

Clima y variabilidad climática en Costa Rica a través de información histórica del siglo XIX

Jorge A. Amador
Universidad de Costa Rica

1. Introducción.

En el pasado reciente la historia de la meteorología y las observaciones meteorológicas en Costa Rica ha sido llevada a cabo casi exclusivamente por académicos locales interesados en cuestiones relacionadas con el clima. Además, muy pocos trabajos han abordado de manera sistemática el desarrollo de las ciencias físicas en este país centroamericano. Entre ellos, Coen (1973) introdujo este tema presentando una interesante discusión sobre fenómenos meteorológicos regionales y analizando también el folklore local relacionado con el clima. Los coautores Amador *et al.* (1990), Páez *et al.* (1990) y Solano *et al.* (1990) pueden probablemente ser citados como uno de los pocos grupos que han proporcionado, en las últimas décadas, algunos detalles y hechos históricos acerca del desarrollo temprano de las ciencias físicas en el país. Estos trabajos incluyen, entre otros aspectos, observaciones meteorológicas e interpretaciones físicas durante el periodo colonial en Costa Rica. En un trabajo más reciente, Solano (1999) presenta un amplio planteamiento sobre la historia y el proceso de institucionalización de la meteorología en el país, proporcionando así un marco de referencia para la investigación actual y futura de la historia de esta ciencia a nivel regional.

En Costa Rica, hasta hace poco tiempo, las cuestiones de cambio climático, ya sea de origen natural o antropogénico, estaban relegadas a los meteorólogos, físicos de la atmósfera y geofísicos, quienes mostraban interés en observaciones históricas a largo plazo para sus investigaciones sobre clima y variabilidad climática regional. La necesidad de un enfoque multidisciplinario aplicado a este problema se ha vuelto evidente sin embargo, cuando ha sido necesario el empleo de grandes cantidades de documentos, archivos e información histórica para realizar el proceso de rescate de datos y de una adecuada interpretación histórica para su uso en estudios de cambio climático.

En el presente estudio el empleo conjunto de los métodos histórico y científico ha proporcionado una oportunidad única para reconstruir algunos aspectos de los inicios de la historia de la meteorología en Costa Rica, especialmente durante el siglo XIX. Aparte de eso, el enfoque ofrece el marco idóneo para avanzar en la comprensión del contexto histórico de las primeras observaciones meteorológicas en el país. Se hizo además, un esfuerzo para recolectar datos históricos observa-

dos, tanto como ha sido posible, en fuentes documentales nacionales e internacionales, con el propósito de proporcionar evidencia cuantitativa del clima y las anomalías climáticas en el pasado en esta parte del mundo. Como se ha determinado en muchos casos, especialmente al terminar el siglo XIX, hubo una predominancia en las descripciones cualitativas y hasta cierto punto subjetivas del clima y los fenómenos meteorológicos (por ejemplo, las descripciones del marinero escocés John Cockburn, en Meléndez, 1974). Esta información no cuantitativa fue tomada prudentemente, estudiada en su contexto histórico, y utilizada para complementar (cuando ha sido apropiado) otras informaciones relativas al clima. Sólo en muy pocos casos la información cualitativa o subjetiva fue desechada sobre la base de no ser científicamente correcta. En otras situaciones, esta información encaminó la investigación hacia cuestiones meteorológicas extraordinarias o casos extremos, tales como las posibles nevadas en los picos montañosos más elevados de Costa Rica durante el siglo XIX (por ejemplo, Osejo, 1833; Frantzius, 1868).

Este estudio brinda, en la siguiente sección, una breve crónica del desarrollo temprano de las ciencias meteorológicas en el país y la forma en que fueron llevadas a cabo las primeras observaciones meteorológicas, especialmente durante la última mitad del siglo XIX. También se aborda la influencia de los inmigrantes, principalmente de los países europeos, y la contribución de nacionales de Costa Rica u otros países centroamericanos al progreso de los conceptos meteorológicos y a las redes de observación de datos. Los métodos y procedimientos de análisis se presentan en la sección 3, mientras que las fuentes y una discusión sobre las observaciones meteorológicas utilizadas se ofrecen en la sección 4. En la sección 5 se presentan y analizan algunas descripciones de fenómenos relacionados con el clima. Se rescataron, recolectaron y, en algunos casos, reconstruyeron las observaciones meteorológicas con el propósito de ofrecer una interpretación del clima del pasado y las principales anomalías climáticas durante ese periodo en Costa Rica. Estos resultados se muestran y discuten en la sección 6. Finalmente, en la sección 7 se presentan algunos comentarios y las conclusiones de esta investigación.

2. Una breve historia de la meteorología y las observaciones meteorológicas en Costa Rica.

Durante su cuarto viaje a América, en 1502, Colón llegó a una pequeña isla (Quiribirí) frente a Cariay (actualmente Puerto Limón) en la costa caribeña de Costa Rica. Después de este viaje las crónicas de la época dicen que relativamente pocos exploradores y conquistadores visitaron Costa Rica durante las primeras décadas de ese siglo. Posibles razones para ello fueron el clima inhóspito de la costa caribeña y la feroz resistencia de los nativos locales a ser conquistados. Gil González Dávila exploró la costa del Pacífico cercana a la región de Térraba en 1519. Informó de una enorme inundación en la que él y sus hombres perdieron todas sus pertenencias y enfrentaron dificultades para regresar al Valle Central.

Las inundaciones en esta parte de Costa Rica se conocen desde entonces y han sido asociadas usualmente con tormentas relacionadas al movimiento de la ZCIT (Zona de Convergencia Inter-Tropical) hacia el norte y a los efectos indirectos de los ciclones tropicales caribeños. En la mayoría de las crónicas, sin embargo, la dificultad en la interpretación surge principalmente de la falta de referencias a la temporada o época del año del fenómeno. De acuerdo con Meléndez (1974), el marinero escocés John Cockburn visitó Costa Rica en 1731 y mientras realizaba un viaje a Panamá describió una tormenta de cuatro días que le impidió continuar hacia el sur. Durante todo el periodo anterior y casi hasta finales del siglo XVIII predominó la descripción cualitativa de los fenómenos meteorológicos. Algunos otros visitantes e inmigrantes que describieron el clima local y los fenómenos meteorológicos previos al siglo XIX se citan en Meléndez (1974) y Solano (1999).

El origen de los primeros conceptos meteorológicos en Costa Rica está estrechamente relacionado con el desarrollo de la física experimental en la Universidad de San Carlos (USC) en Guatemala durante la segunda mitad del siglo XVIII. Entre los primeros personajes en introducir el método científico de la física experimental en ese lugar se cuenta al doctor fray José Antonio de Liendo y Goicoechea, de la orden de San Francisco, un natural de Costa Rica que estudió en España de 1765 a 1767. Amador *et al.* (1990), Páez *et al.* (1990) y Solano *et al.* (1990) proporcionan una extensa crónica de la contribución de Liendo y Goicoechea a las ciencias físicas en la región. Este, para cumplir su misión, trajo libros de filosofía natural y equipo experimental básico que instaló en el pequeño jardín central del convento en la ciudad de Guatemala. Liendo y Goicoechea fue uno de los fundadores de la Sociedad de Amigos del País en 1795, una sociedad para la promoción de la industria, la cultura, las artes, y el comercio. La Sociedad también buscó la independencia cultural y científica de España.

La Casa de Enseñanza de Santo Tomás fue fundada en San José en 1814 como un medio gubernamental para estimular el progreso local a través de la educación. Este establecimiento resultó ser, en pocos años, un importante centro para la consolidación de la cultura nacional. Las primeras ideas científicas formales en Costa Rica fueron introducidas en esta institución. Durante el primer tercio del siglo XIX el país experimentó la influencia del Seminario Conciliar de León, localizado en Nicaragua, como una consecuencia de la propagación de las ideas de la Ilustración en la USC en Guatemala. En este contexto, el bachiller Rafael F. Osejo, un graduado del Seminario en Nicaragua, fue nombrado director de la Casa de Santo Tomás en San José. Desde esta institución y otras en las que trabajó, Osejo contribuyó grandemente a la implantación y difusión de las ideas científicas y meteorológicas durante su larga estancia en Costa Rica, aspecto que ha sido muy poco discutido en la historia del desarrollo de la ciencia costarricense. Zelaya (1971) presenta un acercamiento completo a las otras facetas de Osejo: el político, el abogado y el profesor.

Desde aproximadamente la década de 1840 en adelante la inmigración creció rápidamente en el país. Europeos con antecedentes científicos estudiaron la fauna y la flora de Costa Rica e hicieron importantes observaciones meteorológicas mientras realizaban sus viajes a través del territorio. Inmigrantes como el danés A.S. Oersted, los alemanes Alejandro von Frantzius, Fernando Streber, Francisco Kurtze, Karl Hoffman, y el español Enrique Villavicencio, entre otros, hicieron importantes contribuciones a la meteorología en Costa Rica al recolectar, promover e intercambiar datos meteorológicos e información climática. Sus esfuerzos condujeron al país a la apertura de una importante colaboración meteorológica internacional. La mayor parte de los inmigrantes arriba citados posteriormente se nacionalizaron y permanecieron en Costa Rica, muchos de ellos hasta su fallecimiento. La contribución de los naturales de Costa Rica fue de importancia fundamental para este logro. Federico Maison y otros de la Oficina de Estadística realizaron observaciones sistemáticas con el estímulo y apoyo oficial del gobierno costarricense. A través de conductos diplomáticos, el embajador de Costa Rica en Washington, el doctor Manuel M. Peralta, estableció comunicación científica con el general Albert J. Myer, jefe de la Oficina de Señales del Ejército de Estados Unidos, que condujo a la participación de Costa Rica en la Primera Red Meteorológica Internacional en 1877. Esta red incluyó diecinueve estaciones diferentes, algunas de las cuales estaban localizadas en América (Washington, ciudad de México y San José) y el resto en países europeos.

Después de la década de 1860 varias oficinas de gobierno mantuvieron un programa continuo para efectuar observaciones meteorológicas en diferentes sitios de Costa Rica para aplicaciones a la agricultura y la construcción de caminos. La información meteorológica recopilada cumplía con los criterios científicos internacionales de la época, es decir, estaba de acuerdo con los procedimientos y guías de observación establecidos por la comunidad científica (por ejemplo, con las guías del Smithsonian Institute, primeramente adaptadas y traducidas en 1863 por Jiménez, miembro de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, y posteriormente adaptadas por Reyes en 1877).

3. Métodos y procedimientos.

La combinación de dos métodos diferentes pero complementarios, el histórico y el científico, proporcionan el marco para el presente estudio. Aunque se presentan y comentan algunas descripciones de fenómenos meteorológicos de las primeras décadas del siglo XIX, este trabajo se concentra principalmente en la segunda mitad de ese siglo. El método histórico posee el enfoque práctico y teórico para dilucidar las principales cuestiones implicadas en el desarrollo de la sociedad en Costa Rica durante el siglo XIX y su relación con el proceso de institucionalización de las ciencias meteorológicas. Algunos hechos históricos particulares, como el desarrollo del concepto de estado y el grado de apoyo que recibió la meteorología por parte de diferentes gobiernos, especialmente después

de la independencia en 1821, fueron tomados en consideración para comprender el progreso de la meteorología y la confiabilidad que se podía dar a las observaciones meteorológicas realizadas a través del periodo analizado. También se empleó el método histórico para esclarecer si la práctica local y la meteorología como disciplina científica cumplían las normas aceptadas internacionalmente. Un estudio histórico comparativo simple entre algunos de los países de la región arrojó alguna luz sobre los criterios y procedimientos utilizados para realizar las observaciones meteorológicas durante ese periodo.

Se empleó el método científico, como es lo acostumbrado, para recolectar, estudiar, analizar e interpretar datos, observaciones meteorológicas, condiciones del clima y variabilidad climática que pudieran estar asociadas a un fenómeno físico, atmosférico o geofísico conocido. Algunas de las fuentes documentales tenían explicaciones e información acerca de acontecimientos meteorológicos extremos durante el periodo analizado (por ejemplo, nevadas en los picos montañosos más altos de Costa Rica). Esta información condujo a la exploración de posibles evidencias de cambio climático en la región y a una discusión acerca de las situaciones sinópticas meteorológicas en América Central en altitudes como las del volcán Irazú y las montañas de Talamanca (ambas superiores a los 3 500 m.) en Costa Rica, donde esas condiciones podrían ser satisfechas.

4. Fuentes de información y observaciones meteorológicas.

Esta investigación se basa principalmente en fuentes de información históricas primarias y secundarias de los siglos XVIII y XIX. Las limitaciones en las fuentes documentales surgieron desde el inicio del trabajo, especialmente debido a documentación extraviada o sin catalogar proveniente del siglo XIX en las bibliotecas públicas de Costa Rica. Algunas de las fuentes históricas conocidas o inéditas se encuentran en manos de particulares, lo cual limita el acceso a la información meteorológica para algunos momentos del periodo 1840-1888. Las fuentes institucionales internacionales incluyen al Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), al Archivo General de la Nación de México (AGN), y a las bibliotecas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y del Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory de la National Oceanic and Atmospheric Administration (AOML-NOAA) en Silver Spring, Maryland. En Costa Rica las principales fuentes documentales institucionales son la Biblioteca Nacional, el Museo Nacional, el Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), las bibliotecas Carlos Monge y Eugenio Tortós en la Universidad de Costa Rica (UCR), los Archivos Nacionales de Costa Rica, y el Instituto Meteorológico Nacional (IMN).

En lo que respecta a la información meteorológica recopilada de Costa Rica, ésta cumplió con los criterios científicos internacionales de la época y tuvo un buen grado de difusión internacional, especialmente en los observatorios de Europa. Hacia la década de 1860 el Smithsonian Institute publicó una serie de recomendaciones y procedimientos para realizar observaciones meteorológicas, que

fueron posteriormente traducidas y reproducidas por Jiménez (1863) y Reyes (1877). Estos procedimientos habían estado en uso en Costa Rica desde la fundación de la Oficina Nacional de Estadística en 1861 (Gobierno de Costa Rica, 1861). La mayor parte de esta información fue publicada casi diariamente en *La Gaceta Nacional* (periódico oficial del gobierno de Costa Rica) en una sección científica especial. Las observaciones fueron tomadas a las 7:00 a.m., 2:00 p.m. y 9:00 p.m. (Gobierno de Costa Rica, 1866). Para establecer si los procedimientos utilizados por los distintos países de la región fueron los mismos y si habían seguido las recomendaciones del Smithsonian Institute, se presenta la ilustración 1. Esta muestra tablas típicas de observaciones tomadas de *La Gaceta Oficial de Costa Rica* (1° de marzo de 1878) y del *Diario Oficial del Estado de Jalisco* (periódico oficial del gobierno del Estado de Jalisco, México) del 29 de julio de 1889. En ambos casos puede verse claramente que los procedimientos para recolectar la información no se diferenciaron de aquellos recomendados por el Smithsonian y otras instituciones científicas importantes de aquel periodo.

Además de la información arriba mencionada, algunos informes climatológicos fueron publicados por naturalistas en boletines estadísticos y técnicos y en publicaciones de la Secretaría de Fomento. La información sobre temperatura fue recogida de fuentes primarias y secundarias y se realizó el control de calidad estándar para estos casos. Los valores mensuales de temperatura fueron reconstruidos para el periodo de 1866 a 1887 en San José usando datos climatológicos de boletines e informes técnicos, o bien valores diarios disponibles tomados de *La Gaceta*. En la mayor parte de los casos se utilizaron más de veinte valores diarios para estimar el valor medio mensual en el sentido meteorológico usual. Los datos de temperatura para el periodo comprendido entre mayo de 1876 y febrero de 1877 (once meses) no pudieron ser hallados en ninguna de las fuentes documentales consultadas. Esta serie de tiempo, junto con la del periodo 1888 a 1899 (disponible en el IMN), fue utilizada para estudiar algunos aspectos del clima y las anomalías climáticas durante la segunda mitad del siglo XIX. Una parte del análisis meteorológico fue complementado mediante el uso de datos en niveles particulares tomados del Reanálisis del National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research, NCEP/NCAR (Kalnay *et al.*, 1996) y del Comprehensive Aerological Reference Data Set (CARDS) preparado por la National Oceanic and Atmospheric Administration/National Climatic Data Center (NOAA/NCDC) abarcando el periodo de mediados de la década de 1940 a 1992.

5. Descripciones de fenómenos meteorológicos y análisis de datos.

Osejo (1833) hizo las primeras descripciones que se conocen sobre el clima de Costa Rica en su libro *Lecciones de geografía*, el cual escribió para sus estudiantes y público en general. Su libro *Lecciones de aritmética*, también escrito en 1833, junto con el antes mencionado, son los primeros libros publicados en el país. Es interesante notar que este honor no correspondió, como se podría pensar,

SECCION CIENTIFICA.

Observaciones meteorológicas verificadas en la Ciudad de San José.
 Termino de la Temperatura en el mes de Julio de 1878.
 Temperatura centígrada:
 a las 7 p. m. 20.00, a las 2 p. m. 25.00, a las 9 p. m. 22.00.
 Temperatura máxima el 10 y 11 del mes 28.00.
 Temperatura mínima el 27 del mes 15.00.
 En el mes de Febrero próximo habia una Temperatura máxima de 28.00 y una mínima de 15.00.
 En el año de 1869 fué el término de la Temperatura en Febrero 24.00 y en Febrero de 1868 habia la Temperatura máxima de 29.00 y la mínima de 15.00.
 Habia 8 días de lluvia y 12 días de sol.
 Habia 3 días de calma.
 Habia 7 veces del N. y 9 veces del S.
 Estado de la Atmósfera:
 a las 7 p. m. 4 v. claro, 2 v. claro y oscuro y 5 veces oscuro.
 a las 2 p. m. 2 v. claro y oscuro.
 a las 9 p. m. 1 v. claro y oscuro y 2 v. oscuro.
 San José, Marzo 1° de 1878.
 F. MARION.

COSTA RICA

Adaptado de La Gaceta Oficial
 Gobierno de Costa Rica
 (1 de Marzo de 1878)

DIARIO OFICIAL
 DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO Y METEOROLÓGICO DEL ESTADO.

Para el mes de Julio.

Observación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Temperatura Máx.	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
Temperatura Mín.	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Temperatura Méd.	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
Estado del Cielo	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Vientos	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Lluvia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

MEXICO

Adaptado de Diario Oficial
 Gobierno del Estado de Jalisco
 (29 de Julio de 1889)

Ilustración 1: Tablas de observaciones meteorológicas realizadas en San José (febrero de 1878) y el observatorio del Estado de Jalisco, México (29 de julio de 1889).

a la narración o discusión de importantes eventos o cuestiones políticas o económicas de aquella época, especialmente si se considera que Costa Rica había obtenido su independencia de España en 1821. Osejo, como era la costumbre, presentó su libro en forma de catecismo, es decir, con preguntas y respuestas sobre el tema:

¿Cuál es el clima de Costa Rica?

Es variado, así como su aspecto y por las mismas causas. Contrayéndonos a los puntos habitados y principales se puede asegurar que el clima es el más bello del mundo conocido, pues que ni es excesivamente frío ni caliente. El termómetro centígrado designa su temperatura entre el 11° y 24°, pero queriendo hablar de todos los demás puntos, o visitados por la mano agricultora o pastoril u ocupados por alguna población, se puede asegurar sin temor que recorre el termómetro todos los grados desde el de la congelación a arriba y en proporción a la latitud que ocupa (p. 86).

[...] y hay varios lugares (a poca distancia de Cartago y otras poblaciones) en donde el frío es tan intenso que frecuentemente amanece helada el agua, bien sea la estancada o la de los riachuelos, y aun por lo mismo es de presumir que a poco más de distancia se presente la nieve (p. 87).

La cita precedente es una de las primeras discusiones conocidas que versa sobre el clima de Costa Rica. A este respecto, Osejo brinda una concisa descripción subjetiva de este concepto proporcionando evidencia de lo que podrían posiblemente ser las primeras observaciones meteorológicas con un termómetro en el Valle Central de Costa Rica. Osejo también midió la temperatura en diferentes sitios del país y afirmó, sin referirse a algún sitio en particular, que el termómetro llegaba en algunos lugares al punto de congelación. También escribió, basado en sus observaciones, que la nieve debería de caer en lugares cercanos a Cartago (muy probablemente se estaba refiriendo al volcán Irazú). En 1840, John Lloyd Stephens, agente especial del gobierno de Estados Unidos en América Central, informó acerca de sus viajes a estas regiones tropicales y refirió que la gente que habitaba cerca del volcán le contó sobre nevadas en el Irazú durante enero (Fernández, 1982), mes de invierno que se caracteriza por frecuentes intrusiones de aire frío hasta bajas latitudes. Aparte de las referencias arriba citadas, Wagner y Scherzer (1856), viajeros alemanes que realizaron un viaje de estudio a Costa Rica durante 1853 y 1854, añaden lo siguiente acerca del volcán Irazú: "La alta cumbre del volcán Irazú, que se halla en el fondo norteño del valle, [...] está a veces cubierta de nieve en diciembre o enero" (p. 105).

Como se puede ver del párrafo anterior, las condiciones nevosas se hallan citadas nuevamente en la descripción de aspectos del clima sobre el volcán Irazú durante los meses de invierno. También en el mismo libro estos autores proporcionan un breve diccionario de palabras empleadas por los indígenas nativos de las montañas de Talamanca, una región donde se localiza el pico más alto del país, el cerro Chirripó Blanco, de más de 3800 m. Es interesante anotar que el diccionario que proveen Wagner y Scherzer (1856) sugiere la idea de que estos indígenas conocían de condiciones meteorológicas por debajo del punto de congelación, puesto que tenían una palabra específica para la nieve (*ka-ha-na-mo-bel-wi*, de acuerdo con la pronunciación alemana aproximada).

En un intento por identificar la clase de circulación a escala sinóptica que pudo haber originado en el pasado condiciones adecuadas de temperatura para la ocurrencia de nevadas en Costa Rica, se llevó a cabo una búsqueda para recrear esa situación utilizando los datos de NCEP/NCAR y CARDS disponibles para el periodo 1960-1995. Primero, fueron examinados en diferentes niveles los datos de la estación de radiosonda para Costa Rica, especialmente de aquellos cercanos a la altitud de los picos del volcán Irazú y de la cordillera de Talamanca (en el orden de los 3 500 m.). En los datos analizados, se encontraron dos casos para los meses de invierno en los que la temperatura al nivel 600 hPa (~4100 m.) llegaba en alguna etapa a valores cercanos al punto de congelación. El primer caso abarca el periodo del 28 de febrero al 5 de marzo de 1974 y el segundo el periodo del 7 al 12 de febrero de 1976. Ambas situaciones corresponden al desplazamiento de masas de aire frío hacia el sur desde el subcontinente norteamericano. Puesto que

el análisis completo de estas situaciones rebasa el propósito de este artículo, los hallazgos se muestran sólo para el nivel 600 hPa para uno de los casos, específicamente el de 1974. En la ilustración 2 se presenta el campo horizontal de temperatura sobre la región de interés para el periodo del 4 al 5 de marzo de 1974 a 600 hPa. Como puede apreciarse, una especie de onda de temperatura de la tropósfera media se estaba desarrollando sobre la región con valores cercanos o inferiores al punto de congelación en el Caribe central. Sobre Costa Rica, a 600 hPa, la temperatura está justo arriba del nivel de congelación (275-276°K). Para complementar estos datos, los valores actuales del perfil vertical de la temperatura se muestran en la ilustración 3 empleando la información de la estación de radiosondeo localizada en Costa Rica en aproximadamente 10°N y 84°W. En esta ilustración se observa que la temperatura estaba en efecto cerca del punto de congelación en una elevación similar a la de los picos del Irazú y Talamanca arriba mencionados. A este respecto y por comparación con los datos de temperatura observados por el radiosondeo, puede decirse que los datos del Reanálisis parecen ser bastante realistas al menos sobre Costa Rica. A la fecha no se ha reportado evidencia científica acerca de la existencia de tales condiciones nevosas para ninguna de las situaciones analizadas en este trabajo utilizando los datos del Reanálisis.

La evidencia recolectada sobre cambios climáticos en sitios de alta elevación, especialmente en áreas extra-tropicales del hemisferio norte, indica que la temperatura en las regiones montañosas del mundo se ha incrementado (véase por ejemplo un resumen realizado por Beniston *et al.*, 1997). En un trabajo anterior Díaz y Graham (1996) habían enfocado su atención en los cambios decadales de la temperatura en regiones tropicales (específicamente los cambios en la altura del nivel de congelación en zonas tropicales bajas). Estos autores llegaron a la conclusión de que un incremento en las temperaturas de superficie de los mares tropicales a partir de la década de 1970 ha resultado en un ascenso medio del nivel de congelación del orden de 100 m. Este desplazamiento ascendente de la altura del punto de congelación corresponde a un incremento de temperatura de aproximadamente 0.5°C en un lapso de veinte años. También Díaz y Bradley (1997), empleando registros instrumentales en varias cumbres de montañas, principalmente de Europa, hallaron evidencia de apreciables aumentos en la temperatura media de esos sitios durante las últimas décadas.

La información empleada por Díaz y Bradley (1997) también incluyó algunas estaciones de la parte norte de América del Sur. Al considerar la evidencia de calentamiento en las cimas de las montañas, y considerando el hecho de que en el pasado reciente las temperaturas en niveles cercanos a 600 hPa han descendido a condiciones cercanas a la congelación durante algunos de los meses de invierno, las posibilidades de que hubiera habido nevadas en Costa Rica durante el siglo XIX se amplían sobremanera. Esa condición, que es referida por crónicas de la época, basada en descripciones de personas altamente preparadas, se convierte entonces

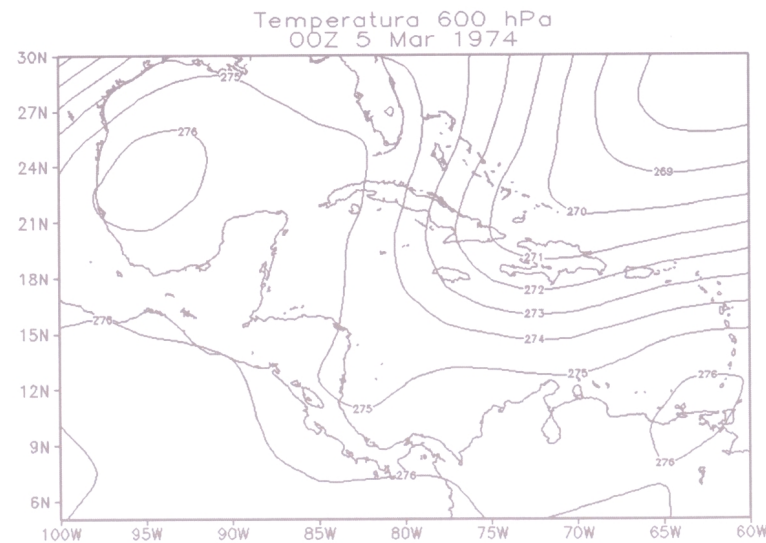
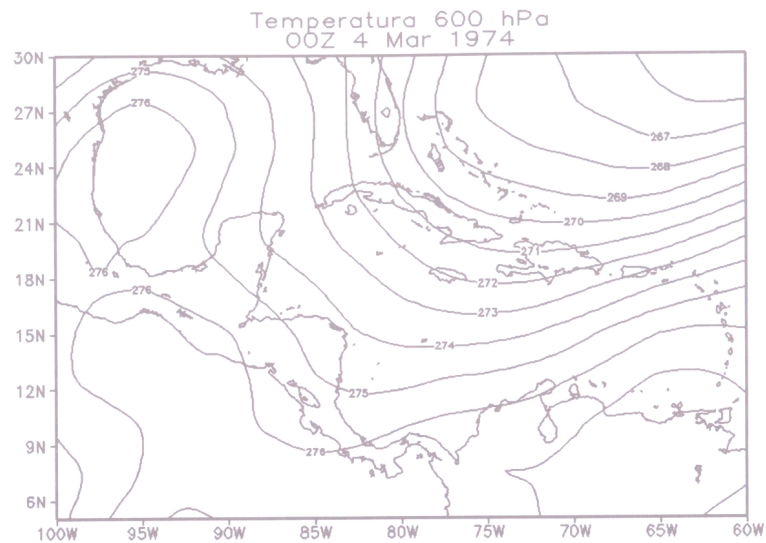


Ilustración 2: Temperatura en grados Kelvin en el nivel de 600 hPa (4100 m.) para los días a) 4 de marzo y b) 5 de marzo, ambos de 1974, utilizando datos del Reanálisis de NCEP/NCAR.

en una situación meteorológica probable y una indicación verosímil de cambio climático a partir de ese siglo. Este aspecto también llama la atención acerca de la importancia de la evidencia documental histórica en la reconstrucción de acontecimientos extremos del clima del pasado.

En otros aspectos, es digno de mencionar que Osejo (1833) también describió las inundaciones que usualmente tienen lugar de noviembre a marzo en el frente caribeño de Costa Rica. Atribuyó la causa de las inundaciones al aire frío asociado con fuertes vientos y que estaba relacionado con precipitación más o menos intensa y continua. Cabe señalar que Osejo creía que estas inundaciones eran causadas por la anómala irrupción de condiciones de desarrollo invernal en latitudes medias, idea que fue plenamente desarrollada muchas décadas después de la explicación de Osejo. Expresada en sus propias palabras,

se sienten en la parte oriental de Costa Rica frío más o menos intenso hasta muchos grados bajo el término de congelación, vientos más ó menos recios, lluvias más ó menos fuertes y frecuentes (p. 71) [...] siguiendo en todo la intensidad y progresos del invierno y las alteraciones de la zona templada (p. 72).

En su libro, Osejo se refiere a las inundaciones del Valle de Matina. Hace una descripción y explicación de las masas de aire frío que llegan a la región y emplea el concepto de escorrentía para explicar las inundaciones. También describe el descenso de temperatura asociado, pero no proporciona un número para ello. Fuertes vientos, frecuentes tormentas y precipitación continua caracterizaban el acontecimiento, que tenía una duración de 24 a 36 horas. Este fenómeno probablemente correspondería a una incursión de aire frío en latitudes tan bajas como 8-10°N, y sería responsable de las inundaciones de Matina, que, a su vez, él consideraba un fenómeno predecible. Osejo hizo también un intento por brindar la primera clasificación amplia del clima de Costa Rica, empleó el concepto de clima en el planeamiento urbano, e introdujo en este libro el concepto de división geográfica de aguas: “hay un punto llamado Alto de Ochomogo [...] desde el cual notablemente se reparten las aguas o ríos...” (p. 70).

Después de las descripciones y explicaciones de Osejo sobre los acontecimientos del tiempo y condiciones climáticas, varios exploradores nacionales y extranjeros proporcionaron mediciones de temperatura y otras relaciones descriptivas de características climáticas en diferentes sitios de Costa Rica (por ejemplo, las condiciones de precipitación durante todo el año en la región norteña del país). En 1846 el botánico danés Anders S. Oersted se estableció en Costa Rica y realizó observaciones meteorológicas sistemáticas durante la mayor parte de su estancia de dos años. Oersted dejó suficiente evidencia meteorológica para caracterizar la marcha estacional de precipitación y temperatura en el Valle Central. Las distribuciones de precipitación y temperatura claramente muestran lo que es probablemente la primera descripción cuantitativa de la sequía intra-estival (*mid-summer drought*, MSD, por sus siglas en inglés) en el país. Sobre esta región la estación de lluvias tiene una distribución bimodal con máxima en junio y septiembre-octubre

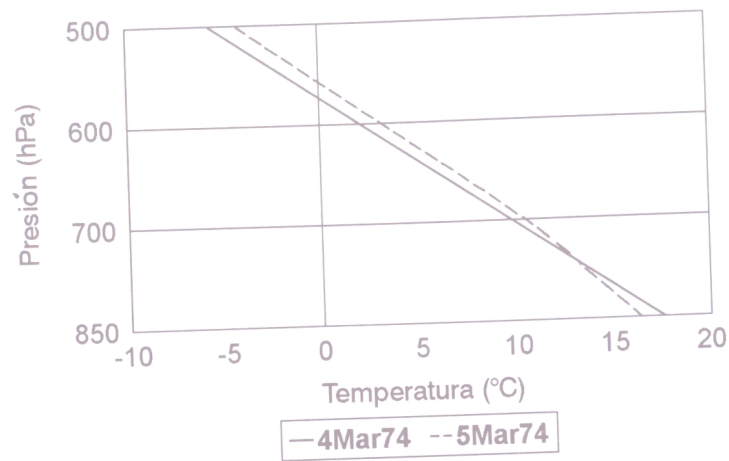


Ilustración 3: Perfil vertical de temperatura (°C) en San José para el periodo del 4 al 5 de marzo de 1974, usando datos del radiosondeo de San José.

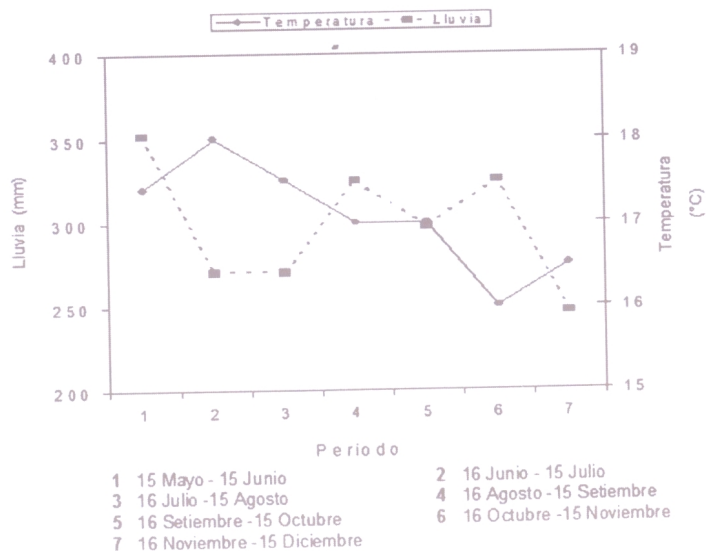


Ilustración 4: Observaciones meteorológicas de lluvia (en mm) y de temperatura (en °C) llevadas a cabo por el Dr. A.S. Oersted en San José, mostrando el veranillo en el periodo aproximado del 16 de junio al 15 de agosto de 1847.

y un mínimo relativo en julio-agosto. Esta característica, también llamada veranillo o canícula dependiendo de la región donde se experimenta, es ahora identificada como parte del ciclo estacional y de la evolución de la temporada de lluvias sobre el sur de México y Centroamérica (Magaña *et al.*, 1999). En la ilustración 4 se muestran las observaciones meteorológicas llevadas a cabo por Oersted en San José para el periodo del 15 de mayo al 15 de noviembre. Como se describió previamente, un mínimo en la precipitación (correspondiente al veranillo) ocurre en julio-agosto, lo que en la información de Oersted se refleja durante el periodo del 16 de junio al 15 de agosto. Como una consecuencia de menos nubosidad durante el veranillo, debería haber un ascenso en la temperatura media debido a la mayor radiación que llega a la superficie durante ese periodo. Este ascenso puede también observarse en la misma ilustración 4, en los datos de la temperatura tomada por Oersted durante el periodo del 16 de junio al 15 de julio de 1847.

6. Análisis de la temperatura.

Como se describió en la sección 4, la información sobre temperatura fue recolectada de un conjunto de fuentes documentales, como *La Gaceta Oficial*, boletines de la Secretaría de Fomento y otros archivos públicos y privados. Los valores diarios de temperatura disponibles fueron tratados cuidadosamente para evitar errores de transcripción. Se construyó una serie de tiempo de valores mensuales de temperatura para el periodo 1866-1887. Se obtuvo una serie de tiempo más larga para el periodo 1866-1899 al emplear la información disponible en el IMN para el periodo 1888-1899. Los valores mensuales se determinaron a partir de las temperaturas diarias disponibles y las anomalías mensuales para el periodo se estimaron con respecto a las temperaturas medias mensuales de 1866-1899. Los resultados para el periodo 1866-1899 se muestran en la ilustración 5, que presenta algunas notables anomalías del clima sobre la región. En primer lugar, se observa alrededor de 1878 un calentamiento dramático del orden de más de 2°C que, según Coughlam (1999), corresponde al más intenso episodio de El Niño en el siglo XIX. También en la ilustración 5 está documentado El Niño de 1898-1899, con un calentamiento menos intenso que el mencionado previamente.

Hace más de un siglo, el 23 de agosto de 1883, el volcán de una isla en Indonesia, el Krakatoa o Krakatau explotó con una intensidad devastadora. De acuerdo con los informes de la época los efectos de la explosión se sintieron a escala global, y cenizas y polvo fueron lanzados a la troposfera superior, afectando la radiación solar entrante y alterando el clima de la tierra durante años. Las anomalías de temperatura para San José resaltan notablemente en la ilustración 5, donde se ve un periodo extenso, desde finales de 1883 a 1886-87, de valores extremos de temperatura negativa anómalamente grandes que podrían estar asociados a los efectos de enfriamiento inducidos por la erupción del Krakatoa.

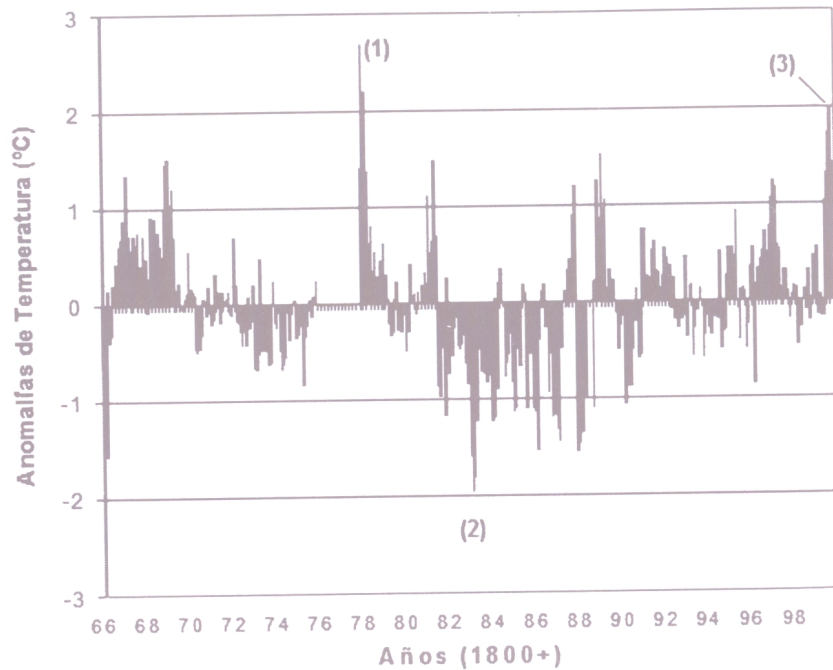


Ilustración 5: Anomalías de temperatura (°C) en San José para el periodo 1866-1899.

Las anomalías fueron estimadas con respecto a los valores medios del mismo periodo. La (1) corresponde al evento El Niño de 1878, el más intenso del siglo XIX (de acuerdo con Coughlam, 1999); la (2) a la erupción del Krakatoa en 1883, y la (3) al evento El Niño de 1898-1899.

7. Resumen.

Se ha presentado en este trabajo una breve relación histórica del desarrollo de la meteorología, especialmente durante los siglos XVIII y XIX, y de las primeras observaciones

meteorológicas tomadas en Costa Rica. Durante la mayor parte del siglo XVIII los datos meteorológicos cuantitativos fueron escasos y predominó la evidencia descriptiva de los fenómenos. El origen de los primeros conceptos meteorológicos en Costa Rica está estrechamente vinculado al desarrollo de la física en la Universidad de San Carlos (USC) en Guatemala durante la segunda mitad del siglo XVIII. El doctor fray José Antonio de Liendo y Goicoechea, un franciscano natural de Costa Rica, desempeñó un importante papel en la introducción de la física experimental en esta institución. Durante el primer tercio del siglo XIX un profesor local altamente instruido, Rafael F. Osejo, proporcionó las primeras descripciones y explicaciones del clima local y de lo que parece ser la incursión de masas de aire frío en la región caribeña de América Central. Desde mediados de la década de 1840 en adelante los inmigrantes (principalmente provenientes de los países europeos), conjuntamente con los nacionales, comenzaron a medir la temperatura en diferentes localidades a medida que viajaron y exploraron el territorio de Costa Rica. En 1846 el botánico danés A.S. Oersted realizó observaciones meteorológicas sistemáticas de precipitación y temperatura que mostraron con claridad lo que es, probablemente, la primera descripción cuantitativa de la sequía intra-estival o veranillo en el país. Después de la década de 1860 se dio un incremento significativo de las observaciones meteorológicas en San José lo cual llevó a la participación del país en la primera Red Meteorológica Internacional.

Las fuentes documentales del periodo de 1830 a 1890 generalmente hacen referencia a nevadas en las cimas de las montaña más altas de Costa Rica. No se tiene noticia de que esas condiciones hayan sido registradas durante las últimas décadas. Al emplear datos del Reanálisis NCEP/NCAR, de información del CARDS y de la estación de radiosonda situada en Costa Rica, se demuestra que, en las últimas décadas, las temperaturas en niveles cercanos a 600 hPa han descendido en algunos casos a condiciones cercanas a la congelación durante los meses de invierno. Cuando se considera la evidencia reciente del calentamiento progresivo en los picos más elevados incluyendo los de regiones tropicales, las nevadas ocurridas durante los meses de invierno del siglo XIX en Costa Rica, relatadas por las crónicas de esa época, se convierten en una situación meteorológica más verosímil y una indicación razonable de un posible cambio climático a partir de ese siglo.

Antes de la creación del Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, en 1888, varias oficinas de gobierno llevaron un programa continuo para medir los datos meteorológicos en diferentes sitios para aplicarlos en la agricultura y la construcción de caminos. En este trabajo se recolectó información sobre temperatura en fuentes primarias y secundarias, cuya calidad fue controlada, y se construyeron valores mensuales de temperatura para el período 1866-1887 en San José. Esta serie temporal, junto con la del periodo de 1888 a 1899, fue empleada para estudiar algunos aspectos del clima y la señal de El Niño en la región, especialmente durante la segunda mitad del siglo XIX. Los valores mensuales de temperatura fueron determinados a partir de las temperaturas diarias disponibles, y las anomalías mensuales para el periodo fueron estimadas como desviaciones a partir de las temperaturas mensuales medias de 1866 a 1899. Estas anomalías de la temperatura indican algunas anomalías climáticas notables en la región. Un dramático calentamiento del orden de más de 2°C se observa alrededor de 1878, el cual, según Coughlam (1999), correspondería al más intenso episodio de El Niño en el siglo XIX. Además, las desviaciones de la temperatura muestran un aumento de ésta, atribuible al evento El Niño 1898-99, aunque de menor intensidad que el de 1876-78. Los efectos de la explosión del Krakatoa

en 1883 se sintieron en una escala global, y cenizas y polvo fueron lanzados a la troposfera superior, afectando la radiación solar entrante y alterando el clima de la tierra durante años. Las anomalías de temperatura para San José revelan un extenso periodo, de finales de 1883 a 1886-87, de anomalías negativas de temperatura anormalmente grandes que podrían estar asociadas al efecto de enfriamiento provocado por la erupción del Krakatoa.

8. Agradecimientos.

Este trabajo fue financiado parcialmente por la Universidad de Costa Rica (proyectos VI-805-94-204/98-506/112-99-305); el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH 97-63/99-16); la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior/Consejo Superior Universitario Centroamericano (ANUIES/CSUCA) y el Inter-American Institute for Global Change Research, IAI, (subvenciones IAIISP-3-030 y CRN-073). Mi agradecimiento profundo al ya fallecido Prof. Carlos Meléndez por los debates a fondo sobre la historia de la ciencia en Costa Rica y las fuentes de información que me brindó. El autor está profundamente agradecido con Flora J. Solano por su contagioso entusiasmo hacia la historia de la meteorología y por tantas discusiones fructíferas que compartimos durante el curso de la investigación. A Luz Fernanda Azuela, del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México por el estimulante intercambio de ideas e información suministrada, y a Francisco Enríquez, de la Escuela de Historia de la Universidad de Costa Rica, por su apoyo. También debo agradecer a David Enfield del Atmospheric Meteorological and Oceanic Laboratory (AMOL/NOAA), quien me proporcionó amablemente los datos de CARDS, y a Carlos Contreras, del Archivo General de la Nación de México, por su colaboración. A Erick Rivera y Randall Madrigal del CIGEFI por su asistencia técnica y al Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias (LIAP) de la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica por la colaboración brindada.

9. Bibliografía.

- Amador J, Páez J, Solano F (1990) "Algunos detalles y hechos históricos de los albores de la física en Costa Rica: Parte I", en *Las matemáticas en Costa Rica: Memorias del III Congreso Nacional de Matemáticas*. Angel Ruiz (ed). Costa Rica, pp. 349-355.
- Beniston M, Díaz HF, Bradley RS (1997) "Climate change at high elevation sites: An overview", en *Clim. Change* 36:233-251.
- Coughlam MJ (1999) "Reacción del sistema de las Naciones Unidas al episodio de El Niño de 1997-1998", en *Boletín Organización Meteorológica Mundial* 48(3):321-325.
- Coen E (1973) "El folclore costarricense relativo al clima", en *Revista de la Universidad de Costa Rica*, 135:135-145.
- Díaz HF, Graham NE (1996) "Recent changes in tropical freezing heights and the role of sea surface temperature", en *Nature* 383:152-155.
- Díaz HF, Bradley RS (1997) "Temperature variations during the last century at high elevation sites", en *Clim. Change* 36:253-279.
- Fernández R (1982) *Costa Rica en el siglo XIX*. EDUCA, 4ª ed., San José, 585 pp.
- Frantzius A (1868) "Ensayo de una fundamentación científica de la climatología de Centro América", José Dávila, trad., en *Revista de Archivos Nacionales*, 1942, VI (1-2):32-58.
- Gobierno de Costa Rica (1861) "Creación Oficina Central de Estadística", circular número 27, del 25 de octubre de 1861, por el ministro Francisco María Iglesias. San José.

- Gobierno de Costa Rica (1866) "Observaciones meteorológicas realizadas en la ciudad de San José", por Fernando Streber, en *Gaceta Oficial* del 30 de junio de 1866. San José.
- Jiménez F (1863) "Instrucciones para hacer las observaciones meteorológicas (Adoptadas por el Instituto Smithsonian de Washington y traducidas por la Sociedad de Geografía y Estadística)", en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, X.
- Kalnay, et al. (1996) "The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project", en *Bull. Amer. Met. Soc.* 77:437-471.
- Magaña V, Amador JA, Medina S (1999) "The midsummer drought over Mexico and Central America", en *J. Climate* 12:1577-1588.
- Meléndez C (1974) *La ilustración en el antiguo Reino de Guatemala*. EDUCA, 2ª. Ed., San José, 218 pp.
- Osejo, RF (1833) *Lecciones de Geografía*. Imprenta de la Paz, San José, 15 pp.
- Páez J, Solano F, Amador J (1990) "Algunos detalles y hechos históricos de los albores de la física en Costa Rica: Parte II", en *Las matemáticas en Costa Rica: Memorias del III Congreso Nacional de Matemáticas*. Angel Ruiz (ed). Costa Rica, pp. 356-369.
- Reyes V (1877) *Instrucciones especiales para hacer las observaciones internacionales simultáneas*. Imprenta y Litografía de Ireneo Paz, México, 72 pp.
- Solano FJ (1999) "El proceso de institucionalización de la meteorología en Costa Rica en el siglo XIX". Tesis de licenciatura en historia. Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 228 pp.
- Solano F, Amador J, Páez J (1990) "Algunos detalles y hechos históricos de los albores de la física en Costa Rica: Parte III", en *Las matemáticas en Costa Rica: Memorias del III Congreso Nacional de Matemáticas*. Angel Ruiz (ed). Costa Rica, pp. 371-384.
- Wagner M, Scherzer C (1856) *La república de Costa Rica en Centroamérica*. Jorge Lines Lehmann, trad. Costa Rica, 353 pp.
- Zelaya C (1971) *El Bachiller Osejo*. Editorial Costa Rica, Costa Rica, 2 vols.