

Biografía Dr. Jorge A. Amador Astúa

Jorge Alberto Amador Astúa nació el 21 de Julio de 1947 en la provincia de Cartago. Estudió en la Escuela Juan de Dios Céspedes de Tres Ríos y la secundaria la realizó en el Colegio de San Luís Gonzaga, de la provincia de Cartago (primera institución educativa de segunda enseñanza del Estado costarricense).



Estudios de Enseñanza superior

La especialidad académica de Jorge Amador es la Física Atmosférica y dentro de sus grados académicos y especializaciones podemos citar algunos realizados en Costa Rica y otros en el extranjero dentro de los cuales están:

Estudios Realizados en Costa Rica

- Bachiller en Física con Orientación en Meteorología, en la Universidad de Costa Rica, en enero, 1972.
- Profesor de Segunda Enseñanza en Física, en la Universidad de Costa Rica, en enero de 1972.
- Bachiller en Física con Matrícula de Honor, en la Universidad de Costa Rica, en enero 1976.
- Licenciado en Meteorología con Mención de Honor, en la Universidad de Costa Rica, en enero de 1976.

Estudios de especialización en el Extranjero

- Estudios de Especialización en Dinámica de la Atmósfera Tropical, en el National Hurricane Center, Coral Gables, Florida, Estados Unidos de América; de agosto-septiembre de 1973.
- Estudios de Especialización en Análisis Sinóptico Tropical, en el Servicio Meteorológico Nacional de San Juan, Puerto Rico, en octubre de 1973.
- Estudios de Especialización en Técnicas de Pronóstico Numérico, en el National Meteorological Center, en Washington, D. C., Estados Unidos, en noviembre de 1973.
- Estudios de Postgrado (M. Sc.) en Física Atmosférica en el Department of Geophysics, Reading University, Reading, Inglaterra de Setiembre de 1976 hasta diciembre de 1977.
- Ph. D. en Dinámica de Fluidos Atmosféricos en la Reading University, en Reading, Inglaterra; en enero de 1981.

Miembro de sociedades científicas

- Royal Meteorological Society of Japan.
- American Meteorological Society
- International Commission on History of Meteorology.

Actualmente

Es el Director del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) de la Universidad de Costa Rica y es importante mencionar los dos recientes reconocimientos que ha recibido:

- El primero, la designación como **Catedrático Humboldt 2008**, distinción que da la Universidad de Costa Rica por medio de la Vicerrectora de Investigación que es otorgado únicamente a académicos que estén realizando investigación de alto nivel con carácter transdisciplinario, supranacional, intercultural y democratizador.
- El segundo, el recibido a finales del mes de enero del 2009 en los Premios Nacionales, que son los máximos galardones que anualmente entrega el Ministerio de Cultura y Juventud de Costa Rica como reconocimiento a la trayectoria de personas, grupos y organizaciones en las artes, las ciencias, la cultura y el periodismo. El Dr. Jorge Amador fue electo por votación unánime como ganador del **Premio Nacional de Ciencia 2008 Clodomiro Picado Twigth**, por el descubrimiento del “Chorro de bajo nivel del Caribe” y la caracterización del mismo.

Publicaciones

Amador J. A., E. Alfaro, E. Rivera y B. Calderón, 2009. **Central America. In State of the Climate in 2008**, Special Supplement to the *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 90, No. 7, July 2009.

Amador, J. A. y E. J. Alfaro, 2009. **Métodos dinámicos y estadísticos de reducción de escala: Aplicaciones al tiempo, clima, variabilidad climática y cambio climático.** *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. En prensa, octubre 2009.

Amador, J. A. y A. Bonilla 2009. **Ciclones tropicales y sociedad: Una aproximación al enfoque científico de estos fenómenos atmosféricos como referente para la investigación social en desastres.** En: *Concepciones y representaciones de la naturaleza y la ciencia en América Latina*, Programa de Estudios Sociales de la ciencia, la Técnica y el Medio Ambiente. Editorial Universidad de Costa Rica. En prensa, julio 2009.

Bonilla, A. y J. A. Amador, 2009. **El temporal de enero 2000: sus características e impactos socio-económicos sobre las comunidades próximas a la cuenca de la Laguna de Arenal y de la región Huetar Norte.** En: *Concepciones y representaciones de la naturaleza y la ciencia en América Latina*, Programa de Estudios Sociales de la ciencia, la Técnica y el Medio Ambiente. Editorial Universidad de Costa Rica. En prensa, julio 2009.

Rivera, E. y J. A. Amador, 2009. **Predicción Estacional del Clima en Centroamérica mediante la reducción de escala dinámica. Parte II: Aplicación del modelo MM5v3.** *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, 16(1), 76-104.

Amador, J. A., 2008. **The Intra-Americas Seas Low-Level Jet (IALLJ): Overview and Future Research.** *Annals of the New York Academy of Sciences. Trends and Directions in Climate Research*, L. Gimeno, R. Garcia, and R. Trigo, Editors, 1146(1), 153-188(36).

Peraldo, G. y J. A. Amador, 2008. **Las raíces filosóficas y físicas de las hipótesis sobre sismología desarrolladas por el Ing. Luis Matamoros. Una influencia de las corrientes Aristotélicas y Feijoosistas a inicios del siglo XX.** *Revista Geológica de América Central*, 37, 65-77. Editorial de la Universidad de Costa Rica.

- Rivera, E. y J. A. Amador, 2008. **Predicción Estacional del Clima en Centroamérica mediante la reducción de escala dinámica. Parte I: Evaluación de los Modelos de Circulación General CCM3.6 y ECHAM4.5.** *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, 15(2), 131-173.
- Ulate, M. E. R. Rivera, J. A. Amador, A. M. Duran, and B. Calderon, (2008), A Comparison of Modeled and Observed Temperature and Wind Fluctuations near the Tropical Tropopause during the TC4 (Tropical Composition, Cloud and Climate Coupling) Mission, *Eos Trans. AGU*, 89(23), Jt. Assem. Suppl., Abstract A33D-01.
- Amador, J. A., E. J. Alfaro, O. G. Lizano, and V. O. Magaña, 2006. **Atmospheric forcing of the eastern tropical Pacific: A review.** *Progress in Oceanography*, 69, 101-142.
- Higgins, W., J. A. Amador, A. Barros, E. H. Berbery, E. Caetano, R. Cifelli, R. Carbone, M. Cortez-Vazquez, A. Douglas, M. Douglas, G. Emmanuel, D. Gochis, D. Gutzler, R. Johnson, C. King, D. Lettenmaier, T. Lang, R. Lobato, R. Maddox, V. Magaña, J. Meitin, K. Mo, E. Pytlak, C. Ropelewski, S. Rutledge, J. Schemm, S. Schubert, F. Torres, A. White, C. Williams, A. Wood, R. Zamora, and C. Zhang, 2006. **The North American Monsoon Experiment (NAME) 2004 Field Campaign.** *Bulletin of the American Meteorological Society*, 87(1), 79-94.
- Lavín, M. F., P. C. Fiedler, J. A. Amador, L. T., Ballance, J. Farber-Lorda, and A. M., Mestas-Nuñez, 2006. **A review of eastern tropical Pacific oceanography: Summary.** *Progress in Oceanography*, 69, 391-398.
- Vera C., W. Higgins, J. A. Amador, T. Ambrizzi, R. Garreaud, D. Gochis, D. Gutzler, D. Lettenmaier, J. Marengo, C. R. Mechoso, J. Noguez-Paegle, P. L. Silva and C. Zhang, 2006. **Toward a unified view of the American Monsoon Systems.** *Journal of Climate*, 19, 4977-5000.
- Jones, P., J. A. Amador, M. Campos, K. Hayhoe, M. Marin, J. Romero and A. Fischlin. 2005. **Generating climate change scenarios at high resolution for impact studies and adaptation: Focus on developing countries.** In *Tropical Forests and adaptation to climate change: In search of synergies*. C. Robledo, M. Kanninen, L. Pedroni, Editors..CIFOR, Bogor Barat, Indonesia, 38-56.
- Marengo, J. and J. A. Amador, 2005. **Climate variability and climate change in Latin America.** *IPCC Fourth Assessment Report (AR4)*. Ed. T. Carter, IPCC. Contribution to IPCC WG II, April 2004.
- Trasviña, A. and J. A. Amador, 2005. **Eastern Pacific coastal dynamics and the Intra-Americas summer low level jet.** *Geophysical Research Abstracts*, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-09826, European Geosciences Union, Vol. 7, 09826.
- Amador, J. A, 2003. **Clima y variabilidad climática en Costa Rica a través de información histórica del siglo XIX.** En: *Estudios sobre historia y ambiente en América, II: Norteamérica, Sudamérica y el Pacífico. Compiladores: Bernardo García Martínez y María del Rosario Prieto. México, El Colegio de México / IPGH.* (ISBN 968-6384-69-X), pp. 37-54.
- Amador, J. A., J. R. Chacón, and S. Laporte, 2003. **Climate and climate variability in the Arenal Basin of Costa Rica.** In *Climate, Water and Trans-boundary Challenges in the Americas*. Ed. Henry Díaz and Barbara Morehouse. Kluwer Academic Publishers. Holland, pp. 317-349.
- Higgins R. W., A. Douglas, A. Hahmann, E. H. Berbery , D. Gutzler, J. Shuttleworth, D. Stensrud, J. A. Amador, R. Carbone, M. Cortez, M. Douglas, R. Lobato, J. Meitin, C. Ropelewski, J. Schemm, S. Schubert, C. Zhang, 2003. **Progress in Pan American CLIVAR Research: The North American Monsoon System.** *Atmósfera*, 16(1), 29-65.

- Amador, J. A., 2002. **Some aspects of climate in Costa Rica using historical data from the XIX Century.** *Top. Meteor. y Ocean.* 9 (1), 33-54.
- Amador, J. A., 2002. **Los albores de la física y el desarrollo de la meteorología en Costa Rica.** En: *Ciencia y Técnica en la Costa Rica del Siglo XIX.* Ed. G. Peraldo, Editorial Tecnológica, Cartago, Costa Rica (ISBN 9977-66-139-1), pp. 187-208 .
- Alfaro, E. J. y J. A. Amador, 2001. **Algunas características de la estratósfera sobre Mesoamérica.** *Top. Meteor. y Ocean.* 8 (2), 1-15.
- Lizano O. G., J. A. Amador y R. Soto, 2001. **Caracterización de manglares de Centroamérica con sensores remotos.** *Revista de Biología Tropical / International Journal of Tropical Biology and Conservation, 48(3) : Ecosistemas Acuáticos de Costa Rica,* 33-51.
- Amador, J. A., R. E. Chacón y S. Laporte, 2000. **Cuenca del Río Arenal: Análisis de los eventos La Niña 1988-89 y 1996.** *Top. Meteor. y Ocean.,* 7 (1), 22-42.
- Amador, J. A., S. Laporte y R. E. Chacón, 2000. **Cuenca del Río Arenal: Análisis de los eventos El Niño de los años 1992-93, 1994-95 y 1997-8.** *Top. Meteor. y Ocean.,* 7 (1), 1-21.
- Amador, J. A., V. O. Magaña and J. B. Pérez, 2000. **The low level jet and convective activity in the Caribbean.** *Preprints 24th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, American Meteorological Society,* 29 May-2 June, 114-115.
- Amador, J. A., and V. Magaña, 1999. **Dynamics of the Low-level jet over the Caribbean Sea.** *Preprints 23rd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, American Meteorological Society,* 10-15 January, 99, Vol. 2, 868-869.
- Magaña, V., J. A. Amador, and S. Medina, 1999. **The Mid-Summer Drought over México and Central America.** *Journal of Climate,* 12, 1577-1588.
- Mora, I. y J. A. Amador, 1999. **El ENOS, el IOS y la corriente en chorro de bajo nivel en el oeste del Caribe.** *Top. Meteor. y Ocean.,* 6(2), 40-52.
- Amador, J., 1998. **A climatic feature of the tropical Americas: The trade wind easterly jet.** *Top. Meteor. y Ocean.* 5(2), 91-102.

Annals of the New York Academy of Sciences
Ann. N.Y. Acad. Sci. xxxx: 1–36 (2008). © 2008 New York Academy of Sciences.
doi: 10.1196/annals.1446.012 1
[Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York]

La Corriente en Chorro de Bajo Nivel de los Mares Intra Americanos (CCBNMI)
Resumen comprensivo e investigación futura

Jorge A. Amador

Centro de Investigaciones Geofísicas y Escuela de Física
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

Una de las características climáticas más importantes de los Mares Intra-Americanos (MI) es la corriente en chorro de bajo nivel (CCBNMI) que domina las circulaciones de los MI, tanto en invierno como en verano, sin embargo, es prácticamente desconocida con respecto a su naturaleza, estructura, interacciones con fenómenos de latitudes medias y tropicales y en relación con el papel que juega en el tiempo meteorológico y el clima regional. Esta investigación realiza un análisis comprensivo del conocimiento actual de la CCBNMI y su contribución a los patrones de circulación-precipitación y presenta hallazgos recientes acerca de la corriente basados en observaciones in situ durante la fase 3 del Experimento Climático en las Albercas de Agua Cálida (ECAC); un experimento internacional para investigar la dinámica de la CCBNMI durante Julio del 2001. Simulaciones computacionales realizadas con el modelo de mesoescala no-hidrostático de quinta generación (MM5), desarrollado por la Universidad Estatal de Pensilvania y el Centro Nacional para Investigación Atmosférica, fueron comparadas con observaciones y datos de reanálisis. Los patrones de circulación de gran escala asociados a las componentes de verano e invierno de la CCBNMI sugieren que los alisios y la corriente responden a los contrastes térmicos tierra-océano durante la correspondiente estación de verano en cada hemisferio. La CCBNMI es una componente natural de los sistemas monzónicos de las Américas como resultado de la distribución aproximada del continente en el sentido nort-sur. Durante las fases cálidas (frías) de El Niño-Oscilación del Sur, los vientos asociados al núcleo de la CCBNMI (NCCBNMI) son más fuertes (más débiles) que lo normal, de manera que las anomalías de precipitación son positivas (negativas) en el oeste del Caribe cerca de Centro América y negativas (positivas) en la región central de los MI. Durante el ECAC, los vientos fuertes superficiales asociados a la CCBNMI indujeron afloramiento que hizo descender la temperatura en la superficie del mar en 1-2 °C aproximadamente. La altura de la capa de mezcla turbulenta de la atmósfera alcanzó 1 km cerca del máximo de viento en superficie debajo del NCCBNMI. Las observaciones indican que la principal advección de vapor de agua ocurre en una delgada capa entre el NCCBNMI y la superficie del océano. El flujo de calor latente presentó un máximo debajo del NCCBNMI. Ni el reanálisis ni el MM5 capturaron la estructura cinemática y termodinámica de la CCBNMI. Hasta el momento, el conocimiento sobre la CCBNMI está basado en datos dinámicamente inicializados o simulaciones de modelos globales (regionales), lo que implica que se requiere una aproximación más sistemática y científica al problema para mejorar ese conocimiento. La iniciativa del Estudio de Procesos Climáticos en la región de los MI es una gran oportunidad para atacar, por medio de trabajo de campo, modelado numérico y el estudio de procesos físicos, muchas de las características desconocidas de la CCBNMI.

Palabras clave: Corriente en Chorro de los Mares Intra Americanos, variabilidad climática tropical, modelado con el MM5, El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).

1. Introducción

Un número considerable de partículas de fluido (observables) con movimiento relativo mayor que su medio general, constituye una corriente en chorro. Ejemplos de corrientes en chorro son, la corriente de Humboldt en el océano, las corrientes de aire en la atmósfera y las corrientes de plasma intergalácticas.

En esta parte se discute la importancia de las corrientes en chorro atmosféricas (CCA) para la determinación del tiempo meteorológico y el clima de una región. Algunas de estas CCA se localizan en las primeras capas de la atmósfera cerca de la superficie de la Tierra, de ahí su nombre de corrientes en chorro de bajo nivel (CCBN). Muchas de las CCBN conocidas han sido estudiadas en gran detalle por medio de experimentos, modelado numérico y procesos físicos, sin embargo, la de los Mares Intra Americanos (CCBNMI) hallada por Amador (1998), no es muy conocida, a pesar de que a lo largo de varias décadas se han realizado observaciones en esta región. Esta sección presenta además, un análisis de la importancia de la CCBNMI para la región del Caribe, Centro América y regiones vecinas, al discutir que esta zona alberga muchos sistemas meteorológicos y climáticos (por ejemplo, ondas, huracanes, frentes fríos, etc.) que producen gran impacto social en una región de más de 100 millones de habitantes, en la que algunos de sus países están entre los más pobres de Latinoamérica y el mundo.

2. Características Topográficas de la Región de los Mares Intra Americanos

Se describen los principales accidentes topográficos de la región de interés, los MI, que se definen como aquellos que consisten en el Golfo de México, el Mar Caribe, el Pacífico tropical del este adyacente a México, Centro América y la parte norte de Sur América en contacto con el Caribe.

3. Datos y Métodos

Se describen las bases de datos utilizadas, tales como los reanálisis (Kalnay et al. 1996), los determinados por escaterómetros a bordo de satélites (QuikScat), las de globos piloto, radiosondeos, precipitación, etc.

3.1 Experimento Climático en la Albercas de Agua Cálida

Se ofrecen detalles de este experimento de 26 días en el Caribe en Julio del 2001 (ECAC), cuyo objetivo era medir y observar propiedades de la CCBNMI y en el que el Autor de este trabajo tuvo bajo su responsabilidad todos los aspectos de observación como Científico a Cargo de la misión (Chief Meteorologist). Se describen las observaciones realizadas durante el experimento, los equipos electrónicos usados y la ruta del barco oceanográfico utilizado, el Justo A. Sierra. En esta parte, se discuten también los métodos usados para la determinación de la humedad, los algoritmos matemáticos para estimar los flujos superficiales de calor latente, calor sensible y momento en la capa límite atmosférica. Se describen brevemente, las propiedades de las rutinas en lenguaje Fortran utilizadas para el cálculo de las variables anteriores, así como la utilizada para calcular los vientos verdaderos con respecto al Norte verdadero.

3.2 Configuración del Modelo MM5

Esta parte describe la configuración del modelo MM5, a partir del sistema de ecuaciones primitivas (Navier-Stokes), bajo condiciones no-hidrostáticas, para fluido atmosférico totalmente compresible. Trata además de los detalles de los datos para inicializar el modelo, como problema matemático de valor inicial, introduce los 3 dominios de integración numérica utilizados con resoluciones espaciales de 90, 30 y 10 km respectivamente, en el que el dominio madre o exterior (90 km) coincide con la región de los MI. Las simulaciones fueron realizadas usando anidamiento dinámico en las dos direcciones, con un número total de capas igual a 50, de las cuales 15 fueron situadas en el primer km sobre la superficie oceánica, para resolver adecuadamente la capa límite turbulenta. Se presenta además una discusión sobre las parametrizaciones físicas y los esquemas numéricos usados para incorporar los procesos físicos no determinados por la dinámica del modelo. Finalmente, se indica la forma en que fueron asimilados los datos observados durante ECAC para las simulaciones numéricas cerca del núcleo principal de la corriente.

4. Resumen del Clima de los Mares Intra Americanos

Esta parte discute de manera comprensiva el clima y los mecanismos físicos importantes de los MI para el transporte de propiedades atmosféricas, como las que se presentan a continuación.

4.1 Circulaciones Monzónicas y Regionales

Contiene una discusión sobre las principales características de la circulación monzónica, haciendo énfasis en la distribución espacio temporal de la radiación de onda corta proveniente del Sol, los alisios, las altas presiones subtropicales, la Zona de Convergencia Intertropical, la Oscilación del Atlántico Norte y la relación conocida entre éstas y la CCBNMI, el veranillo, las corrientes en chorro estacionales a través de los pasos de las montañas en Centro América, el contexto de los Sistemas de Monzones de América del Norte y América del Sur, la corriente en chorro de las Grandes Planicies en Estados Unidos, entre otros aspectos.

4.2 La Precipitación

Esta parte se dedica a un análisis de la distribución de la precipitación a escala regional, en donde se destaca el veranillo y sus propiedades estacionales e interanuales y el potencial papel de la CCBNMI en su desarrollo.

5. La Corriente en Chorro de Bajo Nivel de los Mares Intra Americanos

5.1 Ciclo Anual y Variabilidad Intra-estacional e Interanual

Se destacan en esta sección, las características encontradas por Amador en varios de sus trabajos, en lo que respecta a su ciclo anual y a su variabilidad intra-estacional e interanual. Se rescata en esta parte la contribución del Autor a las propiedades dinámicas de esta corriente, su condición de inestabilidad barotrópica, sus potenciales interacciones no lineales con ondas en los estes, la cortante vertical del viento (derivadas con respecto a la altura), en procesos convectivos y en la formación de huracanes. Se analiza en detalle la estructura de la CCBNMI.

5.2 Las Condiciones de Gran Escala y el Papel de la CCBNMI en el Tiempo Meteorológico y el Clima

Esta parte integra los conceptos de la circulación de gran escala y los sistemas monzónicos con la dinámica de la CCBNMI. Presenta un análisis y conclusiones de la relación entre la estructura espacio temporal de la CCBNMI y mecanismos físicos de modulación como el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), la distribución de la divergencia horizontal de viento, el movimiento vertical deducido de la ecuación de continuidad y la distribución de las anomalías de la precipitación observada en función de las propiedades de la CCBNMI.

6. ¿Capturan las Simulaciones de los Modelos y el Reanálisis las Características de la CCBNMI y las Circulaciones Regionales?

La pregunta del título de esta sección motiva lo presentado aquí, es decir, se muestra que los modelos de circulación general normalmente utilizados para predicciones, incluidos algunos usados por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático en su último informe del 2007, no capturan las características básicas de la CCBNMI. Las conclusiones sobre este aspecto son evidentes.

7. Las Observaciones durante ECA 3, el Reanálisis y las Simulaciones con el MM5

7.1 Las condiciones Medias Durante Julio del 2001

Se describen básicamente, las condiciones físicas y termodinámicas medias durante el período del experimento en términos de las fases del ENOS.

7.2 Resumen del Estado del Tiempo durante ECAC 3

Se presenta un resumen del estado del tiempo durante ECAC 3, para comparar después estas propiedades, con los datos de reanálisis y los productos de las simulaciones numéricas con el modelo MM5.

7.3 Observaciones, Datos de Reanálisis y Resultados del Modelo

Esta sección muestra series de tiempo de las observaciones realizadas durante el experimento ECAC 3, con el objetivo de analizar el comportamiento de variables cerca de la superficie oceánica, como la temperatura de la superficie del mar, la temperatura, la presión y la humedad tomadas en el Justo A. Sierra a 9.5 m de altura sobre la superficie del mar (hipótesis de continuidad). Se presentan además, los perfiles verticales de temperatura determinados por observaciones durante ECAC 3, del reanálisis y de las simulaciones numéricas con el modelo MM5, con el objetivo de estudiar las diferencias entre ellas y que tan bien capturan los rasgos de la estructura dinámica y termodinámica de la CCBNMI. Finalmente, se realiza una discusión sobre las estimaciones de los flujos verticales de calor sensible, calor latente y esfuerzo del viento, con énfasis en el análisis de la distribución de propiedades cerca del núcleo en superficie de la CCBNMI.

8. Conclusiones e Investigación Futura

Se presentan las conclusiones de la investigación (ver resumen al principio) y con base en esto y la experiencia del Autor, la dirección en que se considera deben ir las investigaciones teóricas, experimentales, las simulaciones numéricas y en general el trabajo futuro en relación con la CCBNMI. Se destaca la importancia de una iniciativa a futuro cercano sobre procesos físicos en la región de los MI, como una gran oportunidad

de realizar investigación sobre esta corriente que incluya trabajo de campo o experimental, simulaciones numéricas y el estudio de procesos físicos asociados al origen, desarrollo, evolución y mantenimiento dinámico de esta importante corriente atmosférica.

Agradecimientos

El Autor agradece a las instituciones que colaboraron para la realización de esta investigación, a la Universidad de Costa Rica (en especial a la Cátedra Humboldt de la Vicerrectoría de Investigación por proveer facilidades para realizar su trabajo como Catedrático Humboldt 2008), al Instituto Interamericano para el Cambio Climático y a colegas por su apoyo durante el periodo de investigación. [Toda la investigación realizada se llevó a cabo en los laboratorios del Centro de Investigaciones Geofísicas de la Universidad de Costa Rica]

Referencias

Incluye la información requerida por los Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York, para la identificación documental de los 122 trabajos de investigación analizados y discutidos en las diferentes secciones de esta publicación.