

## VARIACIONES DE LA TEMPERATURA Y EL VIENTO EN COSTA RICA DURANTE EL ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL 11 DE JULIO DE 1991

Walter Fernández<sup>1</sup>  
Vilma Castro<sup>1</sup>  
Hugo Hidalgo<sup>2</sup>

### Resumen

Se analizan y discuten las mediciones de la temperatura y el viento, en la superficie y la atmósfera libre, realizadas en Costa Rica durante el eclipse total de Sol del 11 de julio de 1991.

La temperatura decreció significativamente, siendo en general el descenso de 2 a 5 °C. Las temperaturas más bajas ocurrieron entre 10 y 30 minutos después de la totalidad.

En algunos lugares, la magnitud del viento decreció paulatinamente cuando el eclipse progresó hacia la totalidad, como resultado de la disminución de la temperatura y, consecuentemente, del gradiente térmico. En otros lugares aumentó, pero esto fue debido a las condiciones atmosféricas locales.

Un globo radiosonda que fue lanzado a las 13:26 HL (Hora Local) fue afectado por la sombra de la Luna a una altitud cercana a los 13 km; esto se infiere de la aceleración sufrida por el globo a este nivel y por las temperaturas relativamente frías que se registraron arriba de dicho nivel. Además, a esta altitud se registró un cambio en la dirección del viento y una disminución de su magnitud, que pudieron haber sido producidos por el desplazamiento de la sombra de la Luna.

### 1. Introducción

Los cambios de irradiancia solar, temperatura, viento y otras variables, causados por un eclipse total de Sol, no son exactamente iguales a aquellos que ocurren del día a la noche, debido a que en los cambios diurnos hay una variación grande y gradual del ángulo de elevación del Sol. Los cambios que ocurren en un eclipse son de un interés particular, debido a que el Sol es ocultado por la Luna rápidamente y, como consecuencia, el ángulo de elevación varía

---

<sup>1</sup> Escuela de Física y Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, San José.

<sup>2</sup> Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, San José.

relativamente poco en el proceso.

En otro artículo, los autores (Fernández *et al.* 1992b) analizaron y discutieron los cambios de la irradiancia solar observados en Costa Rica, durante el eclipse total de Sol del 11 de julio de 1991. En éste, se hace un análisis de los cambios correspondientes de la temperatura y el viento en superficie, así como de la información disponible para la atmósfera libre hasta unos 15 km de altitud.

## 2. Lugares de observación e instrumental utilizado

En la Figura 1 se muestran los sitios de observación y en el Cuadro 1 se indica el instrumental utilizado para las mediciones en superficie.

Los radiosondeos fueron realizados en la estación de radiosondeo del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, Alajuela (indicada con el número 6 en la Figura 1). Esta estación está localizada a 10°00' N y 84°12' O, y a una altitud de 920 m. El radiosonda utilizado fue del tipo GMD.

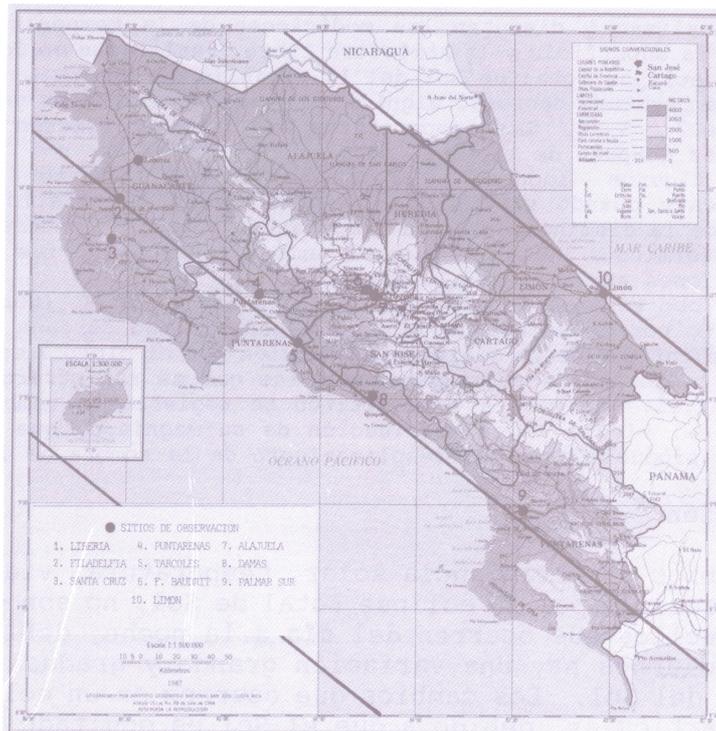


Figura 1. Mapa de Costa Rica, en el cual se muestran los sitios donde se realizaron las mediciones.

**Cuadro 1.** Instrumental utilizado para las mediciones en superficie.

No de estación	Estación	Temperatura	Viento
1	Liberia	Higrotermógrafo diario Wilh. Lambreich	Anemocinemógrafo diario Fuess
2	Filadelfia	Termistor. Estación automática Omnidata	Sensor Vaisala. Estación automática Omnidata.
3	Santa Cruz	Termómetro de mercurio	Anemógrafo Woelfle
4	Puntarenas	Termistor. Estación automática Omnidata	Anemocinemógrafo diario Fuess
5	Tárcoles	Termistor	—
6	Fabio Baudrit	Termistor	Anemocinemógrafo Universal
7	Alajuela Aeropuerto	Estación automática Vaisala	----
8	Damas	Higrotermógrafo diario Wilh. Lambreich	Anemógrafo Woelfle
9	Palmar Sur	Higrotermógrafo diario Wilh. Lambreich	Anemocinemógrafo Universal
10	Limón	Higrotermógrafo diario Wilh. Lambreich	Anemocinemógrafo diario Fuess

El número de lugares de observación es apropiado para los fines de este trabajo, ya que no se pretende proveer información sobre todos los lugares donde hay datos disponibles, sino analizar los patrones de variación de las variables atmosféricas durante el eclipse. Los sitios fueron seleccionados de tal forma que estuvieran localizados a lo largo de la trayectoria del eclipse.

Las características generales del eclipse han sido descritas por Fernández et al. (1992a). A lo largo de la línea central de la umbra, la totalidad en Costa Rica tuvo una duración promedio de cinco y medio minutos. En Peñas Blancas (en la frontera norte), el primer contacto ocurrió cerca de las 12:40 HL (Hora Local) y el inicio de la totalidad cerca de las 14:01 HL. En Paso Canoas (en la frontera sur), el primer contacto ocurrió cerca de las 12:50 HL

(unos 10 minutos más tarde que en Peñas Blancas) y el inicio de la totalidad tuvo lugar cerca de las 14:09 HL. El último contacto ocurrió cerca de las 15:17 HL en Peñas Blancas y cerca de las 15:23 HL en Paso Canoas. Datos para diversas localidades se encuentran en varias publicaciones (por ejemplo, Fernández et al. 1992a).

### 3. Cambios de temperatura cerca de la superficie

Las Figuras 2, 3 y 4 muestran los cambios temporales de la temperatura en los lugares indicados en la Figura 1.

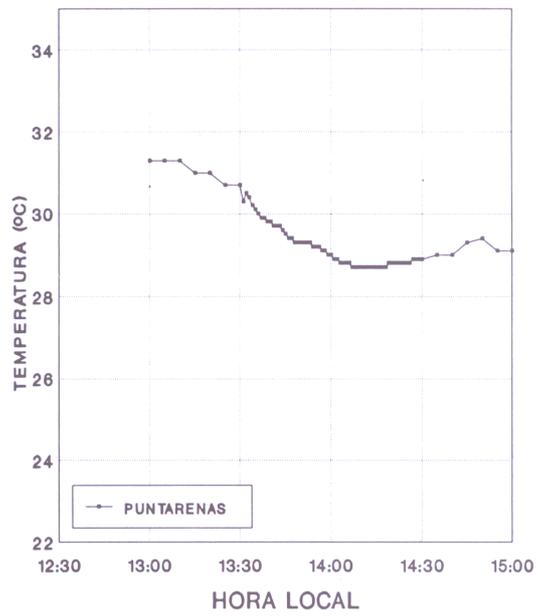
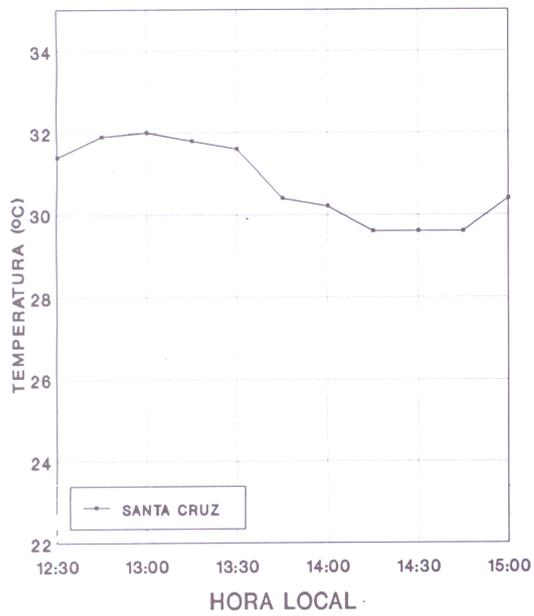
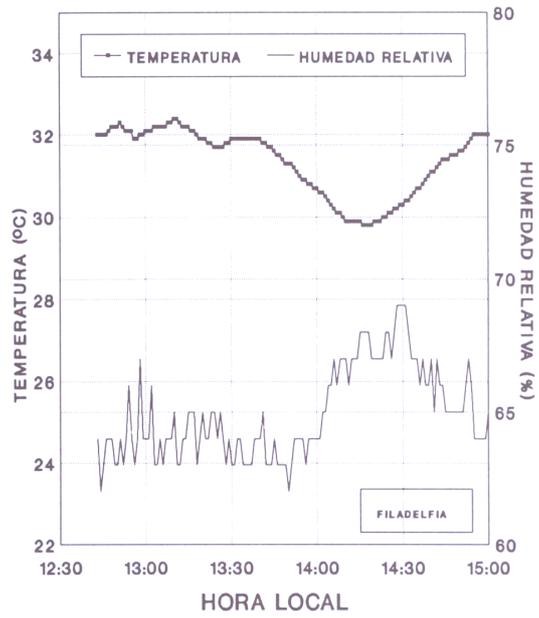
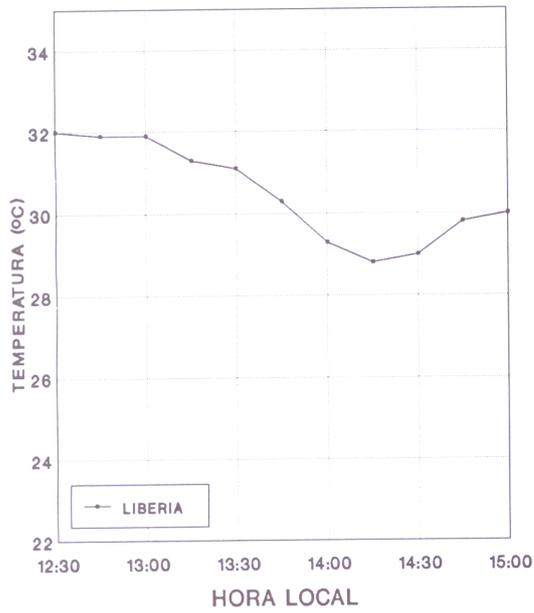
La temperatura decreció significativamente en todos los lugares. En Santa Cruz y Filadelfia descendió entre 2 y 2,5 °C, en Puntarenas 2,7 °C, en Liberia, Alajuela (Aeropuerto Internacional Juan Santamaría) y Palmar Sur entre 3 y 3,5 °C, en Damas 4,7 °C y en la Estación Experimental Fabio Baudrit 5,5 °C. El cambio registrado más drástico se dió en Tárcoles, 8.5 °C, pero es posible que una fuerte tormenta, que ocurrió al final de la totalidad, fuera en parte responsable del descenso en la temperatura. Aún en Limón, donde la duración de la totalidad fue de segundos, se registró un descenso de 3 °C.

Las temperaturas más bajas durante el eclipse no ocurrieron durante la totalidad, sino un tiempo después, que varió, según el lugar, entre 10 y 30 minutos. Este desfase se debe a que el suelo y el aire responden retardadamente a los cambios de irradiancia.

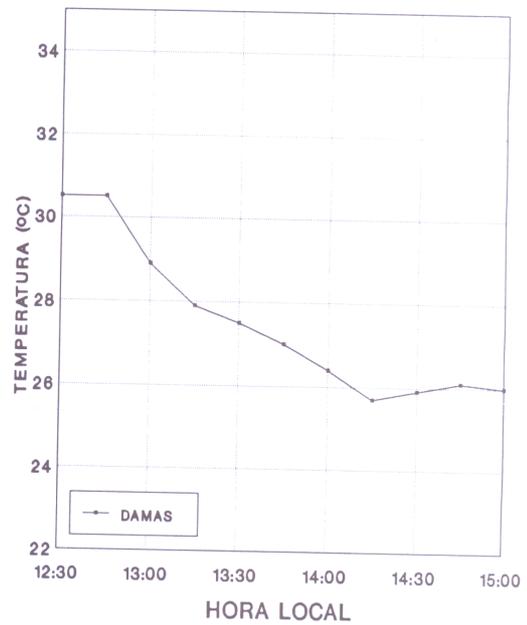
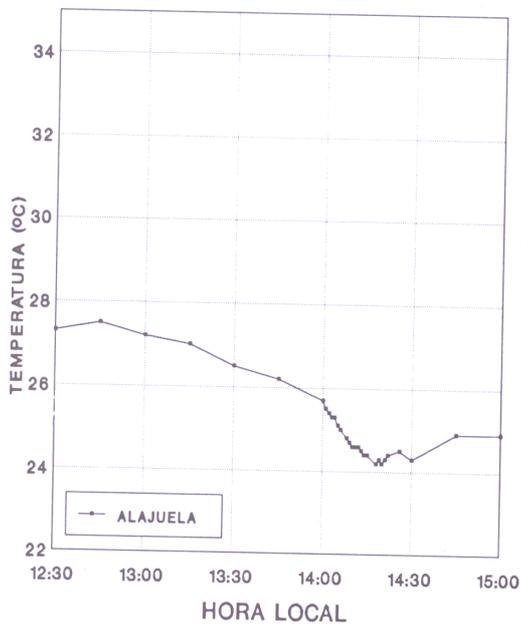
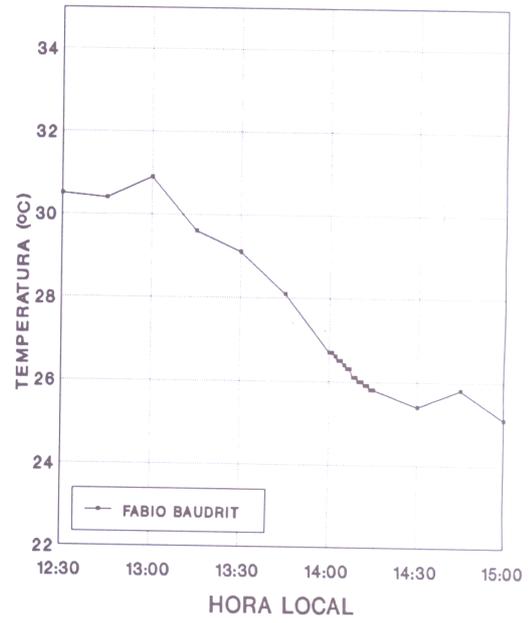
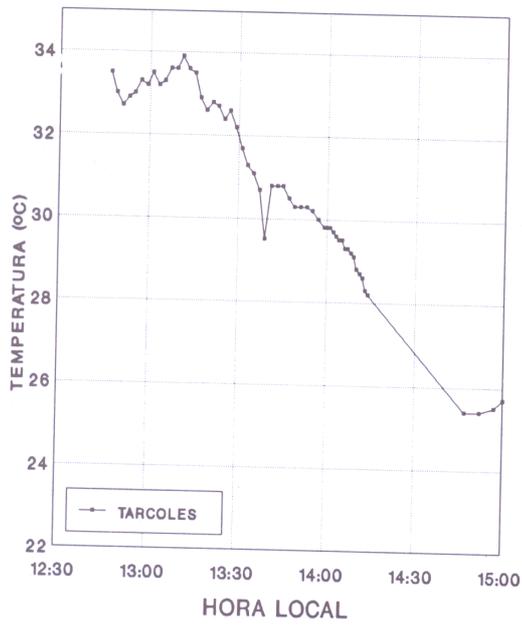
En la fase parcial del eclipse antes de la totalidad, en la capa de aire donde se midió la temperatura, la razón con que se recibió energía fue menor que la razón con que se disipó. Este déficit continuó por cierto tiempo, aún después de la totalidad, con el resultado de que la temperatura continuó disminuyendo. El decrecimiento cesó entre 10 y 30 minutos después de la totalidad, cuando la razón de disipación fue igual a la razón con que la capa de aire recibía energía. Posteriormente, la temperatura aumentó a sus valores normales, para luego disminuir gradualmente conforme progresaba la tarde (la variación diurna usual).

Lo anterior es comparable con la variación diurna de la temperatura, como se muestra esquemáticamente en la Figura 5. Nótese que en el caso de la variación diurna, la temperatura máxima no ocurre al mediodía (cenit) sino un tiempo después, que puede ser de varias horas, según las circunstancias. La explicación (véase por ejemplo, Lowry, 1969; Geiger, 1965) es que al mediodía, en la capa de aire donde se mide la temperatura, la energía llega más rápido de lo que se disipa. Este exceso continúa por algún tiempo después del mediodía, por lo que la temperatura también continúa aumentando; el incremento cesa cuando la razón de disipación es igual a la razón con que se recibe energía.

La razón de decrecimiento de la temperatura antes de la totalidad fue, en general, mayor que la razón de aumento de la temperatura después de la misma, debido a que después de las 14:00 HL la temperatura del aire se encuentra en su fase de decrecimiento.



**Figura 2.** Variación temporal de la temperatura, el 11 de julio de 1991, en Liberia, Filadelfia, Santa Cruz y Puntarenas. Para Filadelfia se muestra también la variación de la humedad relativa.



**Figura 3.** Variación temporal de la temperatura, el 11 de julio de 1991, en Tárcoles, Fabio Baudrit, Alajuela y Damas.

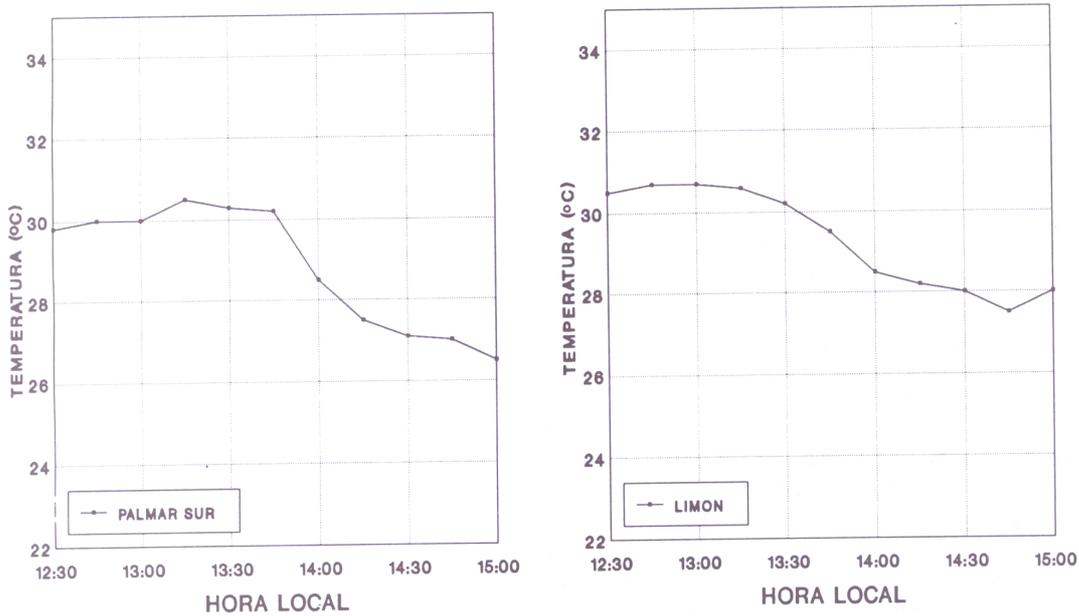


Figura 4. Variación temporal de la temperatura el 11 de julio de 1991, en Palmar Sur y Limón.

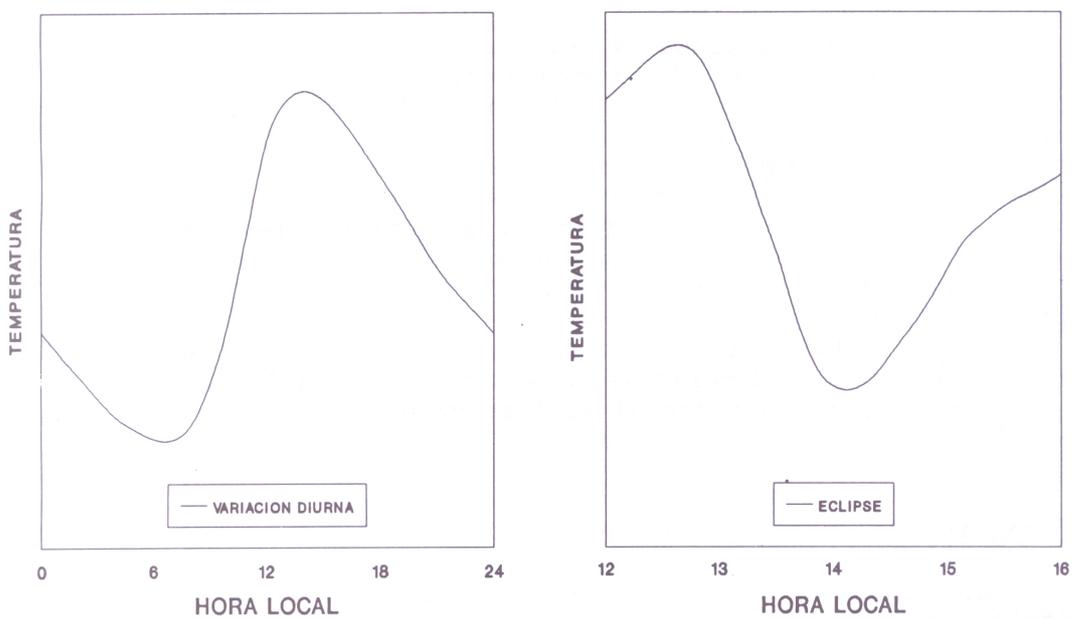


Figura 5. Representación esquemática de: (a) la variación diurna de la temperatura, y (b) la variación de la temperatura durante un eclipse total de Sol.

En el caso de la variación diurna, la temperatura del aire aumenta más rápidamente en la mañana de lo que disminuye en la tarde y la noche. En la mañana, la razón a la cual el calor es disipado por evaporación, y la razón a la cual el depósito de calor del suelo está siendo reabastecido, son pequeñas comparadas con la energía que proviene del Sol. El exceso de calor es utilizado para calentar el aire. Al final de la tarde y la noche, el suelo suministra calor al aire cerca de la superficie. Aunque este flujo de calor no es lo suficientemente grande para evitar el decrecimiento de la temperatura del aire, si reduce su razón de disminución.

El eclipse ocurrió unos minutos más tarde al sur del país que en Guanacaste; de la misma manera, el descenso de temperatura en Palmar Sur se inició también unos minutos más tarde que en las estaciones del norte del país.

En general, el descenso de temperatura registrado en los diferentes lugares del país fue de 2 a 5 °C. Sin embargo, la sensación de frío experimentada por muchas personas, sobre todo las que observaron el eclipse en zonas calientes y con cielo despejado, corresponde a la de un descenso de temperatura mayor. Esto se debe a que el cuerpo humano tiene mecanismos para mantener su temperatura constante (Figura 6).

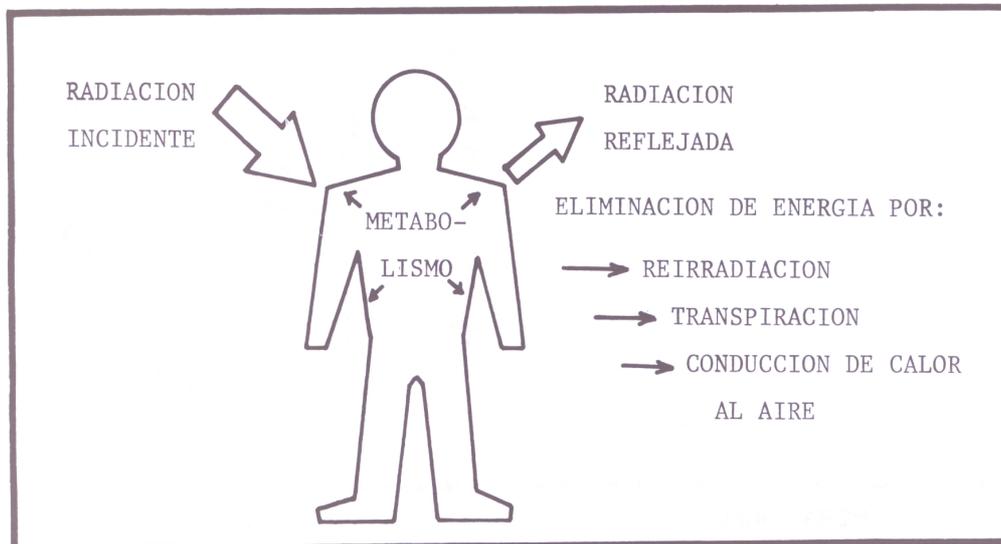
Cuando el cuerpo es calentado por el Sol y el aire está cálido, la producción interna de calor por metabolismo es baja, la transpiración es intensa y el cuerpo irradia energía. Al eliminarse súbitamente la energía proveniente del Sol con el eclipse, además de que la temperatura del aire baja, la reacción del cuerpo no es inmediata: el metabolismo sigue siendo bajo y la piel sigue irradiando y transpirando profusamente. Por unos instantes, se está perdiendo más energía de la que se recibe; el cuerpo se enfría y la reacción es el escalofrío o el tiritar, reacción inconsciente que avisa al sistema nervioso que las condiciones térmicas han cambiado, y que por lo tanto el metabolismo y la transpiración deben disminuir.

Aunque no hubo cambios significativos en la humedad absoluta, si aumentó la humedad relativa, como consecuencia del decrecimiento de la temperatura conforme el eclipse progresó hacia la totalidad; la Figura 2 muestra la variación de la humedad relativa en Filadelfia.

#### **4. Cambios de viento cerca de la superficie**

Las Figuras 7 y 8 muestran los cambios en la magnitud del viento, observados en varios lugares (véase la Figura 1 para su localización).

Con excepción de Filadelfia, donde los valores se tomaron cada minuto con una estación meteorológica automática, los valores fueron calculados de los registros del recorrido del viento, en los intervalos precedentes a las horas donde aparecen graficados los



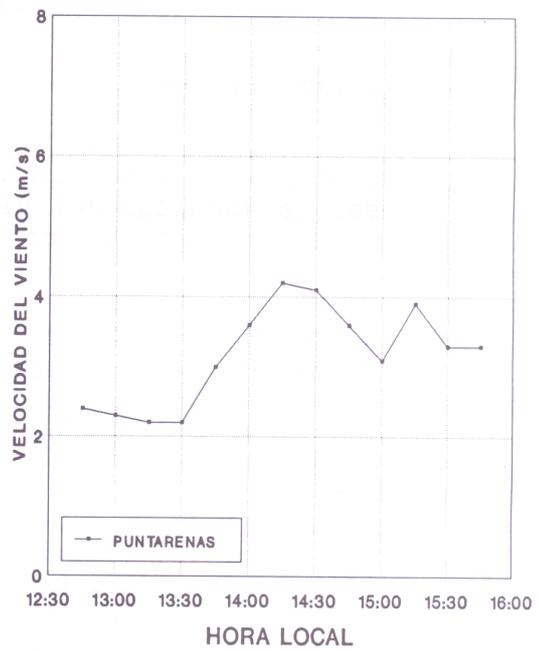
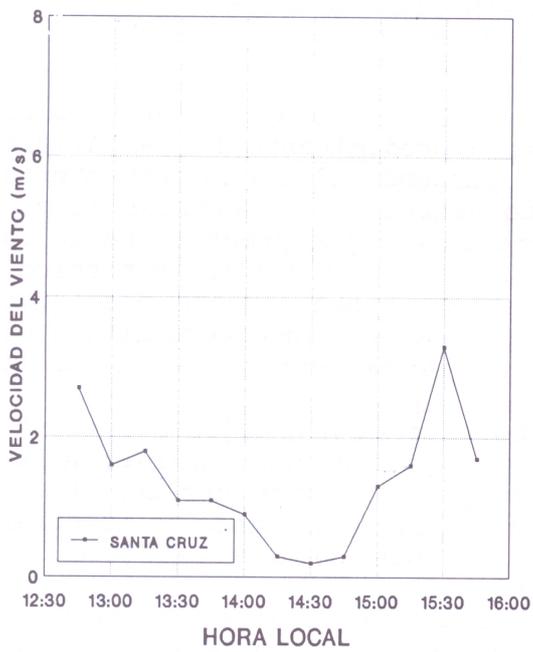
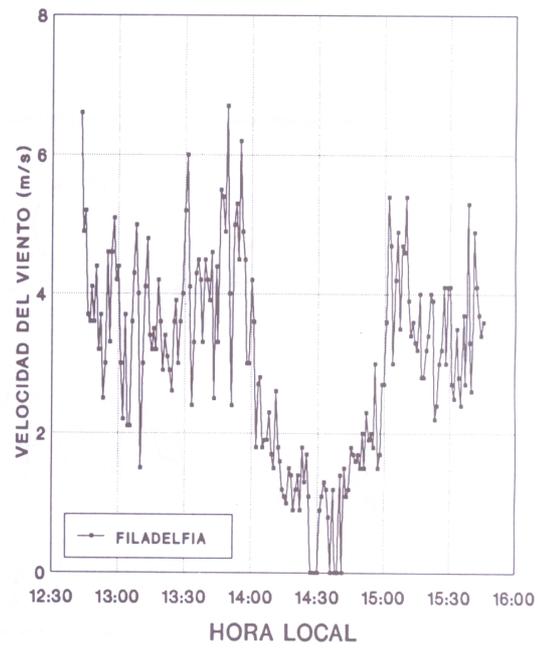
**Figura 6.** Mecanismos de intercambio de energía entre el cuerpo y su entorno, cuando el cuerpo está expuesto a la radiación solar.

valores en las figuras.

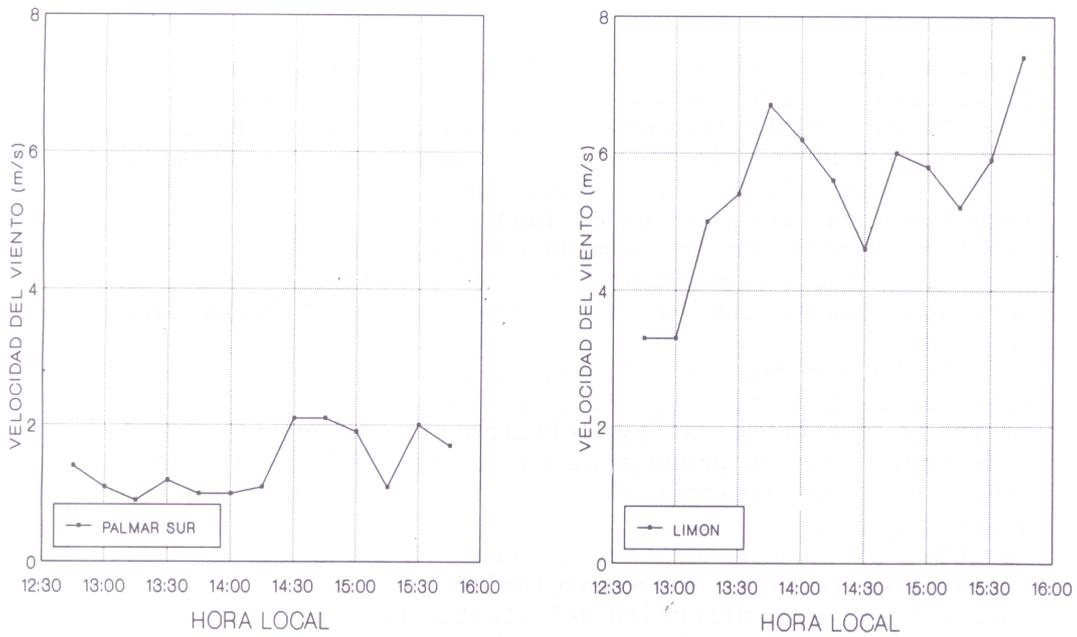
En Liberia, Filadelfia y Santa Cruz, lugares sin mayores efectos orográficos y donde el viento predominante fue el Alisio del este-noreste, con dirección casi perpendicular a la trayectoria del eclipse, la magnitud del viento decreció, sin cambiar significativamente su dirección, conforme el eclipse progresó hacia la totalidad. Una razón posible de esto es que el gradiente térmico, en la mesoescala y la escala sinóptica, probablemente disminuyó (debido a la disminución de la temperatura) y, consecuentemente, el viento también lo hizo, aunque con cierto retraso debido a la inercia del aire.

En Santa Cruz y Filadelfia, los valores más bajos del viento se registraron entre 10 y 15 minutos después de que ocurrieron las temperaturas más bajas, y entre 20 y 25 minutos después de la totalidad. Este punto se ilustra en la Figura 9, donde se muestran los cambios de la radiación global, temperatura y magnitud del viento en Filadelfia, durante el eclipse.

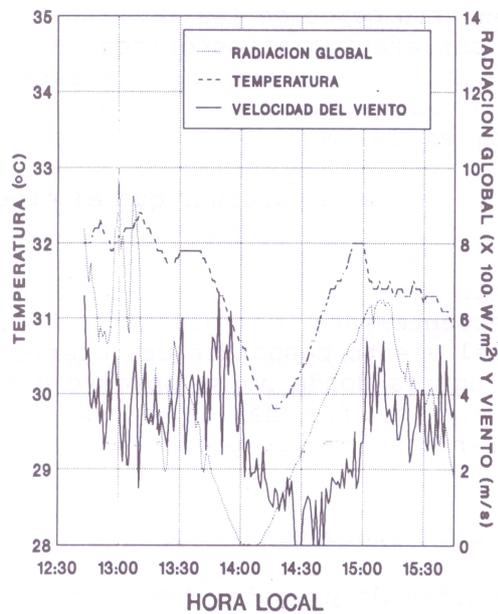
En Liberia, no se observó el retraso de la disminución de la magnitud del viento con respecto a la disminución de la temperatura, ya que el viento disminuyó, en general, hasta cerca de las 13:45 HL y luego incrementó (Figura 7). El aumento entre las 13:45 y las 14:30 HL, donde se hubiera esperado una disminución por el efecto del eclipse, pudo haber sido causado por la convección



**Figura 7.** Variación temporal de la magnitud del viento, el 11 de julio de 1991, en Liberia, Filadelfia, Santa Cruz y Puntarenas.



**Figura 8.** Variación temporal de la magnitud del viento, el 11 de julio de 1991, en Palmar Sur y Limón.



**Figura 9.** Variación temporal de la radiación global, temperatura y magnitud del viento, en Filadelfia, Guanacaste, el 11 de julio de 1991.

profunda que ocurrió en ese período de tiempo en las laderas de la cordillera, al este-noreste de la estación meteorológica.

En Puntarenas (Figura 7), se observó un ligero decrecimiento de la magnitud del viento en la fase parcial del eclipse, entre las 13:15 y las 13:45 HL. Cerca de las 14:08 HL una tormenta (cumulonimbus) irrumpió en el lugar de la estación meteorológica y causó el incremento en la magnitud del viento que se observó (su dirección cambió ligeramente de oeste-suroeste a sur-suroeste). La tormenta, que no fue fuerte ni continua, duró hasta cerca de las 18:00 HL.

En Palmar Sur (Figura 8), la magnitud del viento antes del eclipse fue muy pequeña. El incremento que se dió a partir de las 14:15 HL se debió a los efectos de nubes convectivas. La disminución que se produjo cerca de las 15:15 HL fue posiblemente debida a las condiciones atmosféricas locales y no al eclipse. El aumento que le siguió posiblemente fue causado por los efectos de la convección; una tormenta se observó cerca de las 15:40 HL al noroeste de la estación meteorológica. Durante el día hubo cambios apreciables en la dirección del viento, pero en el intervalo de las 13:15 HL a las 15:15 HL, aproximadamente, el viento sopló del sur.

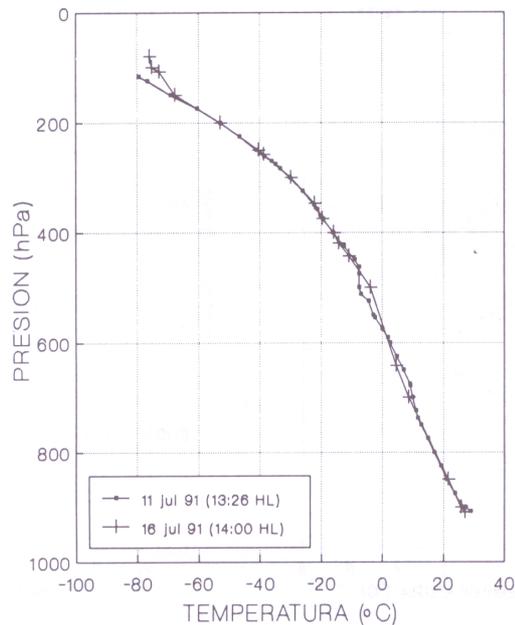
En Limón (Figura 8), donde la dirección del viento durante el eclipse fue del norte-noreste, la magnitud del viento incrementó durante la fase parcial anterior a la totalidad, y cierto tiempo después, debido a las condiciones atmosféricas locales (cielo totalmente nublado con actividad convectiva). La disminución relativa que se registró cerca de las 14:30 HL pudo ser causada por el eclipse, junto con efectos atmosféricos locales. Cerca de las 16:00 HL hubo tormenta eléctrica sobre la estación meteorológica (unos minutos antes se registró una ráfaga de 11,6 m/s), lo que explica el aumento en la magnitud del viento poco antes de esa hora.

De lo anterior, se puede concluir que el efecto del eclipse en el viento fue producir una disminución de su magnitud, conforme el fenómeno progresó hacia la totalidad. Como se mencionó, esto fue causado posiblemente por el decrecimiento de temperatura en el área de sombra y, consecuentemente del gradiente térmico. Debido a la inercia del aire, el viento respondió con cierto retraso al cambio térmico. En los lugares donde no se observó dicha disminución en la magnitud del viento, fue debido a que los efectos de las condiciones atmosféricas locales predominaron sobre el efecto del eclipse.

## **5. Observaciones en la atmósfera libre**

Se tomaron medidas de presión, temperatura, humedad y viento desde la superficie del suelo hasta unos 15 km de altitud en la estación de radiosondeo del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, Alajuela (indicada con el número 6 en la Figura 1).

El día del eclipse se realizaron dos radiosondeos; uno a las 06:00 HL (12:00 TMG), que es el que se realiza todos los días, y el

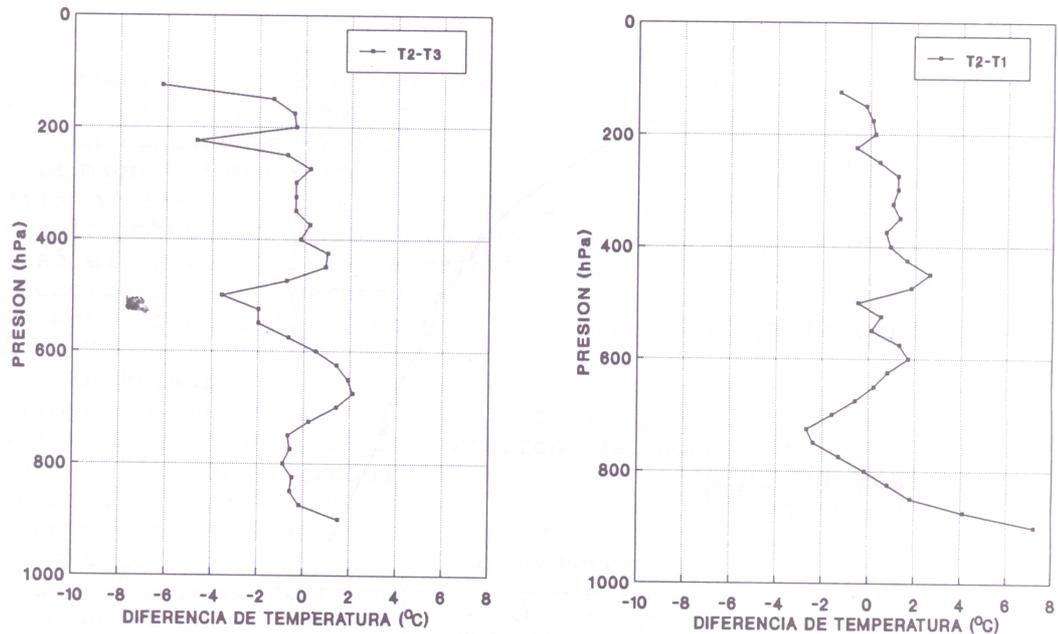


**Figura 10.** Variación vertical de la temperatura en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, Alajuela (10°00' N, 84°12' O), el 11 de julio de 1991 a las 13:26 HL (Hora Local) y el 16 de julio de 1991 a las 14:00 HL.

otro a las 13:26 HL. Para fines de comparación, se realizó un radiosondeo el 16 de julio de 1991 a las 14:00 HL, bajo condiciones sinópticas similares a las del día del eclipse.

Aunque se había considerado hacer un radiosondeo a las 12:30 HL y otro justo después de la totalidad, esto no se pudo realizar por motivos imprevistos y en su lugar se realizó un radiosondeo a las 13:26 HL. Al hacerlo a esta hora, se logró que el globo del radiosonda fuera afectado por la sombra de la Luna a cierta altitud, la cual resultó ser cerca de 13 km. El promedio de velocidad de ascenso del globo, que lleva los instrumentos de medición, es de 5,4 m/s. Cuando el globo llegó cerca del nivel de 175 hPa (aproximadamente 13 km de altitud), su velocidad de ascenso se incrementó a 8,8 m/s, un 63% más de su velocidad normal. De esto se infiere, que la baja temperatura del aire en el cono de sombra, afectó la boyantez del globo.

En principio se esperaría que durante un eclipse las temperaturas en los diferentes niveles de la atmósfera fueran inferiores que el promedio mensual a aproximadamente el mismo tiempo de ocurrencia del eclipse. Como no se cuenta con estos valores promedios, en la Figura 10 se compara el sondeo del 11 de julio de 1991 a las 13:26 HL con el sondeo del 16 de julio de 1991 a las 14:00 HL, y en la Figura 11 se muestra la variación vertical de la diferencia de temperatura entre el sondeo del 11 de julio de 1991 a las 13:26 HL y los sondeos del 16 de julio de 1991 a las 14:00 HL y del 11 de julio de 1991 a las 06:00 HL. Además, la Figura 12

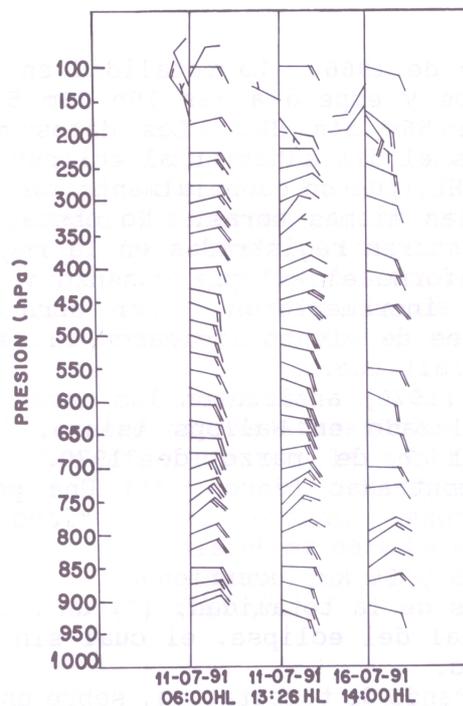


**Figura 11.** Variación vertical de la diferencia de temperatura entre el sondeo del 11 de julio de 1991 a las 13:26 HL, T2, y los sondeos del 16 de julio de 1991 a las 14:00 HL, T3, y del 11 de julio de 1991 a las 06:00 HL, T1. Los valores positivos indican que las temperaturas para el sondeo del 11 de julio de 1991 a las 13:26 HL fueron mayores y los valores negativos indican que ellos fueron menores.

muestra los perfiles verticales de viento para dichos sondeos. Comparaciones de este tipo tienen la limitación de que las condiciones atmosféricas varían de día a día y, por lo tanto, los cambios observados pueden deberse a dichas variaciones y no a los efectos del eclipse. No obstante, alguna información se puede inferir si se toma en cuenta que los cambios de temperatura debidos a los cambios de energía solar, son menores en los niveles superiores que en los niveles inferiores (como lo muestran los datos de la oscilación diurna de la temperatura a varios niveles), y que la troposfera superior y estratosfera inferior son, en general, menos afectadas por las condiciones sinópticas que los niveles inferiores e intermedios de la troposfera.

El hecho de que las temperaturas arriba del nivel de 175 hPa, fueran significativamente inferiores el 11 de julio a las 13:26 HL que el 16 de julio a las 14:00 HL (Figuras 10 y 11) es consistente con la aceleración sufrida por el globo cuando fue afectado por la sombra de la Luna a aproximadamente dicho nivel.

Las diferencias de temperatura entre los sondeos del 11 de julio a las 13:26 HL y a las 06:00 HL (Figura 11) sugieren que aunque las temperaturas decrecieron conforme el eclipse progresó hacia la totalidad, siempre se mantuvieron mayores que las registradas en el sondeo de las 06:00 HL, excepto por el



**Figura 12.** Perfiles verticales del viento para el 11 de julio de 1991 a las 06:00 y 13:26 HL (Hora Local) y para el 16 de julio de 1991 a las 14:00 HL. Una barra completa (la de mayor tamaño) equivale a 5 m/s, y la dirección es aquella desde donde sopla el viento.

decrecimiento entre 800 y 650 hPa (que posiblemente se debió a las condiciones sinópticas) y arriba de 175 hPa (causado por la sombra de la Luna como se mencionó).

El perfil del viento correspondiente al sondeo del 11 de julio a las 13:26 HL (Figura 12) muestra que, cerca del nivel de 175 hPa, hubo una variación de la dirección del viento de cerca de 45° y una disminución de su magnitud de 5 m/s a cerca de 1,5 m/s. Estos cambios pudieron haber sido causados por el desplazamiento de la sombra de la Luna. El viento del oeste que se observó cerca de los 150 hPa posiblemente no estuvo asociado con el eclipse, ya que se observó también antes y después de que ocurriera dicho fenómeno (Figura 12).

Debido a que no se contó con el instrumental apropiado, no fue posible realizar sondeos en la atmósfera superior. No obstante, durante otros eclipses, se han realizado dichas mediciones, las cuales se describen a continuación para complementar nuestras observaciones en Costa Rica.

Varios investigadores han realizado sondeos, utilizando cohetes, para determinar las perturbaciones de temperatura y viento entre 30 y 60 km, aproximadamente. Ballard et al. (1969) realizaron observaciones en Tartagal, Argentina, para el eclipse

del 12 de noviembre de 1966. La totalidad en Tartagal fue de 1 minuto y 28 segundos y empezó a las 10h 33m 51s HL; el eclipse finalizó a las 11h 56m 34s HL. Los datos mostraron que las temperaturas medidas el día anterior al eclipse entre 50 y 60 km, a las 06:00 y 15:00 HL, fueron esencialmente las mismas que las del día del eclipse a las mismas horas. No obstante, en el día del eclipse, las temperaturas registradas en la región entre 50 y 60 km, decrecieron conforme el eclipse comenzó y progresó hacia la totalidad, y luego incrementaron. Por otro lado, durante el eclipse, los perfiles de viento indicaron un cambio de velocidad entre 40 y 60 km de altitud.

Henry y Quiroz (1970) analizaron los datos de temperatura de un experimento realizado en Wallops Island, Virginia, para el eclipse total del 7 de marzo de 1970. Las principales características encontradas fueron: (1) Una perturbación en el campo de temperatura, dentro del período del eclipse y principalmente entre 40 y 60 km de altitud; (2) una amplitud máxima de 5 a 7 °C entre 45 y 55 km, ocurriendo las temperaturas mínimas unos minutos después de la totalidad; (3) un calentamiento rápido justo antes del final del eclipse, el cual sin embargo, pudo ser parcialmente espurio.

Una variación grande de temperatura, sobre una capa atmosférica profunda, produce una perturbación grande en el campo de presión y, consecuentemente, tiene efectos apreciables en la circulación. Chimonas y Hines (1970) sugirieron que la acción de enfriamiento del eclipse -la sombra fría de la Luna moviéndose a una velocidad supersónica a través de la atmósfera- genera ondas gravitacionales internas. Estas ondas se aglomeran en una onda arqueada, de forma similar a como un bote en movimiento produce una onda arqueada en la superficie del agua que atraviesa. Chimonas y Hines estimaron una perturbación máxima en la presión, a una distancia de 10 000 km desde la sombra, de  $10^{-5}$  en la superficie y de  $10^{-1}$  a 200 km de altitud. Davis y da Rosa (1970) analizaron datos del contenido columnar de electrones en la ionosfera, para tratar de determinar el efecto mencionado en altitudes altas; sus resultados implican una posible confirmación de lo sugerido por Chimonas y Hines.

Los cohetes meteorológicos fueron usados también para medir la concentración de ozono en altitudes altas, en Tartagal (Argentina), durante el eclipse total del 12 de noviembre de 1966 (Randhawa, 1968; Ballard et al., 1969). Cuando la sonda pasó a través de la sombra de la Luna entre 60 y 54 km, registró una concentración de ozono mayor (más del doble) que la obtenida el día anterior a la misma hora. Además, cuando la sonda salió de la sombra de la Luna, se observó un decrecimiento en la concentración de ozono. Medidas de la cantidad total de ozono, realizadas en superficie durante un eclipse (Stranz, 1961; Henry y Quiroz, 1970), muestran también un incremento de dicho gas. Este aumento es causado por la reducción de reacciones químicas durante un eclipse y fue deducido teóricamente por Hunt (1965).

## 6. Conclusión

Al igual que en el caso de la irradiancia solar (Fernández et al, 1992b), se había inferido un decrecimiento de la temperatura, conforme el eclipse tendía hacia la totalidad, que era interesante cuantificar. Este resultó estar en el intervalo de 2 a 5 °C para la mayor parte de las estaciones. Las temperaturas más bajas ocurrieron entre 10 y 30 minutos después de la totalidad.

Como consecuencia de la disminución de la temperatura, el viento disminuyó paulatinamente conforme el eclipse progresó hacia la totalidad. No obstante, en varios lugares se registró un aumento de la magnitud del viento en ese intervalo de tiempo, pero esto fue debido a las condiciones atmosféricas locales.

Un radiosonda fue afectado por la sombra de la Luna a una altitud cercana a los 13 km (aproximadamente el nivel de 175 hPa). A este nivel el globo del radiosonda fue acelerado significativamente y las temperaturas registradas sobre esta altitud fueron relativamente bajas. Además, hubo un cambio en la dirección del viento y su magnitud disminuyó.

## Agradecimientos

Varios colegas colaboraron con la toma de datos. Alejandro Sáenz (UCR) realizó mediciones de la temperatura en Tárcoles, Beatriz Cuendis en Damas y Armando Soto en la Estación Experimental Fabio Baudrit. Los datos de Filadelfia fueron tomados, instalando una estación meteorológica automática Omnidata del ICE en la Finca El Escarbadero, por Luis E. Acuña, Marco V. Alvarado, Rafael Enrique Chacón y Porfirio Machado (todos del ICE) y Jorge Amador (UCR). Estos datos fueron proporcionados amablemente por el Departamento de Hidrología del ICE. Paulo Manso coordinó las mediciones realizadas en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. Hugo Hidalgo León colaboró con la confección de las figuras y Alom Paz pasó en limpio el manuscrito.

Este trabajo fue financiado por la Universidad de Costa Rica y el Instituto Meteorológico Nacional, el cual forma parte del Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas.

## Referencias

- Ballard, H.N., R. Valenzuela, M. Izquierdo, J.S. Randhawa, R. Morla, y J.F. Bettle. Solar Eclipse: Temperature, wind, and ozone in the stratosphere. *J. Geophys. Res.*, 74, 711-712, 1969.
- Chimonas, G., y C.O. Hines. Atmospheric gravity waves induced by a solar eclipse. *J. Geophys. Res.*, 75, 875, 1970.
- Davis, M.J., y A.V. da Rosa. Possible detection of atmospheric gravity waves generated by the solar eclipse. *Nature*, 226, 1123. 1970.
- Fernández, W., D.E. Azofeifa y J.A. Villalobos. El eclipse total de Sol del 11 de julio de 1991: Aspectos generales. En *El Eclipse Total de Sol del 11 de Julio de 1991: Observaciones Científicas Realizadas en Costa Rica* (W. Fernández, ed.), Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, 1992a.
- Fernández, W., V. Castro, J. Wright, H. Hidalgo y A. Sáenz. Cambios de la irradiancia solar y determinación de la turbiedad atmosférica en Costa Rica durante el eclipse total del 11 de julio de 1991. En *El Eclipse Total de*

- Sol del 11 de Julio de 1991: Observaciones Científicas Realizadas en Costa Rica* (W. Fernández, ed.), Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, 1992b.
- Geiger, R. *The Climate Near the Ground*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1965.
- Henry, R.M., y R.S. Quiroz. Preliminary results from a meteorological rocket experiment. *Nature*, 22, 1108-1110, 1970.
- Hunt, B.G. A theoretical study of the changes occurring in the ozonosphere during a total eclipse of the sun. *Tellus*, 17, 516-523, 1965.
- Lowry, W.P. *Weather and Life: An Introduction to Biometeorology*. Academic Press, New York, 1969.
- Randhawa, J.K. Mesospheric ozone measurements during a solar eclipse. *J. Geophys. Res.*, 73, 493-495, 1968.
- Stranz, D. Ozone measurements during solar eclipse. *Tellus*, 13, 276-279, 1961.