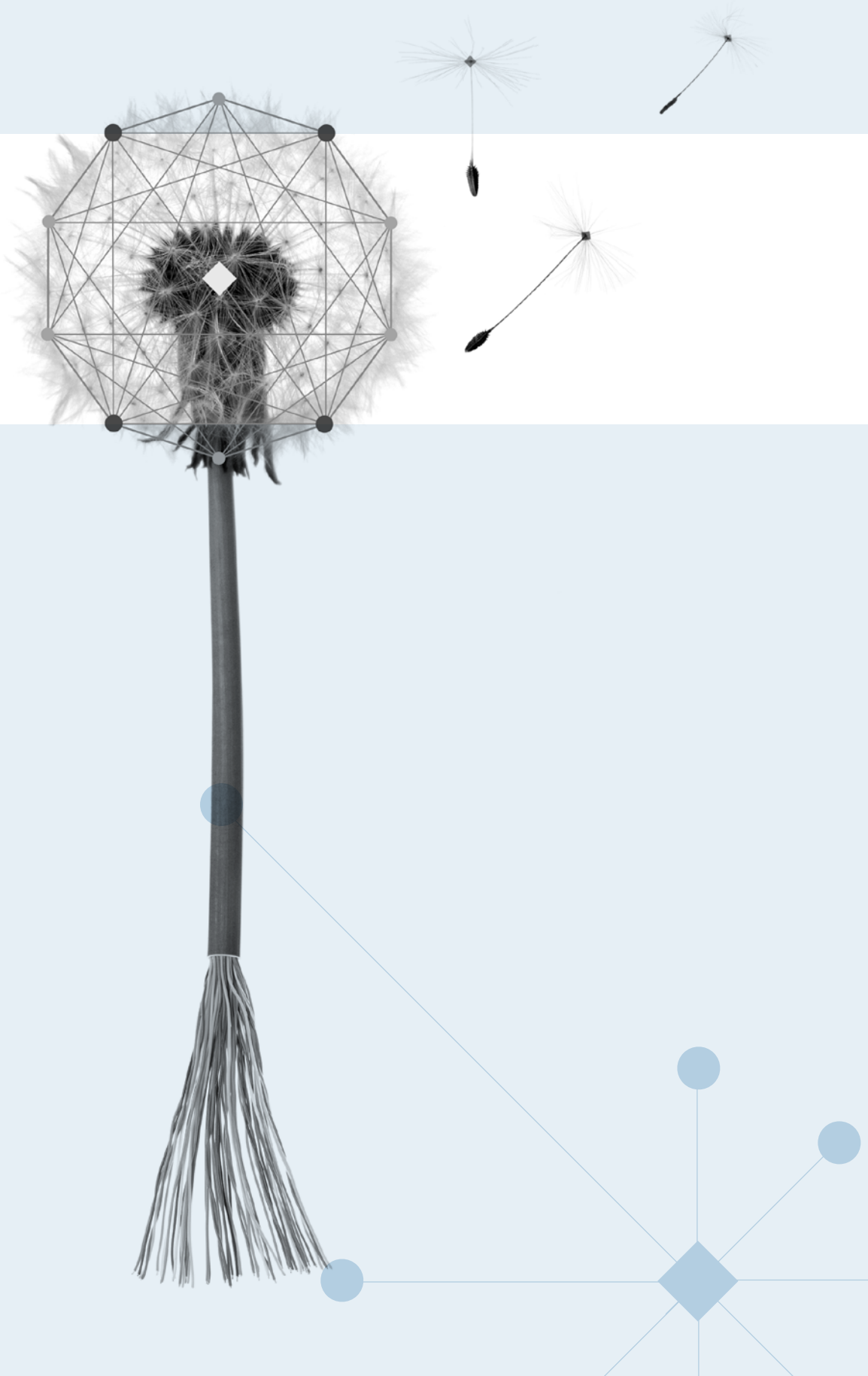


PARTE III

Fichas de las **investigaciones de base**

En esta sección se presenta un conjunto de fichas que sintetizan las investigaciones de base realizadas para este *Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. Su propósito es que las y los lectores tengan un acceso rápido a los principales contenidos de cada informe final de investigación y puedan hacerse una idea general de sus temas, conclusiones y metodologías. Estos documentos están disponibles y pueden descargarse en el sitio *web* del Programa Estado de la Nación.

Es importante advertir que la autoría intelectual y moral de los informes de base pertenece a las personas indicadas en cada ficha. El equipo técnico del Programa Estado de la Nación sintetizó, editó y reprocesó la información contenida en esos trabajos y es, por tanto, plenamente responsable por los resultados de esa labor.



F I C H A

1

Uso del conocimiento científico-tecnológico

Autor: Eduardo Alonso

Tema

Elementos facilitadores y obstaculizadores para la consolidación de emprendimientos basados en el uso del conocimiento endógeno.

Asuntos investigados

- **Experiencias de empresas innovadoras**
- **Funcionamiento en la práctica de los sistemas de apoyo a la innovación**

Resumen

La innovación es el motor que cataliza el uso del conocimiento y asegura que las invenciones se traduzcan en beneficios para la sociedad. Promoverla requiere la interacción de un conjunto de políticas y entidades públicas y privadas –una red institucional– que conduzca a la generación de conocimiento y fomente su uso para la solución de problemas.

Los estudios empíricos sobre innovación en Costa Rica son escasos. En esta investigación, de carácter exploratorio, se analizaron las experiencias de cuatro emprendimientos de base tecnológica (EBT): TurboEoms S.A., Energías Biodegradables S.A., Biotécnica Análisis Moleculares S.A. y BioTD S.A. No todas estas empresas fueron igualmente exitosas en su posicionamiento de mercado.

La descripción del desarrollo de estos cuatro EBT y su interacción con los diversos elementos del entorno revelan algunas características de las empresas y sus representantes que conviene resaltar y comentar, pues contribuyeron a la forma en que esos proyectos evolucionaron. Investigar si esos factores son igualmente relevantes en una muestra amplia de emprendimientos es un reto de investigación a futuro.

En cada uno de los EBT se estudiaron cuatro dimensiones: el espíritu empresarial, el acceso al financiamiento, la interacción con las entidades del Gobierno y la interacción con la academia. A continuación se detallan los principales hallazgos:

- En el tema del espíritu empresarial, en los cuatro casos se observó que las personas que lideran los EBT tienen un alto espíritu emprendedor y de perseverancia para salir adelante con sus iniciativas.

- En el ámbito del financiamiento, aspecto medular, se encontró que solo Biotécnica Análisis Moleculares S.A. no intentó obtener recursos del sistema bancario nacional. Las otras tres empresas han tenido enormes dificultades para recibir préstamos bancarios y mucho más para conseguir financiamiento de otro tipo (capital semilla o capital de riesgo).

- En cuanto a la interacción con las entidades del Gobierno, tanto la intensidad de la vinculación como la influencia que han tenido las instituciones en el éxito de los EBT varían según la empresa. En todos los casos la interacción con entidades como el Micitt, el MEIC, los bancos estatales y el Sistema

FICHA 1

de Banca para el Desarrollo, entre otras, ha sido modesta. Se obtiene apoyo, pero éste no siempre se traduce en ayudas concretas.

- La interacción entre los EBT y la academia ha sido insuficiente. La Agencia Universitaria para la Gestión de Emprendimiento (AUGE), de reciente creación, busca fomentar los vínculos universidad-empresa y apoyar, entre otras iniciativas, a empresas que desarrollan proyectos de innovación y requieren apoyo de la UCR, ya sea en conocimiento o en actividades especializadas.

Palabras clave

Emprendimientos de base tecnológica (EBT), uso del conocimiento endógeno, *Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación* (SNCTI), *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*, energías renovables, Biotecnología, capacidad innovadora nacional, espíritu empresarial, acceso al financiamiento, interacción con las entidades del Gobierno, interacción con la academia, Agencia Universitaria para la Gestión de Emprendimiento (AUGE).

Metodología

Dado que la investigación tuvo un carácter exploratorio, se empleó una metodología de tipo cualitativo, basada en la modalidad de estudios de caso. La información se obtuvo por medio de entrevistas. Se escogieron cuatro emprendimientos de base tecnológica, dos en el campo de las energías renovables y dos en el de la Biotecnología. Estos ámbitos forman parte de las siete áreas de intervención del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*.

Principales preguntas de investigación

- ¿Existen encadenamientos (vínculos) productivos ligados al uso del conocimiento científico-tecnológico endógeno en las áreas que se consideran estratégicas? ¿Cómo se generan? ¿Cuáles barreras se identifican?
- ¿Cuál es el estado de situación del entramado y las condiciones del entorno que (des) estimulan la creación de esos encadenamientos?
- ¿Se evidencian los eslabones que conectan las principales actividades implicadas?
- ¿Cómo valoran los usuarios la efectividad de las instituciones y los instrumentos de política que buscan promover la creación de encadenamientos productivos?
- ¿Cómo se da el proceso de formulación de necesidades para acceder al apoyo de los distintos sectores?
- ¿Se han creado sinergias entre los actores involucrados?
- ¿Cuáles son las principales barreras para hacer un uso más intensivo del conocimiento?
- ¿Están las aplicaciones tecnológicas de la empresa asociadas al quehacer de las comunidades de ciencia y tecnología del país?
- ¿Han recurrido las empresas analizadas a proteger el conocimiento? Si es así, ¿dónde lo han hecho y cómo ha sido la experiencia?

Estructura del informe final

- Antecedentes e introducción
- Descripción del proceso evolutivo de las empresas de base tecnológica seleccionadas
- Reflexiones acerca de los hallazgos
- Análisis de algunos hallazgos en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
- Conclusiones
- Bibliografía

Páginas: 86

Sitio en internet: www.estadonacion.or.cr

Referencia bibliográfica

Alonso, E. 2013. Uso del conocimiento científico tecnológico. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

F I C H A

2

Estado de la infraestructura científico-tecnológica en unidades de investigación y desarrollo

Autor: Mario Segnini

Tema

Valoración del estado general de la infraestructura y el equipamiento de corte mediano y mayor en unidades de investigación y desarrollo.

Asuntos investigados

- **Sistema de apoyo al quehacer científico**
- **Sistema de apoyo al quehacer tecnológico**

Resumen

El estudio se fundamenta en una investigación inédita en Costa Rica, sobre el estado general del equipamiento y la infraestructura con que se cuenta para facilitar la generación, transferencia y uso del conocimiento científico y tecnológico. Este es un tema crucial para el desarrollo nacional, puesto que la infraestructura para la ciencia es un factor que potencia –o en su defecto limita– la capacidad de vinculación entre sectores.

En este primer ejercicio se analizaron 130 unidades de investigación y desarrollo (I+D) y se encontró que el 97% del equipamiento de corte mediano y mayor disponible en ellas funciona de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes; además, el 52% de las unidades reporta su equipamiento con 0% de obsolescencia. Asimismo, se determinó que el parque instrumental con que cuenta la academia, y más concretamente el utilizado en ese sector para actividades de I+D, es el que se encuentra más desactualizado.

El 59% de las unidades de I+D no tiene el equipamiento idóneo para lograr sus objetivos de investigación y, por tanto, necesita actualizar sus equipos y adquirir nuevos instrumentos. Asimismo, el estudio revela que el equipamiento constituye un obstáculo importante para una mayor vinculación entre las unidades de I+D y otros sectores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. El 55% y el 57% de los centros consultados en la academia y el Gobierno, respectivamente, indican que no disponen del equipamiento idóneo para tal efecto.

Al puntualizar sobre las razones que, en general, obstaculizan una mayor vinculación, se ponen de manifiesto particularidades de cada sector. Mientras la academia reconoce limitaciones en sus capacidades de recursos humanos, las empresas aducen falta de canales de interlocución entre quienes requieren los servicios y quienes los ofrecen, y el Gobierno señala la falta de equipamiento como su principal debilidad. De corroborarse esta observación en una segunda consulta a los centros de I+D, ello evidenciaría una necesidad de inversión pública en este rubro si se desea fomentar una mayor transferencia y uso del conocimiento.

En el tema específico de infraestructura, el tamaño de las instalaciones y la falta de un programa institucional para la disposición de residuos fueron señalados como los principales obstáculos para una mayor vinculación con los sectores productivos.

FICHA 2

Palabras clave

Equipamiento, infraestructura, investigación y desarrollo (I+D), Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, uso compartido del equipamiento.

Metodología

La metodología empleada fue de tipo cuantitativo. Se diseñó un cuestionario autoadministrado en línea y se habilitó un sistema informático que permitió la construcción de una base de datos multidimensional de acceso público y continuo, que recopila, clasifica y presenta información sobre el estado de las capacidades para apoyar el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en Costa Rica, incluyendo el estado del equipamiento de las unidades que realizan actividades de I+D.

Para realizar un primer mapeo de las unidades de I+D medianamente estructuradas con que cuenta el país, se consultó el *Directorio de Unidades de Investigación de Costa Rica* del Conicit, así como una base de datos de empresas vinculadas al Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) de la UCR. Además se recibió información de varias cámaras y agrupaciones empresariales.

La diferenciación de los campos de la ciencia y la tecnología se basó en el código establecido en el *Manual de Frascati*, de la OCDE. Para efectos comparativos, otras definiciones utilizadas en este trabajo se tomaron del "Glosario de Términos" publicado en el documento *Definiciones, clasificaciones y otros elementos utilizados en la VI Consulta Nacional, 2013*, del Micitt. De las 324 organizaciones contactadas, se obtuvo respuesta de 130 que contaban con una unidad de I+D en funcionamiento, lo que corresponde a una cobertura del 40%.

Principales preguntas de investigación

- ¿Cuentan las unidades de I+D con la infraestructura idónea para facilitar la generación, transferencia y uso del conocimiento científico y tecnológico?
- ¿Es el uso compartido de la infraestructura en las unidades de I+D una práctica extendida en el país?
- El estado del equipamiento y la infraestructura de que dispone la academia, ¿potencia o restringe una mayor vinculación con los sectores empresarial y gubernamental?
- Las áreas disciplinarias con mayores capacidades en infraestructura, ¿se corresponden con las áreas consideradas estratégicas y con las que muestran una mayor productividad científico-tecnológica?

Estructura del informe final

- Hechos relevantes
- Resumen ejecutivo
- Introducción
- Metodología para la obtención de la información
- El estado general del equipamiento y la infraestructura
- Desafíos futuros de investigación
- Anexos
- Bibliografía

Páginas: 65

Sitio en internet:
www.estadonacion.or.cr

Referencia bibliográfica

Segnini, M. 2013. Estado de la infraestructura científico-tecnológica en unidades de investigación y desarrollo. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

F I C H A

3

Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011

Autoras: Vanessa Nielsen y Ana Beatriz Azofeifa

Tema

Análisis del desempeño de Costa Rica en la producción de conocimiento científico y tecnológico durante el período 2001-2011.

Asuntos investigados

- **Producción científica en Costa Rica**
- **Producción científico-tecnológica en Costa Rica**

Resumen

El estudio analizó la producción científica nacional, entendida como aquella generada por instituciones establecidas en Costa Rica, a partir de los artículos científicos y revisiones indexados en la base de datos Scopus entre 2001 y 2011.

El análisis reveló un crecimiento de 97,5% en la producción científica costarricense en el período considerado. Se pasó de 243 a 480 publicaciones anuales, con un predominio de las áreas de Ciencias Biológicas y Médicas sobre otras disciplinas básicas como Química, Matemáticas y Física, así como las ingenierías.

Según su producción, Costa Rica presenta un perfil similar al reportado para el resto de Iberoamérica, ya que mostró una tendencia a duplicar sus publicaciones correspondientes a la serie 2000-2009.

El país ha logrado aportar conocimiento de alto impacto en Bioquímica, Genética y Biología Molecular, Medicina, Química, Inmunología y Microbiología, Neurociencia, Física y Astronomía, Ingeniería Química, Farmacología, Toxicología y Farmacia, y Odontología. Preocupa que una disciplina trascendental para el desarrollo científico y tecnológico, como las Matemáticas, no alcanzó a despegar durante la década analizada y además su escasa producción ha sido de las menos influyentes en el mundo.

Por otra parte la investigación corroboró que, según el índice de derechos de propiedad intelectual, Costa Rica se ubica en tercer lugar del *ranking* latinoamericano, después de Chile y Uruguay. Las solicitudes de patentes de invención ante el Registro Nacional crecieron un 175% durante el período 2001-2012, la mayoría de ellas presentadas por personas no costarricenses. El aumento fue especialmente marcado entre 2001 y 2008 (se pasó de 214 a 791 solicitudes). En 2009 el número de patentes solicitadas cayó un 38% con respecto al año anterior.

El estudio profundiza en dos tipos de políticas que utilizan las universidades adscritas al Conare: las que buscan estimular la producción de patentes por parte de sus funcionarios y funcionarias, y los incentivos académicos que promueven las publicaciones científicas. En el primer caso, un beneficio para los inventores es que las universidades asumen el costo de la patente, previo estudio a cargo de un consejo de expertos sobre la utilidad y novedad de la invención y sus posibilidades de licenciamiento, de conformidad con los reglamentos respectivos.

En lo que concierne a la transferencia del conocimiento en ciencia y tecnología desde las universidades públicas, la investigación documenta la creación de instancias que coordinan y promueven la vinculación con otros sectores. Entre ellas cabe citar el programa ProInnova, la Agencia Universitaria para la Gestión de Emprendimiento (AUGE) y la Red UCR-Emprende, el programa UNA-Emprendedores y el Centro de Incubación de Empresas del ITCR.

FICHA 3

Palabras clave

Publicaciones científicas, plataforma *Scopus*, plataforma *Web of Science*, protección de la propiedad intelectual, índice de derechos de propiedad intelectual, patentes, Estrategia Nacional de Propiedad Intelectual (ENPI), *spin-off*, transferencia de conocimiento, incentivos a la producción científico-tecnológica.

Metodología

La metodología empleada es tanto cualitativa como cuantitativa. Luego de revisar las variables e indicadores de las plataformas para estudios bibliométricos *Web of Science* y *Scopus*, se decidió utilizar la segunda debido a que tiene una mayor cobertura de revistas latinoamericanas y permite comparaciones más representativas del desempeño de Costa Rica en publicaciones científicas indexadas (artículos y revisiones) sobre ciencia y tecnología. Además se recopiló información del Registro de la Propiedad Industrial y de bases de datos internacionales sobre propiedad intelectual.

Fue necesario realizar búsquedas adicionales para complementar los registros descargados de *Scopus*, ya que ninguna de las bases de datos disponibles recoge de modo sistemático la información completa de las publicaciones originales. Esto implicó un proceso de normalización y depuración de los 4.001 artículos y revisiones analizados.

La descarga de registros en *Scopus* se realizó de acuerdo con los siguientes parámetros:

- Afiliación: Costa Rica
- Ámbito de fecha: 2001-2011
- Tipo de documento: artículo o revisión
- Área temática: Ciencias de la Vida, Ciencias de la Salud y Ciencias Físicas

De las opciones de salida que ofrece *Scopus*, se decidió exportar la información en formato "ris" a la herramienta ***ProCite***. Este programa es ampliamente usado porque facilita los estudios bibliométricos, al permitir conteos, búsquedas según variables y exportación a hojas de cálculo. Entre los indicadores analizados se incluyó un estudio exhaustivo de los patrones de colaboración entre autores nacionales.

Principales preguntas de investigación

- ¿Existe integración entre la agenda de ciencia y tecnología y la agenda de desarrollo del país?
- ¿Cómo se relaciona la evolución de la producción de conocimiento científico-tecnológico durante la última década con la evolución de la inversión en I+D y con la dotación de investigadores?
- ¿Cómo se caracteriza la producción científica nacional en términos de las colaboraciones a nivel nacional e internacional?
- ¿Cómo se caracteriza la producción tecnológica en términos de producción de patentes?
- ¿Cómo incentiva la academia la producción de conocimiento científico y tecnológico?

Estructura del informe final

- Hechos relevantes
- Síntesis analítica
- Introducción
- Análisis de la producción científica y tecnológica nacional
- Protección del conocimiento científico y tecnológico
- Incentivos para la producción y protección del conocimiento en las universidades adscritas al Conare
- Transferencia del conocimiento en ciencia y tecnología desde las universidades públicas
- Bibliografía
- Anexos

Páginas: 176

Sitio en internet:
www.estadonacion.or.cr

Referencia bibliográfica

Nielsen, V. y Azofeifa, A.B. 2013. Análisis de la producción científica y tecnológica en Costa Rica: 2001-2011. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

F I C H A

4

Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica

Autor: Carlos González

Tema

Caracterización de los recursos humanos calificados relacionados con ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías, tanto los residentes en el país como aquellos que conforman la diáspora científica costarricense.

Asuntos investigados

- **Topología de la comunidad científica**

Resumen

El estudio presenta información detallada sobre el recurso humano calificado de apoyo al desarrollo científico y tecnológico (RHCT), distinguiendo entre las personas residentes en Costa Rica y aquellas que por razones de estudio o trabajo se encuentran en el extranjero. En este último caso, la investigación constituye el primer esfuerzo por caracterizar la diáspora científica costarricense más allá de datos de orden general.

De las personas que respondieron a la consulta que sirvió de base al estudio, se pudo extraer el perfil general del talento en el extranjero. El 71% son hombres, la edad promedio ronda los 36 años, la mitad trabaja, el 41% solo estudia y la mayoría reside en Estados Unidos (45%), Alemania (10%) y España (6%). Solo el 21% ha participado alguna vez en una iniciativa de cooperación con colegas en Costa Rica, producto de sus actividades de estudio o trabajo.

Cabe destacar que el 48% de las personas consultadas planea regresar a Costa Rica en los próximos cinco años, un 38% descarta esa posibilidad y el resto se encuentra indeciso. La identificación puntual de las áreas de especialización de las personas radicadas en el extranjero y que planean retornar en el corto plazo, contribuye a la preparación de las unidades académicas para que, a su llegada, estos profesionales puedan continuar su trayectoria de investigación y aumentar así la calidad y la pertinencia de los estudios de posgrado del país.

Por su parte, el 70% del subconjunto del RHCT residente en Costa Rica se dedica a actividades de investigación y desarrollo (I+D), un 19% a la enseñanza y formación en ciencia y tecnología, un 8% a servicios en esta misma área y un 2% no especificó su actividad. Las jornadas se distribuyen de la siguiente manera: el 53% trabaja a tiempo completo, un 22% media jornada y un 25% un cuarto de tiempo. La limitada disponibilidad de recurso humano calificado en el país se evidencia en la menor proporción de doctores y doctoras en especialidades de ciencia y tecnología (menos del 14%), así como en el estancamiento en la formación de profesionales en ingenierías y tecnologías, necesarios para aumentar el valor agregado en conocimientos y la eficiencia de los procesos productivos.

El estudio incluye una primera aproximación a un análisis basado en el enfoque de redes sociales. Éste tiene como punto de partida las colaboraciones para la publicación de artículos científicos y se apoya en el trabajo de Nielsen y Azofeifa (2013), reseñado en la ficha 3.

Palabras clave

Perfil académico de la diáspora científica costarricense, caracterización del recurso humano en ciencia y tecnología (RHCT), endogamia académica por adscripción, fuga de cerebros, unidades de I+D, vinculación académica.

FICHA 4

Metodología

Durante los meses de noviembre de 2012 y marzo de 2013 se realizaron dos encuestas en línea, a fin de conocer las características individuales del personal calificado en las áreas de ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías, residentes tanto en el país como en el extranjero. Las variables consideradas fueron: nombre, edad, sexo, grado académico más alto, lugar de trabajo o centro de estudio, actividades de ciencia y tecnología que realiza en la actualidad, área y disciplina en que se desempeña, jornada de trabajo, vínculos de investigación y producción científica, áreas y disciplinas de esos vínculos, sistemas de apoyo requeridos, entre otras.

Como documentos de consulta se utilizaron el *Manual de Frascati* de la OCDE y el "Glosario de Términos" publicado en el documento *Definiciones, clasificaciones y otros elementos utilizados en la VI Consulta Nacional, 2013*, del Micitt. Para recopilar la información individualizada sobre las colaboraciones entre investigadores se usó el método bibliométrico descrito en la Pregunta 2, concretamente para reunir datos sobre coautoría en las publicaciones científicas registradas en la plataforma *Scopus* para el período 2001-2011.

En forma paralela al estudio, se diseñó e implementó una plataforma tecnológica de acceso por medio de internet, conformada por una base de datos construida en el sistema MySQL y conectada a varios cubos que permiten recopilar, clasificar y presentar la información de manera multidimensional. Esta plataforma permitirá la difusión de las capacidades y competencias nacionales para el desarrollo científico y tecnológico. Con ese fin, será ampliada para convertirla en un bien público.

Principales preguntas de investigación

- ¿Se ha logrado que la mayoría de los científicos, ingenieros, técnicos y tecnólogos tengan altos grados académicos?
- ¿Qué porcentaje de profesionales se ha formado en las universidades de mayor prestigio en el exterior? ¿Cómo se compara a nivel internacional el porcentaje de académicos endogámicos?
- ¿Cómo impacta la edad en el perfil de los investigadores del país?
- ¿Se ha alcanzado la equidad de género en las comunidades científicas y tecnológicas?, ¿en cuáles disciplinas y jerarquías?
- ¿Cómo se posiciona Costa Rica internacionalmente, en función de su dotación de recursos humanos para la ciencia y la tecnología?
- ¿Se ha logrado formar redes de vinculación que involucren las distintas disciplinas y los sectores empresarial y gubernamental?
- ¿Cuál es el perfil académico de la diáspora científica costarricense?

Estructura del informe final

- Hechos relevantes
- Síntesis analítica
- Introducción
- Descripción del sistema de información y de la metodología
- Caracterización del recurso humano en ciencia y tecnología
- Bibliografía
- Anexos

Páginas: 62

Sitio en internet:
www.estadonacion.or.cr

Referencia bibliográfica

González, C. 2013. Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

F I C H A

5

Relevancia histórica y prospectiva de los recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación

Autores: Ricardo Matarrita y Luis Sancho

Tema

Caracterización de las ocupaciones en ciencia y tecnología y su correspondencia con el mercado laboral y las políticas de desarrollo.

Asuntos investigados

- Comunidad científica
- Comunidad de tecnólogos
- Comunidad de innovadores
- Sistema de apoyo al quehacer científico
- Sistema de apoyo al quehacer científico-tecnológico
- Sistema de apoyo a la innovación

Resumen

El estudio describe de manera general las políticas, implícitas y explícitas, relacionadas con la formación de recursos humanos en ciencia, tecnología e innovación (CTI), las características del empleo en esos sectores y su correspondencia con las políticas de desarrollo del país. Con ese propósito se caracteriza la evolución de las ocupaciones en CTI durante la última década, con datos de las encuestas de hogares del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

Costa Rica muestra una significativa diversificación de la oferta académica relacionada con áreas relevantes para el desarrollo económico, especialmente con actividades de producción de mayor valor agregado vinculadas a la atracción de inversiones extranjeras y la promoción de exportaciones.

Teniendo en cuenta ese contexto, la investigación valora el grado de acople entre la estructura del mercado laboral en lo referente a las ocupaciones en ciencia y tecnología, por un lado, y las políticas de desarrollo científico-tecnológico, de promoción de exportaciones y de atracción de inversiones en el sector de alta tecnología, por el otro. También examina las condiciones de oferta de estos recursos humanos, en contraste con la demanda proyectada por ciertos sectores productivos. Esa correspondencia presenta limitaciones y vulnerabilidades que no se deben pasar por alto.

Algunos esfuerzos analizados son la mejora y ampliación de la oferta en el área de la educación técnica por parte del INA y el MEP, así como la reciente creación de la Universidad Técnica Nacional.

Palabras clave

Recurso humano en ciencia y tecnología (RHCT), *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*, *Plan Nacional de Desarrollo 2011-2014*, formación técnica y superior en ciencia tecnología e innovación (CTI), mercado laboral en CTI, diáspora científica.

Metodología

Se efectuó un análisis documental comparado que incluyó la revisión del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* y el *Plan Nacional de Desarrollo 2011-2014*, entre otras fuentes. Además se reprocesaron datos de los censos de población (2000 y 2011) y de la Encuesta Nacional de Hogares de

FICHA 5

2011, así como información generada por el Observatorio Laboral de Profesiones (OLaP) y la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES), ambas del Conare.

Principales preguntas de investigación

- Durante la última década, ¿cómo se han perfilado las principales políticas, implícitas y explícitas, relacionadas con la formación y retención de recursos humanos para la CTI, a nivel profesional y técnico?
- ¿Cómo se relacionan las áreas estratégicas del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* con la formación en los niveles profesional y técnico?
- Características del empleo en ciencia y tecnología: ¿dónde hay excesos?, ¿cuáles han sido las ocupaciones emergentes durante la última década?, ¿qué porcentaje de la población empleada representan esas ocupaciones?, ¿se observan brechas geográficas?
- ¿Qué tipo de iniciativas podrían contribuir a potenciar la reinserción de la diáspora científica costarricense?
- ¿Existe una relación entre las políticas de desarrollo científico-tecnológico, de promoción de exportaciones y de atracción de inversiones en el sector de alta tecnología, y las condiciones de la oferta y demanda de recursos humanos?

Estructura del informe final

- Síntesis analítica
- Introducción
- Relevancia histórica y actual
- Relevancia prospectiva
- Correspondencia con políticas de desarrollo
- Bibliografía
- Anexos

Páginas: 41

Sitio en internet:
www.estadonacion.or.cr

Referencia bibliográfica

Matarrita, R. y Sancho, L. 2013. Relevancia histórica y prospectiva de los recursos humanos para la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

F I C H A

6

Sistematización sobre la institucionalidad de la ciencia, la tecnología y la innovación

Autor: Rafael Herrera

Tema

Sistematización y actualización de los estudios realizados en la última década sobre recursos, organizaciones y normas que incentivan o bloquean la CTI y los principales desafíos implicados.

Asuntos investigados

- **Sistema de apoyo al quehacer científico**
- **Sistema de apoyo al quehacer tecnológico**
- **Sistema de apoyo a la innovación**

Resumen

El estudio subraya la necesidad de un acuerdo público-privado para establecer una política de Estado y una estrategia de mediano y largo plazo, para fortalecer los sistemas de apoyo a la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) en Costa Rica. Señala además la importancia de lograr un equilibrio entre la generación, adaptación y aplicación del conocimiento, y la búsqueda de beneficios económicos, sociales y ambientales, de modo que se promueva la innovación y el trabajo colaborativo y se constituya un *cluster* de financiamiento acorde con los requerimientos del proceso de desarrollo del país.

Como resultado de la investigación, en el informe final se sugiere retomar los planteamientos del *Plan de Medio Siglo*, de la Asociación Estrategia Siglo XXI, las recomendaciones formuladas en el *Atlas de la Innovación* del Micitt, la estrategia "Costa Rica: Verde e Inteligente 2.0", de la Cámara de Tecnologías de Información y Comunicación (Camtic), y la propuesta "Hacia la empresa industrial del 2030", de la Cámara de Industrias de Costa Rica. Se reconocen los esfuerzos realizados por establecer una institucionalidad y construir un sistema nacional de apoyo a la CTI. Sin embargo, esa estructura necesita reformas: se encontraron duplicaciones, debilidad en los vínculos y obstáculos asociados a prerrogativas otorgadas por ley a algunas entidades. Asimismo, algunas dependencias se han visto afectadas por políticas de contención del gasto público. Diversos documentos, planes, estrategias y análisis de expertos llaman la atención sobre la urgencia de realizar cambios en la institucionalidad y en la legislación, a fin de adecuarlas a los requerimientos actuales y futuros de la sociedad en su conjunto, pero especialmente de los sectores productivos. Pese a ello, las carencias persisten y la evolución reciente es bastante tímida.

En el tema del "emprendedurismo" se han dado pasos importantes. El MEIC implementó una política nacional en esta materia, se estableció la Red Nacional de Incubación y con el apoyo del Sistema de Banca para el Desarrollo se creó un fondo de capital semilla para nuevos emprendimientos. No obstante, estas acciones deben consolidarse en una política de Estado que, en el mediano plazo, permita al país afianzar un "ecosistema" efectivo que estimule el emprendimiento. Por medio del Consorcio GEM de Costa Rica, constituido por Parquetec, la Cátedra de Innovación de la UCR y la Cámara de Industrias de Costa Rica, se logró elaborar el capítulo nacional del *Reporte Global de Emprendedurismo* en los años 2010 y 2012; los resultados obtenidos confirman avances importantes en este ámbito.

La inversión en investigación y desarrollo (I+D) con respecto al PIB ha tendido a decrecer en los últimos años. Se mantiene el predominio del sector público y la academia como los principales inversores. Sin embargo, llama la atención que el porcentaje de inversión del sector privado no solo es bajo con respecto a lo que sucede

FICHA 6

en otros países, donde su nivel llega al 70%, sino que presenta una tendencia a disminuir. A pesar de la crisis económica (2008-2009), se ha logrado que la producción siga creciendo en términos reales, pero ese dinamismo no se ve reflejado en mayores recursos para investigación, desarrollo e innovación. De acuerdo con análisis internacionales, Costa Rica debería estar invirtiendo al menos un 0,9% de su PIB en investigación y desarrollo.

Palabras clave

Institucionalidad en CTI, investigación y desarrollo (I+D), "emprendedurismo", sociedad del conocimiento, economía del conocimiento, índice global de innovación, índice global de competitividad.

Metodología

Se efectuó una revisión analítica de estudios y documentos de políticas nacionales, así como una serie de consultas, a fin de conocer el estado de situación y los principales desafíos de la institucionalidad en CTI. Entre las fuentes primarias de información se contó con datos generados por el Micitt y el Conicit, además de entrevistas a expertos nacionales. Como fuentes secundarias se usaron, entre otros, los estudios que entre 2008 y 2012 realizaron especialistas del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para el Micitt. También se utilizó información referente a la inversión en I+D por sector, recopilada por el mismo Ministerio.

Principales preguntas de investigación

- ¿Cuáles son los principales desafíos para mejorar la efectividad de los sistemas de apoyo a la CTI, en función de los requerimientos de las comunidades y empresas locales, con énfasis en pymes y en nuevos emprendimientos de base tecnológica?
- ¿Cómo han variado los enfoques de las políticas públicas (implícitas y explícitas) de desarrollo en CTI?
- ¿Cuáles son los principales hitos en la evolución del marco institucional hacia una concepción sistémica del desarrollo en CTI?
- ¿Existe correspondencia entre el diseño y ejecución de los actuales instrumentos e incentivos, las áreas de mayor producción de conocimiento y las prioridades señaladas en el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* y en el *Plan Nacional de Desarrollo 2011-2014*?
- ¿Cómo ha evolucionado la inversión en I+D según actividad de ciencia y tecnología y según sector?

Estructura del informe final

- Hechos relevantes
- Síntesis analítica
- Introducción
- Ciencia, tecnología e innovación, base del desarrollo
- Costa Rica en varios índices internacionales
- Evolución de las políticas de apoyo a la CTI
- Institucionalidad y gobernanza
- Instrumentos, inversión en I+D y fuentes de financiamiento
- Líneas futuras de investigación
- Bibliografía
- Anexos

Páginas: 100

Sitio en internet:

www.estadonacion.or.cr

Referencia bibliográfica

Herrera, R. 2013. Sistematización sobre la institucionalidad de la ciencia, la tecnología y la innovación. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

F I C H A

7

Monitoreo del estado de avance en las "Acciones de puesta al día" del *Plan de Medio Siglo*

Autor: Oswald Céspedes

Tema

Conocer el estado actual de las acciones y programas propuestos en la primera etapa del *Plan de Medio Siglo*, denominada "Acciones de puesta al día".

Asuntos investigados

- **Sistema de apoyo al quehacer científico**
- **Sistema de apoyo al quehacer tecnológico**
- **Sistema de apoyo a la innovación**

Resumen

El estudio presenta un monitoreo del estado de avance de las iniciativas planteadas en la etapa "Acciones de puesta al día" del *Plan de Medio Siglo*. Además se analiza su congruencia con el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014* y el *Plan Nacional de Desarrollo 2011-2014* y se proponen las tareas requeridas para el subsecuente monitoreo del *Plan de Medio Siglo*.

En su primera parte, el informe de investigación muestra una matriz que sistematiza información relevante para valorar el avance del país en relación con los cimientos, acciones y programas del *Plan de Medio Siglo* (PMS), formulado por la Asociación Estrategia Siglo XXI y presentado en el año 2006. Los resultados del monitoreo de los cuatro cimientos del PMS sugieren que los aspectos institucionales, como la creación de organizaciones, redes y programas, entre otros, son relativamente más fáciles o factibles de concretar, que los aspectos más "duros", medidos, por ejemplo, a través de estadísticas de población estudiantil (graduados, técnicos, expertos, profesores visitantes, entre otros).

La segunda sección presenta el estado de avance del PMS en la etapa denominada "Acciones de puesta al día". Además se hace una somera comparación del Plan con una iniciativa similar desarrollada en Chile, denominada "Una integración real de Chile a la sociedad del conocimiento: el incremento de la inversión en ciencia, tecnología e información para el desarrollo del país". La conclusión es que, si bien ambas propuestas son valiosas y comparten la meta de integrar a sus respectivos países en la sociedad del conocimiento, el PMS tiene un horizonte de mucho más largo plazo.

En el tercer apartado se evalúa la congruencia entre el PMS, el *Plan Nacional de Desarrollo* (PND) y el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI)*. Se encontró que el monto global de partidas presupuestarias identificadas en el PND y el PNCTI que están vinculadas con el PMS, incluyendo empréstitos, asciende a 307,3 millones de dólares.

La cuarta sección identifica las brechas de la Costa Rica actual *vis a vis* el escenario proyectado por el PMS para el año 2050 (CR-2050). Este escenario se fundamenta en los logros sociales, culturales y económicos de un grupo de cinco países de muy alto desarrollo humano: Noruega, Dinamarca, Suiza, Finlandia y

FICHA 7

Suecia. Se utiliza la metodología *Knowledge Assessment Methodology* (KAM) que se basa en el enfoque de "economía del conocimiento" y concentra su atención en cinco categorías de desempeño: i) crecimiento económico y desarrollo humano, ii) régimen institucional, iii) innovación, iv) educación y recursos humanos y v) infraestructura de información.

Tomando como base los índices KAM, en sus mediciones de los años 2005 y *circa* 2009, las brechas entre la Costa Rica actual y el escenario CR-2050 aumentaron para dos categorías (crecimiento económico y desarrollo humano e infraestructura de información) pues en 2005 eran de 43,6% y 52,3%, respectivamente, y en la más reciente medición superaron el 60%. Esto significa que, en promedio, se registró un deterioro en la posición del país en el *ranking* internacional para los indicadores que componen las categorías de desempeño mencionadas.

En las otras tres categorías del índice KAM (régimen institucional, innovación y educación y recursos humanos) las brechas disminuyeron. En la primera de ellas la reducción fue leve, de 49,5% a 43,3% entre 2005 y *circa* 2009, pero en las otras dos fue sumamente significativa: en el mismo período la brecha en innovación pasó de 125,9% a 57,7% y la de educación y recursos humanos descendió de 122,4% a 54,2%.

Finalmente, en la quinta sección se presenta una síntesis de los hallazgos y una propuesta de las acciones de monitoreo que se requieren hacia adelante.

Palabras clave

Plan de Medio Siglo (PMS), *Plan Nacional de Desarrollo* (PND), *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación* (PNCTI), conocimiento útil, sociedad del conocimiento, *Knowledge Assesment Methodology* (KAM).

Metodología

El estudio se enfoca en las iniciativas formuladas para la primera etapa del PMS, denominada "Acciones de puesta al día", que abarca el período 2006-2015. Esa fase comprende el desarrollo de cuatro áreas, a saber: i) recursos humanos, ii) articulación y cooperación para el desarrollo de la innovación tecnológica empresarial, iii) gestión del sistema y iv) fortalecimiento de las relaciones entre ciencia, cultura y sociedad.

Se centralizó y esquematizó la información disponible en una matriz que contiene datos ordenados de acuerdo con los cimientos, acciones y programas planteados en el PMS. Para ello se obtuvo información de instituciones públicas clave, organizaciones no gubernamentales y universidades, por medio de sitios en internet, llamadas telefónicas y correos electrónicos. Además se entrevistó a personas ligadas con la Estrategia Siglo XXI, con el fin de conocer sus puntos de vista acerca del PMS.

Principal pregunta de investigación

¿Cómo ha avanzado el país en el cumplimiento del *Plan de Medio Siglo* elaborado por la Asociación Estrategia Siglo XXI y presentado en el año 2006?

Estructura del informe final

- Resumen ejecutivo
- Introducción
- Monitoreo del estado de avance del *Plan de Medio Siglo* en la etapa denominada "Acciones de puesta al día"
- Congruencia entre el *Plan de Medio Siglo*, el *Plan Nacional de Desarrollo* y el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*.
- Brechas de la Costa Rica actual vis a vis el escenario proyectado para la Costa Rica del 2050
- Síntesis y propuesta de acciones requeridas para el monitoreo del *Plan de Medio Siglo*
- Instrumentos, inversión en I+D y fuentes de financiamiento
- Bibliografía
- Anexos

Páginas: 148

Sitio en internet:

www.estadonacion.or.cr

Referencia bibliográfica

Céspedes, O. 2013. Monitoreo del estado de avance en las "Acciones de puesta al día" del *Plan de Medio Siglo*. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. San José: PEN.

Siglas

AEA	Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica
AUGE	Agencia Universitaria para la Gestión de Emprendimiento (UCR)
BCAC	Banco Crédito Agrícola de Cartago
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BNCR	Banco Nacional de Costa Rica
BNV	Bolsa Nacional de Valores
BPDC	Banco Popular y de Desarrollo Comunal
Camtic	Cámara de Tecnologías de Información y Comunicación
Catie	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CCSS	Caja Costarricense de Seguro Social
Cenat	Centro Nacional de Alta Tecnología
Cendeisss	Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud y Seguridad Social (CCSS)
Cenibiot	Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas
Cepal	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CGR	Contraloría General de la República
CIBCM	Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (UCR)
CICR	Cámara de Industrias de Costa Rica
Cientec	Fundación para el Centro Nacional de la Ciencia y la Tecnología
CIIU	Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (ONU)
Cimar	Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (UCR)
Cinde	Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo
Cipet	Centro de Investigación y Perfeccionamiento para la Educación Técnica
Ciprona	Centro de Investigación en Productos Naturales (UCR)
CITA	Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (UCR)
CIUO	Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (OIT)
Colciencias	Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología
Comex	Ministerio de Comercio Exterior
Conape	Comisión Nacional de Préstamos para Educación
Conare	Consejo Nacional de Rectores
Conicit	Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas
Conicyt	Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Chile)
CUNA	Colegio Universitario de Alajuela
CUP	Colegio Universitario de Puntarenas
CURDTS	Colegio Universitario para el Riego y Desarrollo del Trópico Seco
Earth	Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda
ECAG	Escuela Centroamericana de Ganadería
Enaho	Encuesta Nacional de Hogares (INEC)
FDA	Administración de Alimentos y Medicamentos (Estados Unidos, sigla en inglés)
FEM	Foro Económico Mundial
Finade	Fideicomiso Nacional para el Desarrollo

FMI	Fondo Monetario Internacional
Fomin	Fondo Multilateral de Inversiones (BID)
Fonabe	Fondo Nacional de Becas
Fundevi	Fundación de la Universidad de Costa Rica para la Investigación
IAT	Índice de adelanto tecnológico
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
ICP	Instituto Clodomiro Picado (UCR)
IDH	Índice de desarrollo humano
IDP-UGS	Instituto de Desarrollo Profesional Uladislao Gámez Solano
IED	Inversión extranjera directa
INA	Instituto Nacional de Aprendizaje
INBio	Instituto Nacional de Biodiversidad
Inciensa	Instituto Costarricense de Investigación y Educación en Nutrición y Salud
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
Infocoop	Instituto Nacional de Fomento Cooperativo
Inisa	Instituto de Investigaciones en Salud (UCR)
LIS	Laboratorio de Ingeniería Sísmica (UCR)
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MEIC	Ministerio de Economía, Industria y Comercio
MEP	Ministerio de Educación Pública
Micitt	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones
Minae	Ministerio de Ambiente y Energía
Mipyme	Micro, pequeña y mediana empresa
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OEA	Organización de los Estados Americanos
OIJ	Organismo de Investigación Judicial
OIM	Organización Internacional de Migraciones
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OLaP	Observatorio Laboral de Profesiones (Conare)
OMPI	Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
ONG	Organización no gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPES	Oficina de Planificación de la Educación Superior (Conare)
Orealc	Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe (Unesco)
Ottve	Oficina de Transferencia Tecnológica y Vinculación Externa (UNA)
Ovsicori	Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (UNA)
PCT	Tratado de Cooperación en materia de Patentes (sigla en inglés)
PEA	Población económicamente activa
PEN	Programa Estado de la Nación (Conare/Defensoría de los Habitantes)
PIB	Producto interno bruto
PISA	Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (OCDE, sigla en inglés)
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PPA	Paridad de poder adquisitivo
Preventec	Programa de información científica y tecnológica para prevenir y mitigar desastres (UCR)
Procomer	Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica
ProDUS	Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (UCR)
ProInnova	Unidad de Gestión y Transferencia del Conocimiento para la Innovación (UCR)
Propyme	Programa de Apoyo a la Pequeña y Mediana Empresa (Micitt)
Recope	Refinadora Costarricense de Petróleo
RedCyTec	Red de Comunicación de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (Conare)
Ricyt	Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología –Iberoamericana e Interamericana–
RSN	Red Sismológica Nacional (ICE/UCR)

Serce	Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (Orealc-Unesco)
SIEC	Sistema de Información Empresarial Costarricense (MEIC)
Sigci	Sistema Interactivo Gráfico de Datos de Comercio Internacional (Cepal)
Sinaes	Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior
TEC	Instituto Tecnológico de Costa Rica
Terce	Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo (Orealc-Unesco)
TIC	Tecnologías de información y comunicación
Uccaep	Unión Costarricense de Cámaras y Asociaciones del Sector Empresarial Privado
Ucimed	Universidad de Ciencias Médicas
UCR	Universidad de Costa Rica
UIS	Instituto de Estadística de la Unesco (sigla en inglés)
UNA	Universidad Nacional de Costa Rica
UNED	Universidad Estatal a Distancia
Unesco	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USPTO	Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (sigla en inglés)
UTN	Universidad Técnica Nacional