

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA  
INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL

NOTA DE  
INVESTIGACION N° 6

**RADIACION SOLAR GLOBAL**  
**EN COSTA RICA**

VILMA CASTRO

COSTA RICA  
1987

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL

RADIACION SOLAR GLOBAL  
EN COSTA RICA

Nota de  
Investigación No. 6

Vilma Castro\*

\*Universidad de Costa, Rica, Escuela de Física, Centro de Investigaciones Geofísicas

COSTA RICA

Publicación no periódica del INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL  
COMITE EDITORIAL

Hugo Hidalgo Ramírez

Patricia Ramírez Obando

Walter Fernández Rojas

Jorge Amador Astúa

Números aparecidos:

No.1 - Estudio Meteorológico de las Inundaciones de Diciembre de 1970 en Costa Rica. Héctor Grandoso, 1979.

No.2 - Comportamiento del viento en Costa Rica.

Eladio Zárate, 1979.

No.3 - Cálculo de la probabilidad de precipitación diaria en San José utilizando cadenas de Markov de primer orden.

Norman Vega, 1980.

No.4 - Regímenes de lluvia y viento en Limón, Costa Rica.

Eladio Zárate, publicado por el Instituto Geográfico Nacional, Informe semestral, Enero a Junio, 1981.

No.5 - Estudio meteorológico de los veranillos en Costa Rica.

Patricia Ramírez, 1982.

San José, Costa Rica, 1986.

#### AGRADECIMIENTOS:

A Gerardo Lizano Vindas y Hugo Hidalgo Ramírez, por su apoyo para que este trabajo se realizara, al Lic. Jorge Barrantes Fuentes por sus sugerencias en el trazado de los mapas, al Dr. Roger Sipson y Sonia Bejarano por su asistencia en la programación de la computadora, y al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) por el acceso a los archivos de datos climatológicos. A Regina Castro por el trazado de las figuras.

## INDICE

	Página
Resumen/Abstract	
1. Introducción	1
2. Estaciones utilizadas	2
3. Métodos para la detección de errores	2
4. Métodos para la corrección de registros	3
5. Estimación de radiación global a partir de datos de duración de la insolación	4
6. Distribución de la energía solar en Costa Rica	5
7. Conclusiones	7
8. Referencias	8
9. Apéndices	
10. Tablas y figuras	17

## **RESUMEN**

En este trabajo se revisó toda la información de heliógrafos y actinógrafos disponible en Costa Rica hasta 1982 aproximadamente.

A partir de dicha información se elaboró una serie de datos corregida, usando los métodos que se describen, con la cual se trazaron mapas mensuales de radiación solar global media.

Los niveles medios de radiación observados oscilan entre 11 y 25 MJ m<sup>-2</sup>, con los valores más altos en la sección norte de la vertiente del Pacífico (Pacífico Seco y oeste del Valle Central) y en las cimas de las montañas más altas. Los valores más bajos coinciden con las zonas bajas de menor insolación ubicadas en las laderas de las montañas a barlovento de los vientos predominantes.

Además se presenta un estudio del uso de la ecuación de Angstrom en Costa Rica, en el cual se observa que los coeficientes de correlación entre valores medios de radiación y heliofanía se reducen drásticamente conforme se reduce la longitud de los registros.

## **ABSTRACT**

In this paper the available data on global radiation and sunshine duration up to approximately 1982 was revised, and faulty records were corrected using the methods described.

Based on the above, maps showing annual and monthly averages of daily global radiation are presented.

It is observed that the daily means fluctuate between 11 and 25 MJ m<sup>-2</sup>, depending on place and month. The higher values are found in the North Pacific (Dry Pacific and western part of the Central Valley) and in the high mountain tops. The lower values are located in the lowlands, in the windward side of the mountains, associated with zones of low insolation and persistent cloudiness.

A study of the application of the Angstrom equation in Costa Rica is also presented. It is shown that the correlation coefficient between mean solar radiation and insolation decreases drastically as the length of the records is diminished.

## **1. INTRODUCCION**

Al igual que la tierra y el agua, la energía solar es un recurso natural. El conocimiento de la disponibilidad de energía solar de un país, distribución geográfica y comportamiento a lo largo del año, permite su utilización en forma racional, así como la planificación de actividades relacionadas con ella.

La cantidad de energía solar global incidente sobre una superficie horizontal puede medirse directamente con actinógrafos, radiómetros, o indirectamente con heliógrafos. Las primeras mediciones de este tipo en Costa Rica datan de 1956 (estación 84001 San José). Alrededor de 60 estaciones dispersas por todo el país han operado con heliógrafos, actinógrafos, o ambos a la vez. La densidad de la red es apreciable, sin embargo, la calidad de los registros dista mucho de ser ideal pues la mayoría de las estaciones funcionaron ya sea durante períodos muy cortos de tiempo, en forma interrumpida y/o con instrumentos descalibrados.

En este trabajo se revisó toda la información de heliógrafos y actinógrafos del país disponible en los archivos del Instituto Meteorológico Nacional y el Instituto Costarricense de Electricidad hasta 1982, aunque en algunas estaciones se incluyen registros posteriores, con el objeto de determinar las características de la radiación solar global en Costa Rica y presentar la información obtenida en forma de mapas mensuales medios. El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), publicó en 1984 un mapa de radiación global media anual de Costa Rica, en cuya confección se realizó un estudio de la calidad de los datos de algunas estaciones. El mapa se basó en correlaciones obtenidas a partir de datos de duración de la insolación.

En este trabajo se amplía el número de estaciones estudiadas, con lo que se logra mayor detalle en el trazado de isolíneas y se abre la posibilidad de trazar mapas mensuales. Aunque preliminar, este es el primer trabajo en Costa Rica que intenta describir las fluctuaciones mensuales de la radiación global media.

## **2. ESTACIONES UTILIZADAS**

La figura 1 muestra la ubicación de las estaciones con registros radiométricos. En la Tabla 1 se detalla el número de código y nombre de cada estación, el tipo de instrumento que se usó, el período aproximado en que funcionó, la ubicación por latitud y longitud y la elevación en metros sobre el nivel del mar.

### 3. METODOS PARA LA DETECCION DE ERRORES

Los análisis que se efectuaron fueron básicamente comparaciones espaciales y temporales de las series de datos:

- a. Análisis espacial: Las variaciones espaciales muy pronunciadas ocurren únicamente en casos especiales, por lo general explicables. Por ejemplo, existe un gradiente en la cima del Volcán Irazú (ver Figs. 3 a 15) más pronunciado que lo normal en el resto del país. No se consideró que los datos de 73081 Irazú estuviesen malos ya que los altos valores allí registrados son característicos de la atmósfera de alta montaña.
- b. Análisis temporal: Consiste en tabular los datos medios mensuales en ejes de radiación contra tiempo. Las variaciones temporales también obedecen a un patrón más o menos regular y casos como los siguientes hacen sospechar sobre la calidad de los datos:

-Fluctuaciones bruscas: Las fluctuaciones temporales bruscas se producen sólo bajo condiciones especiales y por lo general señalan datos erróneos.

-Curvas con dos niveles: Indican usualmente errores producidos por cambios en las condiciones de medición, tales como cambio de instrumento, cambio en la ubicación de la estación, pérdida de impermeabilidad del instrumento, etc.

-Curvas con tendencias negativas: Son características de los instrumentos que han ido perdiendo sensibilidad con el tiempo.

Algunos ejemplos de irregularidades en los registros de datos se muestran en la Fig.2.

### 4. METODOS PARA LA CORRECCION DE REGISTROS

Los datos que a la luz de los análisis ocasionaron dudas en cuanto a su calidad se revisaron con base a:

- El historial de la estación: Fechas de cambio de observador o instrumento, traslados de la estación, comentarios de los observadores, etc.
- El dato dentro del contexto climático de la región.
- La correlación entre los registros de brillo solar y radiación solar.
- Las mediciones realizadas por el ICE (1984), las cuales permitieron evaluar el estado de los actinógrafos de algunas estaciones.



El análisis anterior permitió separar los datos en tres categorías:

- a) Datos dentro de rangos de error aceptable (dentro de un 10 a un 15% o aproximadamente 1.0 a 1.5 MJ/m<sup>2</sup>), provenientes de actinógrafos cuya calibración pudo ser comprobada por comparación con un instrumento calibrado.
- b) Datos con errores sistemáticos superiores al 15%, determinados ya sea por comparación con otro instrumento o con las estimaciones realizadas con la relación de Angstrom.
- c) Datos cuya calidad no se pudo determinar.

Para cumplir con el objetivo de crear una serie revisada de datos de radiación solar para Costa Rica, los datos con errores sistemáticos fueron corregidos por medio de factores de corrección y aquellos cuya calidad no pudo ser determinada fueron deshechados (ver Apéndice 1); además, se complementó la serie con estimaciones de radiación solar hechas a partir de registros de horas sol, como se describe en la siguiente sección.

## 5. **ESTIMACION DE RADIACION SOLAR GLOBAL A PARTIR DE DATOS DE DURACION DE LA INSOLACION**

La cantidad de energía solar global incidente sobre una superficie horizontal se puede estimar por medio de otros parámetros tales como la temperatura del aire, el número de días con lluvia, la humedad relativa, el número de horas con sol brillante (heliofanía), etc. De acuerdo con Wright (1981), entre ellos, el mejor estimador de radiación global para Costa Rica es la duración de la insolación (Apéndice 2).

Muchos autores han propuesto diferentes relaciones matemáticas entre la radiación global y la heliofanía. Un análisis de algunas de ellas fue realizado por Wright (1981). La relación de Angstrom modificada por Page (1964) destaca por su simplicidad y alto nivel de aproximación con respecto a las demás.

La relación de Angstrom modificada es la siguiente:

$$S/S_o = a + b n/N$$

donde  $S/S_o$  es la relación entre la radiación recibida en el suelo con respecto a la que se recibiría al tope de la atmósfera y  $n/N$  es la relación entre horas reales y

horas posibles de brillo solar, a y b son las constantes de proporcionalidad. Los valores de So y N para Costa Rica se muestran en el Apéndice 4.

Únicamente dos estaciones poseen registros de heliofanía y radiación global altamente confiables por un periodo de al menos 10 años: 84023 Fabio Baudrit y 98022 La Piñera. Los valores de a, b y el coeficiente de correlación r para estas estaciones son:

ESTACION	ELEV.	PERIODO	a	b	r
A. Fabio Baudrit	840 m	70-80	0.303	0.438	0.996
B. La Piñera	350 m	70-80	0.278	0.414	0.948

El coeficiente de correlación r obtenido es alto, pero se observó que disminuye a valores de hasta 0.4 y 0.5 cuando se reduce de 10 a 1 el número de años de registro. En otras palabras la ecuación de Angstrom puede ser utilizada para estimar radiación mensual media a partir de promedios climáticos de heliofanía, pero no es apropiado utilizarla para estimar la radiación media de un mes aislado y menos de un día en particular.

Los valores de a,b y r obtenidos por Wright (1981) con únicamente tres años de datos son 0.28, 0.43, 0.96 y 0.30, 0.42, 0.94 para la Fabio Baudrit y la Piñera respectivamente.

Las constantes a y b varían de una zona a otra, la suma  $a + b = 1$  correspondería a una atmósfera completamente transparente en la cual cuando  $n = N$ , entonces  $S = S_0$ .

Por ausencia de otras estaciones con registros adecuados, se utilizó las constantes de La Fabio Baudrit en las estaciones por encima de los 500 m de altura, y las de La Piñera en todas las demás.

Existe alguna evidencia de que al generalizar el uso de las constantes, la radiación en las zonas bajas del Pacífico Sur es sobreestimada, pero no se puede comprobar hasta tanto no se efectúen nuevas mediciones.

Asimismo la relación derivada en la Fabio Baudrit aparentemente subestima la radiación en el Irazú (probablemente también en todas las montañas por encima de los 2000 m), y la sobreestima en la cuenca superior del Río Reventazón (Valles de Orosi y de Turrialba).

## 6. DISTRIBUCION DE LA ENERGIA SOLAR EN COSTA RICA

En la Tabla 2 se muestran los promedios de heliofanía en horas y décimos. La Tabla 3 resume los promedios de radiación global originales (provenientes de los actinógrafos) junto con las estimaciones hechas a partir de la heliofanía. La Tabla 4 muestra la serie de datos corregidos según los criterios expuestos en las secciones 3 y 4, a partir de los cuales se construyeron los mapas de las figuras 3 a 15. En estos mapas se muestra la distribución geográfica de la radiación solar media diaria para cada mes y el promedio anual, en unidades de energía por unidad de área ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ : millones de joules por metro cuadrado). El total de radiación solar diaria que incide sobre una superficie horizontal depende de:

- la latitud
- el día del año
- el espesor de las nubes y cantidad de cielo cubierto
- la transparencia atmosférica, contenido de agua y aerosoles
- la elevación del lugar (o el espesor de la atmósfera)

La Fig. 6 muestra la fluctuación mensual de la radiación global teórica bajo atmósferas con diferentes coeficientes de transmisividad a 10 grados de latitud norte. Los valores más altos ocurren cuando el sol pasa sobre el cénit local en abril y en agosto. Las nubes pueden reflejar o absorber hasta un 90% de la energía que incide sobre ella, por lo que constituyen un factor determinante en la radiación que llega al suelo. En Costa Rica el máximo teórico de agosto desaparece debido a la alta nubosidad en ese mes (fig.17).

El vapor de agua, los aerosoles en suspensión y las partículas de aire atenúan la radiación solar. En las zonas bajas del país el aire por lo general contiene más humedad y partículas en suspensión que las zonas altas. Además el espesor de atmósfera que deben atravesar los rayos solares es mayor.

Teniendo todas estas consideraciones presentes se puede observar como los valores mínimos de radiación en Costa Rica coinciden con las zonas bajas con menor número de horas con sol brillante (Barrantes et al., 1985) debido a la nubosidad: (llanuras de la Vertiente Atlántica, falda sur de los cerros Chirripó y Buenavista), con valores medios diarios que oscilan entre 11 y 16  $\text{MJ}/\text{m}^2$  a lo largo del año.

Los valores más altos están ubicados en el Volcán Irazú, en la sección oeste del Valle Central y en la zona conocida como Pacífico Seco (Vertiente oeste de la Cordillera de Guanacaste hasta la desembocadura del Río Grande de Tárcos), con valores entre 16 y 24 MJ/m<sup>2</sup> por día.

La disponibilidad de energía solar es distintamente superior en la Vertiente del Pacífico, como se observa en la Fig.17, la cual muestra la fluctuación de la radiación a lo largo del año.

Esta fluctuación es por lo general inferior en la Vertiente Atlántica si se le compara con la Vertiente Pacífica.

La época lluviosa en la Vertiente Pacífica se inicia entre marzo y mayo, comenzando por el sur (Castro, 1985). Esta particularidad se refleja en el régimen de radiación solar: ordenadas de sur a norte, las estaciones de la Fig.17 son La Piñera, Fabio Baudrit y Santa Rosa. En la figura se observa como el descenso en la radiación producido por la entrada de las lluvias en dichas estaciones se inicia en marzo, abril y mayo respectivamente.

Hay lugares en el país en donde por ausencia de registros adecuados no se pueden verificar los resultados que se presentan en este trabajo, tales como la sección sur de la Península de Nicoya y la Península de Osa, donde la alta pluviosidad (Barrantes, et al., 1985) señala la posibilidad de que existan valores inferiores a los mapeados; o en las cimas de las montañas, donde por analogía a las mediciones del Volcán Irazú y el Cerro de La Muerte probablemente existan valores mayores.

Otros lugares donde se ha realizado escasas o ninguna medición son la Cordillera de Talamanca, sobre todo en la región sur y Atlántica; la parte norte del país colindante con Nicaragua; y al sur, la cuenca del Río Coto Colorado y Punta Burica. No existen registros de radiación solar en la Isla del Coco.

## 7. CONCLUSIONES

Las estimaciones presentadas en este trabajo permiten ubicar las zonas de alta y baja radiación en Costa Rica, y establecer el orden de magnitud de la misma aún en las zonas donde no existen estaciones radiométricas. Asimismo sientan una base de referencia para las observaciones que se continúan creando y se realicen en el futuro. A lo largo del mismo se señalan deficiencias en la red de observaciones existente, así como las zonas donde los niveles radiativos no pudieron ser comprobados con certeza, con el objeto de recalcar las limitaciones de los mapas aquí presentados.

Los datos de radiación solar necesarios para el trazado de los mapas fueron obtenidos con actinógrafos bimetálicos cuyo rango de incertidumbre es del orden de 10% (OMM,1983). Por razones de diversa índole como descalibración o fallas mecánicas del instrumento, hay registros con errores de 25% o más, por lo cual fue necesario valerse de diversos métodos para utilizarlos.

En algunos lugares se estimó la radiación global a partir de la heliofanía. Se estima que el grado de incertidumbre de los datos usados en el trazado de los mapas es del orden de 1 a 1.5 MJ/m<sup>2</sup>.

Los promedios mensuales de radiación solar y heliofanía fluctúan entre 11 y 25 MJ/m<sup>2</sup>, y 2 y 10 horas de sol por día respectivamente, dependiendo del lugar y de la época del año.

## 8. REFERENCIAS

BARRANTES, J., LIAO, A. y ROSALES, A. (1985). Atlas Climatológico de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica.

CASTRO, V. (1985). Estudio Climático de Costa Rica para la Zonificación Agropecuaria y Forestal (8 vols). SEPSA, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de Planificación y Política Económica, Costa Rica.

ICE (1982). Non Conventional Energy Sources, Vol. II - Solar Energy. Estudio realizado por Electrowatt, Zurich, Switzerland.

OMM (1983). Guía de Instrumentos Meteorológicos y Métodos de Observación, 5ª. edición. Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza.

PAGE, J.K. ( 1964). Estimation of. monthly mean values of daily total short wave radiation on vertical and inclined surfaces from sunshine records for latitude 40 N - 40 S. Proc. U.N. Conf. New Sources Energy 4, 378.

WRIGHT, J. (1981). Estimación de la radiación solar en Costa Rica utilizando horas de sol y otros datos meteorológicos. Tesis calificatoria para el grado de Licenciatura, Universidad de Costa Rica.

## APENDICE 1

Estado de los registros de radiación solar y heliofanía disponibles en los archivos del Instituto Meteorológico Nacional e Instituto Costarricense de Electricidad.

Caso 1: Las siguientes estaciones poseen datos de heliofanía (sin actinógrafo). En ellas se observó que los valores de radiación global estimados con la relación de Angstrom son consistentes, areal y temporalmente, por lo cual se tomaron como correctos y se utilizaron en la confección de los mapas sin aplicárseles ninguna corrección.

69528	Palmira	73025	Las Delicias	84059	La Luisa
59535	Ctro. Rural	73071	Atirro	84074	Pavas
69536	Cariblanco	73076	Agua Caliente	84111	Santa Lucía
69554	M.S.Carlos	73082	Cobal	87005	Bribri
69539	Hda. Alemania	74020	Liberia	96001	Tinamastes
71001	Carol. Tica	76009	La Fortuna	98009	Repunta
71002	La Mola	84012	Turrucars	98010	Cedral
73008	La Margarita	84021	Aerop.J.S.	98012	Potrero Grande

Caso 2: Con base en los análisis de las series, los datos originales de las siguientes estaciones presentaron anomalías como se describe a continuación.

69508, El Chato: Período revisado: 78-83, heliógrafo

El análisis areal muestra que los valores estimados con Angstrom son consistentemente bajos (aprox. 1 MJ/m<sup>2</sup> por día).

69514, Arenal: Período revisado: 70-76 hel, 71-73 act.

El actinógrafo subestima sistemáticamente en aproximadamente 21% de enero a mayo y 7% de junio a diciembre. Los mapas se basaron en las estimaciones de Angstrom corregidas por consistencia areal.

69539, Upala: Período revisado: 84-86 act., hel.

En agosto de 1985 se contrastaron mediciones del actinógrafo contra mediciones instantáneas de un radiómetro Eppley, las cuales resultaron bastantes similares. Los mapas se basaron en los dos años de registros actinométricos.

69585, Nueva Tronadora: Período revisado: 80 hel, 77-83 act.

El análisis areal y los datos de heliofanía indican que el actinógrafo subestima

consistentemente en aproximadamente 25%, Los datos de actinógrafo se corrigieron con un factor de corrección y en función de las estaciones adyacentes.

72101, Nicoya: Período revisado: 71-80 hel, 71-84 act.

Los datos de actinógrafo de 1978 a 1980 no guardan coherencia con los registros de heliofanía ni coherencia temporal con el resto de la serie (valores muy altos). Aparentemente se cambió el elemento sensible del actinógrafo en agosto de 1977 sin comprobar su calibración. En 1982 mediciones realizadas por el ICE (1984), muestran que la calibración del actinógrafo es aceptable. En 1983 se cambió el actinógrafo, 1983 y 1984 presentan valores demasiado altos. Para obtener valores medios se deshecharon los registros del 78, 79, 80, 83 y 84.

72106, Santa Rosa: Período revisado: 71-79 hel, 72-74 act.

Los datos actinométricos son coherentes espacialmente, temporalmente y son consistentes con los obtenidos con Angstrom. Los mapas se basaron en las estimaciones con Angstrom ya que el período de medición de heliofanía es más largo.

72114, Playa Panamá: Período revisado: 71-78 hel, 77-81 act.

El análisis areal sugiere que el actinógrafo subestima sistemáticamente. Factor de corrección sugerido con base en las estimaciones con Angstrom: 1.25.

73010, Turrialba: Período revisado: 57-80 hel, 66-82 act.

Mediciones del ICE en mayo y junio de 1980 muestran que el actinógrafo sobreestima en aproximadamente 20%. Los valores actinométricos y las estimaciones con Angstrom promedio, no difieren entre sí en más de 10%, sin embargo el análisis areal hace sospechar que dichos valores son singularmente altos. Los datos presentan una gran dispersión, el error no es sistemático. Como no se pudo determinar la calidad de los datos, una nueva serie fue inferida con base al análisis areal.

75013, Los Diamantes: Período revisado: -71-80 hel, 71-79 act.

El análisis areal muestra que el actinógrafo subestima consistentemente. Factor de corrección obtenido con base en las estimaciones con Angstrom: 1.25. Los mapas se basaron en las estimaciones con Angstrom.

75017, Hacienda Cachi: Periodo revisado: 78-82 hel.

El análisis areal muestra que los valores derivados con Angstrom son aparentemente muy

altos, probablemente los coeficientes a y b derivados en la Fabio Baudrit no son válidos en la zona. Se creo una nueva serie con base al análisis areal.

73078, Coliblanco: Período revisado: 68-80 hel.

Idem Hacienda Cachí, en este caso los valores son aparentemente bajos.

73081, Volcán Irazú: Período revisado: 70-80 hel, 70-81 act.

No se pudo determinar el estado de calibración del actinógrafo. Sin embargo, los valores actinométricos y los derivados con Angstrom son consistentes entre sí, salvo en los meses de enero y febrero, en que Angstrom subestima de un 10 a un 20%. Se sospecha que esto se debe a cambios en la transparencia del aire en esa época. Se tomaron los valores actinométricos como correctos.

73080, Cerro de La Muerte: Período revisado: 72-82 hel, 72-84 act

Mediciones del ICE en abril de 1984 muestran que el actinógrafo subestima en promedio en un 56%. Se sospecha que todo el registro subestima la radiación global porque los órdenes de magnitud en todos los años de registro son similares a los de 1982. Las estimaciones con Angstrom son en promedio un 21% superiores a los registros actinométricos y se consideraron las mismas como correctas aunque se sospecha que los valores verdaderos pueden ser aún más altos.

73091, El Carmen: Período revisado: 74-82 hel, 79-82 act.

Los valores actinográficos se encuentran entre un 10 a un 25% por debajo de las estimaciones con Angstrom. Con base al análisis areal se tomaron estas últimas como correctas.

76005, Cañas: Período revisado: 71-78 hel.

Los valores de radiación global estimados con la relación de Angstrom son consistentes areal y temporalmente por lo cual se tomaron como correctos, salvo los meses de mayo y julio que se corrigieron con base en los valores de las estaciones vecinas.

76008, Taboga: Período revisado: 71-84 hel, 71-77 act.

El análisis temporal muestra que los valores actinométricos de los años 78 y 79 son muy bajos pero no se pudo determinar el error, por lo que no fueron utilizados. En el resto del registro hay coherencia areal, los valores actinométricos y los derivados con Angstrom no



difieren en más de 10%,

76009, Bagaces: Período revisado: 76-84 hel, 75-82 act,

Los valores actinográficos son muy bajos. El factor de corrección recomendado con base en las estimaciones con Angstrom es 1.43. Se tomaron como correctas las estimaciones con Angstrom.

78003, Puntarenas: Período revisado: 70-80 hel, 70-82 act.

La tendencia negativa de la curva radiación contra tiempo sugiere que el actinógrafo fue perdiendo sensibilidad. Mediciones del ICE en 1982 muestran una descalibración de un 25%. Se tomaron como correctos las estimaciones con Angstrom.

81003, Limón: Período revisado: 69-80 hel, 70-82 act.

Mediciones del ICE en 1982 muestran una descalibración de un 22% en el actinógrafo, esta descalibración data de 1975, y coincide con un cambio de instrumento. Anteriormente a este año los datos están aparentemente bien. Los valores actinométricos corregidos y los derivados con Angstrom son coherentes.

84001, San José: Período revisado: 56-81 hel, 72-82 act,

Mediciones del ICE en 1982 muestran una descalibración de un 45% en el actinógrafo. Los valores actinográficos medios son inferiores en un 40% a las estimaciones con Angstrom. No se pudo determinar si el error es sistemático debido a la dispersión de los datos. Se tomaron las estimaciones con Angstrom como correctas.

84023, Fabio Baudrit: Período revisado: 61-80 hel, 63-83 act.

Un actinógrafo funcionó de 1963 a 1974 y otro de 1970 hasta la fecha. La calibración del último ha sido constantemente verificada a partir de 1982. En los cuatro años que ambos instrumentos funcionaron simultáneamente se observa que el primero subestima en promedio en un 21% la radiación solar.

84030, Fraijanes: Período revisado: 80-82 hel, 76-82 act.

Por el análisis areal se observa que los valores actinométricos son un poco bajos. Los valores estimados con Angstrom son en promedio un 10% más altos que los actinométricos. Se tomaron las estimaciones con Angstrom como correctas.

88001, Puriscal: Período revisado: 77-79 hel, 75-78 act.

Los valores actinográficos son un 50% inferiores a los derivados con Angstrom. Estos últimos son coherentes en el análisis areal.

90007, Damas: Período revisado: 83-85 hel y act.

Los datos actinográficos son coherentes espacialmente y con las estimaciones hechas con Angstrom. Se corrobora la calibración del actinógrafo contra mediciones instantáneas echas con un radiómetro Eppley blanco y negro en agosto de 1985.

98002, Palmar Sur: Período revisado: 74-82 hel, 73-84 act.

Los registros actinométricos de 1973 a 1977 parecen estar correctos. En 1978 por una falla mecánica del instrumento la aguja no desciende a cero durante la noche, cosa que se interpretó erróneamente como un corrimiento del cero. Esta interpretación produce una subestimación promedio de aproximadamente 6 MJ/m<sup>2</sup> por día. Luego se observa una pérdida de sensibilidad que alcanza hasta un 20% en 1982 según mediciones del ICE. Se corrigieron los registros usando un factor de corrección que aumenta progresivamente de un año a otro. Los valores medios así obtenidos son alrededor de un 10% inferiores a los estimados con Angstrom, pero el análisis areal sugiere que estos últimos son muy altos. En el trazado de los mapas se utilizaron los registros actinométricos como correctos, pero se recomienda fuertemente revisar los valores de la región con nuevas mediciones.

98022, La Piñera: Período revisado: 67-80 hel, 70-83 act.

Mediciones del ICE en 1982 muestran que el actinógrafo funciona bien. Los datos actinográficos son coherentes areal y temporalmente.

98057, Terraba: Período revisado: 80-84 hel.

Los valores derivados con Angstrom son bajos aunque dentro de un rango de error aceptable.

100012, Finca 12: Período revisado: 76-84 hel.

Los datos estimados con Angstrom se tomaron como correctos, aunque aparentemente dicha relación sobreestima la radiación en esta zona.

100035, Coto 47: Período revisado: 84-86 act, hel.

El orden de magnitud de los datos y el análisis areal muestran que el actinógrafo subestima

sistemáticamente. Se tomaron las estimaciones con Angstrom como correctas aunque al igual que para toda la zona, se recomienda revisar el valor de las constantes de proporcionalidad a y b.

100059, Finca 45: Período revisado: 80-81 act.

Registro corto e interrumpido, no coherente con las estimaciones vecinas. Sus datos no fueron utilizados.

100608, 609 y 610, Experimental 05, 45 y 59: Período revisado: 77-81 act.

Los datos de estas estaciones son coherentes entre sí y arealmente con Coto 47 y Palmar Sur, por lo que se consideró sus datos como correctos aunque no se pudo verificar la calibración de los actinógrafos de ninguna de ellas.

## APENDICE 2

Coefficiente de correlación promedio de la ecuación de regresión  $S/S_o = a + b X$ , calculado con los datos de las estaciones Irazú, San José, Fabio Baudrit, Turrialba, La Piñera, Nicoya, Cobal, Palmar Sur, Limón y Puntarenas.

$S/S_o$  es la relación entre la radiación solar recibida y la que se recibiría al tope de la atmosfera, a y b las constantes de proporcionalidad y X la variable independiente que se desea correlacionar con S.

X	r
Temperatura Máxima	0.50
Humedad Relativa	0.63
Número de días con lluvia/ número de días del mes	0.68
Número de horas de sol	0.86

Tomado de Wright (1981)

### APENDICE 3

Valores de  $S_o$  y N para 10° de latitud norte en MJ/m<sup>2</sup> y horas

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
So	31.4	33.9	36.8	37.6	37.2	36.4	36.8	37.2	36.4	34.7	32.6	30.5
N	11.5	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12.0	11.8	11.6	11.5

**TABLA 1. LISTA DE ESTACIONES CON MEDICIONES RADIOMÉTRICAS.**

NUMERO	NOMBRE	ACT.	HEL	LAT.	LONG.	ELEV
69509	El Chato		78-83	10 26	84 42	740
69514	Arenal	71-73	70-76	10 28	84 51	520
69528	Palmira		68-80	10 13	84 23	2010
69535	Centro Rural		81	10 21	RU 24	600
69539	Upala	84-85	84-85	10 54	85 01	50
69540	La Fortuna		78-81	10 16	84 11	250
69554	Muelle Sn Cari		82-84	10 28	34 28	60
69585	Nva Tronadora	77-83	80	10 30	84 55	580
69539	rlda Alemania		88-82	11 07	85 27	290
71003	Carolina Tica		71-75	10 25	83 42	30
71002	La Mola		80-84	10 21	83 4 6	70
72101	Nicoya	71-84	71-80	10 09	85 27	120
72106	Sta Rosa	72-74	71-79	10 50	85 37	315
72114	Playa Panama	77-81	77-80	10 35	85 40	3
73008	La Margarita		77-82	9 54	83 43	1080
73010	Turrialba	66-82	57-80	9 53	83 38	602
73013	Diamantes	71-79	71-84	10 13	83 46	249
73017	Hda Cachi		78-82	9 50	83 48	1100
73025	Las Delicias		69-74	10 10	83 35	200
73071	Atirro		64-75	9 50	83 39	900
73076	Agua Caliente		66-74	9 50	83 55	1325
73078	Coliblanco		68-80	9 57	83 48	2200
73081	Volcán Irazú	70-81	70-80	9 59	83 51	3400
73082	Cobal		70-76	10 15	83 40	55
73080	Cerro de la M.	72-84	71-82	9 33	83 44	3365
73091	El Carmen	79-82	74-82	10 12	83 29	15
74020	Liberia		67-82	10 37	85 26	144
76005	Cañas		71-78	10 25	85 05	95
76008	Taboga	71-77	71-84	10 21	85 09	40
76009	Bagaces	75-82	76-84	10 32	85 18	90
76034	La Fortuna		81-84	10 41	85 12	430
77002	La Lola	74-82	72-82	10 06	83 23	40
78003	Puntarenas	70-82	70-80	9 58	84 50	3
79007	Boston		78-84	10 01	83 15	16
81003	Limón	70-82	69-80	10 00	83 03	5
84001	San José	72-82	56-81	9 56	84 05	1172
84012	Turrúcares		73-75	9 58	84 19	639
84021	Aerop. Juan S.		59-80	10 00	84 12	932
84023	Fabio Baudrit	63-83	61-80	10 01	84 16	840
84030	Fraijanes	76-82	80-82	10 08	84 12	1640
84059	La Luisa		78-81	10 08	84 20	1250
84074	Pavas		76-83	9 58	84 08	1132
84111	Sta Lucía		83	10 02	84 07	1200
87005	Bribri		78-81	9 38	82 50	32
88001	Puriscal	75-78	77-79	9 51	84 19	1102
90007	Damas	83-85	83-85	9 30	84 13	6
96001	Tinamaste		82-84	9 18	83 47	680
98002	Palmar Sur	73-84	74-82	8 57	83 28	16
98009	Repunta		62-80	9 18	83 39	580
98010	Cedral		80-84	9 22	83 33	1450
98012	Potrero Gde	80-84		9 01	83 11	183
98022	La hiñera	70-83	67-80	9 11	83 20	350
98057	Térraba		80-84	9 04	83 17	360
100012	Finca 12		76-84	9 44	83 01	15
100035	Coto 47	84-85	84-85	8 36	82 59	8
100059	Finca 45	80-81		8 36	82 58	12
100608	Experim. 05	77-81		8 57	83 31	10
100609	Experim. 45	77-81		8 36	82 58	12
100610	Experim.59	77-81		8 38	83 02	15

**TABLA 2: PROMEDIOS DE BRILLO SOLAR DIARIO, EN HORAS Y DECIMOS**

loc núm	Estación	per	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	prom
1	69509 EL CHATO	78-83	4.0	4.2	5.2	3.9	4.4	2.8	3.0	3.2	3.4	2.6	2.6	3.1	3.6
2	69514 ARENAL	70-76	4.9	5.8	6.4	5.9	5.3	3.9	3.3	4.0	4.0	3.8	3.9	4.6	4.6
3	69528 PALMIRA	68-80	6.3	7.2	6.9	6.4	4.9	3.7	4.0	4.0	3.5	3.6	3.6	5.2	4.9
4	69535 CTRO RURAL	81-81*	6.5	7.8	----	2.9	4.9	3.2	2.9	3.1	3.7	2.4	1.8	----	3.9
5	69536 CARIBLANCO	78-82	5.0	4.6	4.8	2.6	3.5	2.7	2.6	2.9	3.4	2.7	2.4	3.7	3.4
6	69540 LA FORTUNA	78-81*	3.5	3.8	4.0	3.8	4.5	3.3	3.8	3.6	3.8	3.2	2.7	2.5	3.5
7	69539 UPALA	84-86*	4.5	5.1	6.7	6.7	5.6	2.8	3.0	3.4	3.8	3.2	3.6	4.1	4.4
8	69554 MUELLE S CAP	82-94*	4.8	5.8	6.4	5.3	5.3	4.8	4.2	3.1	4.1	3.7	4.4	4.5	4.7
9	69585 N TRONADORA	80-80*	5.9	7.0	6.1	7.2	6.9	----	4.6	4.8	3.9	3.9	3.5	4.4	5.3
10	69593 H ALEMANIA	80-82*	6.6	7.8	8.1	7.9	5.9	5.9	4.0	4.6	4.7	4.6	4.5	5.6	5.8
11	71001 CAROL TICA	71-75	4.1	5.2	5.7	5.3	4.1	3.4	2.5	3.7	4.2	4.0	3.9	4.2	4.2
12	71002 LA MOLA	80-84*	4.5	5.3	5.4	5.2	4.8	3.7	3.8	3.9	4.4	3.9	3.4	3.6	4.3
13	72101 NICOYA	71-80	8.6	9.2	8.7	8.3	6.3	5.1	5.8	5.9	4.7	4.9	6.1	7.9	6.8
14	72106 STA ROSA	71-79	8.9	10.0	9.9	9.3	6.5	5.5	5.8	5.7	5.2	5.3	6.7	8.1	7.2
15	72114 PYA PANAMA	77-81	9.7	10.2	9.5	8.8	7.3	5.0	6.7	5.9	5.5	5.6	6.7	8.4	7.4
16	73008 LA MÁRGARITA	79-82*	5.3	5.0	5.2	4.0	4.6	3.9	3.8	4.3	4.5	4.5	3.8	4.5	4.5
17	73010 TURRIALBA	57-80	4.7	5.1	5.2	5.1	4.8	4.2	3.8	4.3	4.5	4.7	4.3	4.2	4.6
18	73013 DIAMANTES	71-84	4.6	4.7	4.7	4.7	4.5	3.4	3.4	4.0	4.1	3.7	3.7	4.3	4.2
19	73017 HDA CACHI	78-82	5.3	5.4	5.9	4.2	5.3	4.2	4.4	4.7	4.5	4.5	4.1	4.4	4.7
20	73025 LAS DELICIAS	6-9-71*	5.6	6.3	5.2	4.9	4.5	4.0	4.0	4.0	4.4	4.6	3.7	4.1	4.6
21	73071 ATIRRO	64-75	3.3	3.9	4.5	4.2	3.6	2.6	2.8	3.6	3.6	3.9	3.1	3.3	3.5
22	73076 AGUA CALIEN	66-74	5.0	5.7	5.9	5.3	4.0	3.2	3.3	3.8	3.7	3.4	3.9	4.4	4.3
23	73078 COLIBLANCO	68-80	4.2	4.5	4.5	4.1	3.2	2.5	2.4	2.9	2.9	2.7	3.0	3.8	3.4
24	73081 V IRAZU'	70-80	7.0	8.0	8.0	6.5	4.6	3.0	3.5	3.9	3.8	3.8	4.5	5.7	5.2
25	73082 COBAL	70-76	4.1	4.9	5.5	5.0	4.8	3.8	3.2	4.0	4.5	4.8	3.8	3.8	4.3
26	73080 C DE LA MUER	72-82	6.6	7.5	7.3	5.7	3.5	3.2	3.5	3.5	3.2	3.3	3.7	6.1	4.8
27	73091 EL CARMEN	74-82	5.6	5.5	5.7	5.4	5.5	4.0	4.0	4.3	5.1	4.9	4.1	4.7	4.9
28	74020 LIBERIA	67-82	9.1	9.9	9.5	8.9	6.2	4.8	5.9	5.6	5.1	5.2	6.3	8.1	7.0
29	76005 CANAS	71-78	8.1	9.1	9.0	8.4	5.6	3.8	4.2	5.2	4.7	4.9	6.1	7.1	6.4
30	76008 TABOGA	71-84	9.2	9.9	9.4	8.5	6.3	5.1	5.5	5.7	5.2	5.3	6.4	8.1	7.0
31	76009 BAGACES	76-84	9.5	9.9	9.9	8.8	7.0	5.1	5.8	5.4	5.4	5.5	7.1	7.3	7.2
32	76034 LA FORTUNA	80-84	8.4	8.7	9.4	8.0	5.2	4.1	4.2	3.6	4.7	4.8	6.2	7.5	6.2
33	77002 LA LOLA	72-82	4.6	5.1	5.3	4.8	5.0	4.0	3.4	3.9	4.6	4.6	3.8	3.8	4.4
34	78003 PUNTARENAS	70-83	8.3	9.0	8.9	8.5	6.6	5.3	5.4	6.2	5.3	5.3	5.9	7.4	6.8
35	79007 BOSTON	78-84	4.1	4.4	4.9	4.4	4.4	3.6	3.8	4.1	4.6	4.1	3.2	3.4	4.1
36	81003 LIMON	69-80	5.1	5.2	5.6	5.8	5.5	4.3	3.7	4.8	4.9	5.4	4.5	4.7	5.0
37	84001 SAN JOSE	56-81	6.6	7.5	7.7	6.8	5.1	3.9	3.8	4.3	4.5	4.3	4.4	5.5	5.4
38	84012 TURRUCARES	73-75*	8.9	8.9	8.2	8.1	5.7	4.0	4.4	4.8	4.1	4.5	5.5	7.5	6.2
39	84021 AEROP J SANT	49-80	8.8	9.5	9.2	8.0	6.0	4.7	4.9	5.3	5.0	5.1	5.7	7.8	6.7
40	84023 F BAUDRIT	61-80	8.7	9.5	8.9	7.8	6.0	4.9	4.8	5.1	4.9	5.0	5.7	7.6	6.6
41	84030 FRAIJANES	80-82*	8.0	8.6	7.7	6.1	4.2	3.1	3.8	3.7	3.4	3.2	4.1	6.4	5.2
42	84059 LA LUISA	78-81*	8.0	7.8	8.2	6.4	4.6	3.1	4.1	4.0	3.8	3.2	3.9	6.2	5.3
43	84074 PAVAS	76-83	8.5	8.7	8.2	6.9	5.5	4.0	4.3	4.7	4.2	4.5	5.1	6.9	6.0
44	84111 STA LUCIA	83-83*	8.5	7.9	9.2	8.3	----	----	4.7	5.7	5.2	4.5	4.7	6.4	6.5
45	87005 BRIBRI	78-81*	5.4	4.5	5.4	3.3	5.1	4.3	4.3	4.5	4.7	4.5	4.0	4.1	4.5
46	88001 PURISCAL	77-79*	7.9	8.5	8.2	5.1	4.1	3.8	4.9	4.9	3.4	2.8	4.8	6.3	5.4
47	90007 DAMAS	83-86*	4.0	7.9	8.3	7.8	4.6	3.4	4.6	4.8	4.7	4.9	4.4	5.7	5.4
48	96001 TINAMASTE	82-84*	5.6	5.5	4.8	4.2	3.1	3.0	3.2	3.2	3.0	2.2	3.5	4.5	3.8
49	98002 PALMAR SUR	74-82	8.5	9.3	8.0	6.5	5.4	4.5	4.9	4.9	4.6	4.5	4.9	7.5	6.1
50	98010 CEDRAL	80-84	5.0	5.2	4.9	3.8	2.8	2.3	2.4	2.5	2.6	2.2	2.7	3.6	3.3
51	98009 REPUNTA	62-80	6.9	7.8	6.4	5.6	4.5	4.1	4.1	4.2	4.1	4.1	4.2	5.4	5.1
52	98022 LA PINERA	67-82	6.9	7.8	6.8	5.5	4.5	3.2	3.7	4.0	3.6	3.8	4.0	5.4	4.9
53	98057 TERRABA	80-84	6.7	6.7	6.0	5.2	3.9	2.9	3.4	3.4	3.6	3.6	4.0	5.2	4.5
54	100012FINCA 12	76-84	5.6	5.2	6.0	6.1	5.7	4.2	4.4	4.7	5.4	5.5	5.0	4.9	5.2
55	100035COTO 47	84-86*	4.4	9.2	8.3	6.1	5.1	3.6	4.2	4.2	4.1	4.0	4.3	7.6	5.4

\* Estación con menos de 5 años de registro.

**TABLA- 3: RADIACION SOLAR GLOBAL: DATOS ORIGINALES DE LOS ACTINOGRAFOS Y ESTIMACIONES ANGSTROM**

loc	num	Estación	cmper	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	prom
1	69509	EL CHATO	A H 78-83	14	16	18	17	17	15	15	16	16	15	13	13	15
2	69514	ARENAL	A H 71-73	16	20	20	19	18	16	15	17	16	15	15	15	17
3	69514	ARENAL	A A 70-76*	12	14	16	16	15	14	14	15	14	13	14	13	14
4	69528	PALMIRA	A H 68-80	17	19	20	20	18	16	16	17	16	15	14	15	17
5	69535	CTRO RURAL	B H 81-81*	17	20	—	15	18	15	15	15	16	14	13	—	16
6	69536	CARIBLANCO	A H 78-82	15	16	18	15	16	14	15	15	16	14	13	14	15
7	69540	LA FORTUNA	B H 78-81*	13	14	14	14	16	14	15	15	15	14	16	11	14
8	69539	UPALA	B H 84-86*	17	18	21	20	16	14	16	16	16	16	14	15	15
9	69539	UPALA	B A 82-84*	13	15	19	19	16	14	14	13	16	13	12	11	15
10	6954	MU.S.CARLOS	B H 7-7*	14	16	18	17	17	16	15	14	15	14	14	13	15
11	69585	NVA TRONADOR	A H 77-83*	17	19	22	21	20	—	17	18	16	16	15	14	18
12	69585	NVA TRONADOR	A A 80-80	12	13	15	18	15	13	13	13	13	15	12	15	14
13	69593	H ALEMANIA	B H 80-82*	16	19	21	21	18	17	15	16	16	15	14	15	17
14	71001	CAROL.TICA	B H 71-75	13	16	18	17	15	14	13	15	15	15	14	13	15
15	71002	LA MOLA	B H 80-84	14	16	17	17	16	15	15	15	16	14	13	12	15
16	72101	NICOYA	B H 71-82	18	20	21	21	18	16	17	18	16	16	16	17	18
17	72101	NICOYA	B A 71-80	18	19	20	20	17	16	17	17	16	16	16	17	17
18	72106	STA ROSA	B H 72-74*	19	21	23	22	18	17	17	18	17	16	17	17	19
19	72106	STA ROSA	B A 71-79*	18	22	22	23	19	16	17	18	16	16	15	18	18
20	72114	PYA PANAMA	B H 77-81*	20	22	22	22	20	15	18	18	17	16	17	18	19
21	72114	PYA PANAMA	B A 77-80*	17	18	20	19	17	15	16	16	16	14	14	15	16
22	73008	LA MARGARITA	A H 79-82*	16	17	18	17	17	16	16	17	17	16	15	14	16
23	73010	TURRIALBA	A H 66-82	15	17	18	18	18	16	16	17	17	17	16	14	17
24	73010	TURRIALBA	A A 57-80	17	18	18	20	20	18	16	18	18	19	16	16	18
25	73013	DIAMANTES	B H 71-79	14	15	16	16	16	14	14	15	15	14	13	13	15
26	73013	DIAMANTES	B A 71-84	12	13	15	14	13	12	12	12	13	11	10	11	12
27	73017	HDA CACHI	A H 78-82*	16	17	19	17	18	16	17	18	17	16	15	14	17
28	73025	LAS DELICIAS	B H 69-71	15	17	17	17	16	15	15	15	16	15	13	13	15
29	73071	ATIRRO	A H 64-75	13	15	17	17	16	14	15	16	16	16	14	13	15
30	73076	AGUA CALIEN	A H 66-74	15	18	19	19	17	15	15	16	16	15	15	14	16
31	73078	COLIBLANCO	A H 68-80	15	16	17	17	15	14	14	15	15	14	14	14	15
32	73081	V IRAZU	A H 70-81	18	18	22	20	17	15	16	16	16	15	15	16	17
33	73081	V IRAZU	A A 70-80	20	22	23	21	17	15	16	17	16	15	15	17	18
34	73082	COBAL	B H 70-76	13	15	17	17	16	15	14	15	16	15	14	13	15
35	73083	C DE LA MUER	A H 72-84	17	19	20	19	16	15	15	16	16	16	15	17	17
36	73083	C DE LA MUER	A A 72-82	16	18	18	17	14	13	14	12	12	11	13	15	14
37	73091	EL CARMEN	B H 74-82	15	16	18	17	17	15	15	16	17	16	14	14	16
38	73091	EL CARMEN	B A 79-82*	13	14	14	14	12	12	14	15	21	16	12	13	14
39	74020	LIBERIA	B H 77-82	19	21	22	22	18	16	18	17	17	16	16	17	18
40	76005	CANAS	B H 71-78	18	20	22	21	17	15	15	17	16	16	16	16	17
41	76008	TABOGA	B H 71-77	19	21	22	21	18	16	17	18	17	16	17	17	18
42	76008	TABOGA	B A 71-84	20	23	24	24	20	19	19	18	18	17	16	18	20
43	76009	BAGACES	B H 75-82	19	21	23	22	19	16	17	17	17	16	17	17	18
44	76009	BAGACES	B A 76-84	14	15	16	16	13	12	12	12	12	11	10	11	13
45	76034	LA FORTUNA	A H 81-84*	20	21	24	23	18	15	15	16	16	15	16	18	18
46	77002	LA LOLA	B H 74-82	18	16	17	17	17	15	14	15	16	15	14	13	16
47	77002	LA LOLA	B A 72-82	8	10	11	10	10	9	9	10	10	9	7	8	9
48	78003	PUNTARENAS	B H 70-82	18	20	22	21	19	17	17	18	17	16	16	17	18
49	78003	PUNTARENAS	B A 70-80	17	19	20	20	17	15	15	16	16	15	14	17	17
50	79007	BOSTON	B H 78-84	13	15	16	16	16	14	15	15	16	15	13	12	15
51	81003	LIMON	B H 70-82	14	16	17	18	17	15	15	16	16	14	14	14	16
52	81003	LIMON	B A 69-80	14	15	16	17	16	14	14	14	15	15	13	12	15
53	84001	SAN JOSE	A H 72-82	17	20	22	21	18	16	16	17	17	16	15	16	18
54	84001	SAN JOSE	A A 56-81	13	15	17	16	14	12	12	13	12	11	11	12	13
55	84012	TURRUCARES	A H 73-75*	20	22	22	22	19	16	17	18	16	16	17	18	19
56	84021	AEROP J SANT	A H 59-80	20	22	24	23	19	18	18	18	17	17	16	17	19
57	84023	F BAUDRIT	A H 63-83	20	22	23	22	19	17	17	18	18	17	17	18	19
58	84023	F BAUDRIT	A A 61-80	20	23	23	22	19	18	17	18	18	16	16	18	19
59	84030	TRAIJANES	A H 76-82	19	21	22	20	17	15	16	16	15	15	15	17	17

**TABLA 3 (continuación ) RADIACION SOLAR GLOBAL:**

loc	núm	Estación	c m per	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	die	pro
60	8403	FRAIJANES	A A 80-82	18	20	19	17	14	12	14	13	12	11	11	14	15
61	8405	LA LUISA	A H 78-81*	19	20	22	20	17	15	16	17	16	15	15	16	17
62	8407	PAVAS	A H 76-83	20	21	22	21	19	16	17	18	16	16	16	17	18
63	8411	STA LUCIA	A H 83-83*	20	20	24	23	—	—	17	19	18	16	15	17	19
64	8700	BRIBRI	B H 78-81*	15	15	17	15	17	15	16	16	16	15	14	13	15
65	8800	PURISCAL	A H 75-78*	19	21	22	18	17	16	18	18	16	14	16	17	18
66	8800	PURISCAL	A A 77-79*	—	—	—	15	—	12	12	12	10	11	11	12	12
67	9000	DAMAS	B H 83-86*	17	18	21	20	16	14	16	17	16	15	14	15	17
68	9000	DAMAS	B A 83-86*	18	22	23	22	18	17	17	16	18	16	15	15	18
69	9600	TINAMASTE	B H 82-84*	16	17	18	17	15	15	15	16	15	13	13	14	15
70	9800	PALMAR SUR	B H 73-84	18	21	20	19	17	16	16	16	16	15	15	17	17
71	9800	PALMAR SUR	A B 74-82	15	18	17	16	15	14	14	15	15	13	13	14	15
72	9801	CEDRAL	B H 80-84	15	16	17	16	15	14	14	15	15	14	14	12	15
73	9800	REPUNTA	B H 62-80	17	19	18	18	16	15	15	16	15	15	14	14	16
74	9801	PROTRERO	B A 80-84	17	18	18	18	17	16	18	18	17	16	17	18	17
75	9802	LA PIÑERA	B H 70-83	17	19	19	18	16	14	15	15	15	14	14	15	16
76	9802	LA PIÑERA	B A 67-80	17	19	18	18	16	15	15	16	15	14	14	15	16
77	9805	TERRABA	B H 80-84	16	17	18	17	15	14	14	15	15	14	14	14	15
78	1000	FINCA 12	B H 76-84	15	17	18	18	17	15	16	16	17	16	15	14	16
79	1000	COTO 47	B H 84-86*	14	21	21	18	17	15	15	15	15	15	14	17	16
80	1000	COTO 47	B A 84-86*	13	15	14	14	12	12	12	11	12	14	15	13	13
81	1006	EXP FCA 05	B A 77-81	16	18	17	17	14	14	14	14	14	13	13	14	15
82	1006	EXP FCA 45	B A 77-81	17	19	18	16	15	15	14	14	14	14	13	16	15
£3	1006	EXP FCA 59	B A 77-81	17	18	18	16	15	14	14	14	15	14	14	15	15
84	100	FINCA 45	B A 80-81*	17	18	17	15	12	13	13	—	14	—	11	13	14

c: correlación con:  
m: medición con:

A- Fabio Baudrit      ó    B- La Piñera  
A- Actinógrafo        ó    H- Heliógrafo



**TABLA 4 RADIACION GLOBAL MEDIA DIARIA EN MJ/M<sup>2</sup> - VALORES CORREGIDOS**

loc	Núm	Estación	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	prom
1	69509	EL CHATO	15	16	19	17	17	15	15	16	16	15	14	13	16
2	69528	PALMIRA	17	19	20	20	18	16	16	17	16	15	14	15	17
3	69514	ARENAL	16	16	19	19	19	18	15	15	17	16	14	14	17
4	69535	CTRO RURAL	17	18	18	15	18	15	15	15	16	14	13	14	16
5	69536	CARIBLANCO	15	16	18	15	16	14	15	15	16	14	13	14	15
6	69540	LA FORTUNA	13	14	15	15	16	14	15	15	15	14	12	11	14
7	69539	UPALA	13	15	19	19	16	14	14	13	16	13	12	11	15
8	69554	MUELLE S CAR	14	16	18	16	17	15	15	14	15	14	13	13	15
9	69585	N TRONADORA	17	19	22	21	20	16	16	17	16	16	15	15	18
10	69593	H ALEMANIA	16	19	21	21	18	17	15	16	16	15	14	15	17
11	71001	CAROL TICA	13	16	18	17	15	14	14	15	15	15	14	13	15
12	71002	LA MOLA	14	16	17	17	16	15	15	15	16	14	13	13	15
13	72101	NICOYA	18	20	21	21	18	16	17	18	16	16	16	17	18
14	72106	STA ROSA	19	22	23	23	19	16	17	18	17	16	17	18	19
15	72114	PYA PANAMA	19	21	22	22	19	16	18	18	17	16	17	18	19
16	73008	LA MARGARITA	16	17	18	17	17	16	16	17	17	16	15	14	16
17	73010	TURRIALBA	15	16	17	17	18	15	15	17	16	16	15	14	16
18	73013	DIAMANTES	14	15	16	16	16	14	14	15	15	14	13	13	15
19	73107	HDA CACHI	15	16	17	17	18	16	15	15	17	16	15	14	16
20	73025	LAS DELICIAS	15	17	17	17	16	15	15	15	16	15	13	13	15
21	73071	ATIRRO	13	15	17	17	16	14	15	16	16	16	14	13	15
22	73076	AGUA CALIEN	15	18	19	19	17	15	15	16	16	15	15	14	16
23	73078	COLIBLANCO	15	16	17	17	15	14	14	15	15	14	14	14	15
24	73081	V IRAZU	20	22	23	21	17	15	16	17	16	15	15	16	18
25	73082	COBAL	13	15	17	17	16	15	14	15	16	15	14	13	15
26	73083	C DE LA MUER	17	19	20	19	16	15	15	16	16	16	15	17	17
27	73091	EL CARMEN	15	16	18	17	17	15	15	16	17	16	14	14	16
28	74020	LIBERIA	19	21	22	22	18	16	18	17	17	16	16	17	18
29	76005	CAÑAS	18	20	22	21	19	15	16	17	16	16	16	16	18
30	76008	TABOGA	19	22	23	22	19	17	18	18	17	16	17	18	19
31	76009	BAGACES	19	21	23	22	19	16	17	17	17	16	17	17	18
32	76034	LA FORTUNA	19	21	23	23	18	15	15	16	16	15	16	18	18
33	77002	LA LOLA	14	16	17	17	17	15	14	15	16	15	14	13	15
34	78003	PUNTARENAS	18	20	22	21	19	17	17	18	17	16	16	17	18
35	79007	BOSTON	13	15	16	16	16	14	15	15	16	15	13	12	15
36	81003	LIMON	14	16	17	17	17	15	15	16	16	16	14	12	15
37	84001	SAN JOSE	17	20	22	21	18	16	16	17	17	16	15	16	18
38	84012	TURRUCARES	20	22	22	22	19	16	17	18	16	16	17	18	19
39	84021	AEROP J SANT	20	22	24	23	19	18	18	18	17	17	16	17	19
40	84023	F BAUDRIT	19	21	22	20	17	15	16	16	16	15	15	17	17
41	84059	LA LUISA	19	20	22	20	18	16	16	17	16	15	15	16	18
43	84074	PAVAS	20	21	22	21	19	16	17	18	16	16	16	17	18
44	84111	STA LUCIA	20	20	24	23	19	17	17	19	18	16	15	17	19
45	87005	BRIBRI	15	15	17	15	17	15	15	16	16	15	14	13	15
46	88001	PURISCAL	19	21	22	20	17	16	18	18	16	14	16	17	18
47	90007	DAMAS	18	22	23	21	18	17	18	19	18	16	15	15	18
48	96001	TINAMASTE	16	17	18	17	15	15	15	16	15	13	13	14	15
49	98002	PALMAR SUR	17	18	17	17	16	15	15	15	15	14	14	14	16
50	98010	CEDRAL	15	16	17	16	15	14	14	15	15	14	14	12	15
51	98009	REPUNTA	17	19	18	18	16	15	15	16	16	16	14	14	16
52	98012	POTRERO GDE	17	18	18	18	17	16	18	18	17	16	17	18	17
53	98002	LA PIÑERA	17	19	18	18	16	15	15	16	15	14	14	15	16
54	98057	TERRABA	16	17	18	17	15	14	14	15	15	14	14	14	15
55	100012	FINCA 12 ,	15	17	18	18	17	15	16	16	17	16	15	14	16
56	100035	COTO 47	17	19	18	18	16	15	15	15	15	14	14	16	16
57	100608	EXP FCA 05	16	18	17	17	14	14	14	14	14	13	13	14	15
58	100609	EXP FCA 4 5	17	19	18	16	15	15	14	14	14	14	13	16	15
59	100610	EXP FCA 59	17	18	18	16	15	14	14	14	15	14	14	15	15

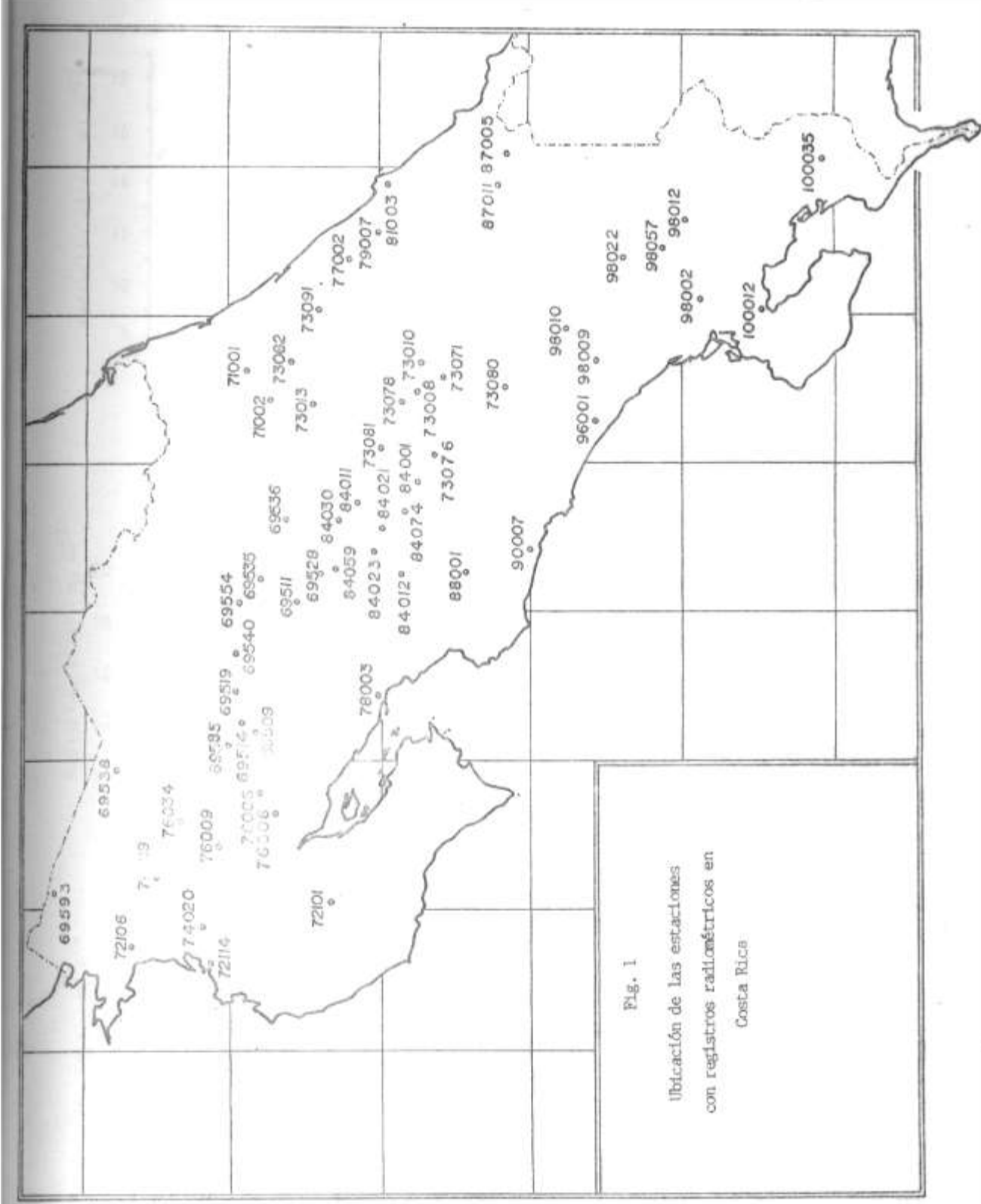
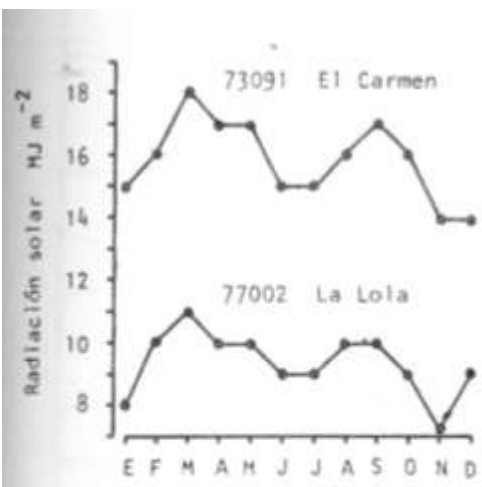
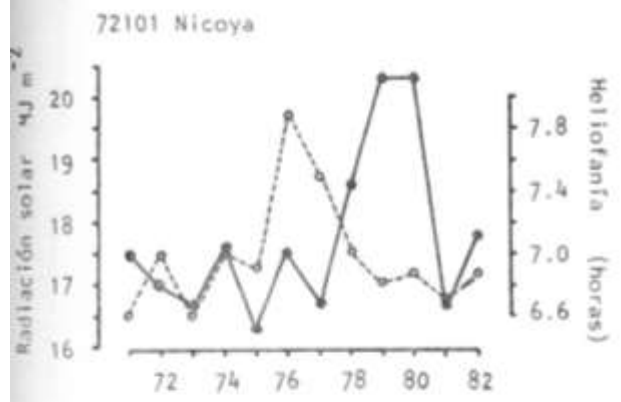


Fig. 1

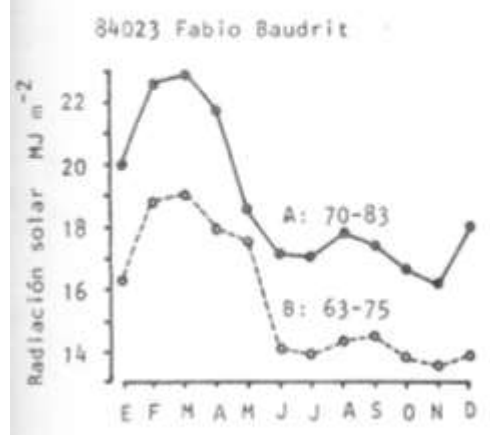
Ubicación de las estaciones  
 con registros radiométricos en  
 Costa Rica



a. Variaciones espaciales muy pronunciadas: El Carmen y La Lola, en una zona climática similar y a menos de 50 km una de otra sobre terreno plano, tienen registros que difieren en aproximadamente 100%.

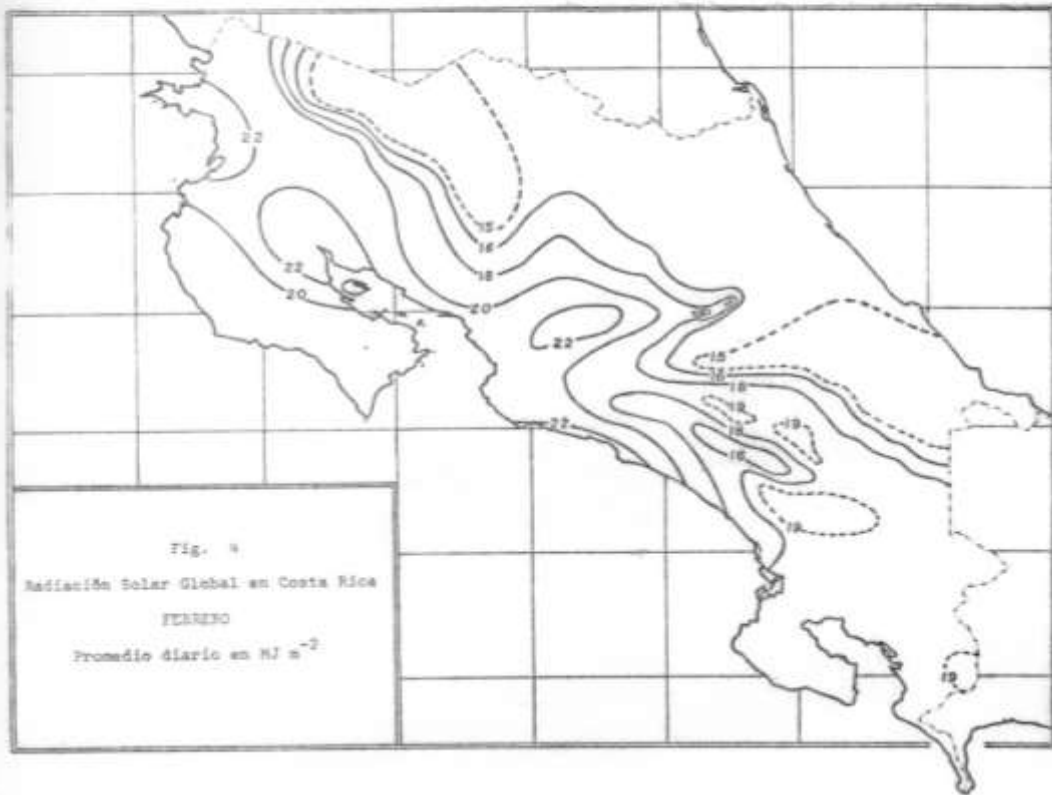
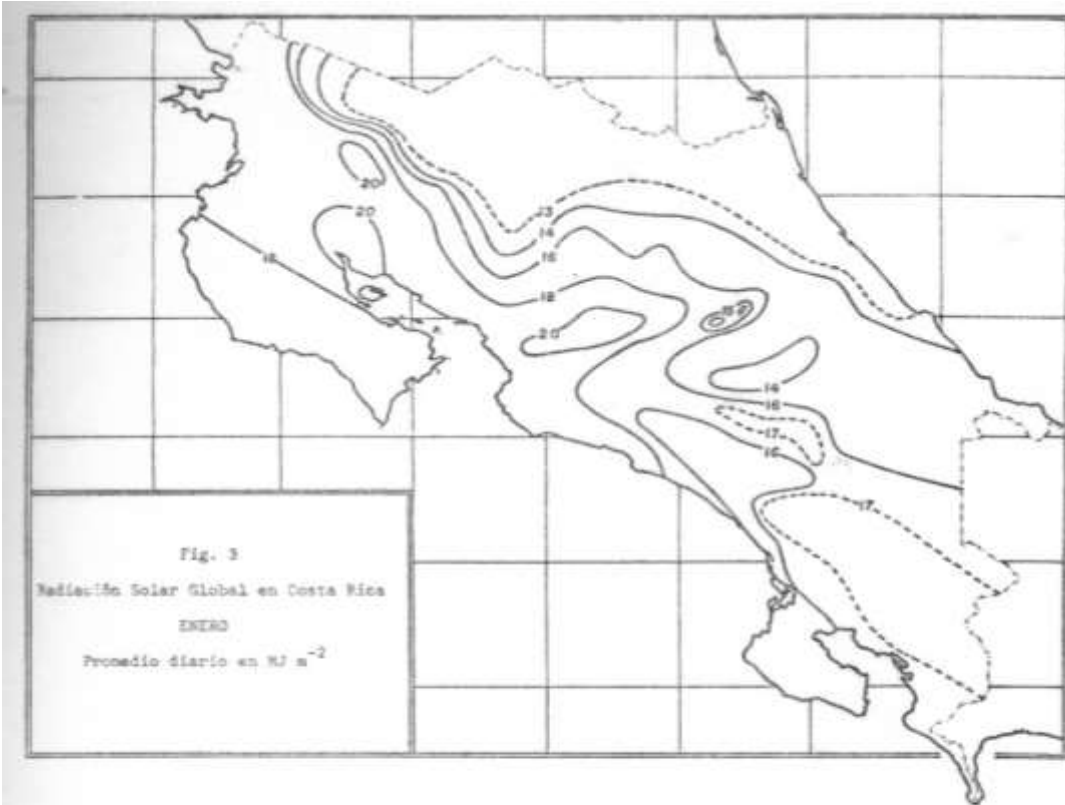


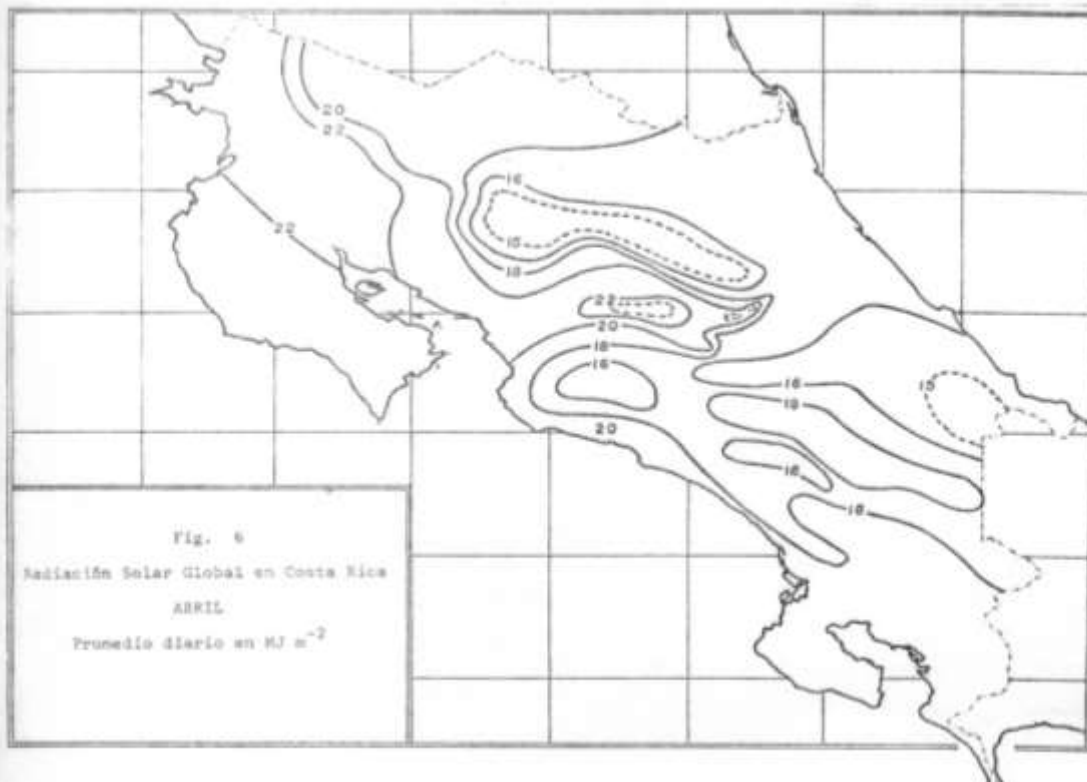
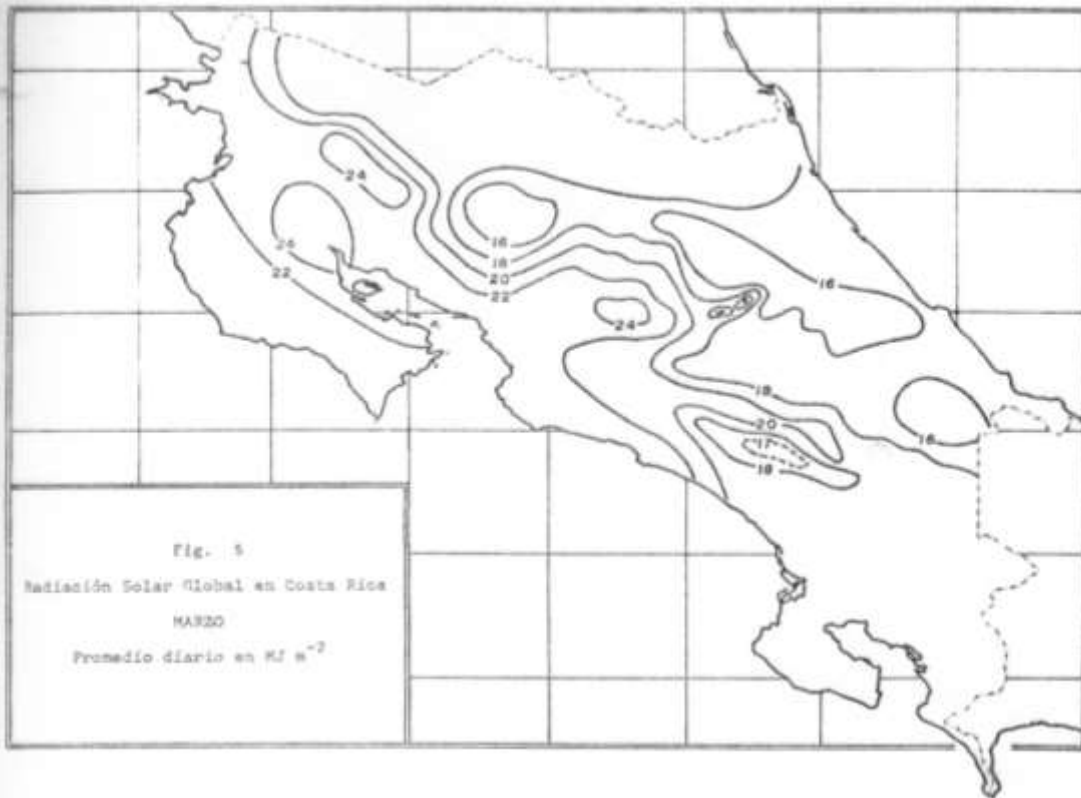
b. Fluctuaciones bruscas: Nicoya presenta un incremento los años 78,79 y 80 con respecto al resto del registro. Los valores de heliofania (línea de trazos), no respaldan ese incremento.

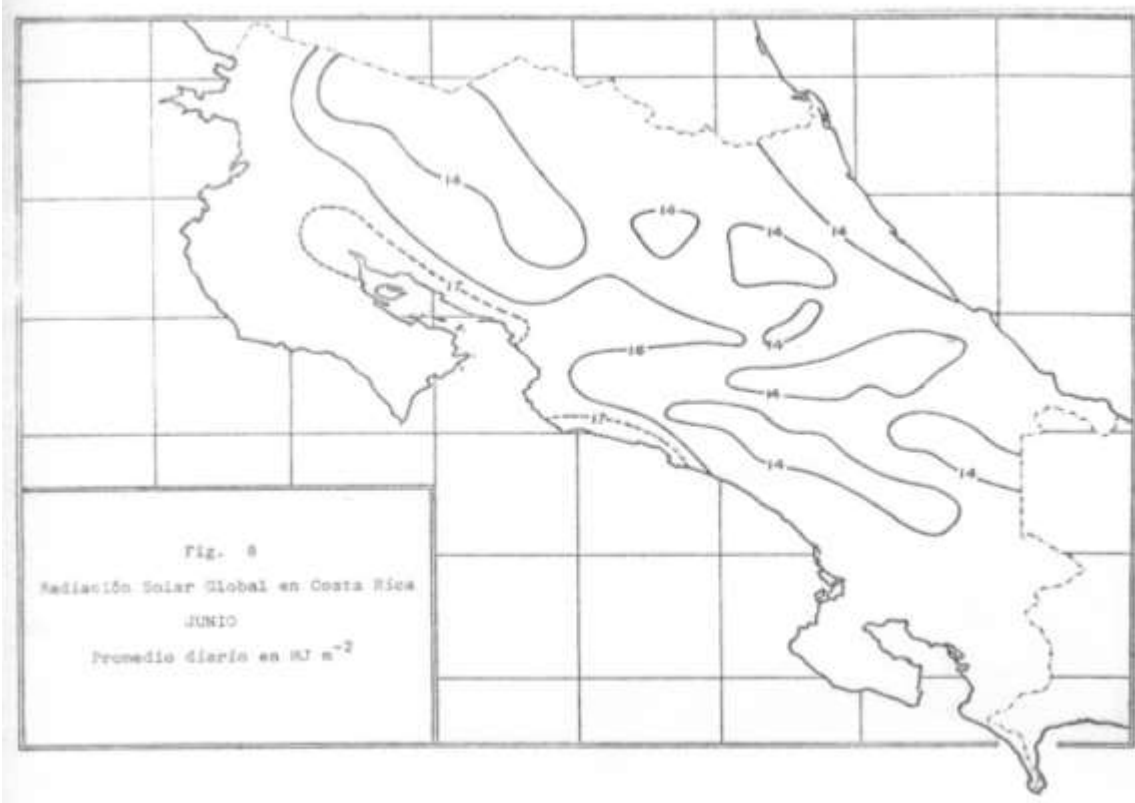
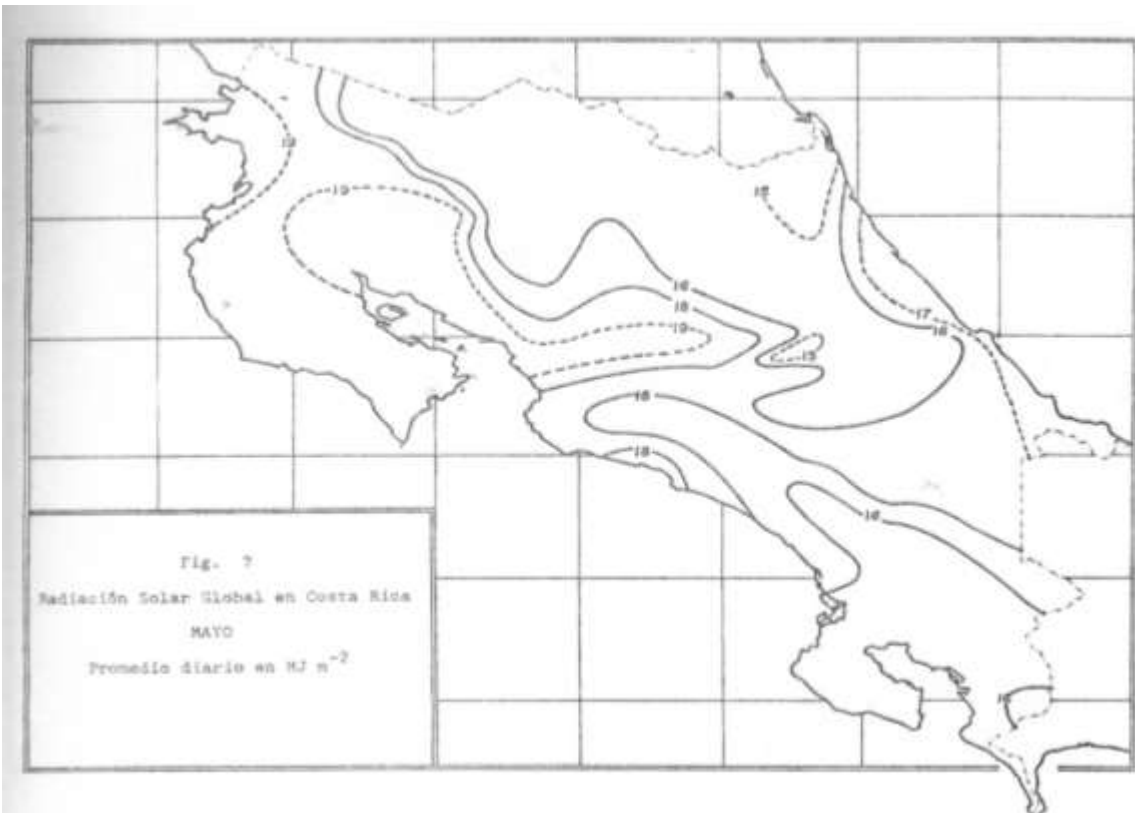


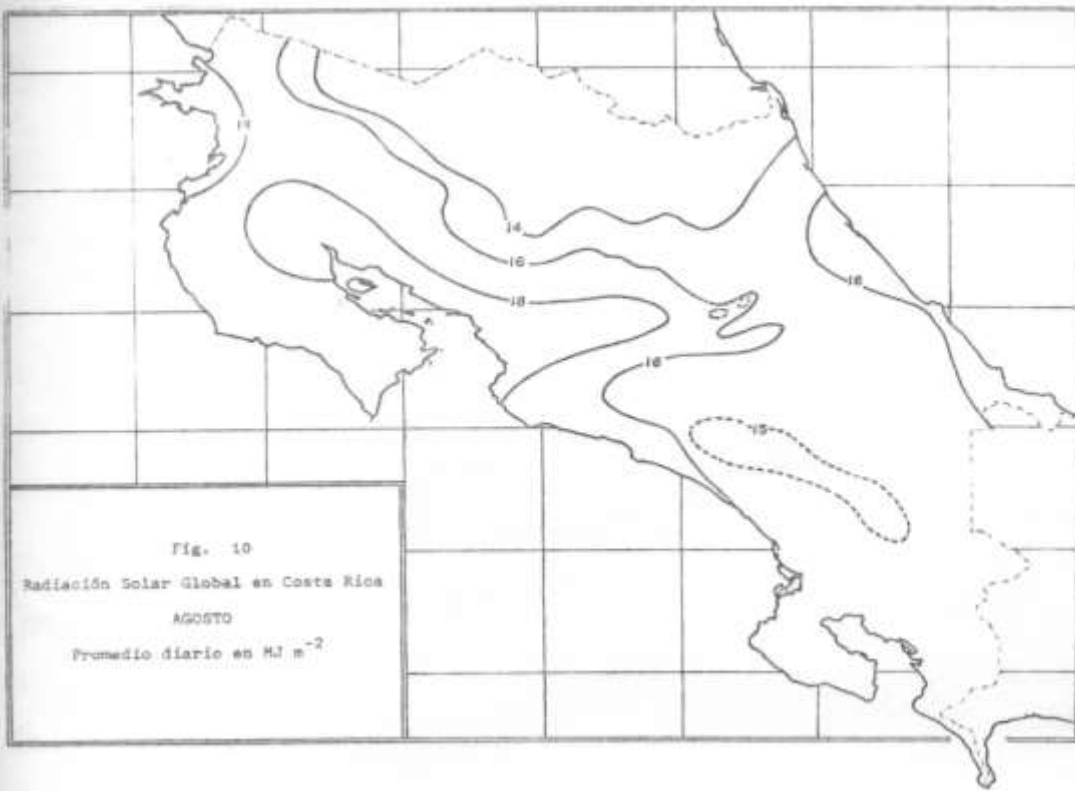
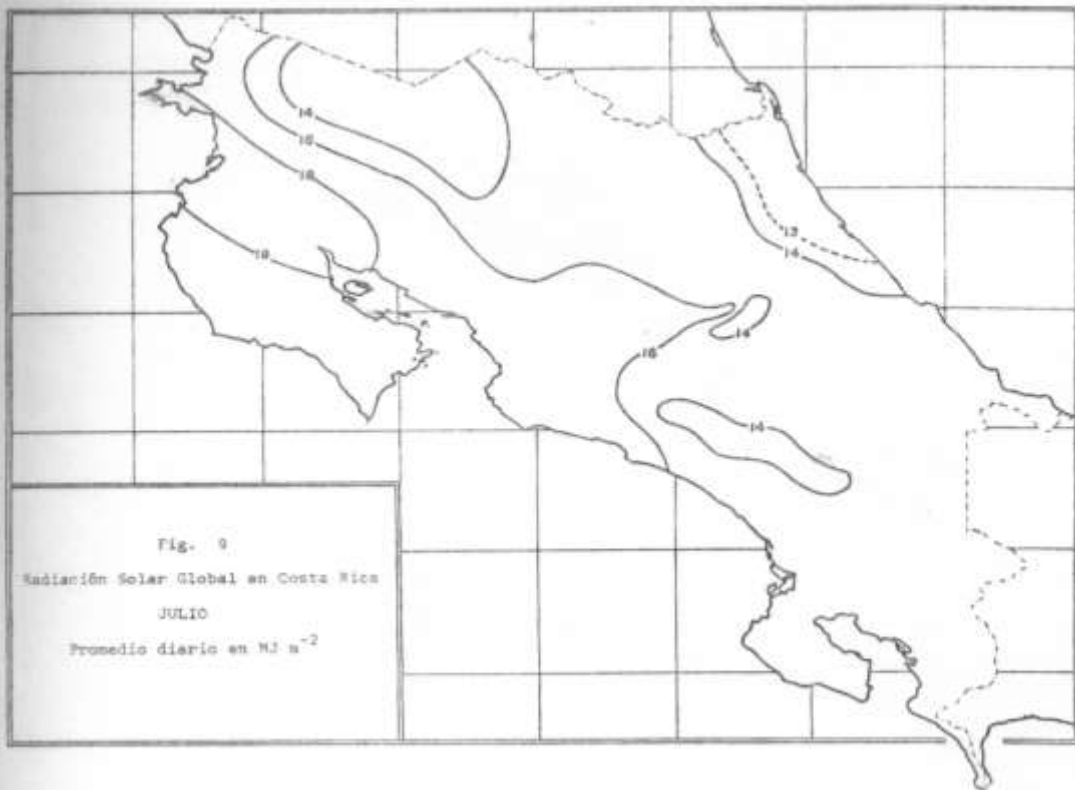
c. Curvas con dos niveles: Las curvas A y B presentan promedios obtenidos en periodos diferentes con actinógrafos diferentes en la Fabio Baudrit.

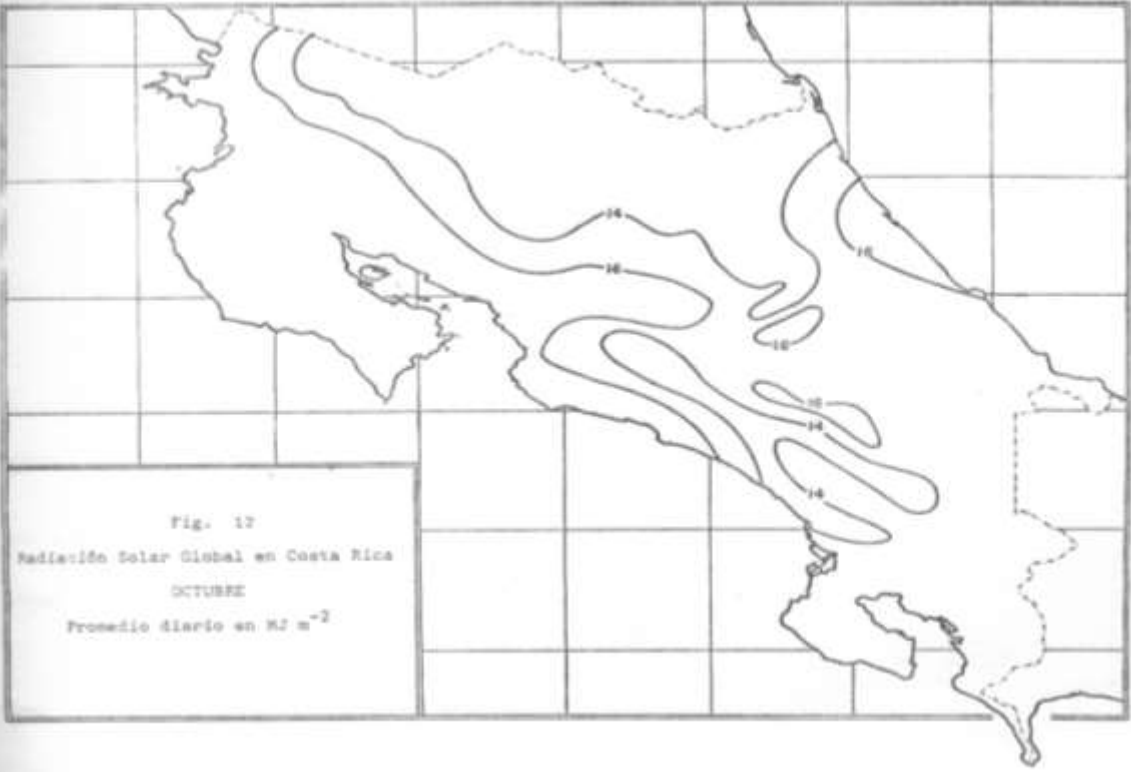
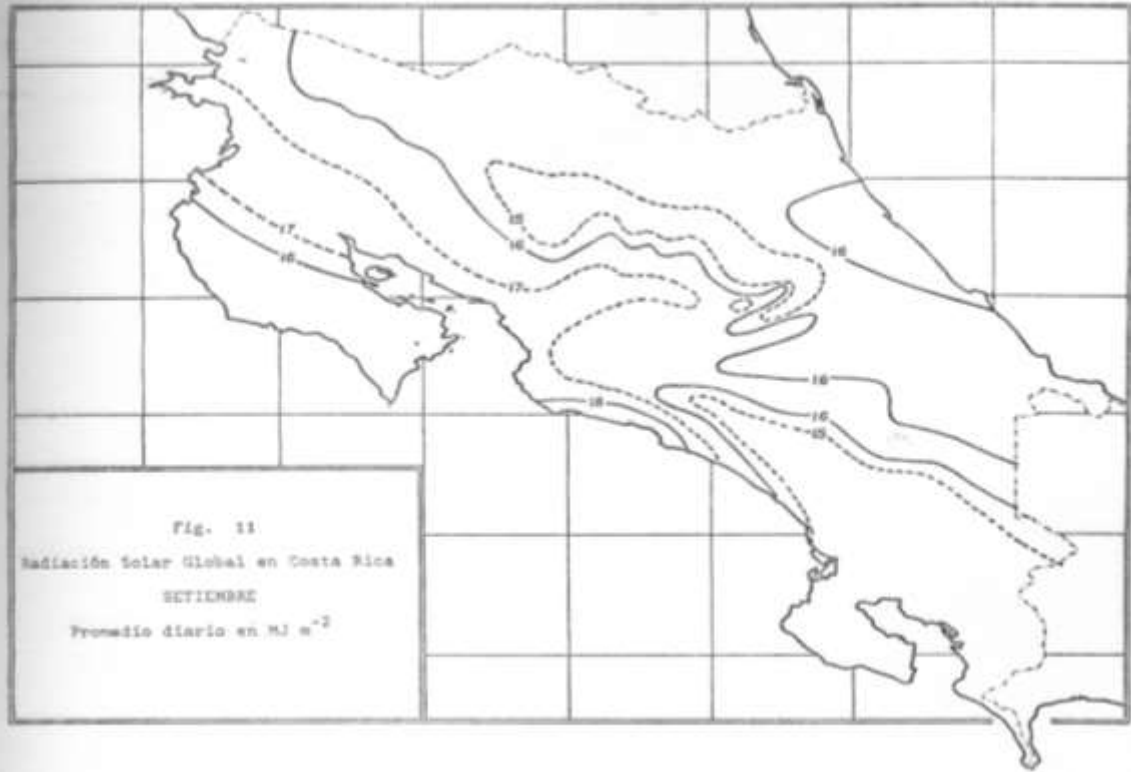
Fig. 2. Ejemplos de irregularidades en los registros de datos.



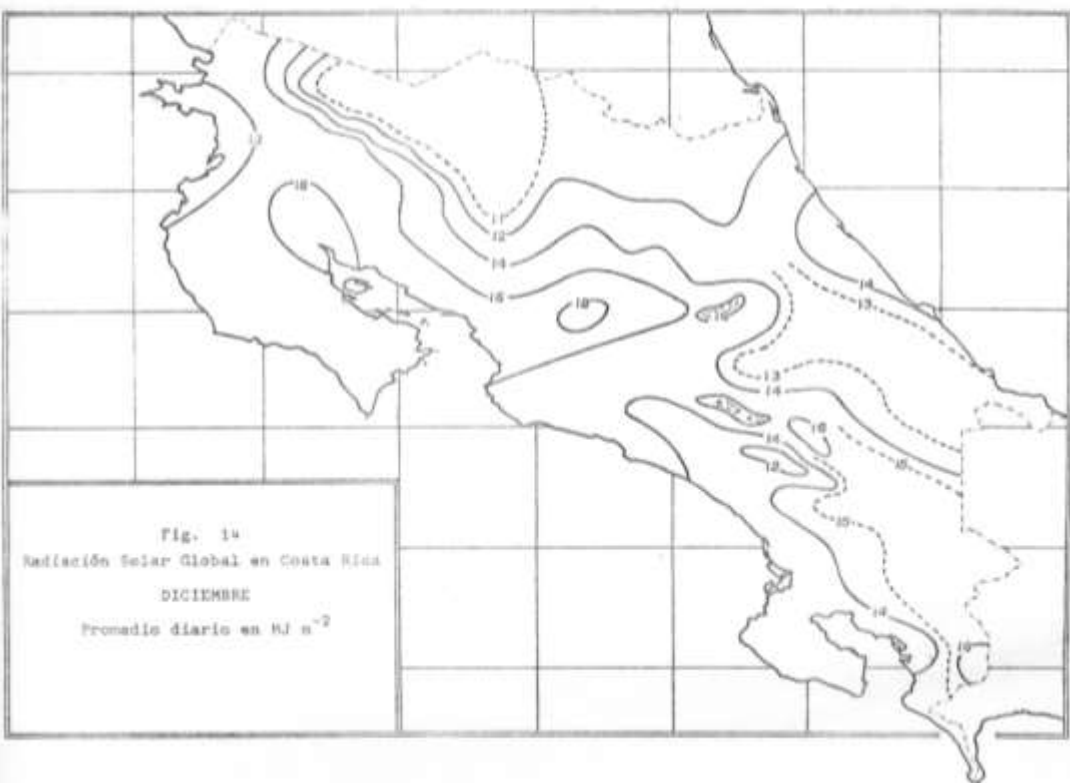
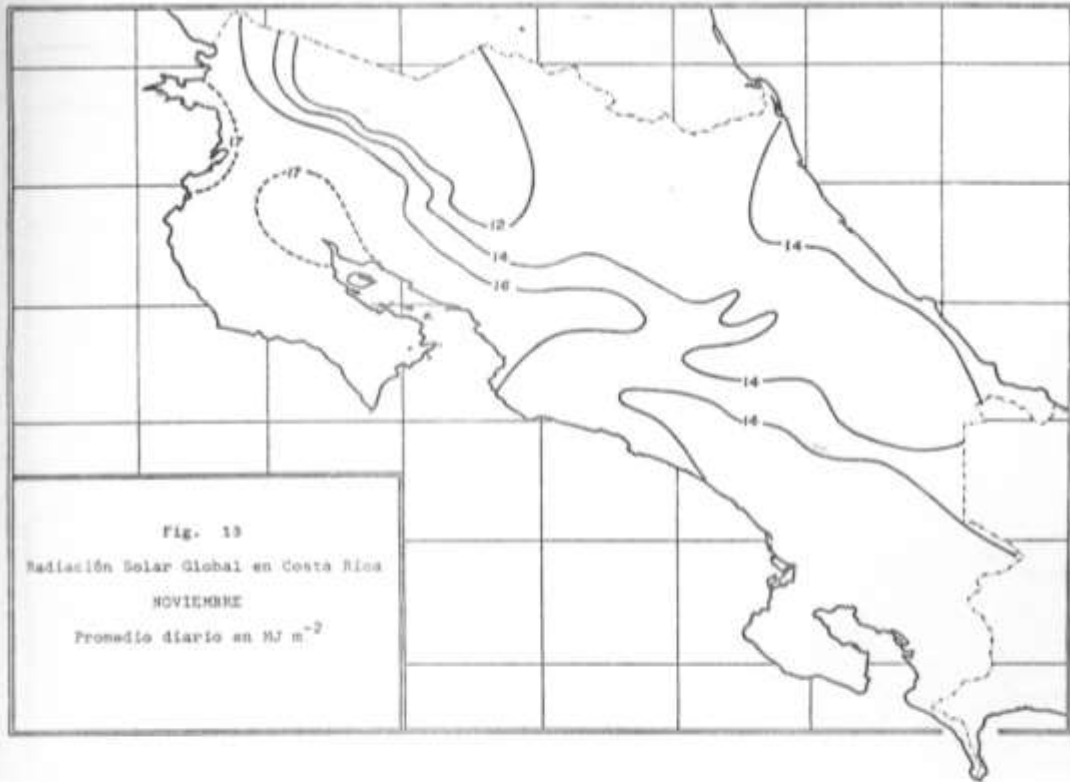












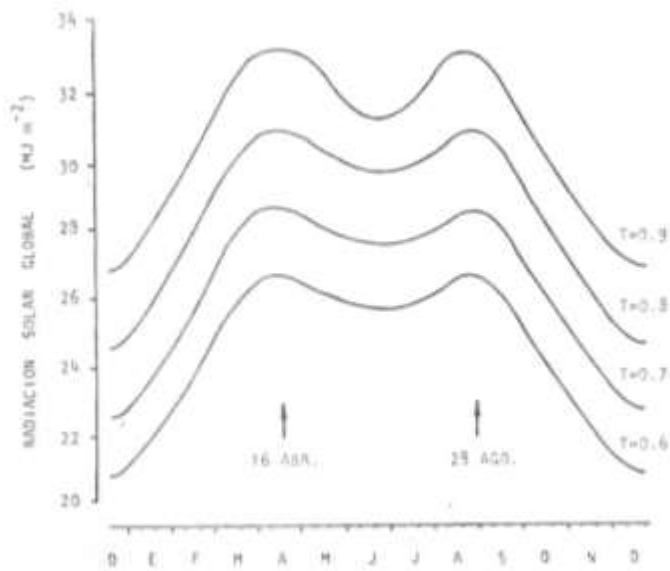
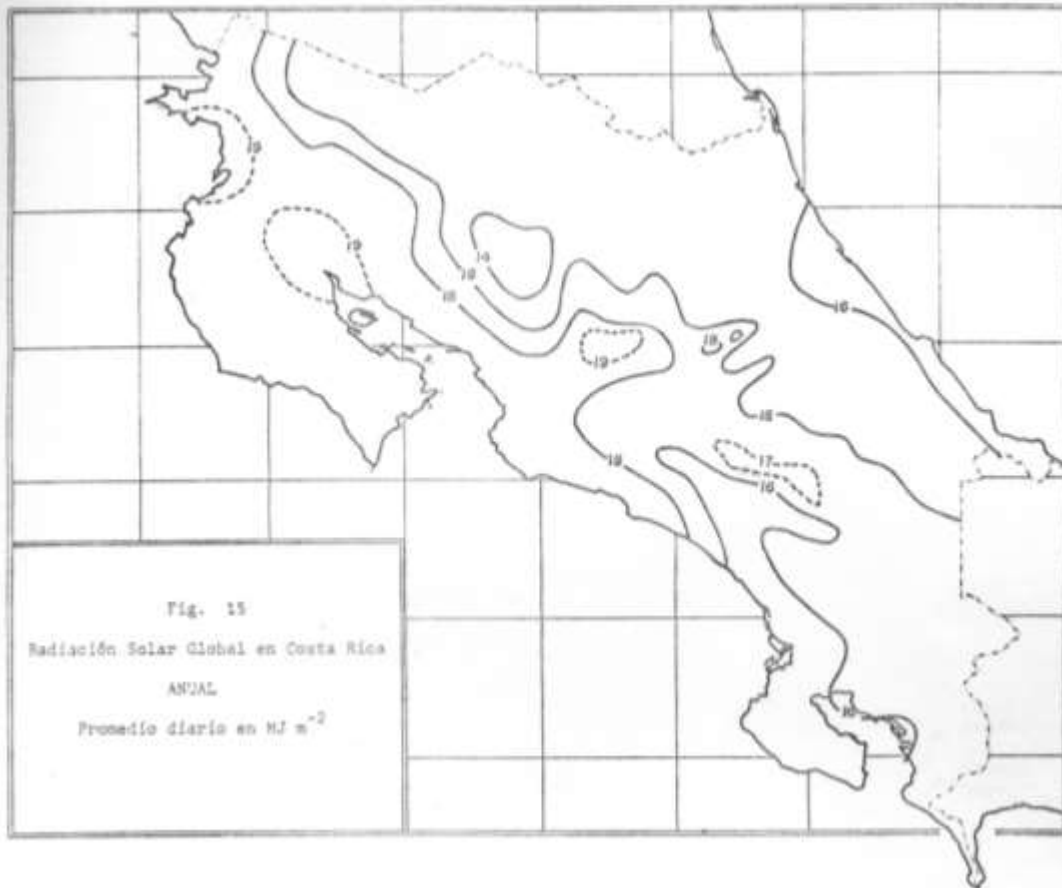


Fig. 16. Radiación solar global que llega al suelo en días sin nubes para diferentes valores de transmisividad atmosférica.

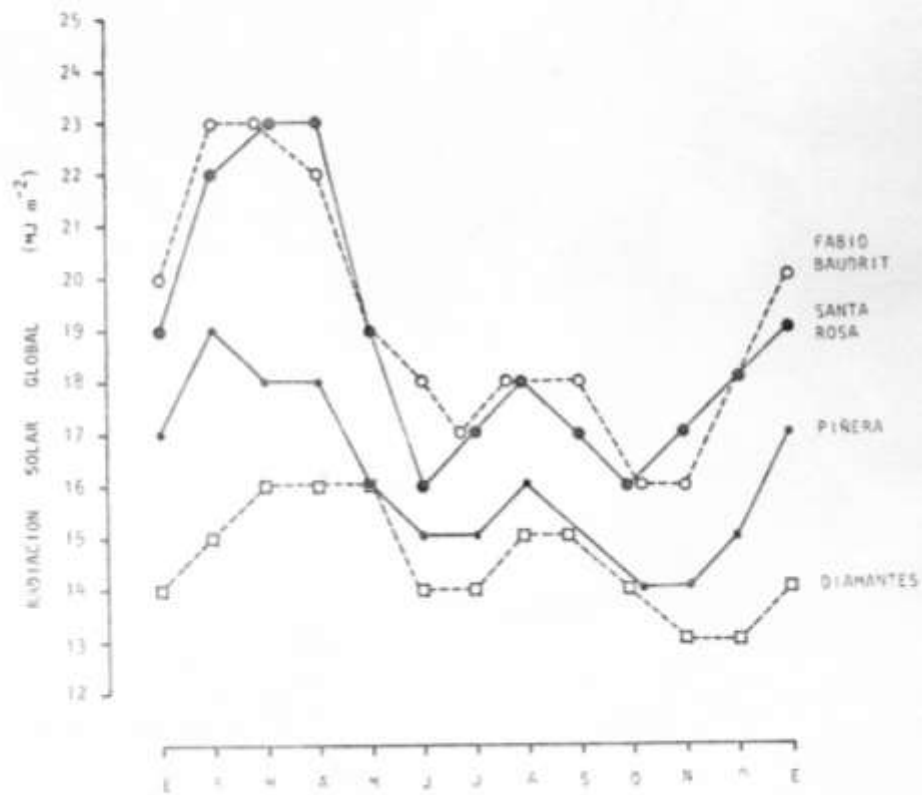


Fig. 17. Radiación solar global en diferentes puntos del país.