

Ejes temáticos y líneas de investigación del Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica (1979-2022)

Thematic Axes and Lines of Research of the Center for Geophysical Research, University of Costa Rica (1979-2022)

Recibido: 24-02-2025

Aprobado: 20-10-2025

Luis Diego Arias Campos
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica
luis.ariascampos@ucr.ac.cr

ORCID: 0000-0001-7906-7969

Gabriel Madriz Sojo
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica
gabriel.madriz@ucr.ac.cr

ORCID: 0000-0002-8059-3234

Ronald Eduardo Díaz Bolaños
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica
ronald.diaz@ucr.ac.cr

ORCID: 0000-0003-2860-6744

Hugo Hidalgo León
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica
hugo.hidalgo@ucr.ac.cr

ORCID: 0000-0003-4638-0742



Resumen

Este trabajo estudia la trayectoria temática e investigativa del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) de la Universidad de Costa Rica a partir del análisis de las menciones de las palabras en los resúmenes de sus publicaciones, las cuales fueron procesadas en el sitio web Word Art tanto en idioma español como inglés. Los resultados evidencian la relevancia permanente de la Física Atmosférica, acompañada de un componente geológico (vulcanología y sismología) durante las primeras dos décadas, el cual disminuyó posteriormente debido al traslado de las personas investigadoras en Geología hacia otras unidades y centros de investigación. A partir de la década de 1990 se observa una creciente vinculación con las Ciencias Sociales, atribuible a la apertura del Programa de Estudios Sociales de la Ciencia, la Técnica y el Medio Ambiente (PESCTMA). En conjunto, las publicaciones del CIGEFI han estado en consonancia con su misión que establece su especialidad en los fenómenos geofísicos con vocación multi, trans e interdisciplinaria.

Palabras clave: clima; geofísica; historia; investigación; meteorología.

Abstract

This paper studies the thematic and research trajectory of the Center for Geophysical Research (CIGEFI) of the University of Costa Rica based on the analysis of the most-repeated words in the summaries of its publications while also uses Word Art website as a tool in both Spanish and English. The permanent relevance of Atmospheric Physics is evident, together with a geological component (volcanology and seismology) during the first two decades, this relevance was reduced because of the transfer of Geology researchers to other units and research centers. From the 1990s onwards, there was a growing link with the Social Sciences attributable to the opening of the Social Studies Program of Science, Technology and the Environment (PESCTMA). CIGEFI's publications have been in line with its mission, which establishes its specialty in geophysical phenomena with a multi, trans and interdisciplinary specialization.

Keywords: climate; geophysics; history; research; meteorology.

Introducción

El Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) de la Universidad de Costa Rica (UCR) fue creado en febrero de 1979 con un enfoque inicial dirigido al estudio de la Hidrología, la Climatología y la Meteorología. Estaba compuesto por profesionales en Geología, Ingeniería Civil y Física, que respondió a las posibilidades de creación de un centro interdisciplinario dedicado a las temáticas geofísicas (Fernández, 1998). A partir de ese momento, los énfasis investigativos se han ido transformando en función de los intereses de las personas investigadoras, las redes que poseen y sus alcances, así como los espacios en los que participan y publican sus trabajos (Calvo & Alfaro, 2018).

A nivel nacional, la década de 1970 fue una época caracterizada por la formalización de políticas científicas y tecnológicas, siendo la creación del Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) en 1972, uno de los acontecimientos más relevantes al respecto. No obstante, el establecimiento de una institucionalidad en materia de ciencia y tecnología no tendría un impulso significativo hasta una década después, a raíz del apoyo de organismos internacionales (Fernández, 1995a; Díaz & Arias, 2022). En la (UCR), ese contexto se expresó a través de la creación de la Vicerrectoría de Investigación, la cual derivó en una pluralidad de institutos y centros de investigación que, a criterio de Gutiérrez (2005), han favorecido la innovación, la excelencia académica y el vínculo de la universidad con la sociedad.

Este trabajo tiene como propósito realizar un análisis de las tendencias investigativas del CIGEFI a través del estudio de las palabras más mencionadas en los resúmenes de sus publicaciones. En la primera parte se expone el contexto que permitió y dio origen al Centro, y en los siguientes apartados se profundiza en el análisis de las nubes de palabras por década. Finalmente, se presenta un balance general de las tendencias de las publicaciones a lo largo de la existencia del CIGEFI, examinadas a la luz de los objetivos institucionales del mismo.

Metodología

Para esta investigación se han tomado como fuentes de análisis la totalidad de las publicaciones llevadas a cabo por personas investigadoras del CIGEFI desde 1979 hasta el

año 2022 (la lista completa de las publicaciones se puede encontrar en su sitio web.¹). En cuanto al proceso de selección, el criterio mínimo y suficiente para incorporar una publicación es que al menos uno de sus autores o autoras haya reconocido su filiación institucional con el Centro.

Una vez definida la selección del corpus, se extrajeron los resúmenes (o *abstracts*) de todas las publicaciones y se introdujeron en el sitio web Word Art,² el cual despliega un gráfico con las palabras más frecuentes del texto, mostrando su tamaño de forma proporcional a la cantidad de veces que aparecen.

Como siguiente paso metodológico, se llevó a cabo el ingreso de los resúmenes al sitio web según los siguientes períodos: 1979-1988, 1989-1998, 1999-2008, y 2009-2022, tanto para las publicaciones en inglés como para las que fueron en español. Para cada período se obtiene un gráfico en forma circular que contiene un aproximado de 50 palabras con mayor peso frecuencial, entre las que se incluyen sustantivos y adjetivos (de género masculino y femenino, o en singular y plural contabilizados dentro de una misma palabra). A la vez, se excluyen verbos y adverbios, y se admiten combinaciones de palabras (principalmente nombres propios y regiones geográficas de estudio). Asimismo, la frecuencia de las palabras y combinaciones de palabras desplegadas en cada gráfico se valida²Voyant Tools.³

Posteriormente, con dichos insumos, se realiza un análisis de las tendencias en las temáticas y enfoques investigativos del Centro, con una debida contextualización para cada período, reconstruida a partir del método crítico de la Historia y del análisis de fuentes tanto primarias (de archivo, oficiales y hemerográficas) como secundarias (reseñas y publicaciones especializadas de naturaleza histórica). Asimismo, para ampliar el panorama, puede consultarse el análisis bibliométrico de las publicaciones del CIGEFI hasta el 2011 realizado por Nicaragua (2013), así como el estudio de redes de las personas investigadoras elaborado por Calvo y Alfaro (2018).

¹ <http://cigefi.ucr.ac.cr>

² <https://wordart.com>

Antecedentes del CIGEFI

De acuerdo con Fernández (1998), “las ciencias geofísicas estudian los procesos que ocurren en los interiores, superficies y atmósferas de los planetas, así como sus interacciones con el espacio” (p. 99). Esta definición evidencia la amplitud de disciplinas que integra este campo, lo que permite que sus investigaciones posean un profundo componente interdisciplinario. Asimismo, sugiere la necesidad de comprender el proceso de desarrollo de las distintas disciplinas que confluyen en el quehacer investigativo del CIGEFI. Este autor, quien fue protagonista en el desarrollo e institucionalización de estos estudios, indica que, para la década de 1970 las condiciones fueron favorables para su desenvolvimiento, particularmente en la UCR (creada en 1940).

Según Viales Hurtado y Clare Rhoades (2007), la presencia científica y la generación de condiciones para el establecimiento de comunidades científicas responden a los contextos sociales, económicos, políticos e incluso ambientales de una región o país. Por lo tanto, estas comunidades tendrán no solo una conexión con otras a nivel disciplinario, tanto dentro como fuera del país, sino que también tendrán una relación de intercambio recíproco con la sociedad que las alberga. En el caso de la creación y desarrollo del CIGEFI, dichas condiciones se vieron favorecidas por el nicho investigativo poco explorado en Costa Rica y por las posibilidades de conexión internacional desde sus inicios, debido a que varios de sus fundadores habían estudiado en el exterior.

De acuerdo con Fernández (1998), las condiciones institucionales favorables para el desarrollo de un centro de investigación dedicado a la Geofísica se consolidaron a partir del Tercer Congreso Universitario de 1973. Ante este escenario, se tomaron como inspiración casos de México y Estados Unidos para la propuesta de un espacio dedicado al estudio de la Geofísica. Dicho autor señala que la iniciativa promovida por él fue compartida con investigadores e investigadoras de la Escuela de Física, específicamente German Leandro y Luz Soltero y, posteriormente, presentada ante las autoridades universitarias correspondientes. A este proceso se sumaron los aportes de César Dondoli (1913-1994), el entonces director de la Escuela Centroamericana de Geología. Fernández (1998) indica que la iniciativa fue bien recibida por sus colegas y autoridades universitarias, pero con algunas reservas sobre la incorporación de la Física Planetaria por ser considerada una misión

ambiciosa. En un inicio, se planteó la idea de formar un espacio de investigación que incluyera en su nombre “Geofísica y Física Planetaria”, sin embargo, esta última denominación fue descartada. Finalmente, en enero de 1975, el Consejo Asesor de la Facultad de Ciencias aprobó el nombre “Centro de Investigaciones Geofísicas”, adscrito a dicha facultad. En su aprobación, también se propuso que el Centro quedara bajo la coordinación de la Escuela Centroamericana de Geología, con el propósito de alcanzar una labor de mayor nivel. Los objetivos fundacionales del CIGEFI abarcaban los siguientes campos:

- 1) Geodesia y Gravimetría.
- 2) Sismología.
- 3) Física del Interior de la Tierra.
- 4) Meteorología y Física Atmosférica.
- 5) Oceanografía Física.
- 6) Hidrología.
- 7) Geomagnetismo y Aeronomía.

Según Fernández (1998), tras esa aprobación ante el Consejo Asesor de la Facultad de Ciencias se realizaron algunos ajustes administrativos que no modificaron de fondo la iniciativa. Sin embargo, cambios administrativos en la UCR retrasaron el proceso de aprobación. Además, como parte del seguimiento de dicha aprobación ante las autoridades universitarias, comenzaron a discutirse aspectos de fondo entre la Escuela Centroamericana de Geología y la Escuela de Física, específicamente sobre los campos de investigación que debían ser incluidos o excluidos. La discusión, según Fernández (1998), giró en torno a la continuidad —o no— que este nuevo centro de investigación daría a las agendas investigativas de dichas escuelas. Hasta su aprobación, ante el Consejo Asesor de la Facultad de Ciencias, los trámites correspondientes habían sido favorables y ágiles, pero a partir de ese año se ralentizaron, y no fue hasta el 5 de febrero de 1979 que el Consejo Universitario aprobó la creación del CIGEFI, con un primer Consejo Científico compuesto por un miembro de la Escuela de Física, uno de la Escuela de Ingeniería Civil, y seis de la Escuela Centroamericana de Geología. Cabe destacar que el proyecto de creación del Centro estuvo estancado en

procesos administrativos, ya que Walter Fernández, su principal promotor, se encontraba estudiando en Inglaterra. Su llegada en 1981, junto a Jorge Amador, quien también estaba estudiando en ese país, coincidió con la designación de Luis Diego Morales como primer director (Fernández, 1998).

Si bien las condiciones institucionales en la UCR fueron relativamente favorables para la creación del Centro, los condicionantes a nivel nacional e internacional también lo fueron. Amador (2022) afirma que, a partir de mediados del siglo XX, la importancia de los estudios climáticos se amplió a nivel internacional. Aunque este tipo de investigaciones había sido de interés mayoritariamente para la aviación, su relevancia se expandió hacia la atención de dilemas humanitarios, como las crisis energéticas y sus consecuencias sociales y económicas, en la búsqueda de alternativas al respecto. Esto llevó a que, en el ámbito regional y nacional, Amador (1983) indicara la necesidad de la actualización académica de los estudios climáticos, tomando como caso particular el Centro Regional de Formación Profesional en Meteorología (CRFM) de la UCR.

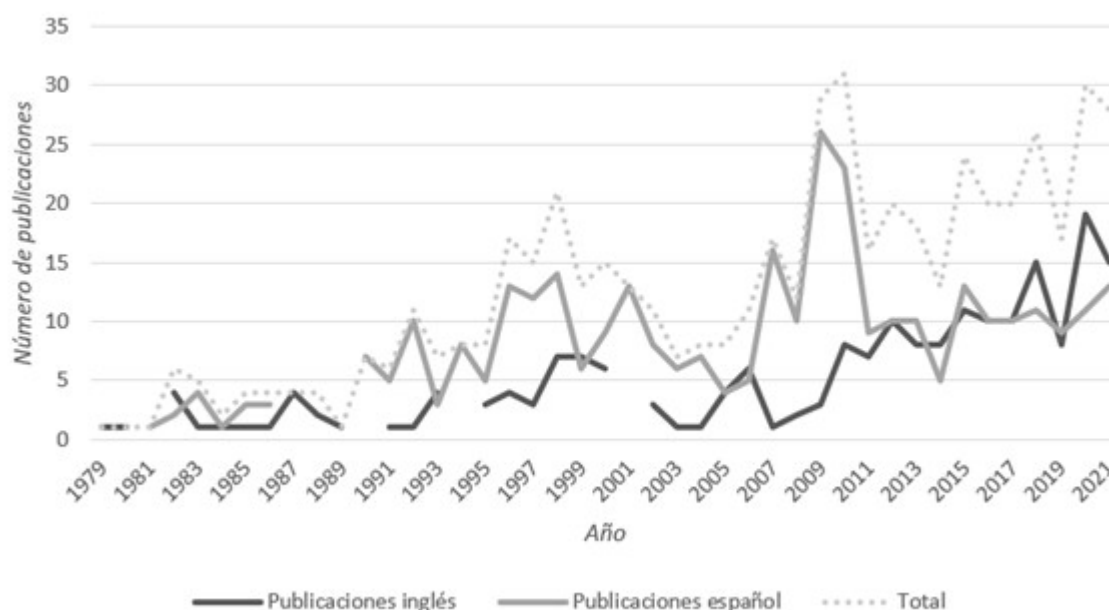
Es importante destacar que, desde sus inicios, el CIGEFI ha tenido una notable proyección internacional, abordando problemas de investigación en diversos países de América Latina y publicadas en revistas internacionales. Sin embargo, Amador (1983) comenta que ese proceso respondió a un incremento significativo en la relevancia de los estudios climáticos en el país, los cuales, hasta mediados del siglo XX, mostraban relativamente poca importancia en Costa Rica y dependían principalmente del trabajo voluntario de profesionales. Uno de los científicos más influyentes en la materia fue el ingeniero Elliot Coen París (1921-1997), quien durante su paso por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) promovió a Costa Rica como la sede del CRFM en la UCR en 1968 (Fernández & Zárate, 2000). Amador (1983) destaca la necesidad de establecer lenguajes comunes en la disciplina y en sus diversas aplicaciones en la agricultura, los estudios atmosféricos, la ingeniería, entre otras áreas, junto con una adecuada divulgación de esos conocimientos, lo cual incluye también la incorporación de estos en escuelas primarias y secundarias. Asimismo, este autor reconoce los cambios que deben sufrir los procesos de formación a la luz de los avances internacionales y sus diversas expresiones en la sociedad que se han visto

expresados en el CIGEFI, a través de la generación de conocimientos de línea base en las diferentes áreas, como la sismología y la meteorología.

Las disciplinas mencionadas habían venido experimentando procesos de especialización a nivel institucional en la UCR. Un ejemplo de ello, de acuerdo con Solano y Páez (1990), fue la creación de la carrera de Meteorología en 1968, derivada del Departamento de Física y Matemática. El vínculo entre dicha disciplina y la Geología, así como su expresión fundacional en el CIGEFI a través de la Geofísica, respondió al creciente interés por el estudio de los sismos y los volcanes, especialmente a raíz de la emergencia provocada por la erupción del volcán Irazú en marzo de 1963. Este contexto llevó a que el ingeniero Coen París, influyente científico de la época con una sólida trayectoria en diversas instituciones del país, entre ellas la UCR, considerara la necesidad de explicar a la población costarricense los fenómenos geofísicos que estaban viviendo.

Asimismo, como lo evidencia Fernández (1994), el desarrollo de las disciplinas vinculadas al CIGEFI y sus propias dinámicas investigativas han estado relacionadas con los procesos de especialización de las personas científicas que han trabajado en el Centro. El Reino Unido y Estados Unidos han sido los principales países donde científicos y científicas costarricenses han obtenido maestrías y doctorados, esto ha permitido la generación de comunidades científicas locales con alta interconexión y alcance internacional.

Como consecuencia, Costa Rica se ha convertido en un país destacado para el estudio de estas disciplinas por parte de estudiantes latinoamericanos, especialmente tras la conformación de programas de maestría y doctorado en el país. Desde su fundación, el CIGEFI se ha dedicado también a producir investigaciones en las áreas en las que se ha venido desempeñando. Las publicaciones del Centro han mostrado un crecimiento relativo a lo largo del tiempo, con algunas fluctuaciones que ha estudiado Nicaragua (2013), y que atribuye principalmente a la apertura o cierres de proyectos de investigación, como se representa en la figura 1.

Figura 1. Publicaciones del CIGEFI según idioma, 1979-2022

Fuente: elaboración propia a partir de las publicaciones del CIGEFI.

En consonancia con lo mostrado en la figura, las diferencias en la cantidad de publicaciones según el idioma también pueden observarse según las temáticas. En este sentido, las nubes de palabras evidencian una orientación inicial del CIGEFI hacia los fenómenos atmosféricos y, posteriormente, hacia los fenómenos geológicos, evidente sobre todo en las nubes de palabras en inglés relacionadas con estudios en Vulcanología y Sismología. Esto se debe a que, durante las primeras décadas, el CIGEFI tuvo una presencia significativa de personas investigadoras de estas disciplinas, en alianzas recién creadas con otras instituciones, lo que permitió ampliar el número de publicaciones y actividades científicas y divulgativas. La tabla 1³ condensa las principales palabras empleadas en los resúmenes o *abstracts* de las publicaciones del Centro desde su apertura hasta el año 2022.

³ Existe la posibilidad de medir la producción académica del CIGEFI a través de las citas. Sin embargo, algunas de estas, especialmente las más antiguas, no están digitalizadas y no hay registro de sus alcances. Por lo tanto, ese análisis excede las posibilidades de este trabajo.

Tabla 1. Principales palabras mencionadas en las publicaciones

Idioma	1979-1988	1989-1998	1999-2008	2009-2022
Español	Costa Rica; temperatura; radiación; viento, temblor(es); energía	Costa Rica; temperatura; Física; lluvia; eclipse; viento	Costa Rica; viento, Centroamérica; estación(es); meteorológico(a); precipitación	Costa Rica, científico(a); ciencia; social; historia; precipitación
Inglés	Temperature; surface; storms; Costa Rica; tropical; earthquakes	Squall; vorticity; flow; wind; cluster; sound	Climate; temperature; Central America; summer; surface; precipitation	Climate; precipitation; Central America; water; Caribbean; temperature

Fuente: elaboración propia con base en las publicaciones del CIGEFI.

Los primeros años del CIGEFI (1979-1988)

Fernández (1998) comenta que los inicios del CIGEFI estuvieron marcados por un componente divulgativo a través de la prensa nacional, en la que se destacaba la importancia del Centro para el estudio y prevención de desastres naturales, lo que otorgó una vinculación inicial con la sociedad. Por su parte, Nicaragua (2013) considera que la aprobación del proyecto de investigación titulado *Estabilidad de masas de suelo y roca en Llano Grande de Cartago* en 1980 pudo haber sido la base del primer impulso del CIGEFI en su producción de publicaciones científicas, que se mantuvo relativamente constante durante la década de 1980, destacando a Walter Fernández como el investigador clave en esas publicaciones. A partir de lo anterior, la tabla 2 resume información de los once proyectos desarrollados en el

Centro entre 1979 y 1988, donde el componente meteorológico constituyó un elemento primordial en casi la mitad de estos, lo que podría reflejarse en la frecuencia con que se resaltan los términos relacionados con las ciencias atmosféricas en las publicaciones tanto en español (figura 2) como en inglés (figura 3).

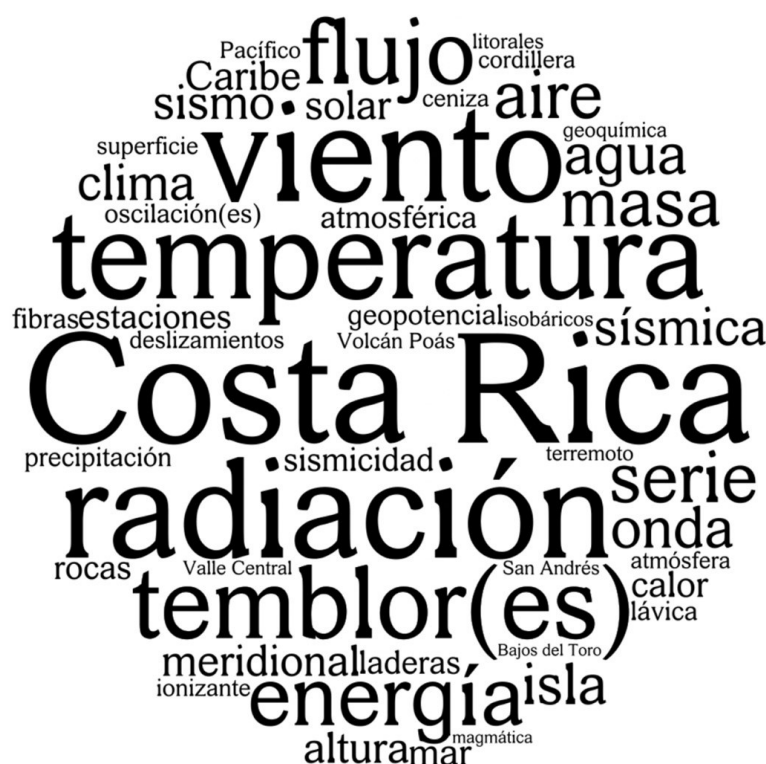
Tabla 2. Lista de proyectos desarrollados en el CIGEFI (1979-1988)

Código	Nombre	Período de vigencia
78059	Estabilidad de masas de suelo y roca en Llano Grande de Cartago	1978-1980
82062	Aplicación de los sensores remotos a algunos procesos geofísicos que afectan a Costa Rica	1982-1985
82069	Estructura y características de movimiento de las nubes cumulonimbus en los trópicos.	1982-1983
84073	Estadística espectral de datos atmosféricos en el oeste del Caribe.	1984-1986
84074	Estudio climático de Costa Rica para efectos de zonificación agropecuaria	1984-1986
84078	Reconocimiento de patrones sísmicos	1985-1987
85060	Aspectos sinópticos y de mesoscala de los sistemas nubosos precipitantes en los trópicos	1985-1989
85061	Desarrollo de un modelo numérico de mesoscala con el propósito de mejorar la predicción local del tiempo en Costa Rica	1985-1989
85073	Análisis espectral de señales sísmicas de los aparatos volcánicos Poás y Arenal	1986-1989

86090	Detección de algunas fallas activas de Costa Rica por medio de medidas de la emisión de gas radón	1987-1990
87109	Desarrollo de la técnica de análisis armónico de series de tiempo sensible a la amplitud y fase	1988-1989

Fuente: elaboración a partir de Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. (2025).

Figura 2. Palabras más mencionadas en las publicaciones en español de 1979-1988



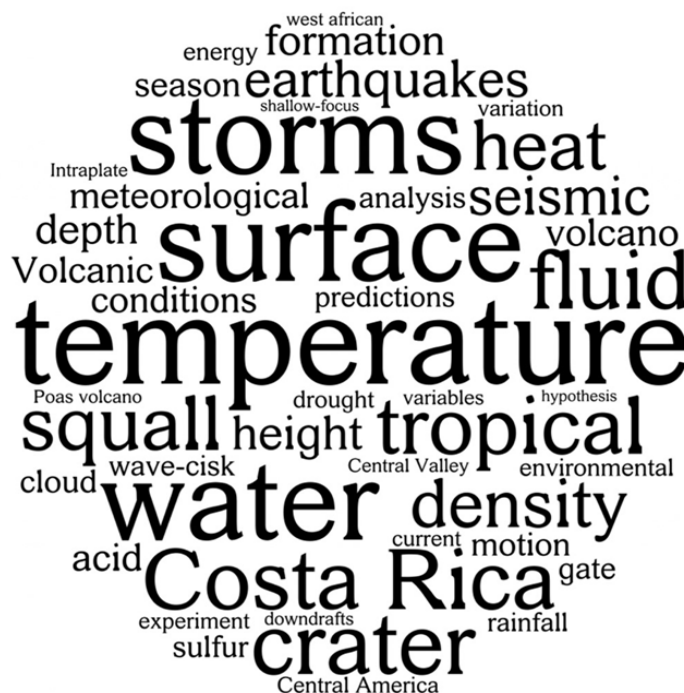
Fuente: elaboración propia a partir de las publicaciones del CIGEFI.

La orientación del CIGEFI hacia la Física Atmosférica, especialmente en las áreas de Meteorología y Climatología, fue impulsada desde sus inicios por una serie de alianzas que, a partir de la década de 1980, se establecieron con instituciones estatales como el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), la Comisión Nacional de Emergencias (CNE)

y la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE). Además, se establecieron relaciones con otras unidades académicas de la UCR y de la Universidad Nacional (UNA) (Fernández, 1994, 1998; Calvo & Alfaro, 2018). Si bien los estudios geológicos fueron parte importante de los inicios del Centro, estos fueron publicados, como se verá, mayormente en inglés (figura 3).

Amador (1983) indica que el tránsito hacia la modernización de la Meteorología en Costa Rica y otros países de la región responde a la cooperación entre países, organismos internacionales y, en particular, la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Esta cooperación permitió mejoras en el perfil profesional de las personas graduadas en esa área, dirigidos principalmente a suplir las necesidades de las agencias meteorológicas estatales de los países de la región, caracterizadas por una alta capacidad de intercambio de información y por el avance de nuevas tecnologías que facilitaban el manejo de mayores volúmenes de datos. Sin embargo, para la década de 1980, las labores a nivel interno se encontraban descentralizadas, lo que dio lugar a la subutilización de profesionales y a la falta de especialización (Amador, 1983).

Figura 3. Palabras más mencionadas en las publicaciones en inglés de 1979-1988



Fuente: elaboración propia a partir de las publicaciones del CIGEFI.

Como se mencionó anteriormente, la inclinación del CIGEFI hacia la Geología se evidencia en los proyectos de investigación aprobados en la época, cuyas publicaciones se dieron mayormente en inglés (CIGEFI 1985, 1986, 1987). El estudio de fenómenos geológicos se centró en la Vulcanología y la Sismología, esta última también relevante para las publicaciones en español. Para ilustrar este punto, se recurrió a la nube de palabras, donde el tamaño de los términos nos permite observar la proporción con las que fueron mencionadas respecto de las demás. Los resultados indicaron que, para el caso de las publicaciones en español, hubo una acumulación significativa de menciones de la palabra “radiación” (14 menciones) y energía (10 menciones), a diferencia de las palabras en inglés, cuyas menciones estuvieron mayormente distribuidas. En los *abstracts* destacaron términos como *surface* (“superficie”; 14 menciones), *earthquakes* (“sismos”; 11 menciones) y *crater* (“cráter”; 9 menciones), estas acentuaron el enfoque geológico de las incipientes publicaciones académicas del Centro.

A pesar de que los proyectos de investigación muestran una inclinación hacia la Geología, una revisión de la filiación institucional de las personas autoras evidencia una inclinación también hacia la Física Atmosférica. En este contexto, participan científicos y científicas tanto de la Escuela Centroamericana de Geología y la Escuela de Física de la UCR, así como del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), junto con algunas participaciones de autores y autoras de instituciones extranjeras. A ello se suma la participación del personal del CIGEFI, que en ocasiones tenía más de una afiliación. Esta vinculación interinstitucional, especialmente con empresas estatales, se orientó al desarrollo de estudios relevantes para el ejercicio de sus labores. Asimismo, cabe señalar que las instalaciones físicas del CIGEFI estuvieron en sus inicios en la Escuela de Física (Amador, 2022).

Ampliaciones en el quehacer del CIGEFI (1989-1998)

Para esta década, ocurrieron cambios y tendencias que paulatinamente se vieron expresados en las temáticas de las publicaciones; entre ellos, se destacan una serie de acontecimientos a nivel institucional que permitieron la consolidación de redes de investigación y nuevas

formas de discusión del quehacer investigativo (Calvo & Alfaro, 2018). Dos de esos acontecimientos fueron la construcción del edificio del CIGEFI en la Ciudad de la Investigación de la UCR (donde actualmente se ubica) y el establecimiento de los Mini Congresos como un espacio para la presentación de los avances y los resultados de los trabajos de las personas investigadoras. Con la modernización de sus instalaciones, también se adquirieron equipos que contribuyeron al quehacer investigativo, como la estación receptora de imágenes satelitales como parte de una donación realizada por el Gobierno de Japón (Fernández, 1994; Amador, 2022), además del apoyo de la OMM y de la Agencia Finlandesa para el Desarrollo Internacional (FINNIDA) (Fernández, 1995a).

Fernández (1994) afirma que, para la década de 1990, el CIGEFI estaba a cargo del estudio de las Ciencias Geofísicas en general, pero su trabajo se enfocaba en cuatro ejes principales: 1) percepción remota con aplicación a los recursos naturales, 2) prevención de desastres naturales, 3) estructura y dinámica de los sistemas geofísicos y 4) oceanografía física. Para eso, indica que el CIGEFI sostenía para ese momento vínculos estrechos con la Escuela de Física, la Escuela Centroamericana de Geología, el Instituto Geográfico Nacional (IGN), el IMN, el ICE, la UNA, y el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Amador (2022) comenta que para inicios de este período una serie de investigadores e investigadoras comenzaron a interesarse por la trayectoria histórica de científicos y científicas costarricenses, lo cual permitía una mayor amplitud temática del CIGEFI. En este último aspecto destaca también la realización del Proyecto Meteorología e Impacto Social Regional: Centro América y México (MISCAM) que incorporó la participación de investigadores e investigadoras de las Ciencias Sociales para analizar el impacto de los fenómenos meteorológicos en las sociedades de los países de la región mesoamericana (CIGEFI, 1997). La tabla 3 reseña los 27 proyectos desarrollados en el Centro para este período.

Tabla 3. Lista de proyectos desarrollados en el CIGEFI (1989-1998)

Código	Nombre	Período de vigencia
88064	Variaciones del nivel del mar en el litoral pacífico centroamericano	1989-1992
90731	Elaboración de documental acerca de la historia de la Física en Costa Rica	1990-1991
91214	Análisis de casos de estudio de temporales y sistemas convectivos tropicales	1991-1995
91218	Un modelo hidrodinámico bidimensional para el Golfo de Nicoya	1991-1994
91228	Pronóstico de oleaje durante huracanes para la costa atlántica de Costa Rica	1991-1993
92211	Diseño y construcción de una base móvil para antena rastreadora de satélite del Centro de Investigaciones Geofísicas	1992-1994
92559	Geophysical Effects of the 22 April 1991 Earthquake in the Atlantic Coast Line of Costa Rica. A Pilot Research Proposal	1992-1993
92717	Observatorio Geomagnético Chiripa	1992-1993
93233	Análisis y optimización del sistema computacional para el análisis digital de imágenes	1993-1995

93252	Variabilidad espacio temporal de la estructura térmica superficial del Pacífico adyacente a Costa Rica y su relación con los recursos pelágicos	1993-1994
94201	Aplicación de técnicas de procesamiento de imágenes de satélite para estudios oceanográficos	1994-1999
94204	Estudio de algunos parámetros climáticos en Centroamérica y el Caribe y su relación con fenómenos de escala sinóptica y planetaria	1994-1999
94208	Estimación de errores en la medición de áreas y distancias sobre imágenes rectificadas	1994-1995
94237	Estudio comparativo del uso del suelo e impacto ambiental en la cuenca del río Tárcoles a través de la interpretación de datos de sensores remotos	1994-1995
95202	Mapeo e interpretación de los efectos de la actividad del Volcán Poás utilizando sensores remotos	1995-1996
95203	Estimación del área desprovista de vegetación en la Fila Matama, provincia de Limón, Costa Rica, como consecuencia del terremoto del 22/4/1991	1995-1996
95713	Control de calidad de datos: Fase I	1995-1996
96279	Pronóstico de oleaje ante huracanes para las costas de Centroamérica	1996-2003
96283	Mediciones de humedad en los trópicos con termistores	1996-1997

96342	Distribuciones espaciales y temporales de los días de tormentas eléctricas en Costa Rica	1996-1998
97518	Fortalecimiento de la Red Meteorológica de Sondeos sobre el Océano Pacífico del Este y las Américas intertropicales para apoyo al PACS	1997-1999
97519	Meteorología e Impacto Social Regional: Centro América y México (MISCAM)	1997-2006
98213	Determinación de fallas activas y localización de sismos de baja frecuencia en el Volcán Poás	1997-1999
98268	Estimación de la lluvia utilizando imágenes satelitales	1998-1999
98269	Relaciones de la actividad solar y algunas variables climáticas	1998-2002
98355	Simulación de flujos orográficos	1998-2008
98506	Variabilidad climática, modelado y predicción de hidroclimatología regional	1998-2008

Fuente: elaboración a partir de Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. (2025).

Figura 4. Palabras más mencionadas en las publicaciones en español de 1989-1998



Fuente: elaboración propia a partir de las publicaciones del CIGEFI.

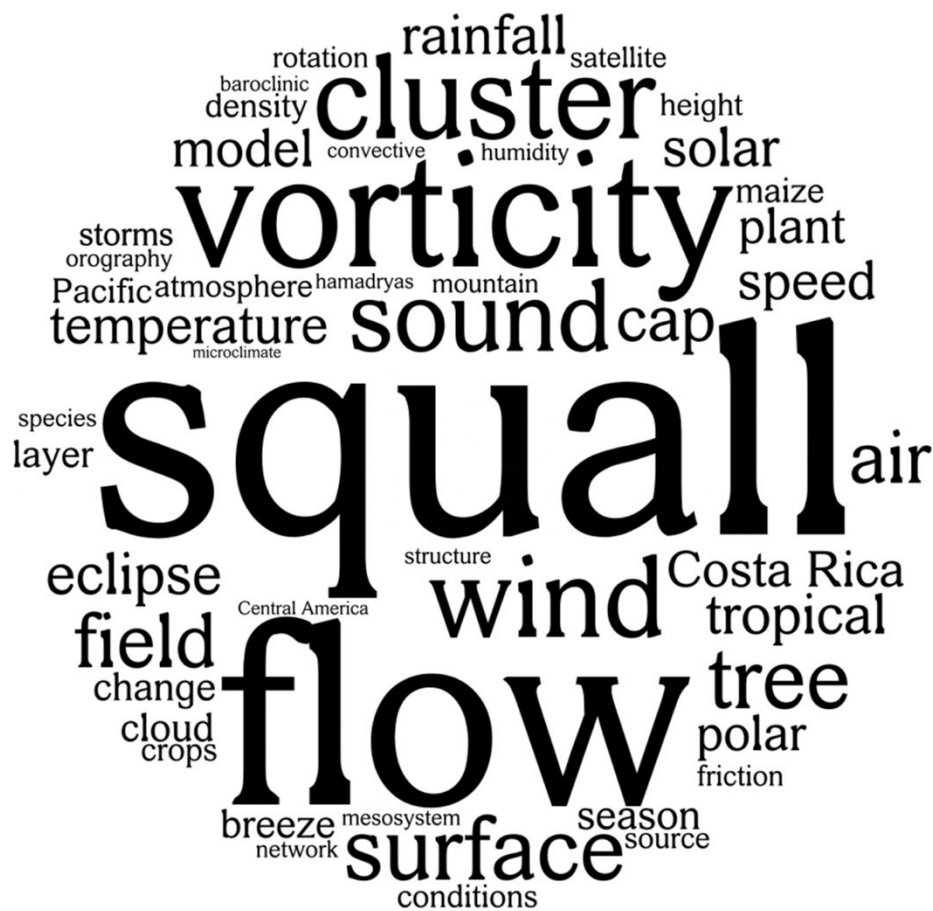
En esta nube de palabras (figura 4) se continúa observando la relevancia de los fenómenos estudiados por la Física Atmosférica como temática de investigación, así como una presencia cada vez menor de la Geología respecto las publicaciones del período 1979-1988 en español. Sin embargo, este proceso no descartó los estudios sobre los sismos, terremotos y tsunamis desde una perspectiva geofísica, valiéndose también de fuentes hidrometeorológicas. De acuerdo con Nicaragua (2013), durante la década de 1990 se incorporaron al CIGEFI personas investigadoras especializadas en áreas de la Física y la Meteorología, lo que también incidió en dicha orientación investigativa. A su vez, esta autora señala que la década de 1990 fue, al menos hasta el 2011, el periodo de mayor productividad del CIGEFI.

De la misma forma que los sismos y la actividad del volcán Irazú incidieron en el devenir investigativo de la UCR en general, y del CIGEFI en particular, la inclinación de dicho centro

hacia la Física Atmosférica estuvo influenciada en los intereses de ofrecer información relevante sobre el eclipse total de sol de 1991, cuyas publicaciones aparecieron, en su mayoría, en 1992 (Fernández, 1992). La ocurrencia de este fenómeno constituyó un escenario idóneo para que el personal del CIGEFI llevara a cabo mediciones atmosféricas como la radiación, la temperatura, el viento, el campo geomagnético, la propagación de ondas de radio, el nivel del mar, entre otros, los cuales fueron recopiladas en un libro editado por Walter Fernández (1992). Cabe mencionar que, para mediados de la década de 1990, Fernández (1995b) también realizó publicaciones sobre el quehacer científico de las diferentes unidades académicas y centros de investigación vinculados a la Física, entre ellos el CIGEFI.

Otro fenómeno que Amador (2022) considera relevante para las agendas de investigación del CIGEFI fue el terremoto de Limón de 1991. Sin embargo, debido a que los estudios en Geología estaban siendo liderados casi exclusivamente por el geólogo Mario Fernández Arce, esto pudo haber influido para que en las nubes de palabras esta temática no haya destacado. No obstante, la vinculación entre los fenómenos geofísicos y su estudio desde una perspectiva social comenzó a incorporarse en las agendas de investigación. Todo ello tuvo como resultado, según Chavarría (2020), una serie de contribuciones en el ámbito de la Historia de la Ciencia que posteriormente derivarían en la creación del Programa de Investigación de Estudios Sociales de la Ciencia, la Técnica y el Medio Ambiente (PESCTMA).

Figura 5. Palabras más mencionadas en las publicaciones en inglés de 1989-1998



Fuente: elaboración propia a partir de las publicaciones del CIGEFI.

La inclinación mencionada anteriormente se observa también en las publicaciones en inglés (figura 5), donde la Física Atmosférica posee mayor relevancia en las menciones. Este proceso estuvo marcado por el apoyo de la OMM en la formación de profesionales en dicha disciplina y por la apertura de programas de posgrado en el país, lo que a su vez incidió también en el apoyo financiero para la movilización de profesionales a nivel internacional. Todo ello llevó al incremento de publicaciones de estudios de caso para países latinoamericanos con participación de científicos y científicas del CIGEFI (Fernández, 1994; Gutiérrez 2005). En el caso de Costa Rica, ciertos fenómenos de carácter coyuntural también se convirtieron en temática de publicación, como fue el caso del eclipse solar total de 1991, que, aunque no ocupó los primeros lugares en menciones en inglés, fue temática de publicación en dicho idioma (Amador & Solano, 1991).

Las observaciones anteriormente mencionadas también sirvieron de base para llevar a cabo publicaciones en inglés en revistas académicas internacionales. Las posibilidades de un mayor alcance en las publicaciones en este idioma pudo ser la base para que eventualmente se realizaran artículos sobre los equipos y tecnologías empleadas en el CIGEFI. Un ejemplo de ello es la publicación realizada por Amador *et al.* (1993), en la que se destaca el proceso de incorporación, desde la década de 1980, de la tecnología de sensores remotos en el Centro para la teledetección, lo que permitió identificar retos y limitaciones principalmente económicas. Según mencionan los autores, este esfuerzo se ha dado gracias a la participación internacional del personal investigativo del CIGEFI, así como procesos de capacitación y vinculaciones institucionales. Para esta década, Fernández y Zárate (2000) mencionan una estrecha relación entre las personas investigadoras del CIGEFI y el Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias (LIAP), como parte de la Escuela de Física de la UCR. Esta vinculación dio como resultado trabajos en temáticas como la Meteorología Tropical, la Oceanografía Física, estudios sobre las mareas y oleajes, sismicidad y actividad volcánica, así como investigaciones sobre variabilidad climática y cambio global en varias regiones de América Latina; acudiendo también al uso de series cronológicas de información recopilada por el CIGEFI, el cual estableció interés en la creación de bases de datos geofísicos en este período (Fernández y Zárate, 2000). Esa recopilación de información ha ocurrido con otras instituciones, permitiendo que el manejo de datos haya sido incluso previo a la creación del CIGEFI y trascendiera las fronteras costarricenses (Hernández-Castro *et al.*, 2021; Hidalgo *et al.*, 2017).

El vínculo con las Ciencias Sociales (1999-2008)

Durante la primera década del siglo XXI ocurrieron varios cambios en la orientación del CIGEFI. En primer lugar, se dio una migración del personal investigador hacia el Centro de Investigación en Ciencias Geológicas (CICG), creado en 2007, sin embargo, esto era una tendencia que se venía manifestando desde años anteriores, perceptible ya en la nube de palabras en inglés del período 1989-1998. En segundo lugar, por la incorporación del PESCTMA en 2004, el cual ha contribuido también en estudios geofísicos en décadas anteriores, cuyos esfuerzos, particularmente de Walter Fernández, Jorge Amador y Flora

Solano habían dado sus primeros frutos en la década de 1990. Con el PESCTMA, las posibilidades temáticas con perspectiva histórica se ampliaron y también la cantidad de investigadores e investigadoras (Centro de Investigaciones Geofísicas [CIGEFI], 2004).

La tabla 4 condensa la información de los 24 proyectos desarrollados en el Centro para el período 1999-2008. En ella se advierte una disminución de los proyectos relacionados con las investigaciones en el campo de la Geología y, a la vez, un incremento de las relacionadas con las ciencias sociales ligadas al PESCTMA. En relación con lo anterior, se presenta la vigencia de algunos de los proyectos pertenecientes a este período:

Tabla 4. Lista de proyectos desarrollados en el CIGEFI (1999-2008)

Código	Nombre	Período de vigencia
99259	Correlación entre las fallas geológicas y la sismicidad superficial de Costa Rica, I etapa: Zona Sur, Limón y Turrialba	1999-2005
99822	Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA-1996-2001)	1999-2002
A0745	Curso Taller Regional sobre los Desastres Naturales y su Impacto Social en Centro América y México.	2000
A1094	Flujo de dióxido de carbono y otras especies volátiles en fumarolas de volcanes activos costarricenses.	2001-2005
A1550	Interacción atmósfera-océano en la región del Pacífico tropical del este.	2001-2006
A2109	Estudio de la precipitación en América Central utilizando sensores remotos y mediciones <i>in situ</i> .	2002-2006

A2156	Evaluación de los impactos y medidas de adaptación para el sector de recursos hídricos debido a eventos extremos bajo condiciones de cambio climático en América Central	2002-2006
A2716	Quinta Reunión del Panel del Programa "Variability of the American Monsoon System" (VAMOS)	2002
A4082	Estudio de la dinámica del chorro de viento de bajo nivel en el Mar Caribe y su relación con la generación de oleaje hacia las costas centroamericanas	2004-2005
A4125	Metodología de la divulgación científica en la Universidad de Costa Rica	2004-2011
A4175	Mujer y ciencia en la Universidad de Costa Rica	2004-2006
A4769	Primer Congreso Nacional: Estudios Sociales de la Ciencia, la Técnica y el Medio Ambiente	2004
A5741	Segundo Congreso Nacional: Estudios Sociales de la Ciencia, la Técnica y el Medio Ambiente	2005-2006
A6103	Evaluación de las nuevas versiones de modelos numéricos de generación de ola en la simulación de oleaje durante huracanes en Centroamérica utilizando modelos de viento paramétricos	2006-2013
A6212	El agroecoturismo como generador de empleo	2006-2007
A6241	Análisis de observaciones meteorológicas de diferentes tipos de sistemas de observación. Estaciones automáticas y radiosondeos, en altitudes mayores de 2000 m.	2006-2007

A6777	Tercer Encuentro de Estudios Sociales de la Ciencia, la Tecnología y el Medio Ambiente y Primer Coloquio: Concepciones y Representaciones de la Ciencia y la Naturaleza en Costa Rica	2006-2007
A6809	Coordinación y ejecución de un Estudio Centroamericano del Estado de la Política Educativa y la Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología en secundaria	2006-2007
A7002	Estudio y comparación histórica del impacto de ciclones tropicales en Centroamérica y el Caribe	2007-2015
A7721	Taller sobre Cambio Climático y Conservación de Bosque Tropical Nuboso	2007
A7755	Apoyo meteorológico para TC 4 (Proyecto NASA NNH06ZDA001N-ACGUAM)	2007-2009
A8192	El clima en la historia de Costa Rica: Trayectoria y percepciones (1860-1940)	2008-2010
A8401	Elaboración de mapas del recurso eólico en Costa Rica	2008-2009
A8606	Desarrollo de un sistema de modelado dinámico para la predicción de la variabilidad climática estacional y del cambio climático.	2008-2013

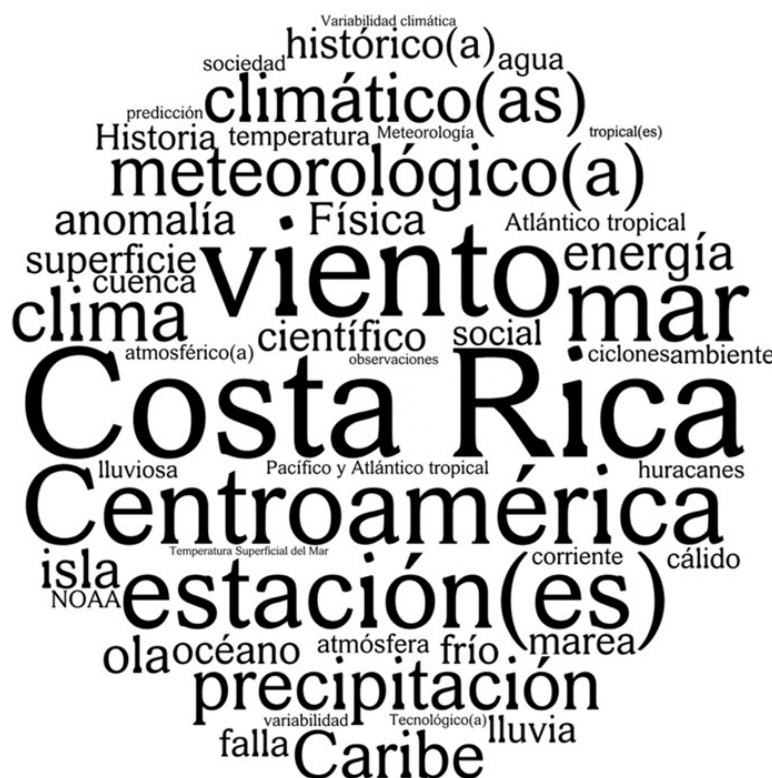
Fuente: elaboración a partir de Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. (2025).

Calvo-Solano y Alfaro (2018) atribuyen ese cambio en las dinámicas temáticas en el CIGEFI a que la Geología no desapareció de la agenda de investigación, sino que comenzó a desarrollarse de manera separada, es decir, sin formar redes de investigación con el resto del equipo investigador del Centro a partir de la década de 1990. Desde entonces, las investigaciones geológicas fueron lideradas a partir de ese momento por Mario Fernández Arce de manera independiente, mientras que especialistas de las otras áreas lograron establecer redes con actores de otras instituciones. No obstante, el estudio de Calvo-Solano

y Alfaro (2018) sugiere, que Fernández Arce, principal representante de la Geología en el CIGEFI para el cambio de siglo, volvió a integrarse a las redes más destacadas del CIGEFI, pero con un protagonismo menor.

El PESCTMA inicialmente se planteó la posibilidad de incorporar a Fernández en la Facultad de Ciencias Sociales, específicamente en el Centro de Investigaciones Históricas de América Central (CIHAC), sin embargo, se acordó adscribirlo al CIGEFI. Durante sus inicios hubo una estrecha colaboración entre el CIHAC y el CIGEFI en ese programa, lo que derivó en que muchas de sus publicaciones durante su primera década fueran en colaboración entre estos dos centros. Amador comenta que el PESCTMA tuvo una buena recepción dentro de la comunidad académica, dando como resultado una serie de investigaciones que tuvieron un alcance importante a nivel latinoamericano, especialmente con la publicación del libro *Concepciones y representaciones de la naturaleza y la ciencia en América Latina*, publicado en 2009 (Amador, 2022).

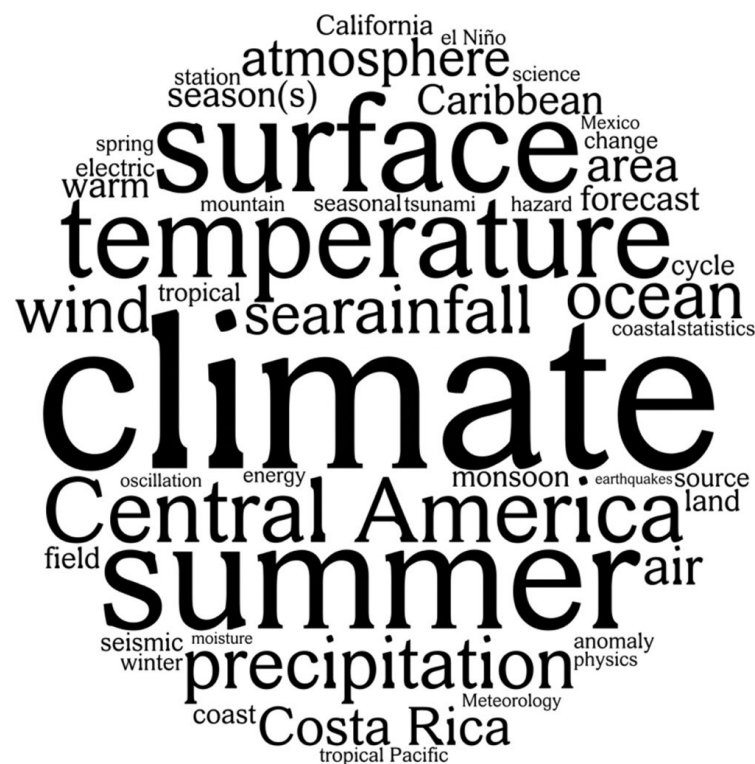
Figura 6. Palabras más mencionadas en las publicaciones en español de 1999-2008



Fuente: elaboración propia a partir de las publicaciones del CIGEFI.

En ambas nubes de palabras (figuras 6 y 7) también se refleja la creciente influencia de publicaciones a nivel regional, especialmente en el ámbito centroamericano. En ambos casos, los estudios hidrometeorológicos presentan la mayor cantidad de menciones en las publicaciones; sin embargo, los trabajos vinculados con las Ciencias Sociales fueron publicados principalmente en español, mientras que los de Física Atmosférica fueron difundidos en inglés⁴. Esta diferencia se debió al contexto institucional, marcado por alianzas a nivel nacional e internacional y por la adquisición de equipos, lo que permitió ofrecer mejores condiciones para la investigación a través de la instalación de nuevas estaciones meteorológicas del CIGEFI desde finales de la década del 2000 (Salazar & Vargas, 2017). Esta tendencia se mantiene también para el período que mostraremos en el siguiente apartado.

Figura 7. Palabras más mencionadas en las publicaciones en inglés de 1999-2008



Fuente: elaboración propia a partir de las publicaciones del CIGEFI.

⁴ Esta diferenciación puede atribuirse a la internacionalización de los científicos y científicas del área de la Física Atmosférica cuya formación ha tenido lugar en países de lengua anglosajona y de sus espacios de publicación ubicados principalmente en dichos países.

Ahora bien, a inicios de este período, Fernández y Zárate (2000) comentaban las principales líneas de investigación que se estaban siguiendo en el país, y en particular en el CIGEFI. Tal como se muestra en las nubes de palabras y como lo indicaban esos autores, durante esta década, las tendencias de investigación en el CIGEFI en sus publicaciones en inglés estuvieron se orientaron a la comprensión de fenómenos vinculados con el clima, la radiación solar, la variabilidad climática, entre otros. Sin embargo, también se señalaban limitaciones de carácter técnico debido a la incapacidad de adquirir equipos que permitieran responder con mayor precisión a preguntas de investigación. Esta ha sido una de las principales limitantes que distintos autores han comentado durante la trayectoria del CIGEFI y de otros centros de investigación, junto con los problemas administrativos en el proceso de incentivos y retorno del personal investigador que se especializa en el extranjero (Gutiérrez, 2005).

Los años recientes del CIGEFI (2009-2022)

La tabla 5 corresponde a los proyectos de investigación desarrollados en el CIGEFI para el período de 2009 a 2022.

Tabla 5. Lista de proyectos desarrollados en el CIGEFI (2009-2022)

Código	Nombre	Período de vigencia
A9132	La exploración científica en la Costa Rica decimonónica: influencias epistemológicas, comunidades científicas y desarrollo institucional	2009-2010
A9224	Simulaciones del ciclo hidrológico terrestre usando el modelo hidrológico distribuido de capacidad de infiltración variable	2009-2014
A9226	Efectos socioambientales de las plagas de langostas en Costa Rica (1801-1950)	2009-2013
A9532	Programa Desarrollo de Capacidades de Investigación para la Prevención y Mitigación a Desastres en América Central. Nodo de Meteorología	2009-2017

A9742	Diccionario Histórico-Toponímico de la Isla del Coco	2009-2012
A9746	Costa Rica en la Red Iberoamericana sobre el Uso del Conocimiento Científico.	2009-2010
B0065	El ciclo diurno del viento sobre Costa Rica	2010-2017
B0130	Diseño y construcción de un tanque de rotación para el estudio de fluidos atmosféricos	2010-2016
B0402	Clima, variabilidad y cambio climático en la Vertiente Caribe de Costa Rica: Un estudio básico para la actividad bananera	2010-2013
B2175	Articulación de un sistema de identificación de locutor con fines forenses	2012-2015
B2176	Acople no lineal de modos normales en discos de acrecencia forenses	2012-2015
B2A25	Del veneno al conocimiento, del laboratorio a la sociedad: Una etnografía del Instituto Clodomiro Picado (ICP)	2012-2014
B2A47	Investigación sobre factores ambientales y proceso de acción social para el desarrollo de una cultura para la formulación de políticas públicas anticipadas en Coto Brus	2012-2014
B3218	Construcción histórica de las políticas públicas de Ciencia y Tecnología en Costa Rica 1972-2010 – Ciencia y cohesión social en Costa Rica	2013-2015
B3413	Proyecciones de alta resolución de cambio climático en Centroamérica usando modelos CMIP5	2013-2015
B3600	Caracterización del ciclo hidrológico de los bosques tropicales: Transporte de humedad, distribución de precipitación y respuesta a la variabilidad climática	2013-2016
B4226	Diagnóstico de la calibración de sensores de humedad de las	2014-2018

	estaciones meteorológicas para el Centro de Investigaciones Geofísicas	
B4227	Estudio de los sistemas de circulación meso-escalares en los mares intra-americanos	2014-2017
B4228	El Mega-Niño de 1876-1878 y su impacto social en América Central	2014-2016
B4271	Significados de la tecnología y la cultura en el discurso desarrollista costarricense (1948-1983)	2014
B5295	Procesos de interacción vegetación-atmósfera y su influencia en la distribución de precipitación	2015-2017
B5296	Reducción de escala dinámica de proyecciones de cambio climático para América Central	2015-2019
B5601	Variabilidad de flujo monzónico: Impacto sobre la precipitación desde la escala global a la regional	2015-2016
B6143	Procesos hidroclimatológicos en el Corredor Seco Centroamericano	2016-2018
B6147	Implementación de estudios de predicciones y proyecciones de variabilidad y cambio climático con modelos lagrangianos alimentados con circulación del CMIP5 para análisis de regiones climáticas continentales	2016-2018
B6148	Turbulencia y su acople no lineal con modos normales en discos de acrecencia alrededor de agujeros negros	2016-2019
B6726	Creación de un programa, centro, instituto o sección sobre el tema del estudio de la complejidad	2016-2017
B6774	Red de Isótopos para Estudio de Ecosistemas Tropicales (ISONET)	2016-2018

B7286	Funding Proposal for the Advancing Development and Climate Change Resilience in the Central American Dry Corridor: Translating Science into Policy in Guanacaste, Costa Rica, an Interdisciplinary, International Collaboration	2017-2019
B7507	Efectos del cambio climático observado sobre el ciclo hidrológico y la disponibilidad de recurso hídrico en la Región Chorotega	2017-2019
B7605	Distribuciones de temperatura y precipitación en regiones tropicales: Proyecciones y evaluaciones con multi-modelos de reducción de escala	2017-2018
B8068	Transporte de energía, vapor de agua y CO ₂ en los procesos de interacción superficie-atmósfera: Análisis de flujos turbulentos	2018-2019
B8185	Entropía y propiedades complejas en idiomas naturales	2018-2021
B8604	Estudio de las características del clima en América Central y el Caribe para la generación de proyecciones de cambio climático: Uso de modelos numéricos acoplados océano-atmósfera	2018-2021
B8606	Respuesta de flujos de CO ₂ y vapor de agua a los cambios en la cobertura vegetal	2018-2019
B8650	Transporte de contaminantes atmosféricos en el Valle Central Occidental: Identificación de sumideros de contaminación atmosférica y su impacto en materiales metálicos	2018-2021
B8733	Diagnóstico de la calibración de anemómetros de las estaciones meteorológicas para el Centro de Investigaciones Geofísicas	2018-2019
B8766	Red de Investigación en Eventos Hidroclimáticos Extremos en América Central y el Caribe	2018-2020
B9132	Análisis dinámico de regiones de ráfagas máximas en el chorro de bajo de nivel del Caribe: Regiones de vorticidad y divergencia asociadas	2019-2021

B9454	La corriente en chorro del Caribe: Observaciones, modelado multifísica, interacciones multiescala e impacto regional	2019-2024
B9519	Stable Isotopes to Monitor Variability and Changes within the Earth Climate System	2019-2024
B9609	Sistemas de predicción por conjuntos para el análisis meteorológico: Aplicación regional a Centroamérica y el Caribe	2019-2022
C0074	Oscilación Antártica: Su influencia en la precipitación en Mesoamérica	2020-2022
C0603	Trazando la ruta del agua: Establecimiento de microclimas en bosque tropical lluvioso	2020-2022
C0610	<u>Pronósticos meteorológicos, subestacionales y estacionales de precipitación, viento y escorrentía</u>	2020-2022
C1403	<u>Generación de proyecciones de alta resolución para el ICAP</u>	2021-2022

Fuente: elaboración a partir de Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. (2025).

A partir de este período, personas investigadoras de las Ciencias Sociales, especialmente historiadores e historiadoras, han contribuido con el PESCTMA, situación que se percibe en la nube de palabras que comprende el periodo de 2009 a 2022, cuando se publicaron trabajos sobre Historia Ambiental e Historia de la Ciencia (Goebel & Montero, 2022). Cabe destacar que esa tendencia ocurre únicamente con las publicaciones en español (figura 8), ya que los trabajos publicados en inglés conservan su énfasis en el análisis de los fenómenos geofísicos, lo cual se ha robustecido también por ampliación de equipos de medición de condiciones atmosféricas administrados por el CIGEFI (figura 9).

Un aspecto por considerar respecto a lo anterior es la sofisticación de los equipos adquiridos por el CIGEFI para la investigación, especialmente de las estaciones meteorológicas. Durante estos años, el Centro amplió la cantidad de estaciones meteorológicas, sumando a la estación meteorológica de San Pedro de Montes de Oca, creada en 1994, las siguientes: la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes en 2008, la de San Ramón en 2009, la de Monteverde en

2010, la de Cuericí en 2017, la de Sabalito en 2021, y la del Jardín Botánico Lankester, cuyos primeros registros son de enero de 2017. Algunas de estas estaciones cuentan con procesos de captura de información automática y en tiempo real (Centro de Investigaciones Geofísicas, 2023b).

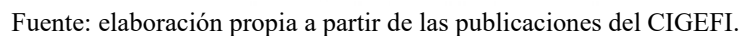
Figura 8. Palabras más mencionadas en las publicaciones en español de 2009-2022



Fuente: elaboración propia a partir de las publicaciones del CIGEFI.

Para este último período, se ha mantenido la principal tendencia investigativa del CIGEFI desde sus inicios, pero incorporando disciplinas y temáticas de las Ciencias Sociales (Centro de Investigaciones Geofísicas, 2014). En el último balance historiográfico realizado por el CIHAC, se destacó la relevancia del CIGEFI como uno de los tres centros de investigación a nivel nacional en temáticas de Historia Ambiental, con énfasis en temáticas que históricamente han sido fundamentales en el Centro. Goebel y Montero (2022) agrupan estas

Figura 9. Palabras más mencionadas en las publicaciones en inglés de 2009-2022



297 ●

Una línea particular que se ha sostenido incluso desde antes de la creación del programa consiste en la elaboración de historias biográficas de actores influyentes en la ciencia durante el pasado (Solano & Páez, 1990; Solano, Páez & Amador, 1990). De igual manera, en este período se ha destacado el aporte de investigadores, investigadoras y estudiantes en calidad de asistentes en el área de la Geografía, apoyando no solamente en labores de levantamiento cartográfico, sino también en el entrecruce de variables sociales y demográficas con aquellas de tipo climáticas mediante el empleo de programas de cartografía digital. Una tendencia similar a la observada en las publicaciones en español se aprecia también en las publicaciones en inglés, pero con la diferencia de que las menciones a palabras vinculadas a las Ciencias Sociales no presentan relevancia. Esta década, sobre todo en los últimos años, corresponde al período de mayor producción de publicaciones en inglés en el CIGEFI, mientras que las publicaciones en español alcanzaron su mayor auge en la década de 1990 y un incremento significativo a inicios de la segunda década de siglo XXI (Nicaragua, 2013). Una razón atribuible al comportamiento y dinamismo en las publicaciones en inglés puede ser la ampliación de las posibilidades de recopilación de información a nivel nacional, así como las vinculaciones y redes científicas establecidas por investigadores e investigadoras del CIGEFI a nivel internacional (Calvo & Alfaro, 2018).

Adicionalmente, la relevancia de las palabras “América Central”, “Caribe” y “Pacífico” se explica porque gran parte de los proyectos inscritos ante la Vicerrectoría de Investigación de la UCR poseen una escala espacial tanto a nivel regional como continental, y en algunos casos global. Esto se debe a que los fenómenos, principalmente climáticos, estudiados en el CIGEFI solo podrían ser comprendidos y explicados a partir de esas escalas de análisis. A su vez, esta característica explica, la presencia de otras palabras destacadas, ya que esos proyectos de investigación se centran en los estudios sobre el clima en regiones tropicales (Centro de Investigaciones Geofísicas, 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018; 2019a; 2019b; 2020 y 2021).

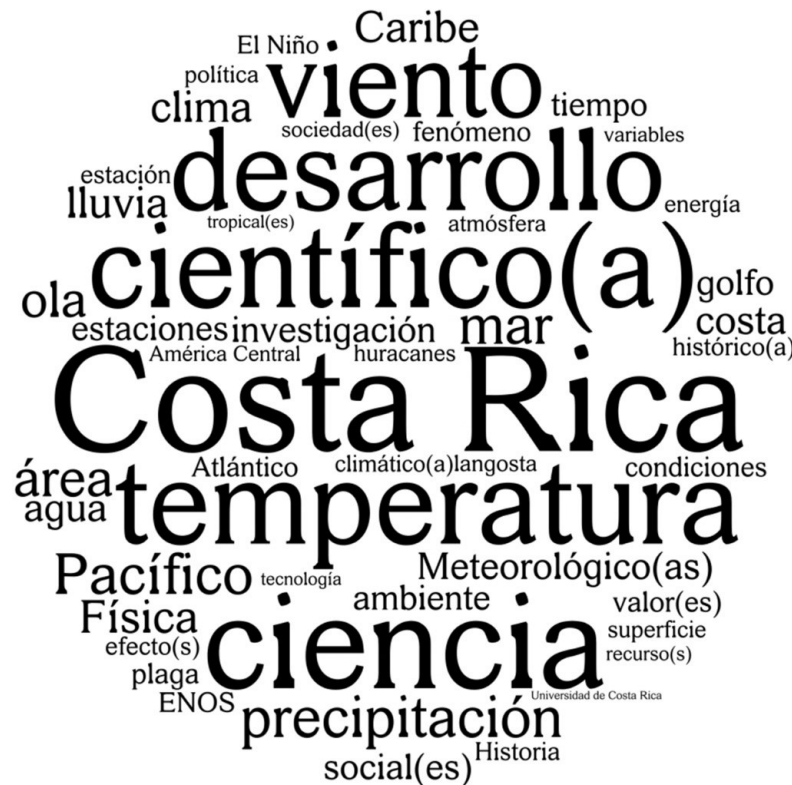
Los enfoques de investigación del CIGEFI, desde su creación hasta la actualidad

La misión del CIGEFI, de acuerdo con su Reglamento, se expone de la siguiente manera:

El CIGEFI se dedica al desarrollo de investigación científica en el campo de la geofísica, con un enfoque en el estudio de los fenómenos asociados al tiempo atmosférico, el clima y la hidrología, a nivel regional, global y de atmósferas planetarias. La amplia trayectoria, preparación y experiencia de las personas que conforman su grupo de trabajo, el cual es multi, trans e interdisciplinario, favorece el proceso de investigación y la formación profesional. El Centro de Investigaciones Geofísicas busca promover el estudio de las ciencias y fomentar la participación del personal universitario y estudiantado, mediante el desarrollo de investigación con un alto estándar de calidad (Reglamento del Centro de Investigaciones Geofísicas, 2022, art. 1).

Como se ha visto en las secciones anteriores, el CIGEFI ha plasmado su misión a través de las publicaciones sobre el tiempo atmosférico, el clima y la hidrología, a nivel regional, global y de atmósferas planetarias. Asimismo, la aspiración multi-, trans- e interdisciplinaria, característica de los estudios geofísicos, ha sido respaldada con los equipos de investigación inicialmente conformados por personas investigadoras especializadas en la Geología, quienes estudiaban los fenómenos vulcanológicos y sismológicos. Gradualmente, estos estudios fueron incorporando aspectos relacionados con estudios de la Física Atmosférica, con el objetivo desvincular los fenómenos de interés central para el CIGEFI con las Ciencias Sociales, en especial la Historia, la Sociología, la Antropología y la Geografía.

Figura 10. Palabras más mencionadas en las publicaciones en español de 1979-2022



Fuente: elaboración propia a partir de las publicaciones del CIGEFI.

Ese enfoque de la Física Atmosférica se puede observar en la figura 10, la cual recopila las principales menciones en las publicaciones durante toda la trayectoria del CIGEFI, entre ellas: “temperatura”, “viento” y “precipitación”. A largo plazo, esta tendencia se mantiene constante, mientras el enfoque geológico e histórico solo han ocupado una parte de esa trayectoria. Cabe destacar que en esa figura también influye la cantidad de publicaciones realizadas. Si bien en sus inicios había un considerable peso de la Geología, su representación disminuye posiblemente debido a que el número de publicaciones fue menor en comparación con otras temáticas desarrolladas en el marco del crecimiento investigativo del CIGEFI. Por su parte, en las publicaciones en español hay mayor presencia de estudios en perspectiva histórica, lo cual puede ser atribuido al aumento de publicaciones en los últimos años, relacionado con la participación del PESCTMA en el Centro, como se muestra en la siguiente figura:

Una interpretación similar podemos extraer de las palabras más mencionadas en inglés (figura 11), una presencia superior de investigaciones directamente vinculadas con la misión del CIGEFI. No obstante, en este caso existe una ausencia de palabras vinculadas a la Geología y la Historia; una razón atribuible a esta situación son las características de las publicaciones, ya que las que han sido en inglés se caracterizan por llevarse a cabo en revistas y editoriales internacionales especializadas en la temática de las ciencias atmosféricas, mientras que las publicaciones en español se han llevado a cabo en espacios en dicho idioma a nivel latinoamericano.

En conclusión, las posibilidades de establecimiento de comunidades científicas expresadas en el campo de la Geofísica en Costa Rica, y en la UCR en particular, se vieron favorecidas por los intereses y tendencias de las políticas públicas de la época, en el contexto del impulso

que brindaron los organismos internacionales vinculados. Sin embargo, dicho proceso estuvo sometido a discusiones y controversias dentro de las unidades académicas ya establecidas en la UCR, principalmente en los acuerdos respecto a los objetivos y alcances que tendría el centro de investigación. Asimismo, las condiciones para su creación también se han expresado en las temáticas de investigación llevadas a cabo por el CIGEFI, las cuales han ido evolucionando de acuerdo con la necesidad de ofrecer respuestas a los fenómenos geofísicos que ocurren en Costa Rica y en la región. Esta incursión, por lo tanto, ha sido cambiante en el tiempo, dando como balance histórico un tránsito que inicialmente estuvo influenciado por la Geología durante los primeros años, para luego inclinarse hacia la Física Atmosférica y establecer una vinculación con las Ciencias Sociales en los últimos años.

Por consiguiente, las tendencias de investigación y los objetivos propios de las publicaciones en términos institucionales han ofrecido, como balance general, a la luz de las nubes de palabras, dos tendencias principales según su idioma. La primera corresponde a las publicaciones en español, dirigidas a públicos principalmente nacionales y/o latinoamericanos, con alcances temáticos amplios; la segunda se vincula con las publicaciones en inglés, caracterizadas por una alta especialización y dirigidas a públicos meta mucho más amplios, en espacios de publicación de alto alcance internacional.

Agradecimientos

Al Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) y a su Programa de Estudios de la Ciencia, la Técnica y el Medio Ambiente (PESCTMA; proyecto A4906) por sus aportes en la realización de la presente investigación. Se agradece también el apoyo recibido a través de los siguientes proyectos inscritos en la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica: B9454 (apoyado por Fondo de Grupos), C2103, C3991 (UCREA), B0810 y del apoyo brindado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC), Ottawa, Canadá y el Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA) al proyecto RC4 (C4-468, CR-66, SIA 0054-23). Las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente las del IDRC, CSUCA o las de la Junta de Gobernadores. Hugo Hidalgo agradece también a la Escuela de Física, UCR, por el tiempo cedido para realizar la investigación. Los autores agradecen la colaboración de Marian Quesada por suministrar la información correspondiente a la estación meteorológica del Jardín Botánico Lankester, cuando estuvo a cargo de las estaciones del CIGEFI, así como a Dennis Jiménez Badilla por la revisión de este texto y a Michael Solano Mora por la revisión de las figuras y tablas incluidas en el mismo.

Referencias

- Amador, J. & Solano, F. (1991). Algunos datos históricos sobre eclipses de Sol en Costa Rica. *Polaris*, 3(3), 9-10.
- Amador, J. (1983). Necesidades de formación profesional en relación con el clima. *Revista Geofísica*, 18-19, 111-115.
- Amador, J. (2022). Programa de Investigación en Estudios Sociales de la Ciencias, la Técnica y el Medio Ambiente, del Centro de Investigaciones Geofísicas de la Universidad de Costa Rica. En C. A. Lértora Mendoza (Ed.), *Museos, Archivos y Bibliotecas Para La Historia de La Ciencia: Milenio y Memoria*. (pp. 369-403). FEPAI.
- Amador, J., Burgos, A., Soley, F. J., Serpas, G., & Vargas, A. (1993). Remote sensing at the Centre for Geophysical Research, University of Costa Rica. *International Journal of Remote Sensing*, 14(12), 2391-2401. <https://doi.org/10.1080/01431169308954043>
- Calvo Solano, O. D., & Alfaro Martínez, E. J. (2018). Importancia del alcance en redes del CIGEFI-UCR: Un estudio de los datos, según las publicaciones realizadas en los periodos entre 1979-2015. *E-Ciencias De La Información*, 8(2), 1-20. <https://doi.org/10.15517/eci.v8i2.30378>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (1987). *Detección de algunas fallas activas de Costa Rica por medidas de la emisión de gas radón*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/86090>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (2015). *Reducción de escala dinámica de proyecciones de cambio climático para América Central*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/B5296>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (1986). *Análisis espectral de señales sísmicas de los aparatos volcánicos Poás y Arenal*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/85073>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (1997). *Meteorología e Impacto Social Regional: Centro América y México (MISCAM)*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/97519>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (2004). *Programa de Investigación Estudios Sociales de la Ciencia, la Técnica y el Medio Ambiente*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/A4906>

- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (2013). *Proyecciones de alta resolución de cambio climático en Centroamérica usando modelos CMIP5*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/B3413>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (2014). *El Mega-Niño de 1876-1878 y su impacto social en América Central*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/B4228>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (2014). *Estudio de los sistemas de circulación meso-escalares en los mares intra-americanos*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/B4227>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (2017). *Distribuciones de temperatura y precipitación de regiones tropicales: Proyecciones y evaluaciones con multi-modelos de reducción de escala*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/B7605>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (2018). *Red de Investigación en Eventos Hidroclimáticos Extremos en América Central y el Caribe*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/B8766>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (2019a). *La Corriente en Chorro del Caribe: Observaciones, modelado multifísica, interacciones multiescala e impacto regional*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/B9454>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (2019b). *Stable Isotopes to Monitor Variability and Changes within the Earth Climate System*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/B9519>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (2021). *Análisis dinámico de regiones de ráfagas máximas en el Chorro de Bajo de Nivel del Caribe: Regiones de vorticidad y divergencia asociadas*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/B9132-21>
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI). (2023a). *Detección de rayos*. Centro de Investigaciones Geofísicas. <https://cigefi.ucr.ac.cr/deteccion-de-rayos/>
- Centro de Investigaciones Geofísicas. (1985). *Reconocimiento de patrones sísmicos*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/84078>

- Centro de Investigaciones Geofísicas. (2016). *Procesos hidroclimatológicos en el Corredor Seco Centroamericano*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/B6143>
- Centro de Investigaciones Geofísicas. (2023b). *Estaciones Meteorológicas*. Centro de Investigaciones Geofísicas. <https://cigefi.ucr.ac.cr/estaciones-meteorologicas-2/>
- Centro de Investigaciones Geofísicas. (CIGEFI). (2020). *Oscilación Antártica: Su influencia en la precipitación en Mesoamérica*. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/C0074>
- Chavarría Camacho, D. (2020). Colaboraciones académicas y balance general de la producción historiográfica en temas de ciencia, tecnología y medio ambiente en Costa Rica. *Diálogos Revista Electrónica de Historia*, 21(1), 95-116. <https://doi.org/10.15517/dre.v21i1.39732>
- Díaz, R., & Arias, L. D. (2022). Medio siglo de políticas científicas y tecnológicas en Costa Rica (1972-2022): Un balance. En C. A. Lértora Mendoza (Ed.), *Temas actuales de política científica: Red de política científica desde Latinoamérica* (pp. 27-50). FEPAL.
- Fernández, W. & Zárate, E. (2000). Desarrollo y perspectivas de las Ciencias Atmosféricas en Costa Rica. En *Desarrollo Científico y Tecnológico en Costa Rica: Logros y Perspectivas. Tomo II*, 67–98. Academia Nacional de Ciencias.
- Fernández, W. (1994). Historia del desarrollo de las Ciencias Atmosféricas en la Universidad de Costa Rica: hasta 1995. *Ciencia y Tecnología*, 18(1-2), 31-46.
- Fernández, W. (1995a). El desarrollo de la física en la Universidad de Costa Rica: 1994. En G. Violini (Ed.), *Ciencia y tecnología para América Central: Planes y estrategias* (pp. 127-135). Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.
- Fernández, W. (1995b). La Física en la Universidad de Costa Rica. *Prociencia*, A-D.
- Fernández, W. (1998). Los antecedentes de la creación del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) de La Universidad de Costa Rica. *Revista Geológica de América Central* 21, 99–104.
- Fernández, W. (Ed.) (1992). *El eclipse total de Sol del 11 de julio de 1991. Observaciones científicas realizadas en Costa Rica* (pp. 13-37). Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Goebel McDermott, A., & Montero Mora, A. (2022). Historia ambiental. En I. Molina Jiménez (Ed.), D. Díaz Arias (Ed.), *Innovación y diversidad: La historiografía costarricense en la segunda década del siglo XXI* (pp. 165-185). Editorial de la Universidad de Costa Rica.

- Gutiérrez, J. M. (2005). La investigación en la Universidad de Costa Rica: Situación Actual y perspectivas. *Revista Reflexiones*, 84(2), 91-101. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/reflexiones/article/view/11425>
- Hernández-Castro, F., Monge-Fallas, F., Hidalgo, H. G., & Alfaro, E. J. (2021). Visualization of 40 Years of Tropical Cyclone Positions and Their Rainfall Impacts in Central America. *Scientific Visualization*, 13(5), 78-94. <https://doi.org/10.26583/sv.13.5.07>
- Hidalgo, H., Alfaro, E. & Quesada-Montano, B. (2017). Observed (1970–1999) climate variability in Central America using a high-resolution meteorological dataset with implication to climate change studies. *Climatic Change* 141, 13–28. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1786-y>
- Nicaragua, R. (2013). Análisis bibliométrico de la producción científica del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) de la Universidad de Costa Rica en revistas científicas desde 1979 hasta 2011. *E-Ciencias de la Información*, 3(2), 1–17. <https://doi.org/10.15517/eci.v3i2.10653>
- Salazar, A., & Vargas, J. L. (2017). Algunos aspectos técnicos sobre la estación meteorológica automática de la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes. *Pensamiento Actual*, 17(1), 96–104.
- Solano, F. & Páez, J. (1990). Semblanza de un Profesor de Ciencias: Don Elliott Coen París. En A. Ruiz Zúñiga (Ed.), *Ciencia y Tecnología en la construcción del futuro* (1 ed., pp. 180-188). San José: Asociación Costarricense de Historia y Filosofía de la Ciencia.
- Solano, F., Páez, J., & Amador, J. (1990). Algunos detalles y hechos históricos de los albores de la física en Costa Rica. En Á. Ruiz (Ed.), *Las matemáticas en Costa Rica. Memorias III Congreso Nacional de Matemáticas* (pp. 371-384). Universidad de Costa Rica; Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Universidad de Costa Rica. (2024). Reglamento del Centro de Investigaciones Geofísicas. *La Gaceta Universitaria*, 53. Universidad de Costa Rica.
- Viales Hurtado, R. & Clare Rhoades, P. (2007). El Estado, lo transnacional y la construcción de comunidades científicas en la Costa Rica liberal (1870-1930). La construcción de un “régimen de cientificidad”. *Diálogos Revista Electrónica de Historia*, 7(2), 147-168. <https://doi.org/10.15517/dre.v7i2.6196>
- Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. (2025). *Sistema de Información y Gestión de Proyectos, Programas y Actividades*. Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/>