

Centro de Investigación en Biotecnología: 30 Aniversario

Biotechnology Research Center: 30th Anniversary

Laura A. Calvo-Castro¹, Carlos Alvarado-Ulloa²

Calvo-Castro, L.A.; Alvarado-Ulloa, C. Centro de investigación en biotecnología: 30 aniversario. *Tecnología en Marcha*. Vol. 37, N° especial. 30 Aniversario del Centro de Investigación en Biotecnología. Noviembre, 2024. Pág. 7-19.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v37i9.7605>

1 Centro de Investigación en Biotecnología, Escuela de Biología, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 ancalvo@itcr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0001-5101-9105>

2 Centro de Investigación en Biotecnología, Escuela de Biología, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 calvarado@itcr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-3739-2701>

Palabras clave

Biotecnología ambiental; biotecnología vegetal; biocontrol; biomedicina; bioprocesos.

Resumen

El Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) de la Escuela de Biología del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) cuenta con 14 laboratorios especializados en los cuales se desarrollan más de 40 proyectos de investigación multidisciplinarios en las áreas de Biotecnología Vegetal, Biotecnología Ambiental, Aplicaciones Biomédicas y Bioprocesos. El objetivo del CIB es generar conocimiento científico-tecnológico, capacitación y servicios, en las diferentes áreas de aplicación de la biotecnología, para contribuir con el desarrollo nacional y regional. En su 30 aniversario, el CIB sigue a la vanguardia en investigación biológica y desarrollo tecnológico, proporcionando soluciones concretas para las diversas necesidades del sector productivo y la sociedad costarricense.

Keywords

Environmental biotechnology; plant biotechnology; biocontrol; biomedicine; bioprocess.

Abstract

The Biotechnology Research Center (CIB) of the School of Biology of the Technological Institute of Costa Rica (TEC) has 14 specialized laboratories and hosts more than 40 multidisciplinary research projects in Plant Biotechnology, Environmental Biotechnology Biomedical Applications, and Bioprocesses. The objective of CIB is to generate scientific-technological knowledge, training, and services, in the different areas of application of biotechnology, to contribute to national and regional development. In its 30th anniversary, CIB continues to generate science and technology in biological and life sciences topics, providing concrete solutions to different needs of the productive sector and general society in Costa Rica.

Introducción

El término “biotecnología” fue acuñado en 1919 por el ingeniero agrícola húngaro Karl Ereky [1]; sin embargo, su uso se popularizó hasta la década de los años 60 para designar las actividades técnicas con seres vivos y sus aplicaciones [2]. Actualmente, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) define la biotecnología como “la aplicación de la ciencia y la tecnología a organismos vivos, así como a sus partes, productos y modelos, para alterar materiales vivos o no vivos, para la producción de conocimiento, bienes y servicios”, y categorizan las acciones en biotecnología en siete categorías: ADN/ARN; proteínas y otras moléculas; cultivo e ingeniería de células y tejidos; bioprocesos; vectores de genes y ARN; bioinformática; y nanobiotecnología [3]. El Manual de Frascati [4] considera cinco áreas de acción de la biotecnología: biotecnología ambiental, biotecnología industrial, biotecnología médica y biotecnología agrícola. Sin embargo, la biotecnología es una actividad multidisciplinaria, que comprende una gran variedad de técnicas, y se considera como un área de tecnologías convergentes con gran potencial de apoyar la productividad científica de otros sectores [5].

Antecedentes

En Costa Rica, las actividades formales en biotecnología iniciaron en la década de los ochenta, particularmente en el área de Biotecnología Vegetal [6]. La Biotecnología se ha incluido como una de las áreas prioritarias de intervención de los Planes Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014 [5] y 2015-2021 [7], y es parte de los temas de Bioeconomía e Investigación en salud humana y ciencias de la vida del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2027 [8]. Además, el Programa de Innovación y Capital Humano para la Competitividad incluye a la biotecnología como una de las estrategias “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) [9]. La Biotecnología es también una de las áreas de interés del Plan de Medio Siglo de la Estrategia Siglo XXI [9]

Creación del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB)

El “Área de Biología” fue creada en el TEC en 1982 para la administración de los cursos de biología y genética que se impartían desde 1976 para las carreras de ingeniería en el campo agroforestal. Las primeras actividades de investigación de esta área iniciaron formalmente en 1986, y estuvieron enfocadas en temas de biotecnología vegetal, particularmente en cultivo de tejidos vegetales y mejoramiento genético de especies de interés agrícola y ornamental (chayote, papa, mora, orquídeas), y domesticación de especies forestales nativas. Esto llevó a la creación de la Escuela de Biología en 1991; al establecimiento del primer laboratorio de biotecnología en el TEC en 1992, donde se sumaron actividades de transferencia de tecnología y venta de servicios biotecnológicos; y culminando con la fundación del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB), el 10 de marzo del 1994, con la M.Sc. Dora Flores como su primera coordinadora. Además, la creación del CIB sirvió como base para la instauración en 1996 del programa de Bachillerato en Ingeniería en Biotecnología del TEC (con énfasis en cultivo de tejidos vegetales y recursos fitogenéticos), siendo por varios años el único plan de estudios en esta disciplina en el país y en la región centroamericana [6].

Objetivo, Misión y Visión del CIB

El Reglamento del Centro de Investigación en Biotecnología del ITCR, aprobado por el Consejo Institucional, sesión No. 1810/9, del 23 de febrero de 1995, establece que el Objetivo General del CIB es generar conocimiento científico-tecnológico, capacitación y servicios, en las diferentes áreas de aplicación de la biotecnología, para contribuir con el desarrollo nacional y regional. La Misión del CIB es desarrollar investigación, extensión y servicios en biotecnología, ofreciendo soluciones pertinentes y de excelencia mediante el trabajo multidisciplinario. La Visión del CIB es ser un Centro de Investigación líder en biotecnología que impacte positivamente en el ambiente y en la calidad de vida de la sociedad [10]. Actualmente, las actividades de investigación del CIB contribuyen en las acciones de al menos 12 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (figura 1).



Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible a los cuales contribuyen las acciones de investigación del Centro de Investigación en Biotecnología del Instituto Tecnológico de Costa Rica (2024) (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>).

Proyectos de investigación en el CIB

En el CIB se desarrollan proyectos de investigación y extensión en cuatro áreas (cuadro 1): Biotecnología Ambiental, Biotecnología Vegetal, y Aplicaciones Biomédicas, establecidas desde el 2009; además, en el 2023 se formalizó la creación de una nueva área de investigación en Bioprocesos.

Cuadro 1. Áreas de investigación del Centro de Investigación en Biotecnología, 2024.

Área	Descripción	Líneas de investigación
Biotecnología Ambiental	Involucra estudios relacionados con biodiversidad, aplicaciones de la biotecnología para la producción sostenible, recursos naturales, y fuentes renovables de energía, enfocados hacia la identificación, aislamiento, cultivo a gran escala, y obtención de subproductos de valor.	1. Cultivos bio-energéticos y micro-algales.
		2. Bioprospección con microorganismos e insectos.
		3. Escalamiento de microorganismos y compuestos bioactivos de interés.
		4. Estudio de comunidades microbianas de potencial agrícola y ambiental.
		5. Control biológico de plagas y enfermedades como estrategia agrícola y ambiental.
Biotecnología Vegetal	Uso de plantas para el estudio de su potencial biotecnológico y desarrollo de productos o servicios. Involucra la aplicación de técnicas de fitomejoramiento, ingeniería genética, cultivo <i>in vitro</i> y todas aquellas requeridas para la conservación, producción o escalamiento de materiales vegetales.	1. Producción, bio-prospección y escalamiento de biomasa y compuestos funcionales de origen vegetal.
		2. Conservación y caracterización genética de germoplasma vegetal.
		3. Aplicaciones ómicas al fitomejoramiento.
		4. Fitopatología molecular
		5. Estudio, producción y evaluación de moléculas con aplicaciones en sistemas biológicos

Área	Descripción	Líneas de investigación
Aplicaciones Biomédicas	Comprende actividades de investigación, docencia y extensión relacionadas a la aplicación de los principios y técnicas de la ingeniería y la biotecnología para aportar a la innovación, prevención, promoción y atención de la salud humana, veterinaria y poblacional.	1. Biología molecular, estructural, y bioquímica de proteínas
		2. Sistemas de regulación y expresión génica
		3. Ingeniería de tejidos y medicina regenerativa
		4. Bioactividad
		5. Toxicología
Bioprocesos	Comprende investigaciones consolidadas dirigidas al diseño, escalamiento, prototipado y validación de tecnologías y procesos biotecnológicos que promuevan el desarrollo científico y tecnológico del país, en alianza con sectores académicos y comerciales, a nivel nacional e internacional.	1. Diseño
		2. Bioeconomía
		3. Escalamiento
		4. Prototipado
		5. Validación

Fuente: Centro de Investigación en Biotecnología, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Desde su creación, se han desarrollado en el CIB más de 250 proyectos de investigación y extensión inscritos en la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del ITCR, así como numerosos trabajos de tesis (desde Bachillerato hasta Doctorado), proyectos estudiantiles, e investigaciones contratadas a través de la Fundación Tecnológica de Costa Rica (FUNDATEC). En los últimos 5 años, se han realizado en el CIB alrededor de 40 proyectos de investigación y extensión en promedio por año (Figura 2). En el 2023, en el CIB se ejecutaron actividades de cuatro proyectos de extensión y 40 proyectos de investigación (Cuadro 2), 36 de ellos coordinados por la Escuela de Biología y ocho coordinados por otras Escuelas del TEC. La mayoría de los proyectos han sido financiados mediante fondos otorgados por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del ITCR; así como por el Fondo del Sistema del Consejo Nacional de Rectores (CONARE) del Sistema de Educación Superior Universitaria Estatal de Costa Rica; el Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT); el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN); el Ministerio de Agricultura y Ganadería, y otros fondos públicos de Costa Rica. Además, también se ha contado con financiamiento por parte de diversos entes internacionales.

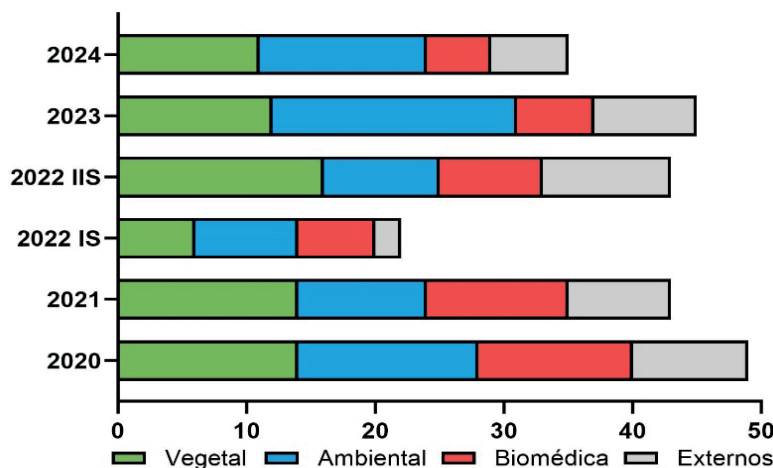


Figura 2. Cantidad de proyectos de investigación desarrollados en el CIB en Biotecnología Vegetal, Biotecnología Ambiental, Aplicaciones Biomédicas, y colaboración en proyectos de otras Escuelas del TEC (externos), del 2020 al 2024. Fuente: Centro de Investigación en Biotecnología, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Cuadro 2. Listado de los proyectos de investigación y extensión ejecutados en el CIB en los últimos 5 años (2020-2025).

Vigencia	Nombre del proyecto
<i>Biotecnología Ambiental</i>	
2020-2023	Nanobiofertilizantes: uso de arcillas en la preparación de emulsiones de Pickering para formulados agrícolas a base de biomasa microalgal de <i>Arthrospira máxima</i>
2020-2023	Caracterización de actividad lipasa endógena de especies de microalgas y desarrollo de transesterificación <i>in situ</i> para la producción de ésteres etílicos de ácidos grasos, como materia prima para biocombustibles
2020-2023	Alimentómica de microalgas: determinación de metabolitos primarios y secundarios en biomasas microalgales para la elaboración de alimentos funcionales
2020-2023	Desarrollo de un producto alimenticio a partir de biomasa microalgal de <i>Arthrospira maxima</i> con alto valor nutricional (Financiamiento CONARE)
2022-2023	Desarrollo sostenible en acuicultura: Nutrición de alevines con nuevo suplemento microalgal rico en proteína (Financiamiento MICITT)
2022-2023	Acuicultura descarbonizada: Mitigación de carbono mediante la generación de suplementos alimenticios con microalgas nativas (Financiamiento MIDEPLAN)
2021-2023	Biorefinería de microalgas: Desarrollo de un proceso integral sostenible para la producción de compuestos bioactivos a base de microalgas para la agricultura, ganadería y acuicultura (Financiamiento MICITT)
2022-2023	Contaminación del maíz costarricense por especies toxigénicas de <i>Fusarium</i> spp (Financiamiento CONARE)
2022-2024	Genómica de actinobacterias asociadas a avispas sociales para estudio de elementos genéticos antimicrobianos
2022-2024	Vida en el extremo: Novedoso abordaje para la exploración genómica y fisiológica de microorganismos fotosintéticos extremófilos
2022-2024	Desarrollo de una estrategia interinstitucional para la reducción de contaminantes emergentes en cuerpos de agua de la GAM, Costa Rica
2022-2024	Caracterización y aprovechamiento de micorrizas como herramienta de producción sostenible y resistencia ante el estrés hídrico en <i>Coffea arabica</i>
2023-2024	Interacción entre plantas de piña (<i>Ananas comosus</i>), mediada por hongos micorrícicos, sometidas a diferentes condiciones de estrés
2024-2025	Metabolómica de compuestos antimicrobianos obtenidos de actinobacterias aisladas de avispas sociales
2023-2024	Implementación de un plan de manejo con bioestimulantes de microalgas para la producción de hortalizas (Proyecto de Extensión)
2024-2025	Implementación de bioestimulantes a base de microalgas en la producción comercial de fresa (Proyecto de Extensión)
2024-2025	Humedales productivos: pasos iniciales para un reúso seguro de agua residual tratada
2024-2025	Acceso a fuentes novedosas de productos naturales: Alcance multiómico innovador y transdisciplinar para el descubrimiento de metabolitos bioactivos en Actinobacterias y Cianobacterias de ambientes extremos
<i>Biotecnología Vegetal</i>	
2020-2024	Desarrollo y transferencia del conocimiento científico y métodos agroforestales para la producción óptima y sostenible de fibras naturales de abacá (<i>Musa textilis</i> Née) para la exportación (Financiamiento MICITT)
2020-2023	Formulación de un prototipo de uso tópico a partir de extractos de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> ., variedad Festival) ricos en antocianinas
2022-2024	Validación de un método de cuantificación de metabolitos de <i>Cannabis</i> sp. mediante HPLC-DAD-FL
2022-2025	Desarrollo de un método rápido de detección de la enfermedad viral del camote (SPVD) y estudio del comportamiento de insectos vectores asociados, como estrategia de prevención y control fitosanitario en apoyo a la competitividad del sector productivo de Costa Rica (co-financiado por INTA)
2022-2025	Desarrollo de líneas de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) producidas por mutagénesis radioinducida para una agricultura más resiliente y productiva
2023-2024	Producción biotecnológica de dos variedades comerciales de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i>) y fortalecimiento de las capacidades para su manejo en invernadero y campo

Vigencia	Nombre del proyecto
2023-2025	Fortalecimiento de la capacidad productiva de agricultores de papa a través de la biotecnología agrícola como respuesta de reactivación económica: II etapa (Proyecto de Extensión)
2023-2024	Establecimiento de una estrategia de cultivo <i>in vitro</i> de <i>Cannabis sativa</i> en <i>Saccharomyces cerevisiae</i> para la producción de fibra y cannabinoides (CBD, CBG)
2023-2024	Implementación de un protocolo para la identificación de Organismos Genéticamente Modificados en Piña Rosé, algodón y soya de interés comercial de Costa Rica
2023-2024	Aprovechamiento de residuos de cascarilla de arroz para la producción de xilitol mediante biología sintética
2023-2024	Caracterización molecular nivel nuclear y plastidial de especies medicinales asociadas al tratamiento de la diabetes
2023-2024	Evaluación y transferencia de un recubrimiento protector postcosecha a base de quitosano contra <i>Botrytis cinerea</i> en bayas de interés comercial (Proyecto de Extensión)
2024-2026	Producción de líneas mutantes de arroz tolerantes a suelos ácidos para contribuir con la productividad agrícola nacional
2024-2025	Determinación del perfil fitoquímico de hoja y fruto de <i>Jatropha curcas</i> (tempate) en Costa Rica (Fase I)
<i>Aplicaciones Biomédicas</i>	
2022-2024	Determinación de los mecanismos moleculares de proteínas pro-coagulantes humanas mediante cristalografía de rayos X de macromoléculas biológicas, Fase II
2022-2023	Comparación del escenario de exposición a tóxicos para Nefropatía Mesoamericana (Enfermedad Renal Crónica ERC) entre Costa Rica y Panamá y su correlación con la salud de la población afectada
2022-2024	Papp Fase I: Establecimiento de un modelo intestinal <i>in vitro</i> para el cálculo del coeficiente de permeabilidad aparente de compuestos bioactivos
2023-2024	Determinación del potencial hipoglicémico de <i>Kalanchoe pinnata</i> , mediante un modelo agudo vs crónico en ratas diabéticas
2023-2024	INNOrganic: INNnovation in ORGANIC study models for preclinical testing Fase I (GI): Prueba de concepto en la modelación de un sistema digestivo <i>in vitro</i> en un sistema organ-on-a-chip
2023-2025	Extra-synaptic Neuregulin-2 signaling functions in GABAergic and glutamatergic cortical networks (Fondo CONARE – Instituto Max Plank)
<i>Proyectos coordinados por otras Escuelas del TEC</i>	
2020-2023	Desarrollo de sistema para evaluación biomecánica de implantes para prótesis óseo-integradas en modelos mímicos de hueso impresos en 3D (Aplicaciones Biomédicas). Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales
2022-2024	Uso de hongos micorrízicos arbusculares asociados naturalmente a tres especies forestales (Biotecnología Ambiental). Escuela de Ingeniería Forestal
2022-2024	Fabricación de celdas biosolares a partir de biomasa de microalgas: Doble cosecha de la energía solar para producción de proteínas fotosintéticas y energía fotovoltaica (Biotecnología Ambiental). Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales
2022-2025	Manejo integrado de la marchitez de la melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.) y de la muerte descendente de la teca (<i>Tectona grandis</i> L.) (Biotecnología Ambiental). Escuela de Ing. Forestal
2022-2024	Determinación de impactos inmediatos y a largo plazo sobre la dinámica en el hábitat acuático disponible comparando las condiciones en cola de embalse, el trayecto crítico y aguas abajo de la restitución del Proyecto Hidroeléctrico del río Pirrís (Biotecnología Ambiental). Escuela de Ingeniería Agrícola
2022-2024	Desarrollo de patrón de estimulación mecánica para inducir la diferenciación de mioblastos a músculo esquelético (Aplicaciones Biomédicas). Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales
2022-2023	Obtención de materiales porosos producidos a partir de biopolímeros extraídos de residuos agroindustriales para aplicaciones biomédicas (Aplicaciones Biomédicas). Escuela de Química
2023-2024	Caracterización de la arquitectura vernácula de la ciudad de Puntarenas (Biotecnología Ambiental). Escuela de Arquitectura y Urbanismo
2024-2025	Determinación del caudal ambiental para el mejoramiento de la gestión integrada del recurso hídrico en el río Sarapiquí mediante una metodología holística (Biotecnología Ambiental). Escuela de Ingeniería Agrícola

Publicaciones científicas del CIB

Históricamente, los proyectos de investigación y extensión del CIB se enfocaron inicialmente en la transferencia de tecnologías y en la resolución de problemas de los productores agrícolas locales. Debido a esto, durante los primeros años de existencia del CIB, la mayoría de las publicaciones de resultados fueron en boletines y medios de comunicación masiva. Sin embargo, el crecimiento en personal, infraestructura y equipamiento científico ha permitido el aumento y mayor diversificación de las actividades de investigación del CIB, lo cual se refleja en un crecimiento exponencial en la cantidad de artículos científicos publicados en revistas internacionales de alto impacto en los últimos 10 años (Figura 3). El aumento en la cantidad de publicaciones anuales es una tendencia que se repite en casi todos los centros de investigación del TEC, con un incremento marcado a partir de 2018 (Figura 3). Es posible que esto se deba a las nuevas políticas institucionales, que exigen la entrega de al menos una publicación científica por proyecto de investigación y extensión. Además, en el 2018 inició la reinscripción de más de 30 investigadores que recibieron becas institucionales para realizar estudios doctorales en los años inmediatamente anteriores.

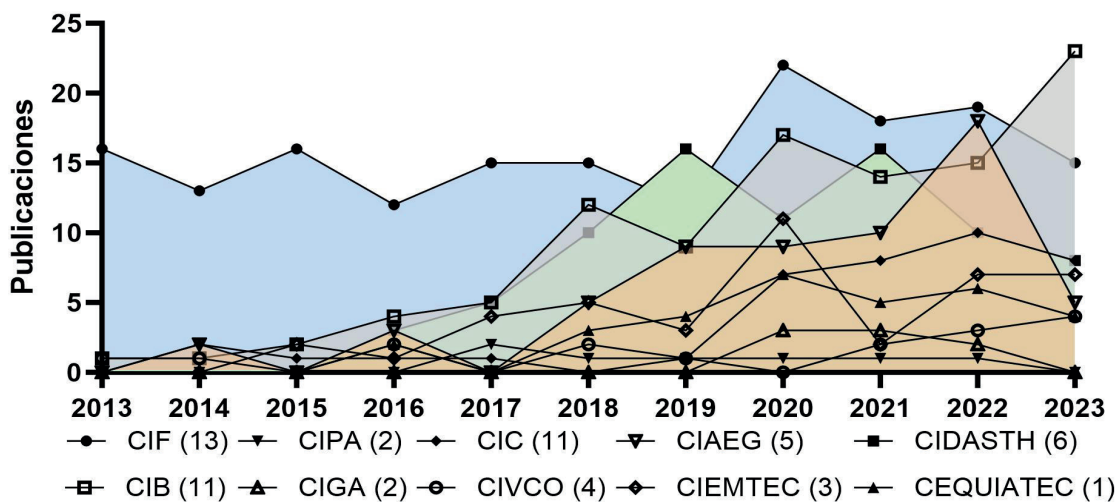


Figura 3. Cantidad de artículos científicos publicados (artículos de investigación original + revisiones de literatura) en revistas científicas indexadas en la base de datos Scopus por los investigadores de mayor producción científica (entre paréntesis) de los centros de investigación del TEC, del 2013 al 2023. CIF, Centro de Investigación en Innovación Forestal; CIB, Centro de Investigación en Biotecnología; CIPA, Centro de Investigación en Protección Ambiental; CIGA, Centro de Investigación en Gestión Agroindustrial; CIC, Centro de Investigaciones en Computación; CIVCO, Centro de Investigación en Construcción; CIAEG, Centro de Investigaciones en Administración, Economía y Gestión Tecnología; CIEMTEC, Centro de Investigación y Extensión en Ingeniería de los Materiales; CIDASTH, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible para el Trópico Húmedo; CEQUIATEC, Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos. Fuente: Pure, Elsevier; febrero 2024; <https://www.elsevier.com/products/pure>.

Sumando los artículos científicos publicados en otras plataformas además de Scopus, los investigadores del CIB generaron más de 30 artículos científicos por año en el 2022 y 2023. Además, muchas de las publicaciones científicas del CIB se han realizado en colaboración con otras instituciones académicas a nivel nacional e internacional (figura 4).



Figura 4. Algunas colaboraciones internacionales (artículos publicados en revistas científicas indexadas en la base de datos Scopus) de los once investigadores de mayor producción científica del CIB en los últimos 5 años. (Pure, Elsevier; febrero 2024; <https://www.elsevier.com/products/pure>).

Recurso humano del CIB

En promedio, en los últimos 5 años han trabajado en el CIB 40 profesores investigadores y extensionistas, de los cuales (para el 2023) 20 fueron mujeres y 20 hombres; tres con grado de Licenciatura, 16 con grado de Maestría, y 21 con grado de Doctorado (52.5%). Trece de estos investigadores cuentan con grados académicos obtenidos fuera del país. Además, por semestre, alrededor de 90 estudiantes (en su mayoría de la carrera de Ingeniería en Biotecnología) participan en los proyectos como asistentes de investigación y extensión, incluyendo estudiantes de tesis en programas desde bachillerato hasta doctorado.

Infraestructura y equipamiento del CIB

El Centro de Investigación en Biotecnología se localiza en la zona este del Campus Central del TEC, en el Cantón Central de la provincia de Cartago, Costa Rica. Actualmente cuenta con 14 laboratorios especializados (Figura 5), un campo experimental frutícola, un invernadero y dos estanques para cultivo de microalgas a gran escala, ocupando una superficie de 15 mil metros cuadrados. También se cuenta con un cuarto frío a 4°C, una bodega para solventes, dos bodegas para materiales, una sala de reuniones para 8 personas, un aula para 30 personas y un pequeño comedor.

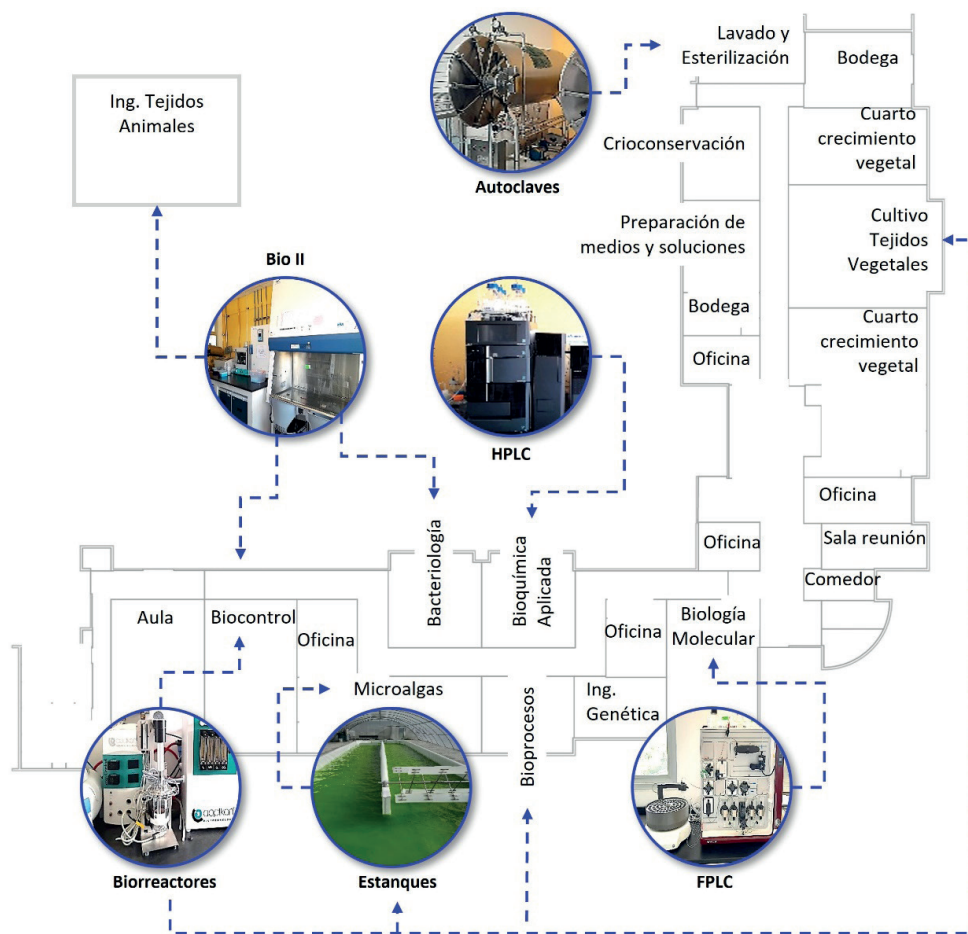


Figura 5. Distribución de los principales laboratorios del CIB y algunos equipos de investigación (plano cortesía de la Oficina de Ingeniería del ITCR).

Además de los equipos de laboratorio básicos (balanzas, microscopios, agitadores, pHmetros, incubadoras, baño maría, centrífugas, ultracongeladores, autoclaves, destilador), el CIB también cuenta con equipos especializados como cromatografía líquida de proteínas a alta velocidad (FPLC, por sus siglas en inglés); cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC, por sus siglas en inglés) acoplada con un detector de arreglo de diodos, un detector de fluorescencia y un detector de índice de refracción; sistemas de biorreactores para microorganismos y células vegetales; qPCR; espectrofotómetros (UV, luz visible, y fluorescencia; para microvolumen, cubetas o multiplacas); termocicladores; electroporador; contadores de células; almacenamiento de muestras en nitrógeno líquido; microscopios de fluorescencia; incubadoras de CO₂; un sistema documentador de geles; liofilizadores; entre otros.

La importancia del CIB para Costa Rica

Comunicación de resultados. Los conocimientos y las tecnologías generadas en el CIB se divulgan mediante diversas estrategias de comunicación, incluyendo publicaciones científicas, notas en medios de comunicación masiva y publicaciones en redes sociales. Las múltiples publicaciones científicas derivadas de los proyectos de investigación, incluidos artículos, libros, y ponencias, dan respuesta a problemas y necesidades actuales, sirven de base para

realizar otras investigaciones, y apoyan los diversos procesos de enseñanza. La producción académica del CIB también aporta a los índices de impacto institucionales y nacionales en redes internacionales, aumentando el alcance y visibilidad de la ciencia costarricense.

Impacto en la oferta académica. El desarrollo de nuevos conocimientos y tecnologías a través de los proyectos de investigación ejecutados en el CIB ha permitido actualizar los planes de estudio de los programas académicos en Ingeniería en Biotecnología que imparte el TEC, mejorando el contenido de los diferentes cursos, incluyendo prácticas de laboratorio con técnicas actuales de última tecnología. Asimismo, aproximadamente la mitad de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Biotecnología participan como asistentes en algún proyecto de investigación del CIB, mejorando su formación académica durante su paso por la universidad, y las horas laboradas les pueden ser reconocidas como experiencia laboral en el futuro.

Oferta de bienes y servicios. Algunas de las tecnologías desarrolladas en el CIB han permitido establecer una variada oferta de servicios y productos que se ponen a disposición del sector productivo y la sociedad costarricense en general, incluyendo análisis de laboratorio, venta de productos terminados (plantas, bioinsumos agrícolas), asesorías, consultorías y capacitaciones, atendiendo necesidades principalmente del sector industrial y agropecuario del país. Además, los recursos generados por la venta de servicios y productos en el CIB permiten la reinversión en actividades de investigación e incluso la generación de empleo.

Transferencia de tecnología. Muchos de los proyectos de investigación del CIB están estrechamente comprometidos con la resolución de problemas locales, e incluyen actividades de capacitación y transferencia de prácticas y tecnologías al sector productivo. Además, cuando las tecnologías son protegidas por alguna modalidad de propiedad intelectual, como el secreto industrial, estas son puestas a disposición por medio de licenciamientos que adquieren las empresas, para mejorar así sus procesos productivos y su inserción en el mercado, incrementando su competitividad mediante innovación.

Perspectivas a futuro de la Biotecnología en Costa Rica

Dado que Costa Rica posee gran diversidad en riqueza natural y cuenta con una población con altos índices educativos y una reconocida vocación por la sostenibilidad, la biotecnología juega un papel fundamental en el desarrollo económico del país. El Plan Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación aprobado para el periodo 2022-2027 [8] consideró la *Bioeconomía* y la *Investigación en Salud Humana y Ciencias de la Vida* como temáticas transversales, donde las aplicaciones biotecnológicas tendrán un gran impacto para lograr los objetivos propuestos. La identificación de Costa Rica como un país de gran riqueza en recursos de biodiversidad sienta las bases para fortalecer la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), especialmente en temas como el desarrollo de nuevos fármacos, la agricultura de precisión, los biomateriales, la biotecnología y la nanotecnología, generando importantes ventajas competitivas para el país en mercados internacionales.

En el año 2020 el Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT), en conjunto con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC) y el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) presentaron la Estrategia Nacional de Bioeconomía para el periodo 2020-2030, la cual busca posicionar al país como un centro regional en esta temática y aprovechar la ubicación geográfica de Costa Rica para la integración a cadenas de valor en América del Norte y Europa [11]. La visión de la Estrategia Nacional de Bioeconomía es “*cimentar una Costa Rica con producción sostenible de alto valor agregado en todas sus regiones y biociudades emergentes, basada en el aprovechamiento justo y equitativo de su biodiversidad, el uso circular de la biomasa y en el*

progreso biotecnológico del país como sociedad del conocimiento” [11], quedando así claro cómo la biotecnología tendrá un rol importante para lograr el cumplimiento de las políticas y estrategias de desarrollo económico planteadas para el país en los años venideros.

En el estudio denominado “Mapeo de biotecnología: caracterización de la industria”, realizado por la Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER) y presentado en el 2020 [12], se indicó que el sector biotecnológico costarricense había generado en el 2018 un total de 6.821 empleos directos entre empresas, emprendimientos y centros investigación relacionados con esta área. El análisis reveló ingresos alrededor de USD \$629 millones, equivalente al 1,05% de la economía nacional al compararlo con el PIB. Es de esperar que, si las condiciones del país se ven favorecidas por un ambiente apto para realizar negocios y actividades de I+D+i en biotecnología, los índices de empleo e inversión aumentarían y con ello el desarrollo económico del país. De ahí la importancia de generar un “ecosistema” amigable con la inversión generada, para que pueda desarrollarse de manera óptima, sin verse minimizada o reducida por otras políticas equívocas que entorpezcan la actividad.

Algunos de los retos que presenta el país para contar a futuro con un adecuado clima de negocios y para una adecuada realización de actividades de I+D+i en biotecnología, es la adquisición (importación, compra, almacenamiento y distribución) de insumos para la docencia, investigación, desarrollo e innovación en este sector, tales como reactivos químicos e insumos biológicos (enzimas, ácidos nucleicos, proteínas, cepas de bacterias, hongos, células animales, entre otros). El país tiene una brecha importante comparado a otros países científicamente competitivos debido a la limitación en tiempo y forma para obtener la materia prima para la investigación. Las consecuencias de esta situación la sufren los importadores, los comercializadores y los usuarios finales de estos bienes, docentes e investigadores, a nivel público y privado.

Por otro lado, se ha identificado la necesidad de promover el trabajo colaborativo entre la industria, la academia y el gobierno. Es esencial mejorar la coordinación y la cooperación a través de relaciones y alianzas estratégicas más eficientes y dinámicas. Existe una gran necesidad de reducir las complicaciones administrativas, los procesos complejos a nivel regulatorio, de tramitología, de registro de productos y servicios biotecnológicos nacionales e internacionales, que generan trabas e impiden la agilidad a nivel público y privado. También se señala la importancia de incrementar las alianzas público-privadas, en especial en las relaciones de las universidades con las empresas, impulsando un incremento de la innovación a partir de las investigaciones realizadas en los centros de investigación mediante mecanismos de transferencia tecnológica.

Otro elemento que haría de Costa Rica un país atractivo para la inversión extranjera en biotecnología es la generación de encadenamientos dentro del sector productivo que favorezcan la transferencia de tecnología, la implementación de mejores prácticas, y el desarrollo de actividades o servicios especializados en biotecnología de mayor valor agregado. Las inversiones realizadas en el país en infraestructura, instalaciones de laboratorios y capacidades científico-tecnológicas son una base sólida y necesaria para lograr dichos encadenamientos.

Finalmente, para poder superar estos retos mencionados, se requieren programas fuertes e integrales que permitan formar recurso humano altamente calificado y técnico, y promover actividades de investigación y desarrollo de alto impacto y con aplicaciones reales, basadas en necesidades de los diferentes grupos productivos del país.

Conclusiones y recomendaciones

Dadas las capacidades del CIB en términos de infraestructura, equipo y recurso humano, queda claro que este centro de investigación tiene un papel fundamental al sumarse a las instancias que conforman el sistema de innovación costarricense, generando ciencia y tecnología en el área biológica, para dar soluciones concretas a diferentes necesidades del sector productivo y de la sociedad costarricense.

Referencias

- [1] M. G. Fári and U. P. Kralovánszky, "The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky," *Int J Horti Sci*, vol. 12, no. 1, pp. 9–12, 2006, doi: 10.31421/ijhs/12/1/615.
- [2] M. Valdez, R. López, and L. Jiménez, "Estado actual de la biotecnología en Costa Rica," *Rev Biol Trop*, vol. 52, no. 3, pp. 733–743, 2004.
- [3] OECD, "Biotecnology," in *OECD Factbook 2013: Economic, Environmental and Social Statistics*, OECD, Paris: OECD Publishing, 2013, pp. 156–157. doi: 10.1787/factbook-2013-en.
- [4] OECD, *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*. Paris: OECD Publishing, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239012-en> ISBN.
- [5] MICIT, *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*. 2011.
- [6] E. Arnáez-Serrano, I. Moreira-González, S. Alvarenga-Venutolo, A. Abdelnour-Esquivel, D. Flores-Mora, and M. Rojas-Chaves, "Proceso Visionario hacia el Desarrollo Biotecnológico," *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 32, pp. 6–11, 2019, doi: 10.18845/tm.v32i9.4614.
- [7] MICITT, *PLAN NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, 2015-2021*. 2015.
- [8] MICITT, *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2022-2027*. 2021.
- [9] "Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación," 2014. doi: 10.2307/j.ctv14rnr60.25.
- [10] "Reglamento del Centro de Investigación en Biotecnología del Instituto Tecnológico de Costa Rica." [Online]. En: <https://www.tec.ac.cr/reglamento-centro-investigacion-biotecnologia-instituto-tecnologico-costa-rica>
- [11] MICITT, *Estrategia Nacional de Bioeconomía Costa Rica 2020-2030*. 2020.
- [12] PROCOMER, "Mapeo de biotecnología: caracterización de la industria," Costa Rica, 2020.