

Variación interanual de la temperatura en Costa Rica

Ida E. Gómez

*Escuela de Física, Instituto Tecnológico de Costa Rica,
Cartago, Costa Rica*

Walter Fernández¹

*Departamento de Física Atmosférica, Oceánica y Planetaria,
Escuela de Física y Centro de Investigaciones Geofísicas,
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica*

(Recibido 15 octubre 1995, aceptado 16 febrero 1996)

ABSTRACT

An analysis of the inter-annual variations of the maximum temperature, minimum temperature, diurnal range of temperature (DRT), and average temperature is made, utilizing 23 stations representative of the different regions of the country. As a general pattern, a negative trend in the DRT is found, to which the minimum temperature contributes largely and not so much the maximum temperature. With relation to the average temperature, 12 stations show a negative trend and 11 a positive trend. This points out that although a positive trend in the global average temperature has been reported, there are variations quite significant at the regional level and in areas so small as Costa Rica. In the absence of cloudiness data, correlations of DRT with sunshine hours and DRT with rainfall were obtained. These correlations are small and do not allow to infer that the pattern of decrease in the DRT is due to an increase in cloudiness.

1. Introducción

En este trabajo se hace un análisis sobre la variación interanual de la temperatura máxima, temperatura mínima, rango diurno de temperatura y temperatura media, utilizando algunas estaciones meteorológicas de Costa Rica ubicadas en diferentes zonas del país. Estudios similares se han realizado principalmente para latitudes medias y altas del Hemisferio Norte (e.g., Karl *et al.*, 1991, 1993; Horton, 1993; Jones, 1993). En el estudio de Karl *et al.* (1993), por ejemplo, se encontró que el rango diurno de temperatura (diferencia entre la tempera-

tura máxima y la temperatura mínima) ha ido disminuyendo, principalmente desde la década de los setenta. Sus resultados muestran que ha habido un incremento tanto de la temperatura máxima como de la temperatura mínima en los Estados Unidos de América (EUA) y en la antigua Unión Soviética (URSS), pero que el aumento de la temperatura mínima ha sido mayor que el de la temperatura máxima, disminuyendo por tanto el rango diurno de temperatura (RDT). Sus resultados indican también que durante el período 1951-1990, hubo un aumento en la temperatura mínima tres veces mayor que el de la temperatura máxima. Esto corresponde a una disminución del RDT en aproximadamente lo mismo que el aumento en la temperatura media.

¹Corresponding author address: Walter Fernández, Departamento de Física Atmosférica, Oceánica y Planetaria, Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica. E-mail: wfer@atmos.efis.ucr.ac.cr

El estudio de la disminución del RDT y de los cambios de temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media es importante, ya que esto afecta los ecosistemas, la agricultura y probablemente la salud humana (Horton, 1994).

2. Algunas características climáticas de Costa Rica

La variación anual en la precipitación es causada principalmente por la interacción que existe entre los diferentes sistemas del viento y la topografía. Existen diferencias en la distribución de la lluvia en la región del Pacífico, el Valle Central y la región del Caribe.

En general, la Región del Pacífico se caracteriza por tener una época seca que va de diciembre a abril y otra húmeda que va de mayo a noviembre, con algunas variaciones entre las zonas Norte, Sur y Central del Pacífico. El viento predominante en la estación seca es el alisio del noreste. En la estación lluviosa, el viento predominante oscila entre variable y calmo en algunas zonas; la brisa de mar produce viento del oeste durante el día. Respecto a la temperatura promedio anual, ésta varía entre los 25 y 30 °C en las partes bajas y puede disminuir a valores inferiores a los 20 °C en las partes altas de

las montañas. La humedad relativa promedio anual en época seca es aproximadamente 75% y en la época húmeda 85%. Las precipitaciones anuales en esta región alcanzan valores de hasta 6000 mm en el Pacífico Central.

En la Región del Caribe, prácticamente llueve todo el año, ya que no se observa una estación seca definida. Las precipitaciones anuales varían desde los 3000 mm en la costa hasta 4500 mm en las montañas. El viento predominante es el alisio durante todo el año, la temperatura anual promedio oscila entre 27 y 30 °C en las llanuras y disminuye en las zonas montañosas, la humedad relativa promedio anual es de 86%.

Con respecto al Valle Central, éste presenta una época seca y una lluviosa semejante a las de la región del Pacífico. La precipitación promedio anual varía entre 1500 y 2500 mm. En la estación seca el viento predominante es el alisio, en la estación lluviosa el alisio domina por las mañanas y por la tarde predomina el viento del oeste y del suroeste. La temperatura promedio anual oscila entre 19 y 22 °C y en las zonas montañosas baja hasta 8 °C. La humedad relativa promedio anual es aproximadamente 82%, con pocas variaciones durante todo el año (IMN, 1990).

CUADRO 1. Estaciones utilizadas

Nombre de Estación	Período utilizado	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud en metros
Linda Vista	1961-1993	09°50'	83°58'	1400
Los Diamantes	1961-1993	10°13'	83°46'	249
San José	1961-1982	09°56'	84°05'	1172
Aero. Juan Santamaría	1971-1993	10°00'	84°13'	921
Ciudad Quesada	1961-1987	10°20'	84°26'	650
Fabio Baudrit	1962-1988	10°01'	84°16'	840
CATIE	1961-1993	09°53'	83°38'	602
Nicoya	1961-1984	10°09'	85°27'	120
Puntarenas	1961-1993	09°53'	84°50'	3
La Argentina	1961-1988	10°02'	84°21'	760
Naranjo	1971-1990	10°07'	84°23'	1100
San Miguel de Barranca	1961-1988	10°00'	84°42'	140
La Piñera	1971-1993	09°11'	83°20'	350
La Lola	1972-1992	10°06'	83°23'	40
San Isidro del General	1961-1993	09°22'	83°42'	703
Lornesa de Santa Ana	1961-1987	09°56'	84°11'	909
El Carmen de Siquirres	1973-1993	10°12'	83°29'	15
Los Ensayos	1961-1988	10°18'	84°29'	1090
Monte Verde	1961-1991	10°18'	84°48'	1460
Palmar Sur	1961-1993	08°57'	83°28'	16
Limón	1961-1993	10°00'	83°02'	3
Pacayas	1961-1991	09°55'	83°49'	1735
Sarapiquí	1955-1974	10°28'	84°01'	37

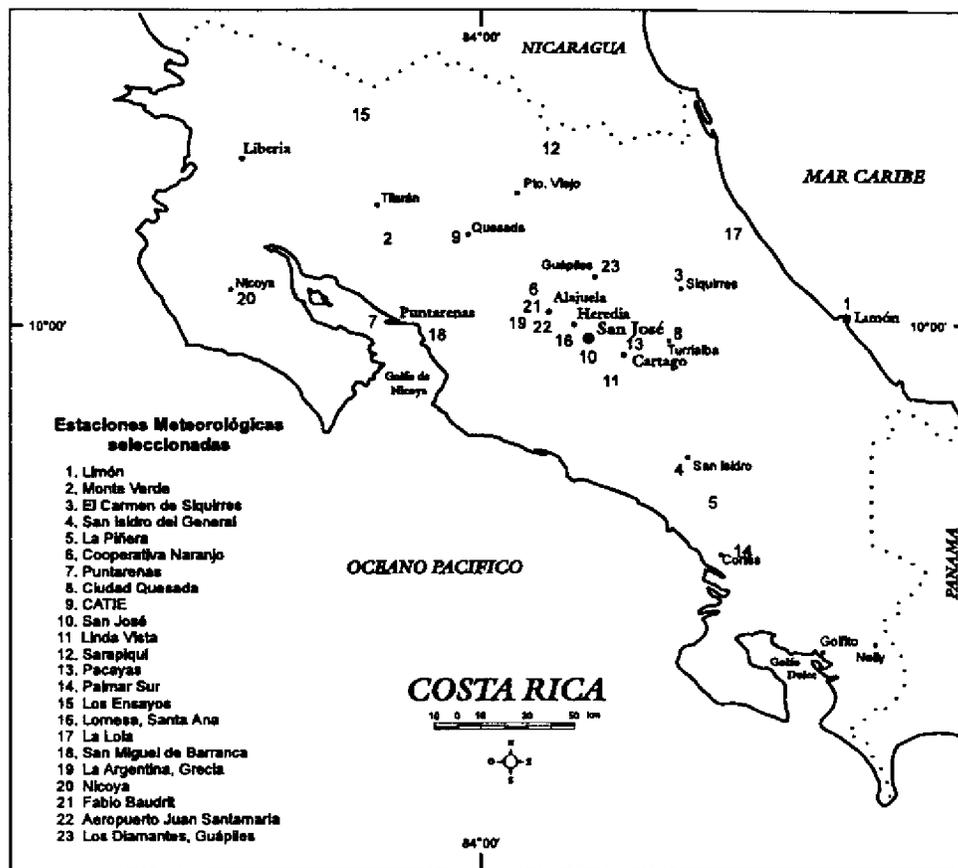


Fig 1 Estaciones Meteorológicas de Costa Rica que fueron seleccionadas para el análisis.

3. Estaciones seleccionadas, equipo y procesamiento de datos

Para el presente estudio se seleccionaron 23 estaciones cuyas localizaciones y características geográficas se muestran en el Cuadro 1 y la Figura 1. Costa Rica presenta en su parte central una serie de cordilleras que dividen al país en dos vertientes, la del Caribe y la del Pacífico. Las estaciones se seleccionaron de manera que representaran las diferentes zonas del país, incluyendo las dos vertientes. El período de registro también fue considerado en la selección de las estaciones y se muestra también en el Cuadro 1.

Los datos utilizados en este trabajo corresponden a las temperaturas máximas y mínimas, obtenidas en su mayoría, con termómetros de máxima y mínima de mercurio y alcohol respectivamente, de la marca Wilh Lambrecht, los cuales son leídos diariamente a las 7:00 y 18:00 horas (tiempo local).

Además, se utilizaron algunos valores obtenidos

de bandas de higrómetro de lectura diaria, de la misma marca (el higrómetro sustituyó las medidas de los termómetros solamente para la reparación de los mismos, de manera que el cambio del equipo por pocos días no es importante).

Los instrumentos de medición utilizados en cada estación no han variado durante el período analizado.

Para cada una de las estaciones se utilizaron los promedios anuales de la temperatura máxima y mínima que se obtienen al promediar los valores medios mensuales para cada uno de los años de registro de las estaciones. El rango diario de temperatura (RDT) se obtuvo de la diferencia de los promedios anuales de las temperaturas máxima y mínima. Las anomalías de las temperaturas máxima, mínima y del RDT se calcularon restandole a cada uno de los valores medios respectivos de cada año, el valor promedio de la serie considerada.

Las estaciones se escogieron de tal forma que se consideraran las diferentes zonas climáticas del país.

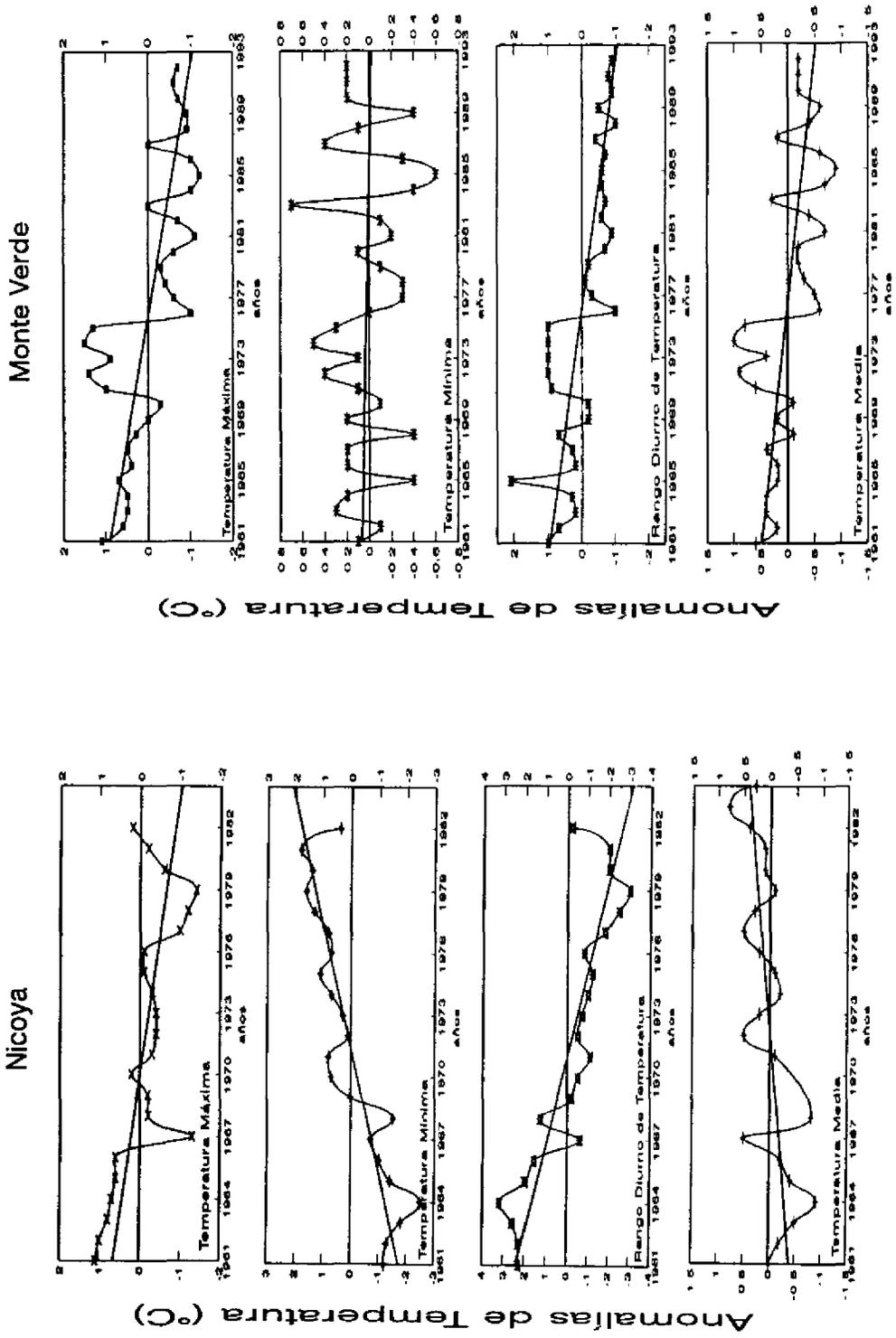


Fig. 2. Variaciones interanuales de las anomalías de la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango diario de temperatura y la temperatura media en las estaciones de Nicoya y Monteverde.

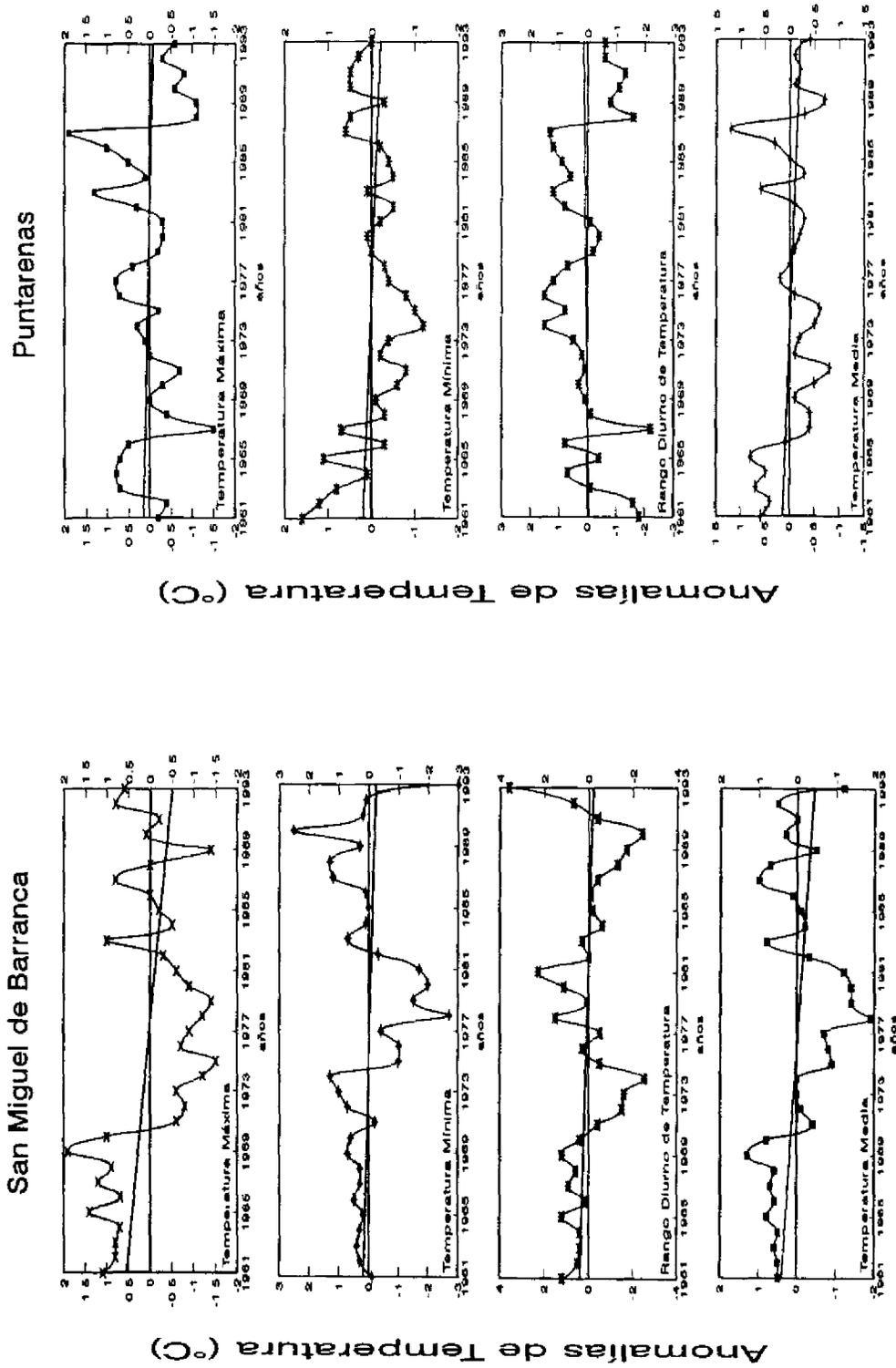


Fig. 3. Variaciones interanuales de las anomalías de la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango diurno de temperatura y la temperatura media en las estaciones de San Miguel de Barranca y Puntarenas

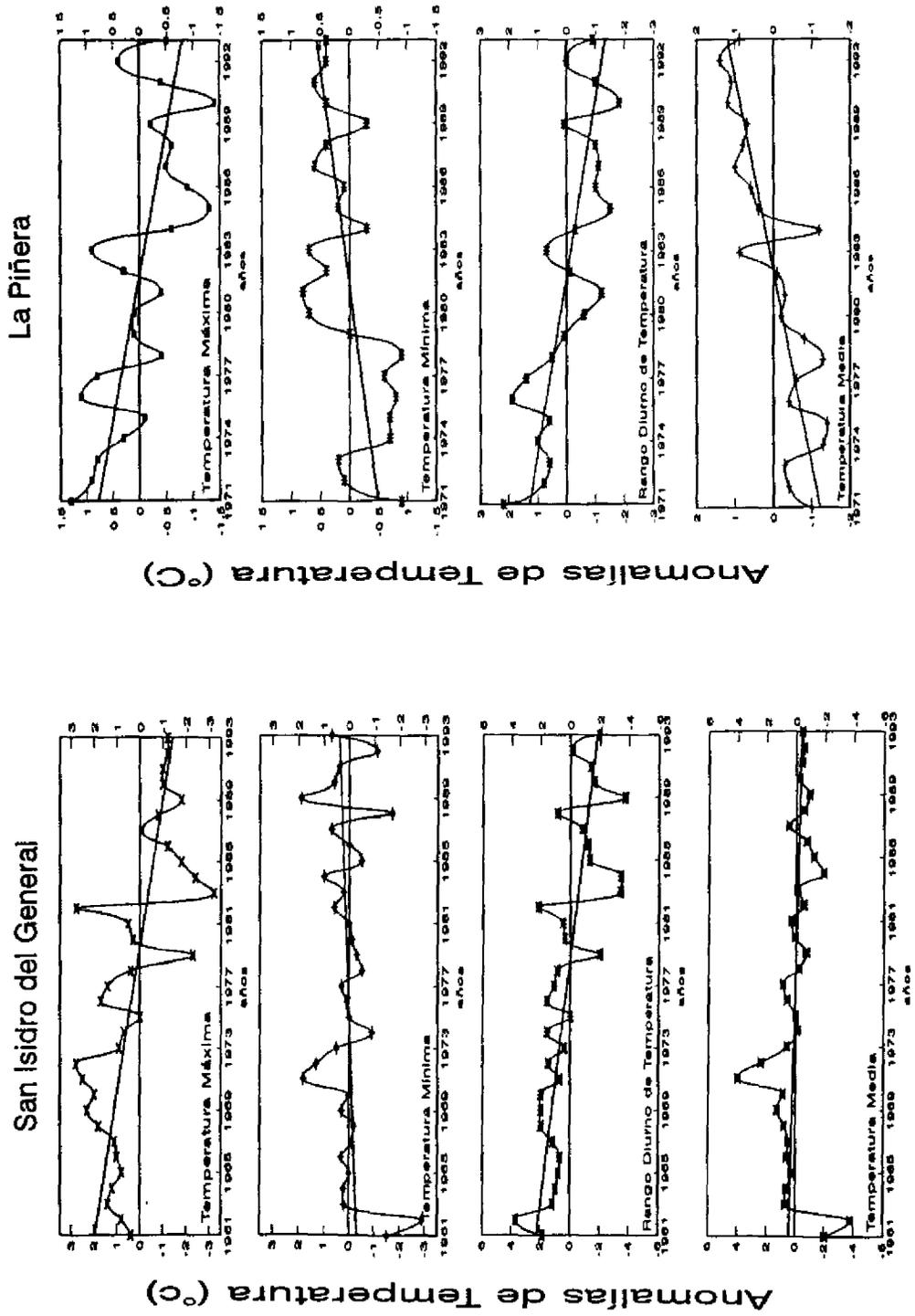


Fig. 4. Variaciones interanuales de las anomalías de la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango diurno de temperatura y la temperatura media en las estaciones de San Isidro del General y La Piñera.

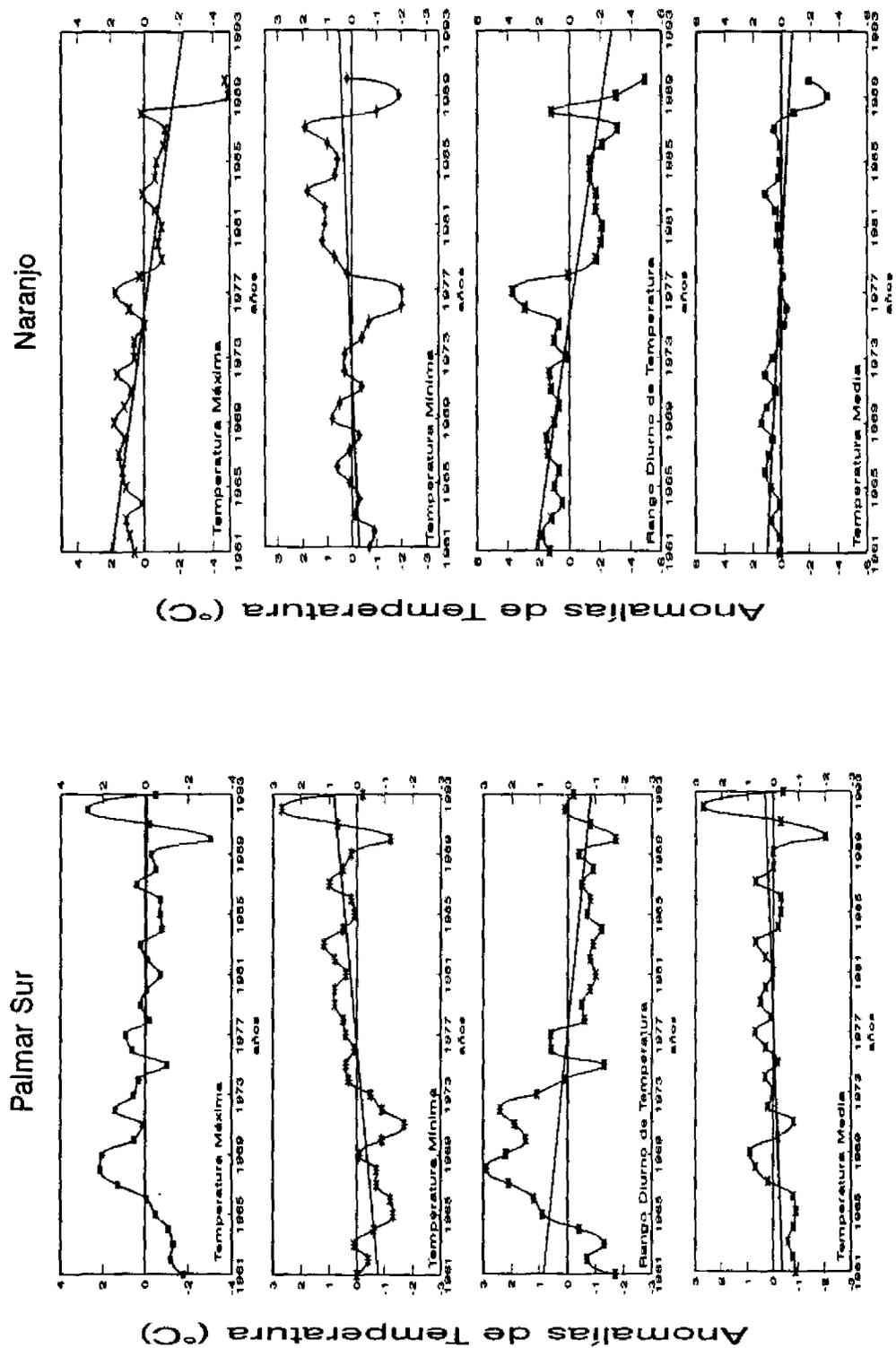


Fig. 5 Variaciones interanuales de las anomalías de la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango diurno de temperatura y la temperatura media en las estaciones de Palmar Sur y Naranjo.

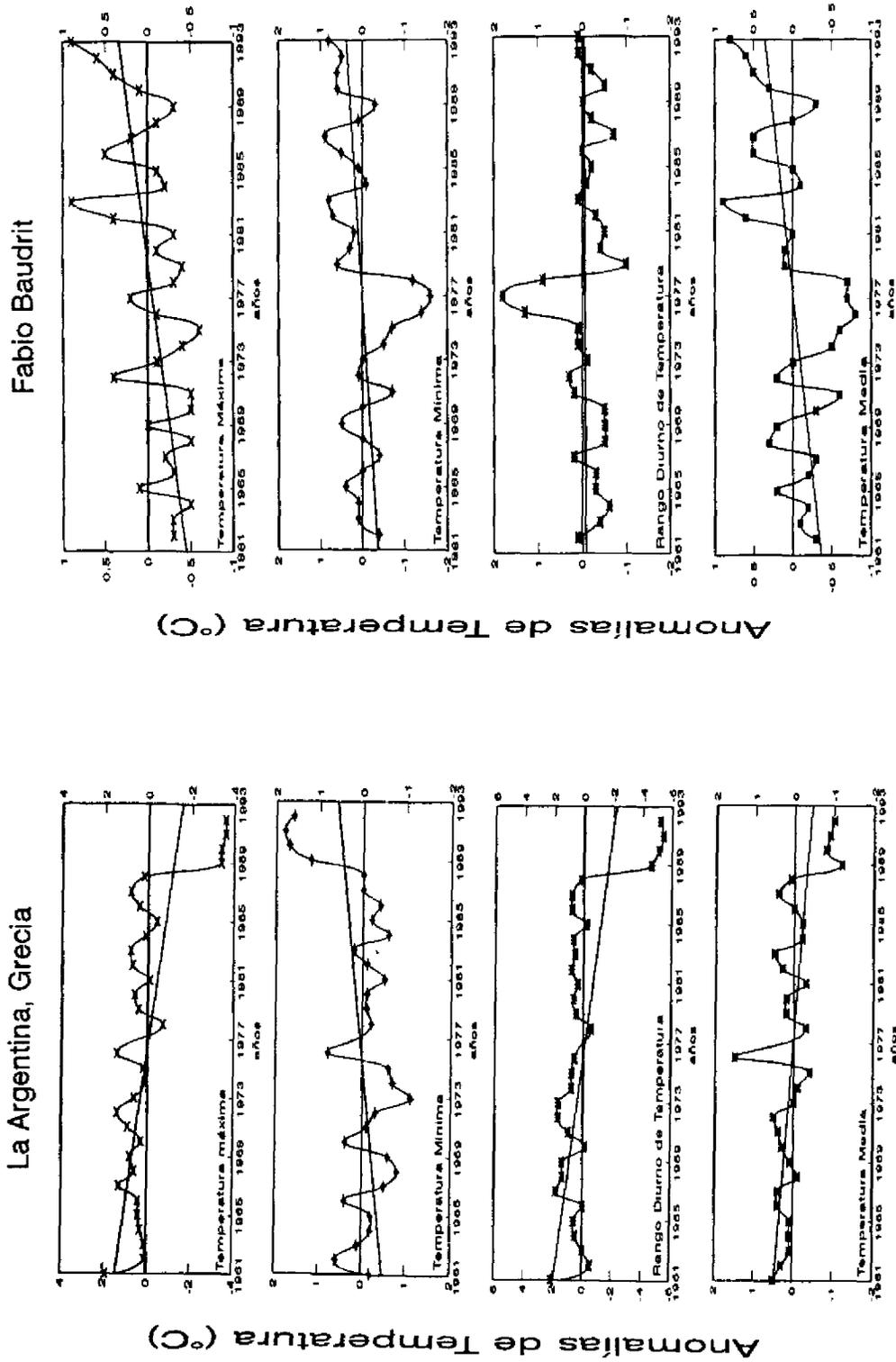


Fig. 6. Variaciones interanuales de las anomalías de la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango diurno de temperatura y la temperatura media en las estaciones de La Argentina y Fabio Baudrit

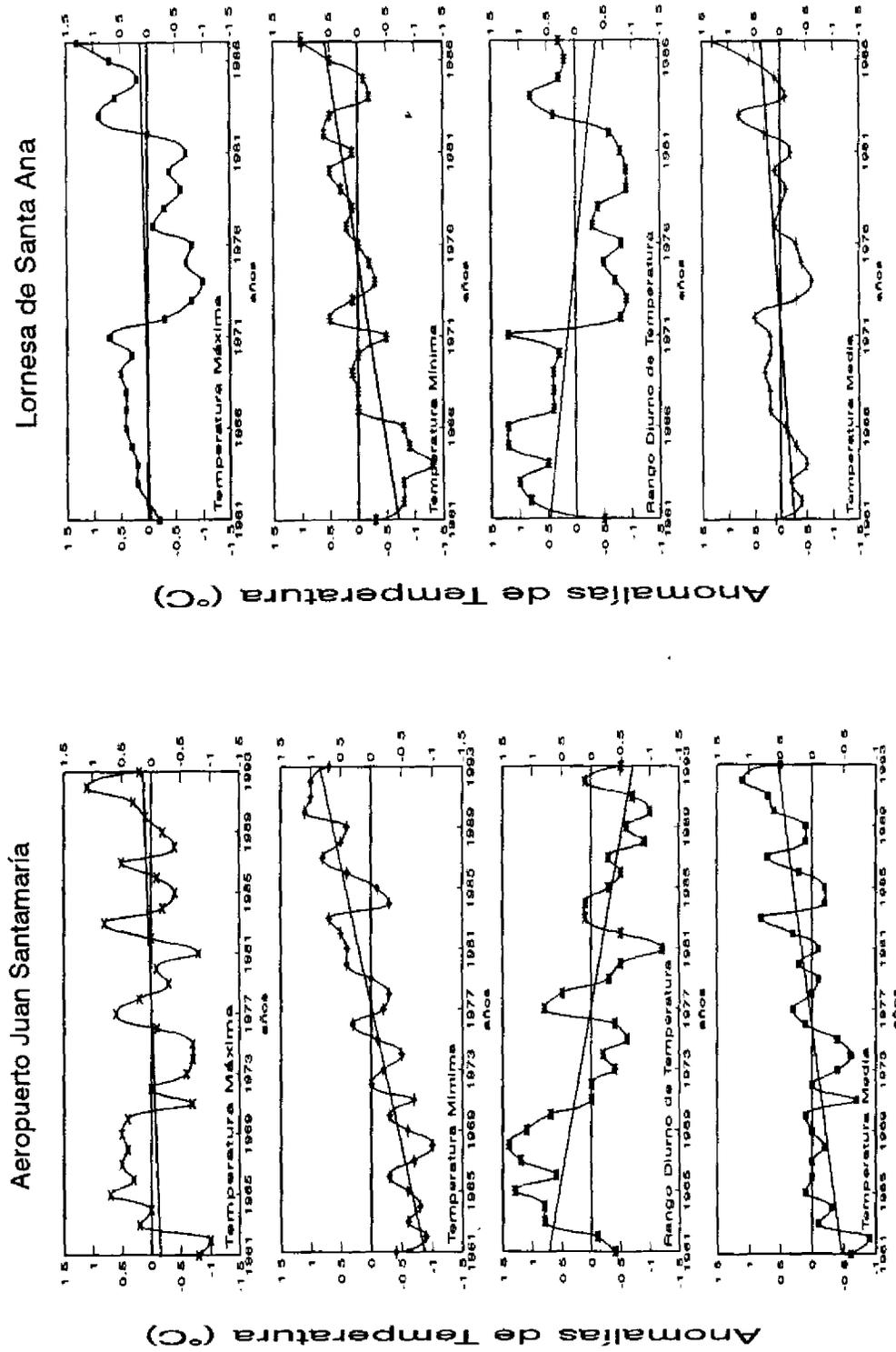


Fig. 7 Variaciones interanuales de las anomalías de la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango diario de temperatura y la temperatura media en las estaciones de Aeropuerto Juan Santamaría y Lornesa de Santa Ana.

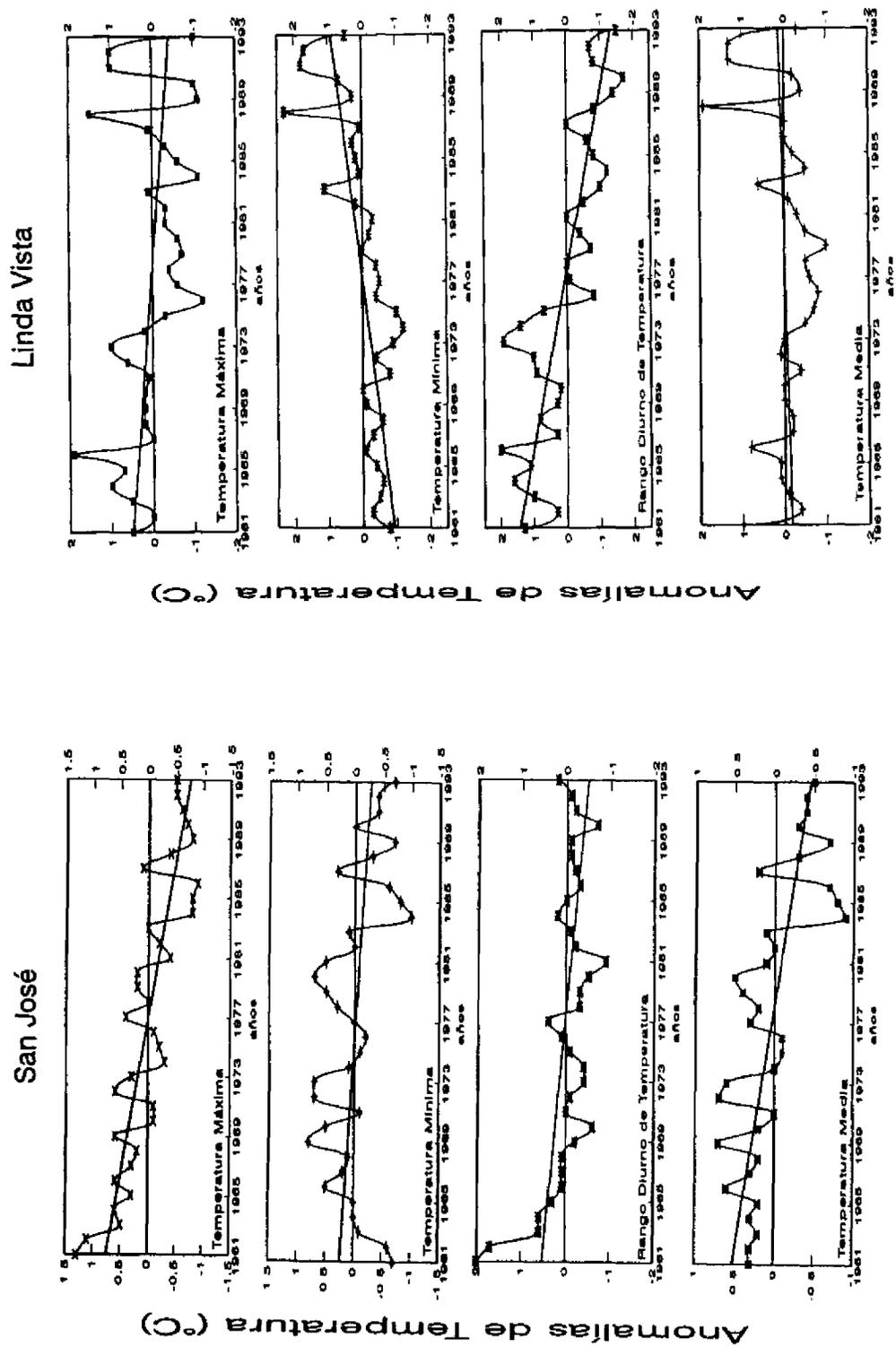


Fig. 8. Variaciones interanuales de las anomalías de la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango diurno de temperatura y la temperatura media en las estaciones de San José y Linda Vista

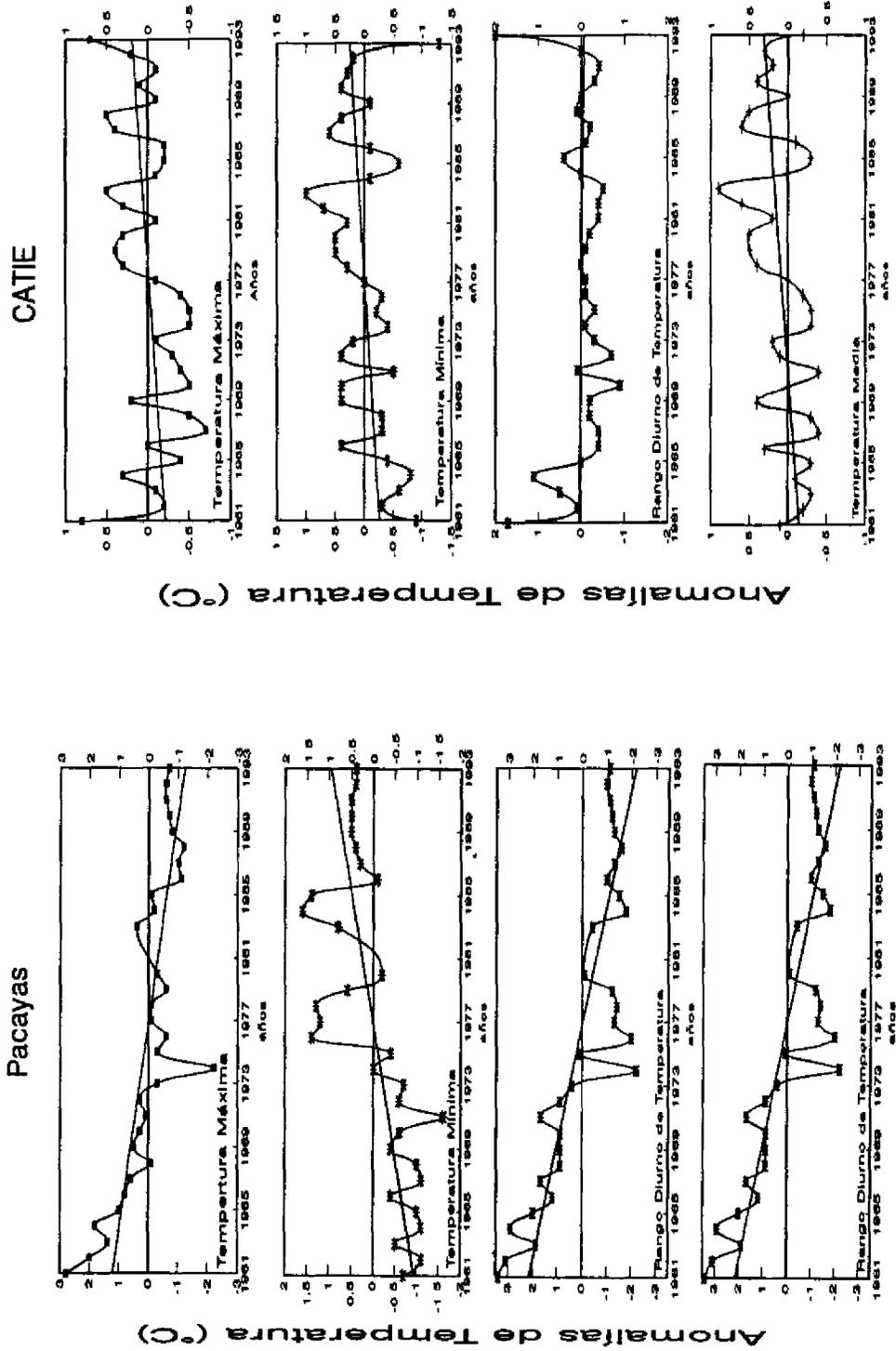


Fig. 9. Variaciones interanuales de las anomalías de la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango diario de temperatura y la temperatura media en las estaciones de Pacayas y CATIE.

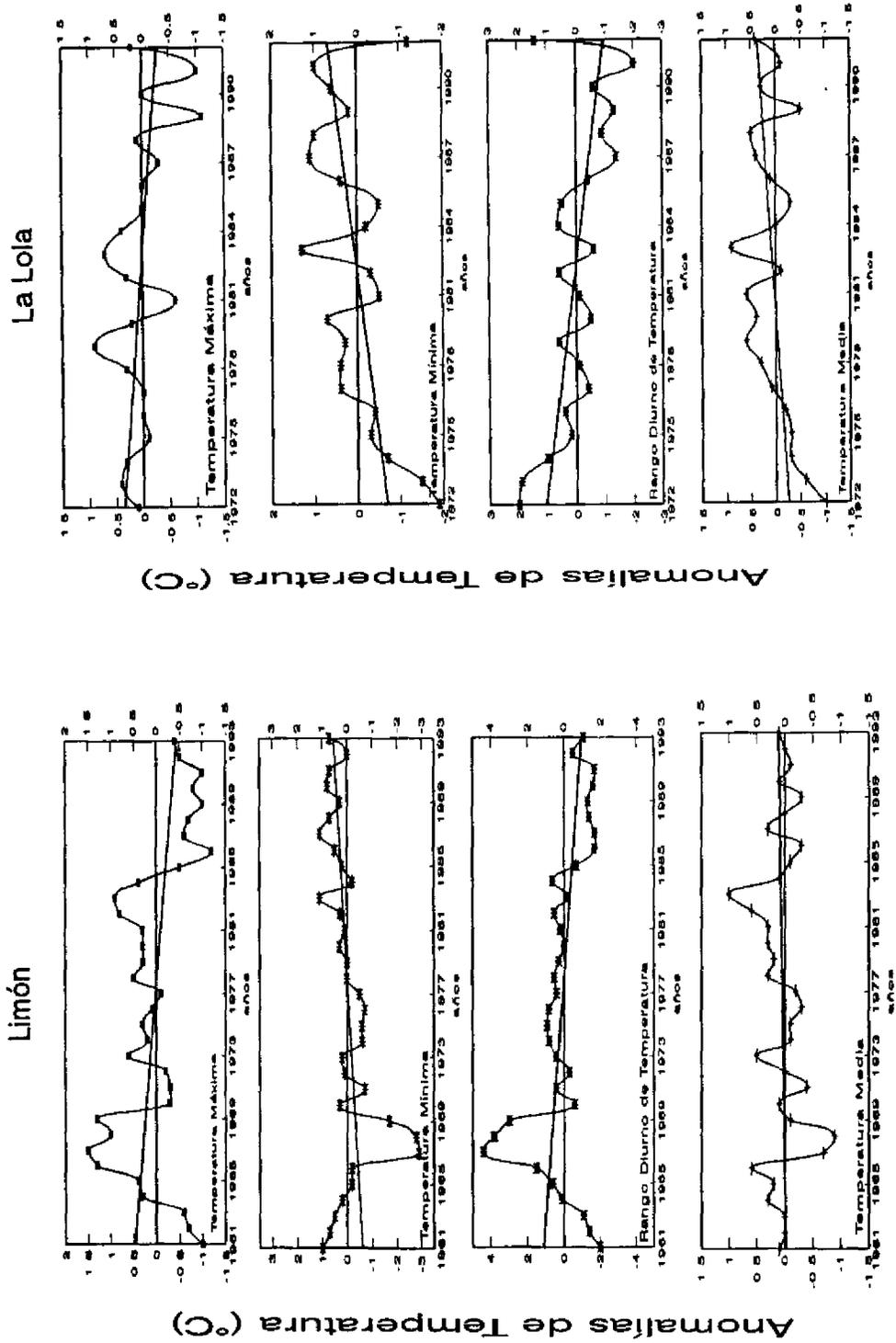


Fig. 10. Variaciones interanuales de las anomalías de la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango diurno de temperatura y la temperatura media en las estaciones de Limón y La Lola.

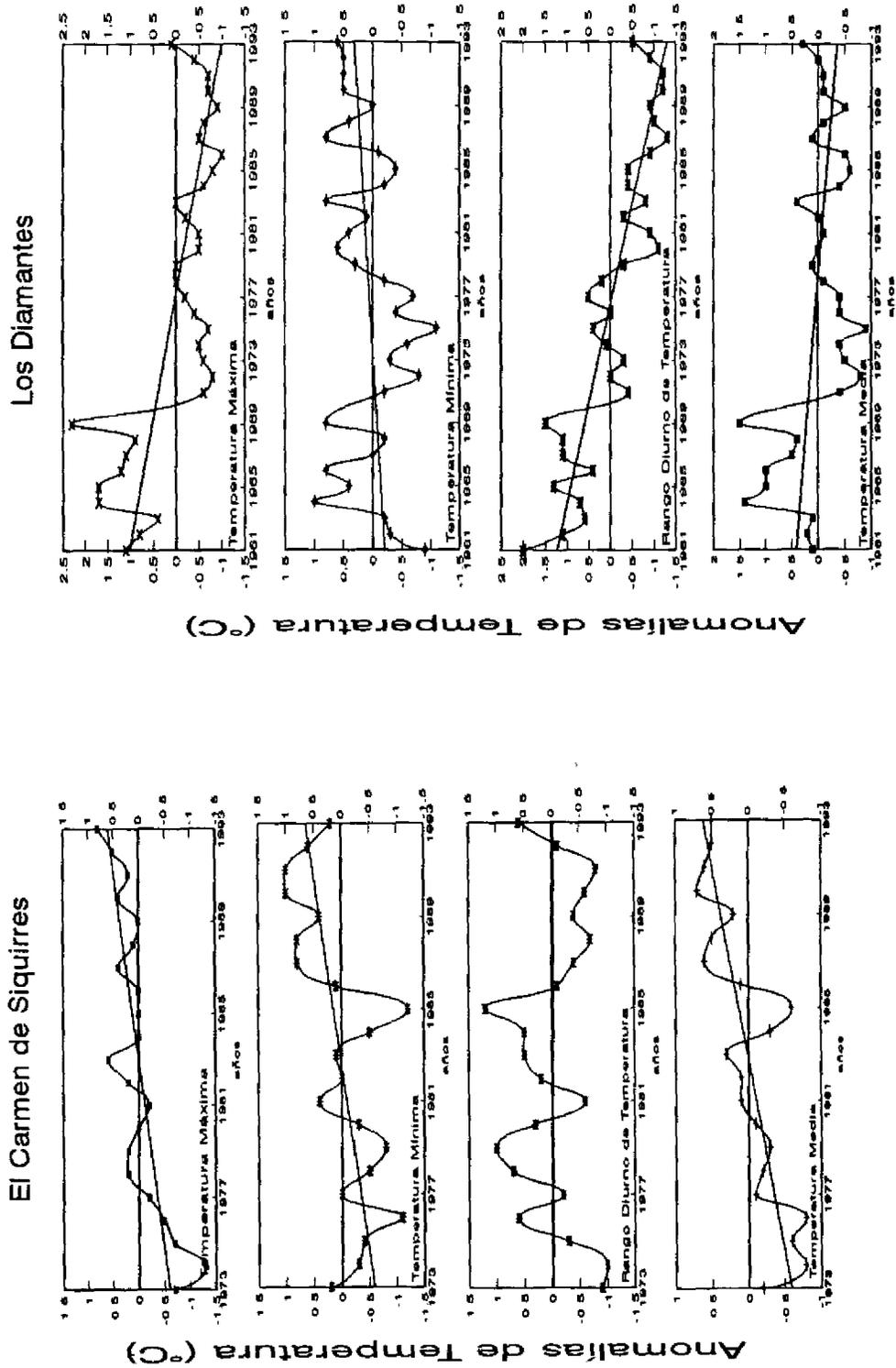


Fig. 11 Variaciones interanuales de las anomalías de la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango diurno de temperatura y la temperatura media en las estaciones de El Carmen de Siquirres y Los Diamantes

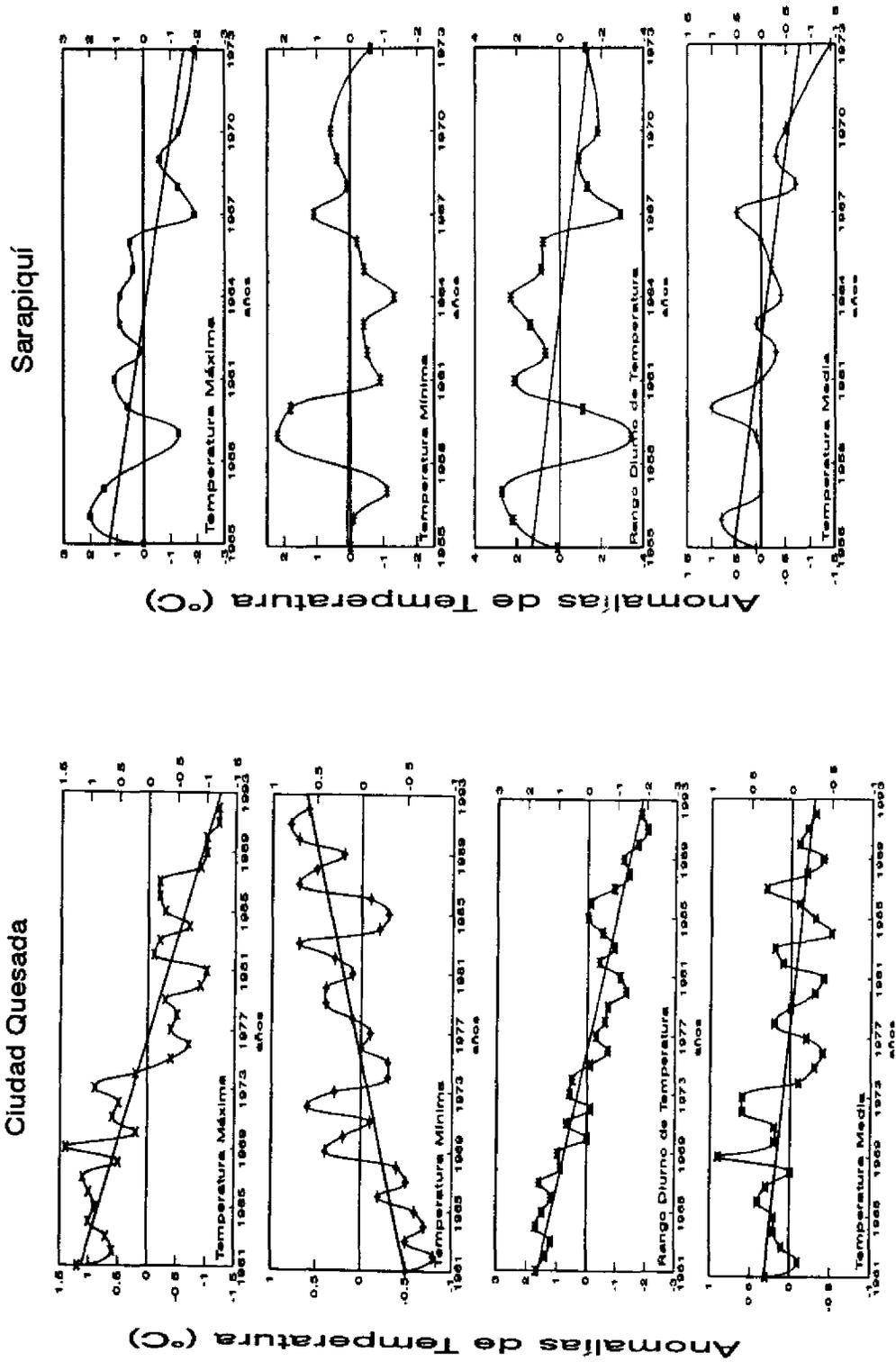


Fig. 12. Variaciones interanuales de las anomalías de la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango diario de temperatura y la temperatura media en las estaciones de Ciudad Quesada y Sarapiquí

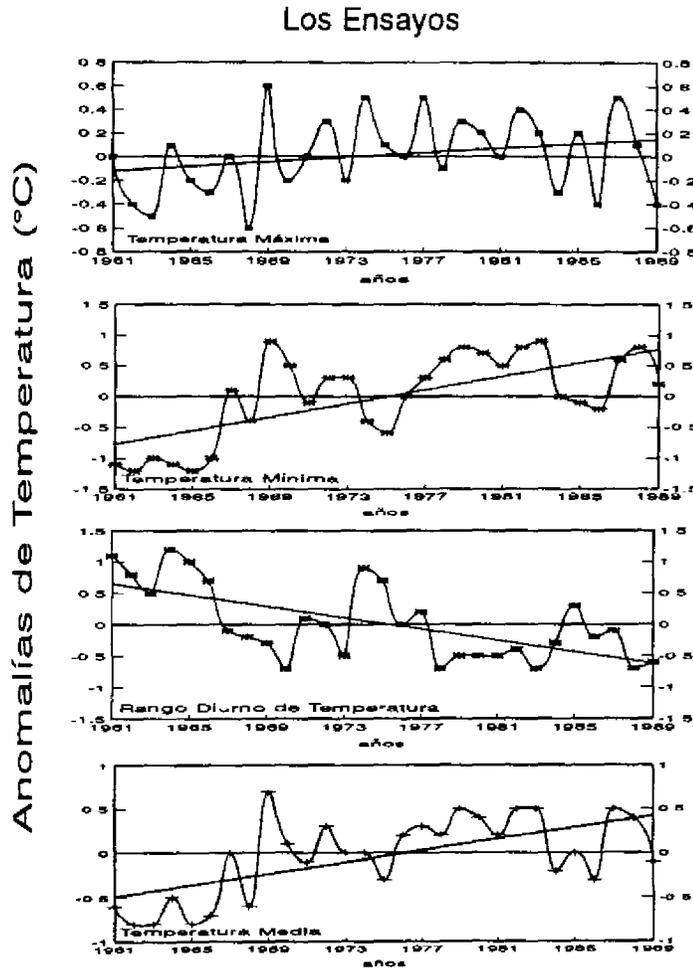


Fig. 13. Variaciones interanuales de las anomalías de la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango diurno de temperaturas y la temperatura media en la estación de Los Ensayos.

4. Resultados

Los resultados de este estudio se muestran a continuación en las Figuras 2 a 13.

En esas figuras se muestran también las tendencias lineales para las respectivas series. Se debe aclarar que no todos los casos podrían ser representados por tendencias lineales. No obstante, esto se hizo con base en trabajos publicados (*e.g.*, Karl *et al.*, 1993). En todo caso, tales tendencias son sólo un complemento valioso para cuantificar mejor el comportamiento de las variables.

Región del Pacífico

La Figura 2 muestra la estación de Nicoya, ubicada en el Pacífico Norte. Se observa una

tendencia negativa en la temperatura máxima y en el RDT y una tendencia positiva en la temperatura mínima y la temperatura media a lo largo de la serie analizada.

Las estaciones de Monte Verde y San Miguel de Barranca (Figuras 2 y 3), ubicadas en la región del Pacífico Central, muestran una tendencia negativa del RDT y de la temperatura media. En cuanto a la estación de Puntarenas (Figura 3), ubicada dentro de la misma región, muestra una muy pequeña tendencia positiva del RDT.

En el Pacífico Sur se utilizaron las estaciones San Isidro del General, La Piñera y Palmar Sur (Figuras 4 y 5). En estas estaciones se observa un aumento en la temperatura mínima y una disminución en la temperatura máxima y en el RDT. La temperatura media presenta una tendencia negativa muy pequeña en San Isidro del General y una tendencia positiva en La Piñera y Palmar Sur.

En general, en la Vertiente del Pacífico puede apreciarse una diferencia en el comportamiento de la temperatura mínima y la temperatura máxima, observándose que la temperatura mínima aumenta y que la temperatura máxima disminuye. Esto refleja una disminución gradual del RDT. La temperatura media muestra tendencias negativas en cuatro estaciones (Monte Verde, San Miguel de Barranca, Puntarenas y San Isidro del General) y tendencias positivas en tres estaciones (Nicoya, La Piñera y Palmar Sur).

Región del Valle Central

Las Figuras 5 a 8 corresponden a estaciones que pertenecen al Valle Central, exceptuando a Palmar Sur. Estas son respectivamente: Naranjo (Figura 5), La Argentina y Fabio Baudrit (Figura 6), Aeropuerto Juan Santamaría y Lornesa de Santa Ana (Figura 7), San José y Linda Vista (Figura 8).

En la estación de San José la serie finaliza en 1982, ya que a partir de esta fecha dicha estación se trasladó a Sabanilla de Montes de Oca. Debido a esto, se prefirió no extender la serie con los valores de los datos registrados en la nueva ubicación. Igualmente sucede con los años anteriores a 1961.

En general, en el Valle Central los resultados muestran que la temperatura mínima, con excepción de San José, tiene tendencia positiva y que la temperatura máxima tiene tendencia negativa en algunas estaciones (Naranjo, La Argentina, San José

y Linda Vista) y tendencia positiva en otras (Fabio Baudrit, Aeropuerto Juan Santamaría y Lornesa de Santa Ana). No obstante, todas las estaciones, exceptuando Fabio Baudrit que no presenta alguna tendencia negativa significativa, presentan una disminución del RDT.

Nótese que en las estaciones Fabio Baudrit, Aeropuerto Juan Santamaría y San José, ubicadas en zonas urbanas, también se observa una disminución del RDT.

La temperatura media muestra tendencia positiva en Fabio Baudrit, Aeropuerto Juan Santamaría, Lornesa de Santa Ana y Linda Vista y tendencia negativa en Naranjo, La Argentina y San José.

Región del Caribe

Las Figuras 9 a 11 corresponden respectivamente a las estaciones Pacayas y CATIE, Limón y La Lola, El Carmen de Siquirres y Los Diamantes; todas ellas ubicadas en la Zona Caribe del país. Las figuras muestran una tendencia negativa marcada del RDT, con excepción de las estaciones CATIE y El Carmen de Siquirres donde esa tendencia no es significativa, y una tendencia positiva de la temperatura mínima. La temperatura máxima muestra una tendencia negativa para las estaciones de Pacayas, Limón, La Lola y Los Diamantes, y una tendencia positiva en las otras estaciones mencionadas.

La temperatura media muestra una tendencia positiva en todas las estaciones, exceptuando Los Diamantes donde la tendencia es negativa.

Región Norte

Las estaciones de Ciudad Quesada y Sarapiquí (Figura 12) y Los Ensayos (Figura 13) de la Zona Norte del país, muestran una tendencia negativa del RDT. Una tendencia positiva de la temperatura mínima se observa en Ciudad Quesada y Los Ensayos pero no en Sarapiquí, la temperatura máxima y la temperatura media tienen tendencias negativas en Sarapiquí y Ciudad Quesada, pero no en Los Ensayos. La temperatura media presenta tendencia negativa en Ciudad Quesada y Sarapiquí y tendencia positiva en Los Ensayos.

En conclusión, del total de las 23 estaciones estudiadas, solamente la estación de Puntarenas muestra una muy ligera tendencia positiva del RDT; las estaciones Fabio Baudrit, CATIE y El Carmen de Siquirres no muestran tendencia significativa alguna del RDT. En todas las restantes estaciones, como se

ha mencionado, las tendencias del RDT son apreciablemente negativas. Además, de las 23 estaciones, 18 muestran tendencia positiva de la temperatura mínima, 4 tendencia negativa y 1 no muestra tendencia alguna. En cuanto a la temperatura máxima, 6 estaciones muestran tendencia positiva, 16 tendencia negativa y 1 no muestra tendencia alguna. Con relación a la temperatura media, 12 muestran tendencia positiva y 11 tendencia negativa.

5. Discusión de los resultados

Karl *et al.* (1993) relacionaron la disminución del rango diurno de la temperatura con el aumento en la nubosidad, y a gran escala con el forzamiento climático que es causado por las actividades humanas que ocasionan aumento de aerosoles de sulfato, y de la combustión de biomasa así como el aumento de gases de efecto invernadero (Charlson *et al.*, 1991, 1992; Penner *et al.*, 1992).

Por otro lado Plantico *et al.* (1990), Jones (1991), Bucher y Dessens (1991), Salinger *et al.* (1993), Henderson-Sellers (1986, 1989, 1992), Jones y Henderson-Sellers (1992), McGuffie y Henderson-Sellers (1989), han trabajado en la hipótesis de que la disminución del rango diurno de la temperatura (RDT) está fuertemente relacionada con la nubosidad. Respecto a esto, Plantico *et al.* (1990) encontraron que la disminución en el RDT sobre los Estados Unidos está fuertemente ligada al aumento en la nubosidad, y de acuerdo con Henderson-Sellers (1986, 1989, 1992), McGuffie y Henderson-Sellers (1989), Jones y Henderson-Sellers (1992) igual sucede en Europa, Canadá, Australia y el subcontinente Indio. Sin embargo, en un estudio de Baker *et al.* (1994), para la China, se encontró que el aumento en la temperatura mínima no está necesariamente relacionada con los cambios en la nubosidad.

Se considera que el aumento de la nubosidad se debe básicamente al aumento de la temperatura, el cual produce una mayor evaporación y, consecuentemente, un aumento de la humedad del aire. Se podría especular también que un aumento de la nubosidad es debido a un incremento en el contenido de aerosoles en la atmósfera, los cuales actuarían como núcleos de condensación. Otra contribución al aumento en el contenido de aerosoles lo constituyen las erupciones volcánicas.

Un aumento de la nubosidad en las horas nocturnas implica un aumento de la temperatura

mínima y un aumento de la nubosidad en las horas diurnas implica una disminución de la temperatura máxima. Consecuentemente, un aumento de la nubosidad, tanto en las horas nocturnas como diurnas, implica una disminución del RDT.

Para la interpretación de los resultados obtenidos sería muy conveniente examinar la posible relación de la disminución del RDT con la nubosidad en Costa Rica. Como no se disponen de medidas de nubosidad, excepto en las estaciones sinópticas donde es estimada por el observador, se calcularon correlaciones del RDT con el brillo solar y la lluvia para inferir la posible relación del RDT con la nubosidad. Se hizo esto, aún cuando podría darse el caso de que las correlaciones del RDT con el brillo solar y la lluvia no sean significativas. En aquellos lugares donde la nubosidad fuera notable en las horas nocturnas, el brillo solar no sería una variable útil para inferir dicha situación y su correlación con el RDT sería muy pobre. El brillo solar es una variable que contempla sólo las horas diurnas (horas de sol); no contempla el efecto nocturno, y es precisamente en las horas de la madrugada donde ocurre la temperatura mínima. Por lo tanto, con esta variable no se puede inferir la nubosidad que pueda haber en la noche. Por otra parte, un posible aumento de la nubosidad no necesariamente implica un aumento en la lluvia, ya que tal posible aumento de la nubosidad podría deberse a una mayor formación de nubes no precipitantes. No obstante lo anterior, se calcularon las correlaciones para todas las estaciones consideradas, entre el RDT y el brillo solar y el RDT y la lluvia. Se encontró que las correlaciones calculadas (no mostradas aquí) son bajas y no permiten inferir que hubo un aumento de la nubosidad, que a su vez haya afectado el rango diurno de temperatura.

Es importante señalar que en los casos donde el RDT no muestra tendencias negativas significativas o incluso, como en el caso de Puntarenas una ligera tendencia positiva, puede deberse a que otros factores entran también en juego. Por ejemplo, la deforestación incrementa la temperatura máxima y disminuye la temperatura mínima y, consecuentemente, aumenta el RDT. Este aumento en el RDT debido a deforestación o uso de la tierra puede contrarrestar la disminución de RDT debida a un aumento de la nubosidad.

6. Conclusiones

Del estudio realizado se puede concluir lo

siguiente:

1) Como se mencionó, se observa que de las 23 estaciones analizadas solamente la estación de Puntarenas muestra una muy ligera tendencia positiva del RDT; las estaciones Fabio Baudrit, CATIE y El Carmen de Siquirres no muestran alguna tendencia significativa del RDT. En todas las restantes estaciones, las tendencias del RDT son apreciablemente negativas. Se puede decir que este patrón de tendencia negativa en el RDT es un fenómeno general en Costa Rica, que en algunos casos posiblemente sea alterado por características muy locales. El hecho de que el RDT esté disminuyendo podría tener implicaciones en aspectos tales como la biodiversidad, ya que algunas especies podrían ser sensitivas a estos cambios, así como al cambio climático en general (e.g., Fernández, 1994).

2) De las 23 estaciones, 18 muestran tendencia positiva de la temperatura mínima, 4 tendencia negativa y 1 no muestra tendencia alguna. En cuanto a la temperatura máxima, 6 estaciones muestran tendencia positiva, 16 tendencia negativa y 1 no muestra tendencia alguna.

3) Con relación a la temperatura media, 12 muestran tendencia positiva y 11 tendencia negativa. Esto indica que si bien existe una tendencia positiva de la temperatura media a nivel global (e.g., Fernández, 1991), a nivel regional e incluso en áreas territoriales tan pequeñas como Costa Rica hay variaciones significativas. Este estudio indica que no hay un patrón general de aumento o disminución de la temperatura media en Costa Rica.

4) Las correlaciones calculadas del RDT con el brillo solar y del RDT con la lluvia son bajas y no permiten inferir que el patrón de disminución del RDT se deba a un aumento en la nubosidad. Además, el hecho de que esas correlaciones sean bajas indica que, en trabajos similares posteriores, el brillo solar debería correlacionarse solamente con la temperatura máxima y no con el RDT, principalmente en la región del Pacífico, la cual se caracteriza por tener las mañanas y primeras horas de la tarde despejadas.

Para un estudio posterior, se debe contemplar la posibilidad de obtener los datos de nubosidad por medio de la información suministrada por los satélites meteorológicos, para verificar la existencia de correlaciones entre el RDT y esa variable, tal como se ha encontrado en algunos de los estudios realizados en las latitudes medias y altas.

Los resultados obtenidos complementan otros estudios mencionados para latitudes medias y altas

y confirman que el RDT presenta tendencias negativas a nivel global. Esto es muy importante, ya que la gran mayoría de los estudios realizados anteriormente por diferentes investigadores sobre el tema se refieren principalmente a latitudes medias y altas del Hemisferio Norte.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Dra. Vilma Castro, Dr. Javier Soley, M.Sc. Rosario Alfaro, Dr. Antonio Banichevich y M.Sc. Hugo Hidalgo por sus valiosos comentarios y sugerencias. Los datos utilizados fueron amablemente suministrados por el Instituto Meteorológico Nacional.

RESUMEN

Se hace un análisis de las variaciones interanuales de la temperatura máxima, temperatura mínima, rango diurno de temperatura (RDT) y temperatura media en Costa Rica, utilizando 23 estaciones representativas de diferentes regiones del país. Como patrón general, se encuentra una tendencia negativa del RDT, al cual contribuye grandemente la temperatura mínima y no tanto la temperatura máxima. Con relación a la temperatura media, 12 estaciones muestran tendencia positiva y 11 tendencia negativa. Esto indica que si bien se ha señalado una tendencia positiva de la temperatura media a nivel global, a nivel regional y en áreas tan pequeñas como Costa Rica hay variaciones muy significativas. En ausencia de datos de nubosidad, se obtuvieron correlaciones del RDT con el brillo solar y del RDT con la lluvia. Estas correlaciones son pequeñas y no permiten inferir que el patrón de disminución del RDT se deba a un aumento en la nubosidad.

Referencias

Baker, C.B., R.G. Quayle y W. Wanlin, 1994 Asymmetric change of daily temperature range: The influence of nighttime cloud cover on the observed minimum temperature in China United States Department of Energy, Abril 1994, pp 35-56.

Bucher, A., y J. Dessens, 1991. Secular trend of surface temperature at an elevated observatory in the Pyrenees. *J. Climate* 4, 859-868.

Charlson, R.J., J. Langner, H. Rodge, C.B. Leovy y S.G. Warren, 1991. Perturbation of the Northern Hemisphere radiative balance by backscattering from anthropogenic sulfate aerosols *Tellus*, 43AB, 152-163.

Charlson, R.J., S.E. Schwartz, J.M. Hales, R.D. Cess, J.A. Coakley, Jr., J.E. Hansen y P.J. Hoffmann, 1992. Climate forcing by anthropogenic

aerosol. *Science*, 255, 423-430

Fernández, W., 1991 Cambios climáticos El calentamiento global. *Tecnología en Marcha*. 11(2), 11-22.

Fernández, W., 1994 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, págs 273-293

Henderson-Sellers, A., 1986. Cloud changes in a warmer Europe *Climate Change*, 8, 25-52

Henderson-Sellers, A., 1989 North American total cloud amount variations this century. *Global and Planetary Change*, 1, 175-194.

Henderson-Sellers, A., 1992 Continental cloudiness changes this century *Geo Journal*, 27(3), 255-262.

Horton, B., 1993. The geographic distribution of changes in maximum and minimum temperatures. Asymmetric change of daily temperature range. United States Department of Energy, pp. 179-190.

IMN, 1990 Resumen Climático de Costa Rica. Publicación Miscelánea, Instituto Meteorológico Nacional (IMN), San José, Costa Rica.

Jones, P.D., 1991. Historical records of cloud cover and climate for Australia. *Australian Meteorological Magazine*, 39, 181-189.

Jones, P.D., 1993 Asymmetric change of daily temperature range maximum and minimum temperature trends in Ireland, Italy, Thailand, Turkey and Bangladesh. United States Department of Energy. Abril, 1993 pp. 113-126.

Jones, P.D., y A Henderson-Sellers, 1992. Historical records of cloudiness and sunshine in Australia *J Climate*, 5, 260-267

Karl, T.R., G. Kukla, V.N. Razuvayev, M.J. Changery, R.G. Quayle, R.R. Heim, D.R. Easterling y C.B. Fu, 1991. Global warming: Evidence for asymmetric diurnal temperature change. *Geophys. Res Lett*, 18, 2253-2256.

Karl, T.R., P.D. Jones, R.W. Knight, G. Kukla, N. Plummer, V.N. Razuvayev, K.P. Gallo, J. Lindsey, R.J. Charlson y T.C. Peterson, 1993. A new perspective on recent global warming: Asymmetric trends of daily maximum temperature *Bull Amer. Meteor. Soc.*, 74(6), 1007-1022

Mcguffie, K., y A Henderson-Sellers, 1989 Is Canadian cloudiness increasing? *Atmosphere Ocean*, 26, 608-633.

Penner, J.E., R.E. Dickinson y C.A. O'Neil, 1992. Effects of aerosol from biomass burning on the global radiation budget. *Science*, 256, 1432-1433

Plantico, M.S., G. Karl y J. Gavin, 1990. Is recent climate change across the United States related to rising levels of anthropogenic greenhouse gas? *J. Geophys. Res.*, 95, 16617-16637.

Salinger, M., J. Hay, R. McGann y B. Fitzharris, 1993. Southwest Pacific temperatures: Diurnal and seasonal trends. *Geophys Res Lett*, 20, 935-938.