

DESARROLLO Y PERSPECTIVAS DE LAS CIENCIAS ATMOSFÉRICAS Y PLANETARIAS EN COSTA RICA

**Walter Fernández¹
Eladio Zárate²**

RESUMEN

Se presenta el estado de desarrollo de las Ciencias Atmosféricas y Planetarias en Costa Rica. Se describen las actividades de investigación que se realizan en varias instituciones del país, principalmente en la Universidad de Costa Rica y el Instituto Meteorológico Nacional. En este último también se describen las actividades de tipo operacional. Aunque el país ha avanzado bastante en Ciencias Atmosféricas, ya que cuenta con recurso humano muy bien formado académicamente, se requiere promover en mayor grado los trabajos de investigación, particularmente sobre los fenómenos y procesos meteorológicos que afectan a Costa Rica, así como sobre la variabilidad climática regional y el cambio climático y sus efectos en la biodiversidad y los sectores productivos del país. Esta investigación a la vez requiere de mayor dotación de algunas tecnologías avanzadas que el país no dispone, tales como radares meteorológicos, equipos para detectar electricidad atmosférica y otros. También, se requiere una mayor infraestructura computacional y personal de apoyo, así como becas para estudiantes de posgrado que les permitan desarrollar proyectos de investigación. En lo referente a Ciencia Planetaria, la falta de recurso humano resulta en la realización de relativamente pocos trabajos de investigación.

¹ Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias, Escuela de Física y Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Presidente de la Academia Nacional de Ciencias.

² Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio del Ambiente y Energía, San José, Costa Rica

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo describe el estado de desarrollo alcanzado en las Ciencias Atmosféricas y Planetarias, enfatizando los logros obtenidos en las últimas tres décadas del siglo XX.

Aunque no es el propósito del trabajo describir el desarrollo histórico de las Ciencias Atmosféricas y Planetarias, es conveniente mencionar algunos aspectos históricos relevantes para lo que se describe en las siguientes secciones. El lector es referido a los trabajos de Rosales (1987) y Amador y Solano (1999) para más detalles. Observaciones sistemáticas de variables meteorológicas se realizan en Costa Rica desde mediados de siglo XIX. El naturalista danés Anders S. Oersted realizó observaciones meteorológicas a partir de 1846 cuando realizó una exploración geográfica en Costa Rica. El naturalista alemán von Frantzius realizó observaciones de 1854 a 1856 en San José y Alajuela. De 1866 a 1880, Maison realizó observaciones meteorológicas en San José. En 1888 se fundó el Instituto Meteorológico Nacional con Henri Pittier como su Director. Un año después de su fundación, El Instituto Meteorológico Nacional pasó a formar parte de una institución más amplia, el Instituto Físico Geográfico que se creó en 1889, siempre bajo la dirección de Pittier. En 1904 Pittier dejó el Instituto y algunos colaboradores suyos se hicieron cargo en forma sucesiva de la Dirección del Instituto hasta 1935. Entre ellos estaban Anastasio Alfaro, Pablo Biolley, Pedro Nolasco y Miguel Obregón. De 1936 a 1940 se suprimió el presupuesto del Instituto Físico Geográfico. Este Instituto se reabrió en 1941 con José Merino y Coronado como su Director. En 1944 se crea el Servicio Meteorológico y Sismológico, siendo José Merino y Coronado su Director, como dependencia del Instituto Geográfico Nacional creado ese mismo año. En 1948, Elliott Coen se hace cargo de la Dirección del Servicio Meteorológico y Sismológico, puesto que desempeñó hasta 1968. Como Director del Servicio Meteorológico y Sismológico, Coen fue nombrado en el cargo de Presidente de la Asociación Regional IV de la Organización

Meteorológica Mundial (OMM). Coen propuso a la OMM que la Universidad de Costa Rica (a través de su antiguo Departamento de Física y Matemática) fuera un Centro Regional de Formación Meteorológica de la OMM. Fue así como en 1968 se iniciaron la carrera de meteorología y las actividades del Centro Regional de Formación Meteorológica en la Universidad de Costa Rica (Fernández, 1994b). Las funciones actuales del Instituto Meteorológico Nacional le fueron estipuladas en su ley de creación No. 5222 aprobada en 1973. La descripción que sigue en las siguientes secciones está centrada a partir de la creación del Centro Regional de Formación Meteorológica en 1968 en la Universidad de Costa Rica y del actual Instituto Meteorológico Nacional en 1973.

CIENCIAS ATMOSFÉRICAS Y PLANETARIAS EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Departamento de Física Atmosférica, Oceánica y Planetaria (DFAOP)

El Departamento de Física Atmosférica, Oceánica y Planetaria (DFAOP) de la Universidad de Costa Rica es hoy uno de los principales centros de formación meteorológica de Latinoamérica, que ofrece Ciencias Atmosféricas con énfasis en los problemas físicos, químicos y dinámicos de las zonas tropicales. El DFAOP es parte de la Escuela de Física.

Los objetivos generales del DFAOP son:

- 1) Realizar actividades de docencia, investigación y acción social en Ciencias Atmosféricas, Oceanografía Física y Ciencia Planetaria, reafirmando su interrelación y aplicándolas, en lo posible al bienestar humano.
- 2) Formar un personal idóneo que se dedique a la enseñanza, la investigación y el trabajo profesional, con conciencia creativa, crítica y objetiva, de tal forma que pueda participar eficazmente en los procesos de la actividad humana.

Sus objetivos específicos son:

- a) Ofrecer y coordinar los programas de grado de Bachillerato y Licenciatura en Meteorología.
- b) Colaborar con el Programa de Posgrado en Ciencias de la Atmósfera.
- c) Actuar como Centro Regional de Formación Meteorológica dentro del esquema de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).
- d) Promover y desarrollar investigación científica de alto nivel en Ciencias Atmosféricas, Oceanografía Física y Ciencia Planetaria.
- e) Ofrecer y coordinar cursos de servicio en Ciencias Atmosféricas, Oceanografía Física y Ciencia Planetaria para las carreras de la Universidad que lo requieran.
- f) Promover y desarrollar actividades de acción social y divulgación científica.

Desde 1968, la Universidad de Costa Rica fue reconocida por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) como "Centro Regional de Formación Meteorológica" (Fernández, 1994b). Esto ha permitido una continua colaboración con la OMM. Otros organismos como la "Carl Duisberg Gesellschaft e.V." de Alemania, el Gobierno de Noruega, la Agencia Finlandesa para el Desarrollo Internacional (FINNIDA), la "National Oceanic and Atmospheric Administration" (NOAA), el "Cooperative Institute for Research in the Atmosphere" (CIRA) en "Colorado State University", el "Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies" (CIMSS) en la "University of Wisconsin-Madison" y Unidata (un programa financiado por la "National Science Foundation" de los Estados Unidos), han patrocinado y proporcionado ayuda en diversas formas. Además,

siempre ha habido una gran colaboración por parte del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) de Costa Rica y otras instituciones.

El Departamento de Física Atmosférica, Oceánica y Planetaria (DFAOP) ofrece programas de estudio para optar a los grados de Bachiller en Meteorología y Licenciado en Meteorología. También, ofrece, aunque no en forma regular, un Programa de Formación de Personal para Técnicos en Meteorología, dirigido a la formación de técnicos de nivel medio según la clasificación de la OMM. Además, el DFAOP colabora con el Sistema de Estudios de Posgrado (SEP) en dos programas de posgrado: (1) Maestría (grado de Magister Scientiae) en Ciencias de la Atmósfera y (2) Especialidad de Posgrado en Meteorología Aplicada.

De los programas de Bachillerato y Licenciatura se han graduado estudiantes de los siguientes países: Brasil, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Venezuela. Del Programa de Formación de Personal Meteorológico Clase II se han graduado estudiantes de los siguientes países: Antillas Holandesas, Brasil, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay y República Dominicana. Además, del programa de posgrado se han graduado estudiantes de Costa Rica, El Salvador, Honduras, México, Nicaragua y Panamá.

El DFAOP desarrolla también actividades de Educación Continua (Fernández y Castro, 1999). Varios cursos cortos (cerca de una a dos semanas de duración) son ofrecidos, cuando son requeridos, en diferentes aspectos de las Ciencias Atmosféricas y Planetarias para proporcionar formación o entrenamiento específicos a personal de diferentes instituciones. Estas actividades se han centrado principalmente en meteorología satelital, agrometeorología, variabilidad climática y cambio global, el uso de productos de modelos numéricos y Ciencia Planetaria. Además, con la colaboración de la Vicerrectoría de Acción Social de la

Universidad y del Ministerio de Educación Pública, se ha ejecutado un programa de capacitación en temas de las Ciencias Atmosféricas dirigido a profesores de enseñanza secundaria.

Los módulos de multimedia hechos por el “Cooperative Program for Operational Meteorology, Education and Training” (COMET) han proporcionado una herramienta valiosa para el entrenamiento en meteorología operacional. Por esta razón algunos de estos módulos han sido o están siendo traducidos del Inglés al Español en la Universidad de Costa Rica.

El uso de Internet y de enseñanza asistida por computadora (“computer-aided learning”, CAL) está siendo estimulado en los programas de estudio, no solamente como un complemento valioso a los cursos regulares, sino también teniendo en cuenta que esto será una herramienta muy útil para la actualización de conocimiento una vez que los graduados se hayan incorporado en sus trabajos.

Paralelamente a las actividades en Ciencias Atmosféricas, se han desarrollado otras actividades docentes y de investigación en varias disciplinas de las Ciencias Geofísicas, particularmente en Oceanografía Física, Ciencia Planetaria y Percepción Remota.

El DFAOP cuenta actualmente con once profesores en propiedad, diez de los cuales son de tiempo completo y poseen el grado académico de doctor. De estos diez, tres obtuvieron el doctorado en Gran Bretaña, cuatro en Estados Unidos, dos en Alemania y uno en Chile. Además, el DFAOP cuenta con personal interino que colabora en algunos de sus cursos.

El Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias (LIAP) se creó en 1993, como una unidad de investigación de la Escuela de Física. Los programas de enseñanza del Departamento de Física Atmosférica, Oceánica y Planetaria (DFAOP) y los programas de investigación del LIAP están fuertemente interrelacionados.

El Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), creado en 1979, ha constituido también un apoyo valioso a las actividades del DFAOP.

Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias (LIAP)

Los objetivos del Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias son:

- 1) Realizar investigaciones en el campo de las Ciencias Atmosféricas y Planetarias.
- 2) Colaborar con instituciones nacionales e internacionales que trabajan en el campo de las Ciencias Atmosféricas y Planetarias

Los temas actuales de investigación del LIAP son:

- Aplicaciones de los satélites meteorológicos
- Variabilidad climática y cambio global
- Radiación solar y radiación planetaria
- Estructura y dinámica de nubes y tormentas
- Procesos de mesoescala y de escala sinóptica
- Modelación numérica
- Micrometeorología
- Química Atmosférica
- Interacción Atmósfera-océano
- Ciencia Planetaria

Los datos obtenidos con satélites meteorológicos están siendo utilizados para estimar la lluvia en superficie, para estudios de la radiación global y radiación neta en superficie (Campos y Fernández, 1996), detección de incendios forestales (Alfaro et al., 1999), detección de erupciones volcánicas y dispersión de sus cenizas, y para el estudio de situaciones meteorológicas,

tales como los temporales producidos por huracanes y otras condiciones atmosféricas (Fernández, 1989; Fernández y Vega, 1996; Galo et al. 1996a,b, Banichevich y Castro, 1999).

En variabilidad climática y cambio global se han estado estudiando las variaciones estacionales e interanuales de la temperatura, la lluvia y el viento en Costa Rica y otros países (particularmente en relación al fenómeno de “El Niño-Oscilación del Sur” o ENOS), así como las características del clima a sotavento de las montañas de Costa Rica (e.g., Grandoso et al., 1981; Chacón y Fernández, 1985; Suárez et al. 1987; Campos y Castro, 1992; Fernández, 1984, 1991, 1994a, 1997; Fernández e Hidalgo, 1997; Fernández y Ramírez, 1991; Fernández et al., 1996; Báez y Fernández 1994, 1995a,b; García y Fernández, 1996a,b; 1997; Gómez y Fernández, 1996; Lizano y Fernández, 1996; Banichevich y Lizano 1998, Fernández y Fernández, 1999; Alfaro, 1999a; Alvarado Gamboa, 1999). También se han estudiado posibles relaciones entre la actividad solar y variabilidad climática en América Central (Araya et al., 2000).

Se han estado realizando investigaciones sobre los sistemas nubosos precipitantes en los trópicos y sobre los efectos de mesoescala que resultan de la interacción del flujo con la orografía (e.g., Grandoso, 1976, 1979; Grandoso et al. 1980; Fernández, 1981, 1982a,b; 1983a,b; 1998; Fernández y Thorpe, 1979; Fernández y Barrantes, 1996; Fernández et al., 1986; Galo et al. 1996a,b; Gutiérrez 1997, 1998a,b,c, 1999; Gutiérrez y Thorpe, 1997). Estos efectos de mesoescala son de gran relevancia para condiciones de desastres naturales, producidas por los temporales que afectan a Costa Rica, así como en el estudio de la dispersión de contaminantes en la atmósfera. También se han hecho estudios relacionados con la actividad eléctrica en la atmósfera (Bonatti y Fernández, 1999; Fernández e Hidalgo, 1997).

Otro tema de estudio son las variaciones de la radiación solar (global y ultravioleta) en Costa Rica (Castro, 1986a,b).

También, se han realizado investigaciones relacionadas a los efectos del microclima sobre la incidencia de pestes y enfermedades en cultivos, así como a estudios climáticos para la zonificación agrícola y forestal (Castro, 1985, Castro et al. 1991, 1992).

Otros estudios han tratado con la medición de variables meteorológicas (Castro, 1982; Castro e Hidalgo, 1997).

En Química Atmosférica se han estado investigando reacciones de intercambio isotópico en el ciclo O_x y mecanismos de formación del ozono (Banichevich 1994, 1995, 1998, 1999; Banichevich y Fernández, 1994; Banichevich et al., 1998), así como aspectos relacionados con la distribución de CO_2 (Bonatti y Banichevich, 1999). También se han relacionado estudios sobre diferentes aspectos relacionados con la radiactividad ambiental (Fernández y Marengo, 1981; Loría et al. 1998), principalmente en colaboración con el Laboratorio de Física Nuclear Aplicada de la UCR.

En Ciencia Planetaria se han realizado estudios sobre vientos cerca de los cascos polares de Marte (Fernández, 1995,a,b), tormentas de polvo en Marte (Fernández, 1998), formación de algunos planetas y sobre aspectos geofísicos asociados a la ocurrencia de eclipses totales de Sol (Brenes et al., 1993; Fernández et al., 1992; Fernández et al. 1993a,b; Fernández et al. 1996).

Además de los temas antes mencionados, se han realizado estudios sobre la cosmovisión de los pueblos indígenas de Costa Rica (Bonatti, 1998; Bonatti y Fernández, 1998).

El LIAP mantiene una amplia colaboración con otros laboratorios y centros de investigación de la Universidad de Costa Rica (UCR), principalmente con el Centro de Investigaciones Geofísicas. Mantiene también una fuerte relación de cooperación mutua con el Instituto Meteorológico Nacional, con

el cual participa junto con la NOAA en un proyecto para fortalecer la red de sondeos meteorológicos sobre el Pacífico del Este y las Américas intertropicales (Douglas y Fernández, 1997). Además, se realizan trabajos conjuntos con el Instituto Costarricense de Electricidad, el Departamento de Física de la Universidad Nacional y el Departamento de Física del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI)

Los programas de Investigación de este centro cubren todas las Ciencias Geofísicas, pero se enfocan principalmente a:

- 1) Percepción Remota con aplicaciones a los recursos naturales.
- 2) Prevención de desastres naturales.
- 3) Estructura y dinámica de los sistemas geofísicos.
- 4) Oceanografía Física.

El Centro ha estado desarrollando la tecnología instrumental, computacional y de análisis para aplicar las técnicas de Percepción Remota en apoyo directo a los programas de evaluación y uso de recursos terrestres y de prevención de desastres naturales (Amador et al., 1993).

Se han realizado investigaciones en Meteorología Tropical y en Variabilidad Climática y Cambio Global: ondas atmosféricas tropicales, sistemas convectivos tropicales, variabilidad climática en los trópicos americanos (e.g., Alfaro y Amador, 1996, 1997; Alfaro y Cid, 1999a,b; Alfaro y Enfield, 1999; Amador, 1982, 1983a,b, 1998; Amador y Alfaro, 1996; Amador y Magaña, 1999; Amador y Olmedo, 1998a,b; Amador y Soriano, 1996; Amador y Soley, 1982; Morera y Amador, 1998; Enfield y Alfaro, 1999; Magaña et al., 1999). En estas actividades existe una gran colaboración con el Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias, por lo que publicaciones citadas anteriormente dentro del LIAP también forman parte del CIGEFI.

La aplicación de diversos métodos para el análisis de series de tiempo ha sido un tema importante en las actividades del Centro (e.g., Soley, 1987, 1988, 1993, 1994, 1997; Gutiérrez y Soley, 1989, 1991; Soley y Gutiérrez, 1991, 1992; Alfaro y Cid, 1999a,b; Alfaro, 2000)

En Oceanografía Física se ha estudiado la variabilidad espacial y temporal de la estructura térmica superficial del Pacífico adyacente a Costa Rica y su relación con los recursos pelágicos. También se han implementado técnicas de pronóstico de oleaje en la costa del Caribe de Costa Rica durante el período de huracanes (Lizano, 1990, 1991, 1996, 1997a; Lizano y Moya, 1990; Lizano y Fernández, 1996). Otro tema de investigación ha sido la predicción de mareas en las costas de Costa Rica (Lizano, 1997b). También, se han estudiado procesos costeros como: refracción de oleaje (Lizano, 1992; Lizano et al., 1993), dinámica de estuarios (Lizano y Vargas, 1993; Lizano, 1998) y el uso de sensores remotos para caracterización de zonas de manglar (Lizano et al., 1998). Además, se hizo un análisis de los registros del nivel del mar correspondientes al terremoto de Cóbano del 25 de marzo de 1992 (Lizano et al., 1994).

Diversos aspectos sobre la sismicidad y actividad volcánica de Costa Rica han sido investigados en proyectos conjuntos del Centro y la Escuela Centroamericana de Geología.

Además, se ha estado trabajando en el desarrollo y aplicación de un sistema de bases de datos geofísicos.

El Centro mantiene una relación muy cercana con la Escuela de Física y la Escuela Centroamericana de Geología. También coordina esfuerzos en programas específicos con varias instituciones, entre las que se encuentran el Instituto Meteorológico Nacional, Instituto Geográfico Nacional, Instituto Costarricense de Electricidad, Universidad Nacional (Costa Rica) y Universidad Nacional Autónoma de México. Con el Instituto Costarricense de Electricidad opera el Observatorio Geomagnético de Chiripa (Fernández y Leandro, 1994).

Trabajos en otras unidades de investigación de la Universidad de Costa Rica

Otros trabajos sobre Oceanografía Física e Ingeniería Costera han sido realizados por personal del DFAOP en otras unidades de investigación de la Universidad de Costa Rica (e.g., Murillo, 1991, 1992, 1993a,b, 1994a,b, 1997, 1998a,b, 1999). Además, la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Facultad de Agronomía realiza estudios agrometeorológicos.

ACTIVIDADES DEL INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) realiza diferentes actividades en Meteorología y sus aplicaciones. Sus orígenes se remontan a 1888, pero sus funciones actuales le fueron concedidas en la Ley No. 5222 aprobada en 1973, mediante la cual el IMN fue creado como una Dirección adscrita al Ministerio de Agricultura y Ganadería. En 1987 pasó a formar parte del Ministerio del Ambiente y Energía (antiguamente el Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas).

La misión u objetivo general del IMN es:

“Satisfacer las necesidades de la sociedad costarricense de información sobre el tiempo atmosférico, el clima y el recurso agua y facilitar la prestación de servicios e investigación científica, todo estructurado dentro de los principios del desarrollo humano sostenible e integral, con el propósito de conservar para futuras generaciones los recursos naturales del país”.

Sus objetivos específicos son:

- 1) dar avisos oportunos para los agricultores,
- 2) dar todo tipo de información y asistencia a la aviación civil nacional e internacional y a la navegación marítima,

- 3) participar en labores dirigidas a la depuración del medio ambiente y en particular en la defensa frente a la contaminación atmosférica,
- 4) elaborar estudios sobre vulnerabilidad, impacto y mitigación del cambio climático, en recursos hídricos, agricultura, biodiversidad, etc. y proponer cursos de acción,
- 5) proporcionar pronósticos estacionales y de corto plazo, en apoyo a todas las actividades productivas del país,
- 6) establecer un proceso continuo de educación y divulgación, una clara comprensión y un mejor uso de la información meteorológica,
- 7) fomentar las relaciones y la suscripción de convenios cooperativos con institutos científicos y organismos nacionales e internacionales, para la actualización de las competencias del IMN,
- 8) desarrollar acciones tendientes a la protección de la capa de ozono para evitar daños al ser humano, plantas y animales,
- 9) proporcionar pronósticos sobre fenómenos meteorológicos severos como huracanes, inundaciones y sequías,
- 10) colaborar con los países centroamericanos en la vigilancia y comunicación de situaciones atmosféricas que puedan causar catástrofes.

A inicios del Siglo XXI y del tercer milenio, la comunidad costarricense encontrará un Instituto Meteorológico Nacional:

- a) rector de la Meteorología y del recurso agua en el país,
- b) orientado hacia el usuario y a la comercialización de servicios,
- c) con orientación de sus acciones y actividades hacia el desarrollo humano y como soporte de actividades para el desarrollo social y económico del país,

- d) con tecnología adecuada para satisfacer las necesidades de la sociedad en materia de Meteorología y manejo integrado del recurso hídrico,
- e) líder y protagonista en el Programa Nacional de Cambio Climático y el Programa Nacional para la Protección de la Capa de Ozono,
- f) con una organización caracterizada por la delegación y participación y con personal de alta calidad profesional.

Al final de 1999, del total de puestos del IMN, el 35% son profesionales, el 45% técnico y el 20% administrativos.

Aunque las actividades principales del IMN son de tipo operacional, también realiza algunas actividades de investigación. Por ejemplo, sobre el clima de Costa Rica (Zárate, 1978, 1979, 1980; Alfaro, 1983; Ramírez, 1983; Suárez et al., 1987, Vega, 1979, 1987; Alvarado Gamboa, 1999), estimación de la lluvia mediante percepción remota (Alfaro, 1998a,b,c), desastres naturales y dispersión de cenizas durante erupciones volcánicas (Campos, 1997; Zárate, 1989, 1990, 1992), comparaciones de observaciones con diferentes instrumentos meteorológicos y estimaciones de variables meteorológicas (Suárez, 1996; Suárez y Alfaro, 1997; Castro y Hidalgo, 1997, Villalobos, 1997), aplicación de técnicas estadísticas (Alfaro y Pacheco, 1999) sistemas nubosos precipitantes (Grandoso et al., 1980, Fernández y Barrantes, 1996; Fernández y Vega, 1996; Galo et al. 1996a,b), estimación de la radiación solar (Campos y Fernández, 1996), Física de Nubes (Campos, 1999) y diversos aspectos agrometeorológicos (Lomas y Herrera, 1984, 1985, 1992; Herrera, 1984, 1995; Stigter et al., 1987; Retana, 1996; Retana y Herrera, 1994; Retana y Villalobos, 1997; Villalobos, 1996; Villalobos y Retana, 1997a,b; Solano y Villalobos, 1999).

ACTIVIDADES EN OTRAS INSTITUCIONES

Otras instituciones del país realizan actividades en Meteorología y sus aplicaciones. En la Escuela de Física de la Universidad Nacional (UNA) se investiga en radiación solar y terrestre. Se han hecho

estudios sobre mediciones en el espectro visible, ultravioleta e infrarrojo (e.g., Wright, 1993, 1996, 1998, 1999; Wright y Marengo, 1992, 1993, 1996). En el Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero de la UNA se han realizado investigaciones sobre aspectos oceánicos relacionados a la variabilidad climática y el cambio global. En la Escuela de Física del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) se han realizado investigaciones sobre variabilidad climática. En el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) se realizan estudios meteorológicos aplicados al desarrollo de la energía en el país, la eléctrica, eólica y geotérmica. Otras instituciones, como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), la Escuela Agrícola Regional del Trópico Húmedo (EARTH), el Centro Científico Tropical (CCT) y la Organización para Estudios Tropicales (OET) realizan estudios sobre el clima y su relación con la agricultura y la biodiversidad. Consultorías privadas son realizadas por algunos profesionales.

En Costa Rica está la sede de la Oficina Subregional de la Organización Meteorológica Mundial para América Central, América del Norte y el Caribe. Esta Oficina colabora con los Servicios Meteorológicos y realiza actividades de cooperación técnica en la región. También está la sede del Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH), el cual es un organismo técnico intergubernamental del Sistema de Integración Centroamericana (SICA), especializado en los campos de la meteorología, la hidrología y los recursos hídricos.

QUINQUENIO CENTROAMERICANO PARA LA REDUCCIÓN DE LAS VULNERABILIDADES Y EL IMPACTO DE LOS DESASTRES

En la XX Cumbre de los Presidentes de América Central, realizada en Guatemala en Octubre de 1999, se firmó la "Declaración de Guatemala II", en la cual se adopta como parte integral de dicha Declaración el "Marco Estratégico para la Reducción de la Vulnerabilidades y Desastres en Centroamérica", considerándose a los desastres como uno de

los temas prioritarios de la agenda regional. El Marco Estratégico “constituye el eje rector para la elaboración, actualización, adecuación y desarrollo de planes regionales en materia de Reducción de Vulnerabilidad y Desastres; Manejo Integrado y Conservación de los Recursos de Agua; y Prevención y Control de los Incendios Forestales”. La Declaración de Guatemala II establece el Quinquenio Centroamericano para la Reducción de las Vulnerabilidades y el Impacto de los Desastres para el período 2000 a 2004.

En cuanto a la reducción de la vulnerabilidad y los desastres, se toma en cuenta que Centroamérica es frecuentemente afectada por fenómenos naturales, de origen tanto hidrometeorológico como geológico. Debido a esto, el marco estratégico se plasmará en un plan de acción que habrá de incluir acciones concertadas en relación a las siguientes cinco áreas temáticas principales:

- 1) el fortalecimiento de las instituciones que atienden los temas de la vulnerabilidad y el manejo de las contingencias, y la cooperación entre ellas cuando corresponda,
- 2) la ampliación y modernización de las actividades destinadas a la obtención, análisis e investigación de la información técnica y científica sobre los fenómenos naturales que se requiere para la toma de decisiones,
- 3) el establecimiento de sistemas modernos de monitoreo de fenómenos naturales y antropogénicos para la emisión de alerta temprana,
- 4) elaboración de una política nacional en materia de reducción del riesgo, que sea incorporada en los respectivos planes nacionales de desarrollo, y/o de estrategias, planes y proyectos específicos sectoriales, y
- 5) el fortalecimiento de las capacidades locales para la gestión del riesgo.

El plan contempla también los fenómenos naturales asociados a cambio climático y variabilidad climática, incluyendo los efectos del ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) en las actividades agropecuarias y socioeconómicas. Respecto a este tema, se realizó un trabajo para predecir el impacto de la estación lluviosa del año 1999 (Alfaro y Enfield, 1999).

El Quinquenio Centroamericano para la Reducción de las Vulnerabilidades y el Impacto de los Desastres constituye una gran oportunidad para promover la investigación científica sobre los fenómenos meteorológicos, hidrológicos, oceanográficos y geológicos asociados a los desastres naturales. “El marco estratégico prevé la realización de diversas acciones concretas destinadas a lograr un mejor conocimiento técnico-científico acerca de las amenazas naturales y antropogénicas, que conduzcan a la reducción de las vulnerabilidades y el impacto de los desastres.”

PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS ATMOSFÉRICAS Y PLANETARIAS

En Ciencias Atmosféricas la investigación que más requiere el país está relacionada con:

- 1) Fenómenos y procesos de : dinámica de nubes y tormentas, particularmente sistemas nubosos precipitantes, interacción del flujo con la orografía, circulaciones locales, uso de modelos numéricos de alta resolución para simular fenómenos de mesoescala y utilización de los productos de modelos numéricos para fines de pronóstico. Esto, por supuesto, requiere de facilidades relacionadas con la aplicación de satélites meteorológicos, radar y fuerte infraestructura computacional, además de una red de estaciones meteorológicas de mayor cobertura y mayor densidad.
- 2) Variabilidad climática regional, cambio climático y pronóstico climático.

Los resultados de esas investigaciones deben ser utilizados en diversas actividades del sector productivo del país.

En Ciencia Planetaria la investigación que se debe estimular está en las áreas de planetología comparativa y de relaciones solar-terrestres.

Estas investigaciones a la vez requieren de mayor dotación de algunas tecnologías avanzadas que el país no dispone, tales como radares meteorológicos, equipos para detectar electricidad atmosférica y otros. También, se requiere una mayor infraestructura computacional y personal de apoyo, así como becas para estudiantes de posgrado que les permitan desarrollar proyectos de investigación. Tanto en Ciencias Atmosféricas como en Ciencia Planetaria se requiere mayor recurso humano.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a Jorge Amador, Eric Alfaro, Javier Bonatti, Hugo Herrera, Jorge Gutiérrez, Omar Lizano y F. Javier Soley por sus valiosos comentarios y sugerencias.

Referencias

- Alfaro, E., 2000. Eventos cálidos y fríos en el Atlántico Tropical Norte. *Atmósfera* (en prensa).
- Alfaro, E. y J. A. Amador, 1996. El Niño-Oscilación del Sur y algunas series de temperatura máxima y brillo solar en Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 3, 3-10.
- Alfaro, E. y J.A. Amador, 1997. Variabilidad y cambio climático en algunos parámetros sobre Costa Rica y su relación con fenómenos de escala sinóptica y planetaria. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4, 51-62.
- Alfaro, E. y L. Cid, 1999a. Ajuste de un modelo VARMA para los campos de anomalías de precipitación en Centroamérica y los índices de los océanos Pacífico y Atlántico tropical. *Atmósfera*, 12, 205-222.
- Alfaro, E. y L. Cid, 1999b. Análisis de las anomalías en el inicio y el término de la estación lluviosa en Centroamérica y su relación con los océanos Pacífico y Atlántico tropical. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 6(1), (en prensa).

Alfaro, E. y D. Enfield, 1999. The rainy season in Central America: An initial success in prediction. *IAI Newsletters*, 20, 20-22.

Alfaro, R., 1983. Precipitación mensual en Costa Rica y su aproximación a la distribución Gamma incompleta mixta. *Ciencia y Tecnología*, 7(1), 183-206.

Alfaro, R., 1998a. Intercomparison and validation of the FSU SSM/I-based precipitation profile retrieval algorithm. Part I: using ground radar data. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5, 27-41.

Alfaro, R., 1998b. Intercomparison and validation of the FSU SSM/I-based precipitation profile retrieval algorithm. Part II: using aircraft radar data. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5, 43-54.

Alfaro, R., 1998c. Intercomparison and validation of the FSU SSM/I-based precipitation profile retrieval algorithm. Part II: using X-band radar data. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5 (2), (en prensa).

Alfaro, R. y R. Pacheco, 1999. Aplicación de algunos métodos de relleno de series anuales de lluvia de diferentes regiones de Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 6(2), (en prensa).

Alfaro, R., W. Fernández y B. Connell, 1999. Detection of the forest fires of April 1997 in Guanacaste, Costa Rica, using GOES-8 images. *International Journal of Remote Sensing*, 20, 1189-1195.

Alvarado Gamboa, L.F., 1999. Alteración de la *Atmósfera* libre sobre Costa Rica durante eventos de "El Niño". Tesis de Licenciatura (Meteorología), Universidad de Costa Rica.

Amador, J, 1982. Oscilaciones dominantes en la *Atmósfera* libre sobre Costa Rica durante agosto a noviembre de 1972. *Ciencia y Tecnología*, 6, 25-48.

Amador, J.A., 1983a. Transporte de masa, momento angular y energía por la circulación meridional media durante la Fase III del GATE. *Ciencia y Tecnología*, 7, 152-182.

Amador, J.A., 1983b. Las circulaciones rotacionales y divergentes durante la Fase III del GATE. *Ciencia y Tecnología*, 7, 35-58.

Amador, J.A., 1998. A climatic feature of the tropical Americas: The trade wind easterly jet. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5(2), (en prensa).

Amador, J.A., y E. Alfaro, 1996. La oscilación cuasi-bienal, ENOS y acoplamiento de algunos parámetros superficiales y extratropicales sobre Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, .3, 45-53.

- Amador, J.A. y V. Magaña, 1999. The dynamics of the low level over the Caribbean Sea. *Preprints 23rd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology*, American Meteorological Society, Dallas, Texas, 9-16 January 1999.
- Amador, J.A. y B.A. Olmedo, 1998a. Temperatura, precipitación y caudal en Panamá. Parte I: Características generales y distribución estacional. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5(2), (en prensa).
- Amador, J.A. y B.A. Olmedo, 1998b. Temperatura, precipitación y caudal en Panamá. Parte II: ENOS y cambio climático. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5(2), (en prensa).
- Amador, J.A. y F.J. Solano, 1999. Historical data from the second half of the nineteenth century for El Niño signal and climate studies in Costa Rica. Preprints Conference on Reconstructing Climatic Variability From Historical Sources and other Proxy Records, Earth System History Program, U.S. National Science Foundation - NOAA, Manzanillo, México, December 1-3, 1999, pp. 5-6.
- Amador, J.A., y F.J. Soley, 1982. Algunas características espectrales de las oscilaciones en la atmosfera sobre el oeste del Caribe. *Ciencia y Tecnología*, 6, 99-130.
- Amador, J.A. y L. Soriano, 1996. Efectos climáticos de fenómenos de escala sinóptica y planetaria en El Salvador. Enviado a *Atmósfera* (Colombia). 1996.
- Amador, J.A., A. Burgos, F.J. Soley, G. Serpas y A. Vargas, 1993. Remote sensing at the Centre for Geophysical Research, University of Costa Rica. *International Journal of Remote Sensing*, 14, 2391-2401.
- Araya, E., J. Bonatti y W. Fernández, 2000. Solar activity and climate in Central America. *Geofísica Internacional* (en prensa).
- Báez, J., y W. Fernández, 1994. Variabilidad espacial y temporal de la precipitación lluviosa en Paraguay. *Revista Geofísica*, 41, 177-204.
- Báez, J., y W. Fernández, 1995a. Características de la *Atmósfera* libre sobre Paraguay y su influencia en el comportamiento estacional de la precipitación. *Revista Geofísica*, 42, 5-30.
- Báez, J., y W. Fernández, 1995b. Anomalías observadas en la *Atmósfera* libre sobre Paraguay durante los eventos ENOS de 1986-1987 y 1991-1992. *Revista Geofísica*, 43, 31-52.
- Banichevich, A., 1994. La Ambivalencia del ozono. *Tecnología en Marcha*, 12, 133-142.

- Banichevich, A., 1995. Considering theoretical ab Initio potential energy surfaces of ozono: Some reactions in the Ox Chemistry. *Revista Geofísica*, 43, 5-29.
- Banichevich, A., 1998. Coevolución de la capa de ozono y la fotosíntesis. En "*Encuentro Científico Elliott Coen París*", Sección Nacional del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), San José, Costa Rica, (en prensa).
- Banichevich, A., 1999. *El Ozono: Una Trilogía de la Biodinámica*. Editorial Tecnológica de Costa Rica, San José, Costa Rica, 1999 (en prensa).
- Banichevich, A. y V. Castro, 1999. Imágenes satelitales en la predicción de eventos esporádicos de escala sinóptica: antecedentes del Huracán César como evento esporádico. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 6(2), (en prensa).
- Banichevich, A. y W. Fernández, 1994. La capa de ozono y su modificación por la actividad antropogénica: Los huecos en las regiones polares. *Revista Geofísica*, 40, 139-182.
- Banichevich, A., y O.G. Lizano, 1998. Interconexión a nivel ciclónico-atmosférico entre el Caribe y el Pacífico centroamericanos. *Revista de Biología Tropical*, 46, Supl. (5), 9-21.
- Banichevich, A., V. Castro y J. Bonatti (Editores). *Una Biosfera en Convulsión: El Potencial Cambio Global*. Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica, 160 pp., 1998.
- Bonatti, J., 1998. Una interpretación etnoastronómica y etnobiológica del mito de la mujer que se convirtió en mar. En "Primer Congreso Científico sobre Pueblos Indígenas: Memoria"(M.E. Bozzoli, R. Barrantes, D. Obando y M. Rojas, compiladores); UNICEF, UNED, UCR; Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, pp. 61-72.
- Bonatti, J., y A. Banichevich, 1999. "Planetary anisotropy associated to CO₂". *Revista Geofísica* (en prensa).
- Bonatti, J., y W. Fernández, 1998. Las cosmovisiones de los Bribris y Cabécares de Costa Rica y su relación con la visión actual del cosmos. *Revista Española de Antropología Americana*, 28, 325-331.
- Bonatti, J., y W. Fernández, 1999. Some possible plasma effects associated with atmospheric discharges. *Revista Geofísica* 50.

- Brenes, J., G. Leandro y W. Fernández, 1993. Variation of the geomagnetic field in Costa Rica during the total solar eclipse of July 11, 1991. *Earth, Moon, and Planets*, 63, 105-117.
- Campos, E., 1997. Simulación de la dispersión de ceniza durante las erupciones de noviembre de 1995 del Volcán Rincón de la Vieja. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4, 5-13.
- Campos, E., 1999. On measurements of drop size distribution. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 6(1), (en prensa).
- Campos, E. y W. Fernández, 1996. Distribución espacio-temporal de la radiación solar neta en superficie sobre el Trópico Americano del Hemisferio Norte. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 3(1), 55-61.
- Campos, M. y V. Castro, 1992. El clima a sotavento de las montañas de Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos*, 2, 1-21.
- Castro, M., J.A. Amador y G. Solis, 1992. Propagación de ondas de radio durante el eclipse total de sol del 11 de julio de 1991. En *El eclipse total de sol del 11 de julio de 1991* (Ed. W. Fernández), Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, pp. 85-91.
- Castro, V., 1983. Errores en la medición de temperaturas del aire en una caseta meteorológica tipo Stevenson. *Ciencia y Tecnología*, 7(1), 207 - 222.
- Castro, V., 1985. Estudio climático de Costa Rica para la zonificación agropecuaria y forestal (8 volúmenes). Ministerio de Planificación Nacional, Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Castro, V., 1986. Estudio climático de la radiación solar global en Costa Rica. *Revista Geofísica*, 25, 105-124.
- Castro, V., 1986. Métodos para la estimación de radiación ultravioleta a partir de datos de radiación global. *Ciencia y Tecnología*, 10 (1), 103-106.
- Castro, V., y H. Hidalgo, 1997. Mediciones climáticas de humedad del aire en los trópicos, con termistores y la ecuación psicrométrica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4(1), 91-94.
- Castro, V., S.A. Isard y M.E. Irwin, 1991. The microclimate of maize and bean crops in tropical America: a comparison among monocultures and polycultures planted at high and low density. *Agricultural and Forest Meteorology*, 57, 49-67.

- Castro, V., C. Rivera, S.A. Isard, R. Gámez, J. Fletcher y M.E. Irwin, 1992. The influence of weather and microclimate on *Dalbulus maidis* flight activity and associated disease incidence within maize and bean monocultures and polycultures in tropical America. *Annals of Biology*, 121, 469-482.
- Chacón, R.E. y Fernández, W., 1985. Temporal and spatial rainfall variability in the mountainous region of the Reventazon River basin, Costa Rica. *Journal of Climatology*, 5, 171-188.
- Douglas, M.W. y W. Fernández, 1997. Strengthening the meteorological sounding network over the tropical Eastern Pacific Ocean and the intertropical Americas. *WMO Bulletin*, 46(4), 348-351.
- Enfield, D. y E. Alfaro, 1999. The dependence of Caribbean rainfall on the interaction of the tropical Atlantic and Pacific Oceans. *Journal of Climate*, 12, 2093-2103.
- Fernández, L. y W. Fernández, 1998. "Características de la Atmósfera libre sobre la región central de Venezuela". *Revista Geofísica* 49.
- Fernández, W., 1981. Environmental conditions and structure of some types of convective mesosystems observed over Venezuela. *Archiv fur Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie*, A29, 249-267.
- Fernández, W., 1982a. Environmental conditions and structure of the West African and Eastern Tropical Atlantic squall lines. *Archiv fur Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie*, A31, 71-89.
- Fernández, W., 1982b. A Review of downdrafts at the rear of tropical squall lines. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 63, 1285-1293.
- Fernández, W., 1983a. Organization and motion of the spiral rainbands in hurricanes: A review. *Ciencia y Tecnología*, 6, 49-98.
- Fernández, W., 1983b. Radar characteristics of tropical convective systems observed during VIMHEX-II. *Revista Geofísica*, 18/19, 99-110.
- Fernández, W., 1984. Comments on meteorological and climatological observations on Coco Island. *Revista Geofísica*, 20, 9-19.
- Fernández, W., 1989. Satellite depiction of the evolution of a West African squall cluster. *Weather*, 44, 29-33.
- Fernández, W., 1991. Cambios climáticos: El calentamiento global. *Tecnología en Marcha*, 11, 11-22.

- Fernández, W., 1994a. El cambio climático y sus posibles efectos en la biodiversidad. En *Ideario de la Ciencia y la Tecnología: Hacia el Nuevo Milenio*, Ministerio de Ciencia y Tecnología, San José, Costa Rica, pp. 273-293.
- Fernández, W., 1994b. Historia del desarrollo de las Ciencias Atmosféricas en la Universidad de Costa Rica: Hasta 1995. *Ciencia y Tecnología*, 18, 31-46.
- Fernández, W., 1995a. Description of the Martian polar cap breeze. *Earth, Moon, and Planets*, 70, 183-191.
- Fernández, W., 1995b. A numerical simulation of the Martian polar cap breeze. *Earth, Moon, and Planets*, 70, 193-205.
- Fernández, W., 1997. Impacto humano en la *Atmósfera*. En *Desarrollo Sostenible: La Opción para Costa Rica*, Academia Nacional de Ciencias, San José, Costa Rica, págs. 27-39.
- Fernández, W., 1998. Martian dust storms: A review. *Earth, Moon, and Planets*, 77, 19-46.
- Fernández, W., 1998. VIMHEX 1972 revisited: The life cycles of two tropical convective mesosystems over land. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 69, 67-80.
- Fernández, W. y J.A. Barrantes, 1996. The Central American temporal: A long-lived tropical rain-producing system. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 3(2), 73-88.
- Fernández, W. y V. Castro, 1999. Activities on continuing education and training in Atmospheric Sciences at the University of Costa Rica. En *Proceedings of WMO Symposium on Continuing Education & Training in Meteorology & Operational Hydrology*, Tehran, pp. 1-7.
- Fernández, W. y H. Hidalgo, 1997. Distribución espacio-temporal de la ocurrencia de tormentas eléctricas en Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4(1), 63-77.
- Fernández, W. y G. Leandro, 1994. El origen de la instalación de un observatorio geomagnético en Costa Rica: Alto de Ochomogo y Chiripa. *Ciencia y Tecnología*, 18, 47-50.
- Fernández, W. y H. Marengo, 1981. Variación de la Intensidad de la Radiación Ionizante Atmosférica con la Altura sobre Costa Rica. *Ciencia y Tecnología*, 5, 23-24.

- Fernández, W. y P. Ramírez, 1991. El Niño, la Oscilación del Sur y sus efectos en Costa Rica: Una revisión. *Tecnología en Marcha*, 11, 3-10.
- Fernández, W. y A.J. Thorpe, 1979. An evaluation of theories of storm motion using observations of tropical convective systems. *Monthly Weather Review*, 107, 1306-1319.
- Fernández, W. y N. Vega, 1996. A comparative study of hurricanes Fifi (1974) and Greta (1978) and their associated rainfall distributions over Central America. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 3(2), 89-106.
- Fernández, W., R.E. Chacón y J.W. Melgarejo, 1986. "Modifications of air flow due to the formation of a reservoir. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25, 982-988.
- Fernández, W., D.E. Azofeifa y J.A. Villalobos, 1992. El eclipse total de Sol del 11 de Julio de 1991: Aspectos generales. En *El Eclipse Total de Sol del 11 de Julio de 1991: Observaciones Científicas Realizadas en Costa Rica* (W. Fernández, ed.), Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, pp. 13-37.
- Fernández, V. Castro y H. Hidalgo, 1993a. Air temperature and wind changes in Costa Rica during the total solar eclipse of July 11, 1991. *Earth, Moon, and Planets*, 63, 133-147.
- Fernández, W., V. Castro, J. Wright, H. Hidalgo y A. Sáenz, 1993b. Changes in solar irradiance and atmospheric turbidity in Costa Rica during the total solar eclipse of July 11, 1991. *Earth, Moon, and Planets*, 63, 119-132.
- Fernández, W., H. Hidalgo, G. Coronel y E. Morales, 1996. Changes in meteorological variables in Coronel Oviedo, Paraguay, during the total solar eclipse of 3 November 1994. *Earth, Moon, and Planets*, 74, 49-59.
- Fernández, W., R.E. Chacón y J. W. Melgarejo, 1996. On the rainfall distribution with altitude over Costa Rica. *Revista Geofísica*, 44, 57-72.
- Galo, E.R., W. Fernández y E. Zárate, 1996a. Aspectos sinópticos y dinámicos del temporal del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985 sobre Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 3(2), 107-123.
- Galo, E.R., W. Fernández y E. Zárate, 1996b. Efectos del temporal del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985 sobre Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 3(2), 125-139.
- García, L.A. y W. Fernández, 1996a. Distribución estacional e interanual de la lluvia en El Salvador. *Revista Geofísica*, 45, 5-42.

- García, L.A. y W. Fernández, 1996b. Distribución de la lluvia con la altitud en la región occidental de El Salvador. *Revista Geofísica*, 45, 43-56.
- García, L.A. y W. Fernández, 1997. Un análisis de la lluvia diaria en El Salvador: La canícula y el comienzo y el final de la estación lluviosa. *Revista Geofísica*, 46, 37-50.
- Gómez, I.E. y W. Fernández, 1996. Variación interanual de la temperatura en Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 3(1), 27-44.
- Grandoso, H., 1976. Lluvias producidas por ciclones tropicales y sistemas de vaguadas. En "Intense Precipitation and Floods in Tropical Areas of Latin America". Proceedings of a training seminar held in San Salvador from 12 to 21 February 1976, World Meteorological Organization, Geneva, pp. 11-85.
- Grandoso, H., 1979. Estudio meteorológico de las inundaciones de diciembre de 1970 en Costa Rica. *Geofísica Internacional*, 18, 129-176.
- Grandoso, H., V. Castro y A. Vargas, 1981. Características de la *Atmósfera* libre sobre Costa Rica y sus relaciones con la precipitación. *Informe Semestral* (enero-junio 1981), Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica, pp. 11-52.
- Grandoso, H., E. Zárate y N. Vega, 1982. Análisis en la escala sinóptica y la de un frente frío sobre América Central. Publicaciones Geográficas del *Informe Semestral*, Julio-Diciembre 1982 (Suplemento del Volumen 28), Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica.
- Gutiérrez, A. y F.J. Soley, 1989. Características del nivel del mar en los litorales costarricenses. *Ciencia y Tecnología*, 12, 117-131.
- Gutiérrez, A. y F.J. Soley, 1991. Análisis de los registros de nivel del mar correspondientes al terremoto de Cóbano de 25/3/9. *Revista Geofísica*, 35, 181-196.
- Gutiérrez, J.A., 1997. Description of a mesoscale (limited area) numerical model. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4(2), 97-107.
- Gutiérrez, J.A., 1998a. Viscous low Froude Number flow interacting with mesoscale orography. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5(1), 55-66.
- Gutiérrez, J.A., 1998b. Impact of horizontal resolution in the generation and evolution of potential vorticity and vertical vorticity in orographic flows. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5(1), 67-78.

- Gutiérrez, J.A., 1998c. The effect of the Rossby number vortex shedding and associated surface pressure drag in low Froude number flows. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5(2), (en prensa).
- Gutiérrez, J.A., 1999. Numerical simulations of mountain wave generation past an isolated obstacle. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 6(1), (en prensa)..
- Gutiérrez, J.A., y A.J. Thorpe, 1997. Low Froude Number stratified flows interacting with an isolated obstacle. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4(2), 109-128.
- Herrera, H., 1984. Agrometeorological methods for crop condition assessments. A proposed program for Costa Rica. Final Report to IMN, NOAA/NESDIS/AISC, Columbia, Missouri, USA.
- Herrera, H., 1995. Mapa de evapotranspiración de referencia media anual en Costa Rica. IMN/ICE/UNESCO.
- Lizano, O.G., 1990. Modelo del viento ajustado a un modelo de generación de olas para el pronostico durante huracanes. *Revista Geofísica*, 33, 75-103.
- Lizano, O.G., 1991. Simulación del oleaje durante el Huracán David a su paso por el Mar Caribe al sur de Puerto Rico. *Ciencia y Tecnología*, 15, 5-12.
- Lizano, O.G., 1992. Propagación de olas sobre Cabo Velas en costa del Pacífico Norte de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 11 (4), 49-60.
- Lizano, O.G., 1996. Un método gráfico para el pronóstico de oleaje durante huracanes en el Caribe adyacente a Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 3, 11-17.
- Lizano, O.G., 1997. Efectos del tamaño de la rejilla y el número de frecuencias en un modelo espectral de pronóstico de olas. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4, 39-50.
- Lizano, O.G., 1997. Las mareas extraordinarias de 1997 en la costa del Pacífico de Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4, 169-179.
- Lizano, O.G., 1998. Dinámica de la parte interna del Golfo de Nicoya ante altas descargas del Río Tempisque. *Biología Tropical*, 45 (Supl. 6), 11-20.
- Lizano, O.G. y W. Fernández, 1996. Algunas características de las tormentas tropicales y de los huracanes que atravesaron o se formaron en El Caribe adyacente a Costa Rica durante el período 1886-1988. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 3(1), 3-10.

- Lizano, O.G. y R.J. Moya, 1990. Simulación del oleaje durante el Huracán Joan (1988) a su paso por el Mar Caribe de Costa Rica. *Revista Geofísica*, 33, 105-126.
- Lizano, O.G. y J.A. Vargas, 1993. Distribución espacio-temporal de temperatura y salinidad en la parte interna del Golfo de Nicoya. *Tecnología en Marcha*, 12 (2): 3-16. 1993.
- Lizano, O.G., A. Mercado y M.L. Hernández, 1993. Impacto de las olas generadas por el Huracán David sobre un arrecife coralino: Resultados de modelos numéricos. *Revista Geofísica*, 38, 91-110.
- Lizano, O.G., R.E. Chacón E. y J.A. Amador, 1994. Estudio de efectos geofísicos del terremoto de Limón mediante percepción remota y análisis hidrometeorológico. *Revista Geológica de América Central*, Vol. Esp. Terremoto de Limón: 153-170.
- Lizano, O.G., J.A. Amador y R. Soto, 1998. Uso de sensores remotos en el estudio de los manglares del Golfo de Fonseca (Honduras) y Sierpe-Terraba (Costa Rica). En "Encuentro Científico Elliott Coen París", Sección Nacional del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), San José, Costa Rica, (en prensa).
- Lomas, J. y H. Herrera, 1984. Weather and maize yield relationships in the tropical region of Guanacaste, Costa Rica. *Agricultural and Forest Meteorology*, 31, 33-45.
- Lomas, J. y H. Herrera, 1985. Weather and rice yield relationships in tropical Costa Rica. *Agricultural and Forest Meteorology*, 35, 138-151.
- Lomas, J. y H. Herrera, 1992. Yield improvement of upland rice through more efficient utilization of rainfall in Costa Rica. Final Report to AID, Project 936-5544.
- Loría, L.G., A. Banichevich y J. Cortés, 1998. Estudio preliminar sobre la presencia de radionucleidos en corales de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46, Supl (5), 81-90.
- Magaña, V., J.A. Amador y S. Medina, 1999. The mid summer drought over Mexico and Central America. *Journal of Climate*, 12, 1577-1588.
- Morera, P. y J.A. Amador, 1998. Prevalencia de la angiostrongilosis abdominal y la distribución estacional de la precipitación. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 13, 1-14.
- Murillo, L.M., 1991. La circulación de las mareas en el Golfo de Nicoya. *Tecnología en Marcha*, 10 (4), 51-76.

- Murillo, L.M., 1992. Un modelo para predecir mezclado en estuarios estratificados. *Ingeniería*, 2 (1), 73-80.
- Murillo, L.M., 1993a. La predicción continua de las mareas para las costas de Costa Rica para los Años 1991-2000. *Tecnología en Marcha*, 11(4), 45-46.
- Murillo, L.M., 1993b. Hidráulica mareal del Golfo de Nicoya Superior. *Ingeniería*, 3(2), 47-58.
- Murillo, L.M., 1994a. Modelando flujo unidimensional no estable en canales de ancho y profundidad variable. *Ingeniería*, 4(1), 29-34.
- Murillo, L.M., 1994b. Periodicidades escondidas e las mareas de Puerto Moreno. *Tecnología en Marcha*, 12(3), 107-115.
- Murillo, L.M., 1997. Determinación del oleaje direccional en Moín, Limón, durante el Huracán Cesar (1996). *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4, 15-37.
- Murillo, L.M., 1998a. La predicción de las corrientes y mareas en el muelle nacional de Puntarenas. *Ingeniería*, 7(2), 51-69.
- Murillo, L.M., 1998. Propagación de un maremoto por el Golfo de Nicoya. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5(2), (en prensa).
- Murillo, L.M., 1999. Un modelo inicial para la circulación local en Moín, costa atlántica de Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 6(1), (en prensa).
- Neshyba S., W. Fernández y J. Díaz-Andrade, 1988. Temperature profiles from Poás crater lake. *Eos (Transactions, American Geophysical Union)*, 69, 588.
- Ramírez, P., 1983. Estudio meteorológico de los veranillos en Costa Rica. Nota de Investigación No. 5, Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica.
- Retana, J., 1996. El ENOS como posible predictor de plaga de langosta. En *Impacto del Fenómeno El Niño sobre los Recursos Hídricos y la Agricultura en Mesoamérica y el Caribe y Nuevas Metodologías para la Aplicación Práctica del Pronóstico Climático Estacional e Interanual* (J. Berri). International Research Institute for Climate Prediction Pilot Project, Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, New York, USA, pp. 26-30.
- Retana, J. y H. Herrera, 1994. La agrometeorología en la protección agropecuaria. En *Opciones al uso unilateral de plaguicidas sintéticos en Costa Rica: pasado, presente, futuro* (García, G. y J. Monge), Vol. II, Editorial Universidad Estatal a Distancia, pp. 169-186.

- Retana, J.A. y R. Villalobos, 1997. El calentamiento global: una evaluación en el cultivo de arroz utilizando un modelo de simulación. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4, 159-168.
- Rosales, A., 1987. Breve historia del Instituto Meteorológico Nacional. Serie Documentos No. 1, Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica, 5 pp.
- Solano, J. y R. Villalobos, 1999. Bosquejo de regionalización y subregionalización geográfico climático de Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 6(2), (en prensa).
- Soley, F.J., 1987. Statical significance of a weak spectral peak usig filtering techniques: a case study. *Ciencia y Tecnología*, 11(1): 5-14.
- Soley, F.J., 1988. Some statistical significance tests useful in spectral analisis of meteorological time series. *Revista Geofísica*, 28, 58-100.
- Soley, F.J., 1993. Un programa para obtener la transformada discreta de Fourier de secuencias cronologicas muy largas. *Ciencia y Tecnología*, 17(1), 1-16.
- Soley, F.J., 1994. Suavizamiento de saries cronologicas geofisicas con ruido blanco y rojo aditivo. *Revista Geofísica*, 41, 33-58.
- Soley, F.J., 1997. Desestacionalización de la secuencia de temperaturas mensuales de la Estación San José (Costa Rica). *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4, 129-146.
- Soley, F.J. y A. Gutiérrez, 1991. Probability distribution for the cross-amplitude and the cross-phase spectra of two independent Gaussian white noise discrete processes. *Bolletino Oceanologia Teorica ed Applicata*, Vol. IX, No. 4, 345-353.
- Soley, F.J. y A. Gutiérrez, 1992. Aplicacion de un metodo de analisis de Fourier para secuencias temporales extremadamente largas: Transformada discreta de 21 años de registro horario del nivel del mar en Quepos, Costa Rica. *Ciencia y Tecnología*, 16(1-2), 47-61.
- Stigter, C.J., T. Darnhofer y H. Herrera, 1987. Crop protection from very strong winds: Recommendations in a Costa-rican agroforestry case study. ICRAF/WMO/UNEP Workshop on the Application of Meteorology in Agroforestry System Planning and Management, Nairobi, Kenya.
- Suárez, M.E., 1996. Comparación de los datos generados por una estación meteorológica automática y una manual. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 3, 153-170.
- Suárez, M.E. y R. Alfaro, 1997. Corrección de datos de lluvia generados por un sensor automático de balanza. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4, 79-89.

- Suarez M.E., W. Fernández y H. Hidalgo, 1987. An aplicacion of Palmer's drough index to a semi-arid tropical region. *Revista Geofísica*, 27,13-33.
- Vega, N., 1979. Cálculo de la probabilidad de precipitación diaria en San José, utilizando cadenas de Markov de primer orden. Nota de Investigación No. 3, Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica.
- Vega, N., 1987. The effects of El Niño en Costa Rica, 1982-1983. University of Miami, *Tropical Ocean-Atmosphere News Letter*, 39, 1-4.
- Villalobos, R., 1997. Estimación de la temperatura media mensual del aire en localidades carentes de observaciones termométricas. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4, 147-157.
- Villalobos, R. y J. Retana, 1997a. Validación del modelo CERES-Rice para su aplicación en Liberia, Guanacaste. *Agronomía Costarricense*, 22(1), 81-86.
- Villalobos, R. y J. Retana, 1997b. Posibles Efectos de un calentamiento global en el cultivo de arroz de secano en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 21(2), 179-188
- Wright, J., 1993. Variación anual de la radiación solar global ultravioleta en Heredia, Costa Rica. *Revista Geofísica*, 38, 159-173.
- Wright, J., 1996. Estudio experimental de la radiación ultravioleta en San José, Costa Rica. *Uniciencia*, 13, 35-43.
- Wright, J., 1998. Variaciones meteorológicas durante el eclipse parcial de sol del 26 de febrero de 1998. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5(2), (en prensa).
- Wright, J., 1999. Emisividad infrarroja de la *Atmósfera* medida en Heredia, Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 6(1) en prensa.
- Wright, J. y Marengo, 1992. Mediciones experimentales de la radiación ultravioleta en el rango 0.295 (m a 0.385 (m en Costa Rica. *Revista Geofísica*, 36, 135-150.
- Wright, J. y H. Marengo, 1993. Variación diurna de la radiación solar global ultravioleta con la altitud geográfica en Costa Rica. *Uniciencia*, 10, 15-24.
- Wright, J. y H. Marengo, 1996. Mediciones de las componentes espectrales de la radiación ultravioleta UV-A y UV-B en Costa Rica. *Revista Geofísica*, 44, 153-169.
- Zárate, E., 1978. El viento en Costa Rica. Nota Técnica, Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica.

Zárate, E., 1979. El viento en San Jose de Costa Rica. Nota Técnica No. 8, Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica.

Zárate, E., 1980. Regímenes de lluvia y vientos en Limón, Costa Rica. *Informe Semestral* (enero-junio), Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, San José, Costa Rica, pp. 53-64.

Zárate, E., 1989. Factores de escala sinóptica y asociados a desastres causados por erupciones volcánicas en Costa Rica. *Ciencia y Tecnología*, 12, 41 - 52.

Zárate, E., 1990. Emanaciones contaminantes del Volcán Poás. Elementos meteorológicos importantes para la toma de decisiones. *La Meteorología en el Mundo Iberoamericano*, Año 1, No. 1, pp. 26 - 28.

Zárate, E., 1992. Clasificación de fenómenos meteorológicos causantes de desastres naturales según escalas temporales y espaciales. *Revista Geográfica de América Central*, 25/26, pp. 115 - 131.