

Inf. Edipse 12-11-66 1 bis Inf. Reducido
 Técnico 1 bis Heliograf en 3000 Mc/s. Peralta -1-
 M. Torralba

El presente trabajo informa sobre el registro del eclipse solar
 ocurrido el 12 de noviembre de 1966, visible como eclipse total de
 magnitud 1.007 en una faja que atraviesa el continente sudamericano
 desde Lima hasta el extremo sur del Brasil, pasando en nuestro
 país por Salta, Formosa y Corrientes, y cuyo ancho varió entre 40
 y 85 Km.

La observación del evento se realizó en el aeropuerto de Camba
 Punta, cerca de la ciudad de Corrientes, en el centro de la faja
 de totalidad.

Latitud de Corrientes-----27° 28' 12"
 Longitud " " -----59° 46' W
 Declinación magnética en Corrientes para esa fecha--- 3° 37' W
 Altura del sol a las 9h 30m T.O.L.-----
 Altura del sol a las 12h T.O.L.-----
 Declinación solar, para el 12 de noviembre de 1966----17° 41'
 Diámetro aparente angular del sol-----32' 19"
 " " " de la luna-----32' 32"
 T.O.L. del 1er. contacto óptico----- 9h 33m 29s
 T.O.L. del 2do. contacto óptico-----10h 30m 15s
 T.O.L. del 4to contacto óptico-----12h 15m 26s
 T.O.L.(Tiempo Oficial Local) = T.U. - 3hs.
 Angulo entre la dirección de avance del limbo lunar y
 la dirección N.S. del sol----- N54°

ANTENA

Normalmente la antena y equipo usados en esta ocasión trabajan
 en el campo del Instituto Argentino de Radioastronomía, situado en
 el Parque Parrayra Iruela de la Provincia de Bs.As., Km.40 Camino
 General Belgrano.

Latitud de Parrayra Iruela----- -34° 51,7'
 Longitud " " " ----- 3h 52m 33s

Debido a la diferencia de latitud entre la estación habitual de
 observación y Corrientes, y como el paraboloide fue trasladado con
 su pedestal, fue necesario construir una base de cemento con una
 inclinación de 7° 23' respecto de la horizontal, en la dirección
 N-S.

La antena es parabólica, de 1.80m de diámetro y 0.75 m de distancia focal; está montada ecuatorialmente es decir que se mueve en declinación y ángulo horario. Ambos movimientos se realizaron manualmente desde enero de 1966 hasta octubre del mismo año; para la fecha del eclipse, un mecanismo de seguimiento, usando un motor de 1/16 de H.P., accionaba el movimiento en ángulo horario; mediante distintas reducciones se dispuso de dos velocidades: una rápida para el enfoque, en dirección E W ó W E, y otra lenta para el seguimiento del sol, únicamente en dirección E W.

El error máximo tolerable en el seguimiento se calculó en $\pm 45''$ equivalente a $\pm 11'$; las pruebas de varias horas de registro continuo no revelaron error significativo.

El lóbulo principal de la antena tiene un ancho de potencia media cercano a los 5° , y la zona plana es de $22'$. Los lóbulos secundarios no son apreciables.

Equipo Receptor

La antena tiene en el foco un dipolo con reflector con salida coaxial; sigue un transformador de impedancias de dieléctrico Teflón; luego pasa al mezclador a cristal semiconductor LN21F con un transformador de impedancias que adapta antena y cristal. En éste se mezcla la señal captada con la salida del oscilador local, que trabaja con una Klystron reflex en 2725^{Mc/s}; se obtiene una reproducción de la señal en 30 Mc/s. que es la frecuencia central de sistema de amplificación en F.I. Este se divide en dos etapas; una preamplificación montada sobre la estructura de la antena, en la misma caja que contiene el cristal; de allí pasa al postamplificador, y el nivel de D.C. es amplificado antes de llegar al registrador (Esterline Angus). La constante de tiempo del registrador es de 4 segundos y puede bajarse a 1 segundo. Se agregó un circuito de protección con un timer a fin de poder dejar el equipo funcionando durante varios días y en previsión de cortes en la tensión de línea; el timer retrasa el prendido de ϕB del O.L. y F.I. en unos 4 minutos, tiempo suficiente para que se calienten los filamentos.

Verificación de la linealidad del detector

Se inyectó la salida de un oscilador Hewlett Packard en 30.5 Mc/seg. en la 1era. etapa de F.I.

Se graficaron las salidas del registrador y de F.I. en función de la potencia de la señal, verificándose linealidad entre 0 y 21.10^{-5} mWatts de potencia de entrada.

Régimen del equipo desde enero a septiembre 1966

El sol se observa con regularidad desde enero; el procedimiento usado hasta septiembre fue el siguiente: enfocada la antena en declinación, se movía rápidamente en ángulo horario obteniéndose un registro breve del sol, y se calibraba inmediatamente, tomando como puntos de referencias el registro del cielo, que a esa frecuencia corresponde a una temperatura de antena de 10°K , y el registro obtenido colocando una resistencia patrón de 50 en lugar de la antena, a la temperatura ambiente leída en un termómetro de Hg cuyo error de lectura es de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Los registros se leen en una escala de 10 divisiones, con un error de lectura menor de 0.1 división.

Como el detector es lineal, la deflexión del registrador debe variar linealmente con la potencia de entrada y ésta está relacionada a la temperatura de antena.

$$P = K \Delta f \cdot T$$

K = constante de Boltzman

Δf = ancho de banda del receptor, 1 Mc/s.

T = temperatura de antena.

Por lo tanto, $T = AL$, pues la deflexión también es proporcional a la temperatura de antena; A es un parámetro cuyo valor se obtuvo, hasta septiembre, con los puntos ya mencionados, cielo y resistencia.

T_c = temperatura de antena correspondiente al cielo

T_s = " " " " al sol

T_R = " de la resistencia

L_c = deflexión leída con antena apuntando al cielo

L_s = " " " " " " sol

L_R = " " " L_R resistencia

$$A = \frac{T_R - T_c}{L_R - L_c} \quad \text{y} \quad T_s = A L_s$$

Propagación de errores:

$$\Delta T_R = \pm 0.5^{\circ} \text{C}$$

$\Delta L = 0.06$ división

$$\Delta T_c = \pm 1^\circ \text{ K}$$

Usando valores típicos, obtenemos un $A = \pm 2.6$

$$T_s = \Delta(AL_s) = |L_s \Delta A| + |A \Delta L_s| < 20^\circ \text{ K}$$

Para una temperatura de antena del sol de un día medio del año 1966, unos 450° K , este T_s supone un error porcentual menor que 4.5 %.

Cabe notar que el ancho de potencia media del haz es de unos 5° , y el sol tiene un diámetro aparente de $32'19''$; cuando la antena lo enfoca, incluye también importantes contribuciones del cielo; por eso a la deflexión obtenida se le resta la debida al cielo, y este valor de L_s es el que se usa en el cálculo de T_s .

El parámetro A varía en el tiempo como consecuencia de inestabilidades en la ganancia; por ese motivo todo registro hecho del sol tiene una calibración cercana.

También hay que tener en cuenta la posibilidad de otras contribuciones, como la radiación de tierra, importante para un ángulo horario mayor que ± 3 horas a partir del mediodía.

Valores diarios de temperatura de antena desde enero de 1966

Estos datos son el promedio de dos, tres o cuatro observaciones diarias de pasajes de sol. En los gráficos se comparan las curvas diarias de T_a obtenidas, con los números de manchas solares diarios, R_z , sacados del boletín del C.R.F.L.; se observa una correlación aceptable; se ratifica una correlación lineal, que apoya un concepto de un nivel base de radiación en ondas centimétricas sumado a una componente que es proporcional al área activa; extrapolando la recta del diagrama T_a versus área de Ca hasta área nula puede evaluarse el nivel para este período de tiempo en $\sim 340^\circ \text{ K}$.

Asimismo se muestra la comparación de T_a en 2695 Mc/s con los datos de flujo solar en 2800 Mc/s obtenidos en Ottawa; puede apreciarse una correlación lineal con bastante dispersión. Esta dispersión se debe probablemente a que las horas en que se efectuaron las observaciones para obtener el promedio diario no coinciden con las de Ottawa, en cuyos promedios no intervienen las perturbaciones importantes imposibles de iden-

ificiarlas en nuestro caso por no disponer hasta poco antes del eclipse de un mecanismo para el enfoque continuo del sol. Además el número de observaciones diarias no siempre fue el mismo debido a fallas esporádicas en el equipo que no permitieron establecer un horario fijo de observaciones.

Régimen del equipo en días anteriores al 12 de noviembre de 1966,
en Camba Punta

El mecanismo para seguir con la antena el movimiento diurno del sol fue probado por espacio de varias horas con anterioridad al eclipse. En todos los casos, al cabo de tres horas de funcionamiento no se observó desenfoque alguno.

La fuente principal de error en el sistema de relojería es la variación de la frecuencia de la línea, pero esto no afectó la observación del eclipse ya que en tres horas el efecto es completamente despreciable teniendo en cuenta el ancho de la zona plana del diagrama de radiación del dipolo.

Hubo considerables dificultades por la humedad ambiente y las copiosas lluvias del día 11 de noviembre que hicieron peligrar el éxito de la observación; el agua introducida en el dipolo varía enormemente su impedancia, alterando la adaptación entre antena y mezclador; esto se manifestó por una variación grande de corriente de cristal. Se secó cuidadosamente el refion, el dipolo y el reflector, y parte del coaxil, y se rodearon herméticamente con una bolsa de plástico con sales Higrofilas adentro; asimismo se protegieron los conectores. Con estas precauciones, la corriente de cristal se mantuvo, durante la observación, perfectamente invariable en 0.46 mA.

Se usó otro registrador, un Honeywell, potenciométrico, de un canal, con escala más amplia. Los pulsos correspondientes a cada minuto se recibían de un reloj de cuarzo facilitado por el grupo del Observatorio de La Plata bajo la dirección del Dr Feinstein, y eran registrados en un Esterline Angus; a las 0800, 0830, 1200, y 1230 hs T.L. se identificaron los minutos correspondientes a estas horas, que quedaron anotados

y el tiempo de pasaje de 1 cm de papel, 1.3 minutos. Toda esta labor fue necesaria porque no se disponía de un registrador con dos canales.

Inconvenientes en el registrador no permitieron comenzar la observación hasta las 0935 hs, es decir dos minutos después del primer contacto óptico.

Para calibrar en temperaturas de antena la escala del registrador, se usó un tubo de ruido y un acoplador direccional, ambos construidos en el I.A.R. que acoplaban una potencia de unos 46° K. Durante el eclipse se calibró con el tubo de ruido a intervalos regulares de tiempo, con un total de cinco calibraciones; este método sirvió para verificar la estabilidad de la ganancia; además no se perdió información pues el tubo suma un valor constante a la señal recibida del sol.

Deflexiones leídas al acoplar el tubo

| T.L | Deflexión |
|------------|-----------|
| 9h 40.2 m | 15 mm |
| 9h 59.7 m | 15 mm |
| 11h 8.6 m | 17 mm |
| 11h 52.8 m | 15 mm |
| 12h | 14 mm |

Promedio: 15 mm

Máxima variación de ganancia: 13%

Para calibrar se usó una resistencia de 50Ω a la temperatura ambiente, 298° K, y una caja negra construida con cartón, yeso, y negro de humo, a la misma temperatura.

Calibración del tubo

| | Deflexión | Temperatura |
|-------------------|-----------|-----------------|
| Resistencia de 50 | 214 mm | 298° K |
| Caja Negra b | 213 mm | 298° K |
| Tubo | 6 mm | x |
| Cielo | 175 mm | 10° K |

Las deflexiones se midieron desde el 0° K del equipo; se obtuvieron el día 13/11/66, usando iguales valores de corriente de cristal y ga-

nancia en el detector que los correspondientes al día 12.

Podemos suponer una temperatura de antena correspondiente al cielo de unos 10° K, con un error no mayor del 10%; Shklovsky, I.S. "Cosmic Radio Waves". Usando la deflexión correspondiente a la caja obtenemos un coeficiente de 7.6° K/mm. La temperatura del tubo se obtiene multiplicando su deflexión por este coeficiente.

Tubo: 46° K

$T_{\text{receptor}}: 1320^{\circ}$ K

Interpretación de los datos

El eclipse fue observado hasta el final sin interrupciones; a la deflexión obtenida se le restó la debida al cielo y multiplicando por el coeficiente de 7.6° K/mm se construyó la curva del eclipse con puntos cada 0.65 minutos. Hubo pocas interferencias gracias al silencio radio-eléctrico impuesto.

Fuentes de error

1) La línea Norte-Sud en el campo de observación de la antena fue trazada utilizando una brújula, como primera aproximación, y los valores de declinación magnética locales, aportados por el Servicio Meteorológico Nacional; estaba proyectada una determinación más precisa pero lamentablemente los días anteriores al eclipse el cielo estuvo cubierto, por lo cual se hizo posteriormente, constatándose un error de $1^{\circ}42'52''$. Este error influye en el enfoque y su efecto en el registro debe calcularse y eliminarse. Estimamos que este efecto no es muy importante en cuanto a la localización de zonas activas, aunque sí puede serlo en la determinación de la distribución de brillo; damos los siguientes resultados haciendo constar que este error será eliminado en un trabajo posterior.

2) Propagación de errores en el cálculo de T_a .

$T_a = A.L$, donde A es el coeficiente calculado con la caja negra, de 7.6° K/mm. El error es del 12% en la fase de totalidad y un 8% cerca del primero y cuarto contactos.

3) El error proveniente de la variación de la frecuencia de la línea que afecta al mecanismo de relojería que mantiene la antena enfocando al sol, es despreciable en el tiempo que dura el eclipse.

Localización de zonas de emisión incrementada

La curva básica del eclipse fue derivada gráficamente a intervalos de 2 minutos, superponiendo los intervalos de minuto en minuto. El análisis permite reconocer y localizar zonas brillantes en 11 cm, así como estimar su tamaño; en efecto, cuando el limbo lunar cubre una zona muy emisora, la disminución en temperatura de antena es mayor y la derivada ~~apnehtar~~ en valor absoluto, siendo negativa; por otra parte, cuando el limbo descubre zonas brillantes hay un aumento más pronunciado en la temperatura de antena, y esto se traduce en un aumento del valor absoluto de la derivada, esta vez positiva. Estos dos casos ocurren en la primera y segunda mitad del eclipse respectivamente.

Se interpretaron cinco picos en la curva derivada, como otras tantas zonas de emisión incrementada, Z.E.I., numeradas de 1 a 5.

Zona 1: Al intentar verificar el instante central del eclipse en la curva derivada, se observó que ésta cambia de signo aproximadamente un minuto antes de lo previsto; asimismo, pasando a la curva básica, ésta muestra un aumento brusco antes de las 10h 50.4m, que es el momento de iniciación de la totalidad; en la derivada se observa un pico correspondiente a un aumento en temperatura de antena, centrado unos 1.3m posteriores al centro óptico del eclipse. Esto podría deberse al descubrimiento por parte del limbo lunar, de una zona brillante cercana pero externa al disco. La situación está aclarada en el gráfico.

Si esta zona está a lo largo de la prolongación del diámetro paralelo a la dirección de movimiento de la luna, relativo al disco solar, debería confirmarse su existencia con la observación de un pico en la derivada que indique cubrimiento de Z.E.I., aproximadamente un minuto antes del primer contacto. Desgraciadamente el seguimiento del sol comenzó a las 0935 T.L. es decir, dos minutos después del primer contacto. Si la zona no está a lo largo de dicho diámetro, habrá un pico de cubrimiento momentos después del primer contacto, de forma y tamaño parecido al pico nombrado más arriba.

Los instantes de cubrimiento y descubrimiento de esta ZEI son:

$$t_1 : 9h 41.5m$$

$$t_2 : 10h 51.7m$$

A partir de estos valores, con la velocidad del limbo lunar respecto del disco del sol, y el radio óptico del sol, se calcula la posición de la zona; el diámetro paralelo a la dirección de movimiento de la luna divide al disco solar en dos hemisferios, la interpretación no permite decidir en cual de los dos está la zona; por lo tanto queda esa incerteza hasta poder eliminarla por comparación con mapas interferométricos.

A partir del ancho medio del pico y de la velocidad de la luna respecto del disco solar, se estima el tamaño de la zona en $1'$.

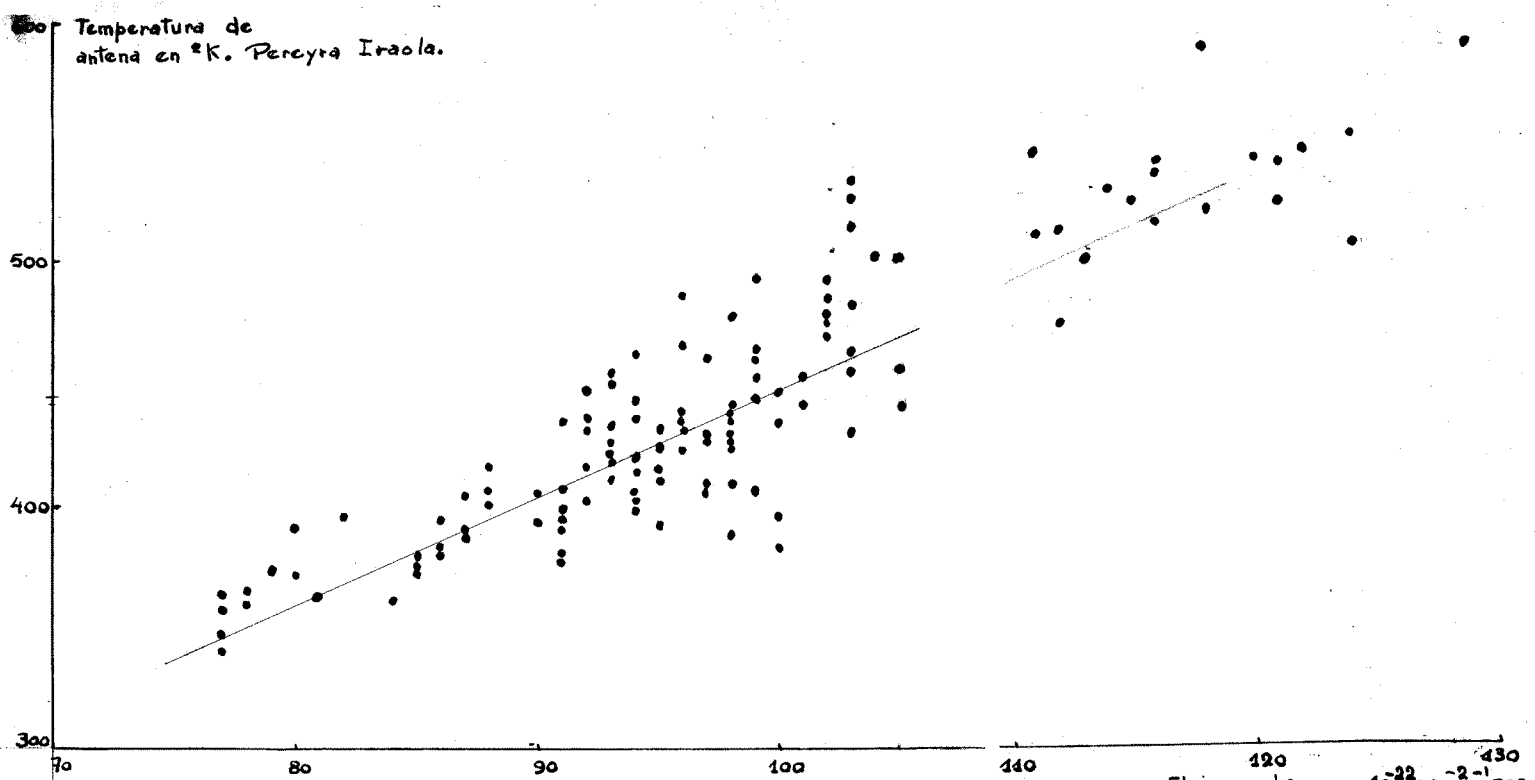
Zona 2: El pico 2 se desdobra en la segunda mitad de la curva derivada. A las 9h 51.2m el limbo comenzó a cubrir simultáneamente dos zonas activas; pasada la totalidad estas zonas son resueltas pues se descubren con una cierta diferencia de tiempo y se ven por separado en la curva derivada. El tamaño calculado para cada una de ellas es de $1.5'$.

Zona 3: El pico 3 es el mayor de todos en intensidad y ancho; se observa a las 10h 15.3m y 11h 35.9m. El diámetro de la zona activa es algo menor de $2'$.

Zona 4: Una cuarta zona brillante se manifiesta por dos picos similares, 4a y 4b, visibles a las 10h 0.3m y 10h 4.1m y a las 11h 17.7m y 11h 21.6m; ambos tienen igual ancho, las fuentes son de $1'$ cada una.

Zona 5: Por último puede apreciarse muy cerca del pico 3, en la derivada, una quinta zona casi no resuelta, cuyo ancho es bastante apreciable; se estima una zona activa de $2'$ o más.

Han sido pedidos mapas ópticos al Instituto Fraunhofer, Alemania, y al Observatorio Federal de Zúrich, Suiza, y un mapa interferométrico en 9.1 cm al Radioastronomy Institute, Stanford University, U.S.A., del día 12 de noviembre de 1966, a fin de poder relacionar las zonas activas en 11 cm con las correspondientes en 9.1 cm y en H_{α} .

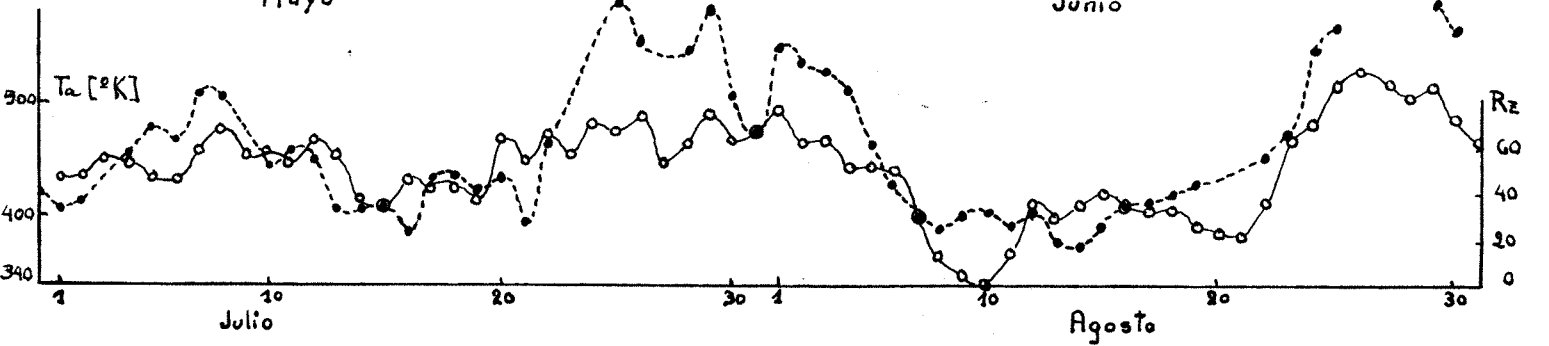
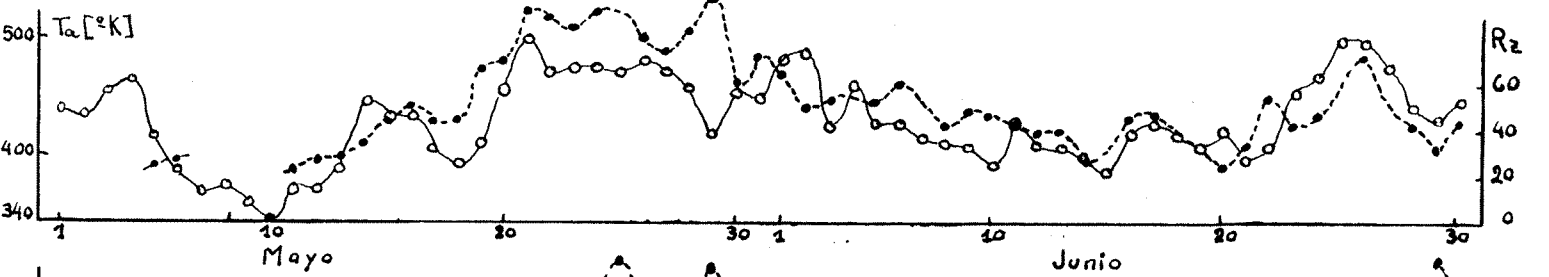
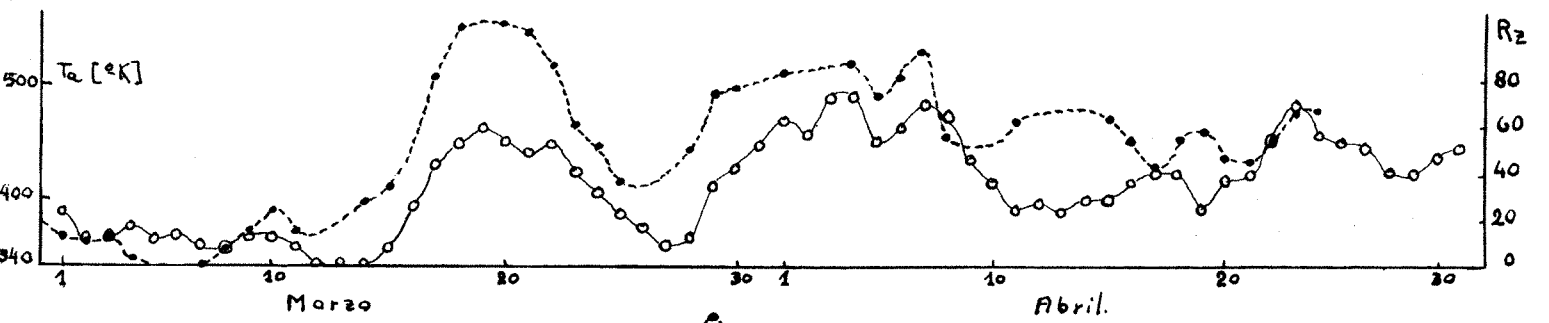
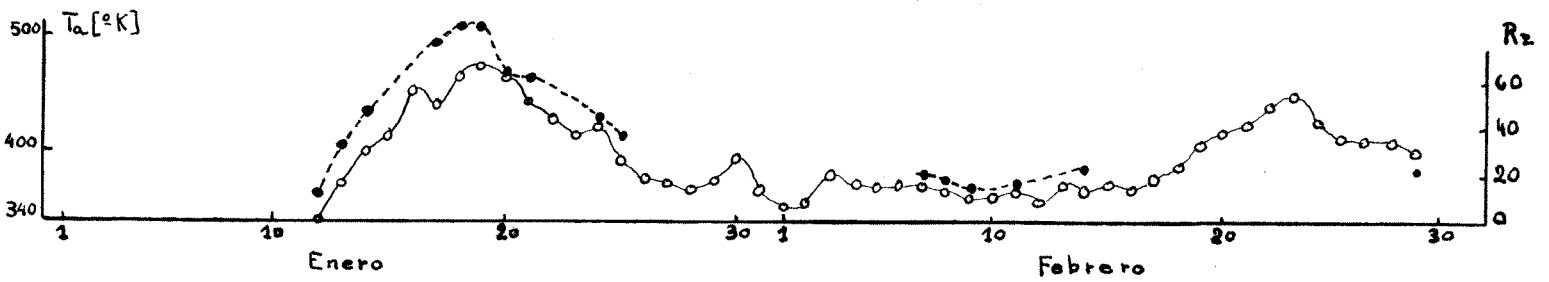


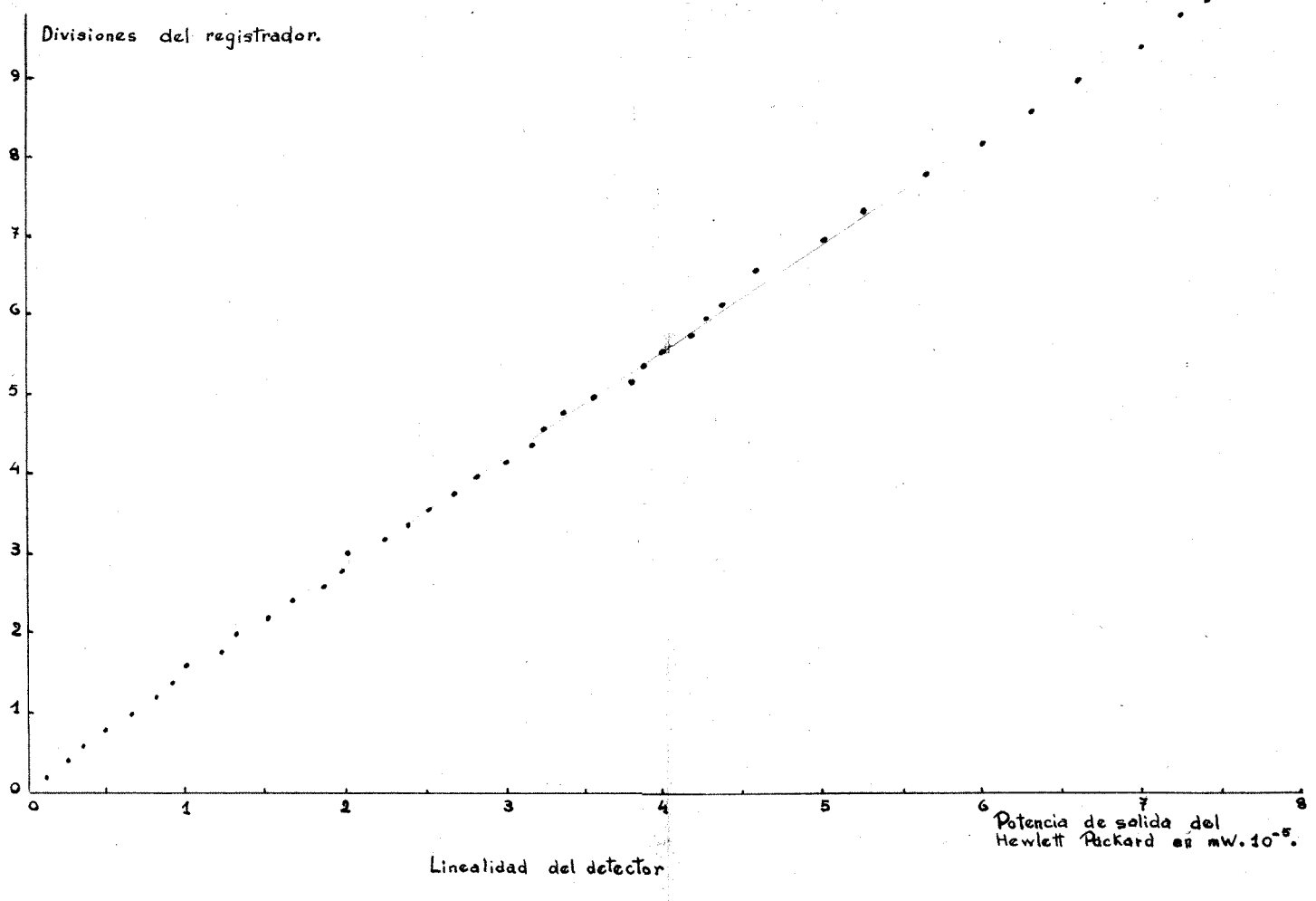
Correlación de datos de flujo solar en 2.800 Mc/seg, obtenidos en Ottawa, con los datos de temperatura de antena sacados en Perceira Iraola, en 2.695 Mc/seg.

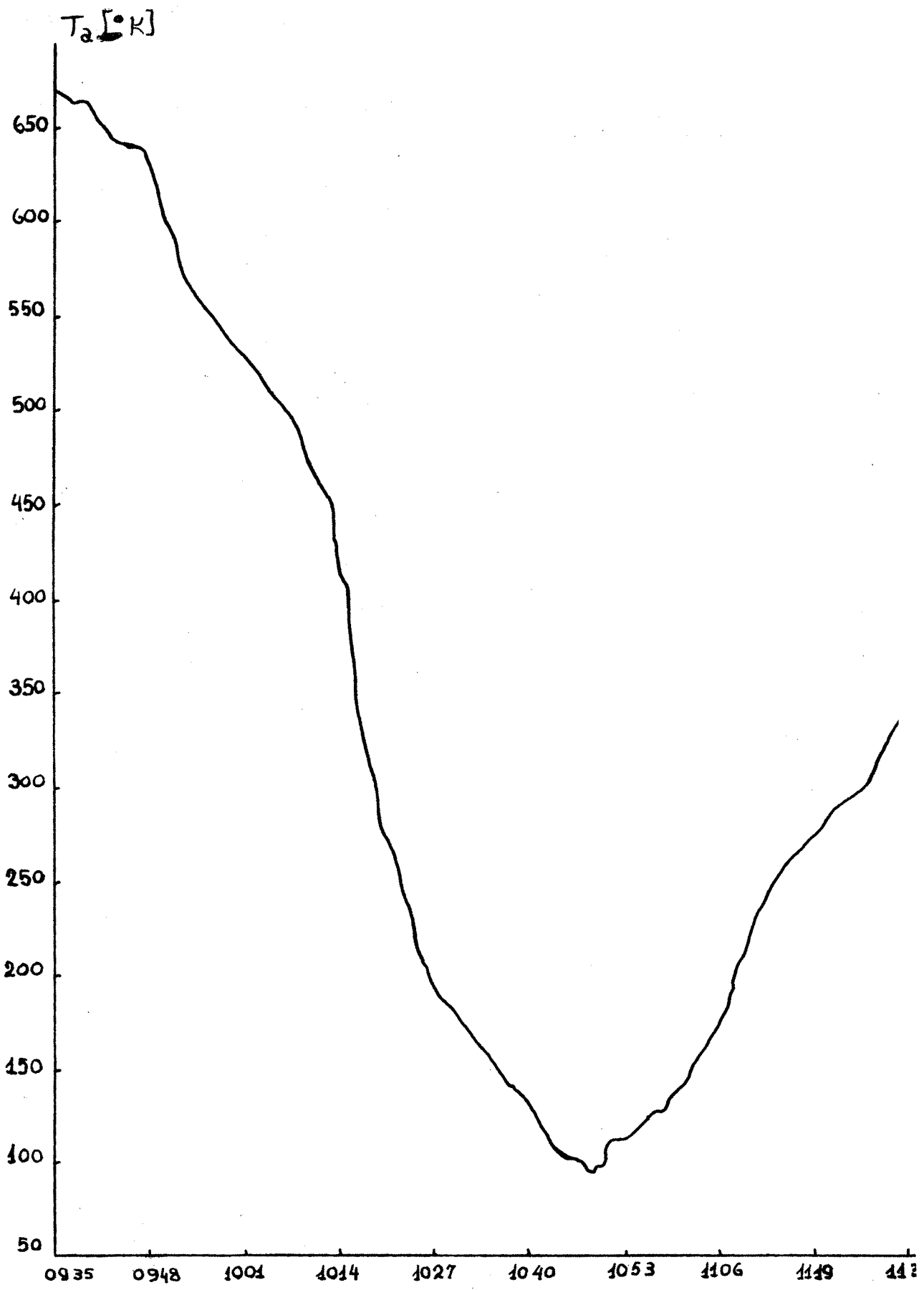
Valores diarios de temperatura de antena

Correlación con valores diarios de R_z .

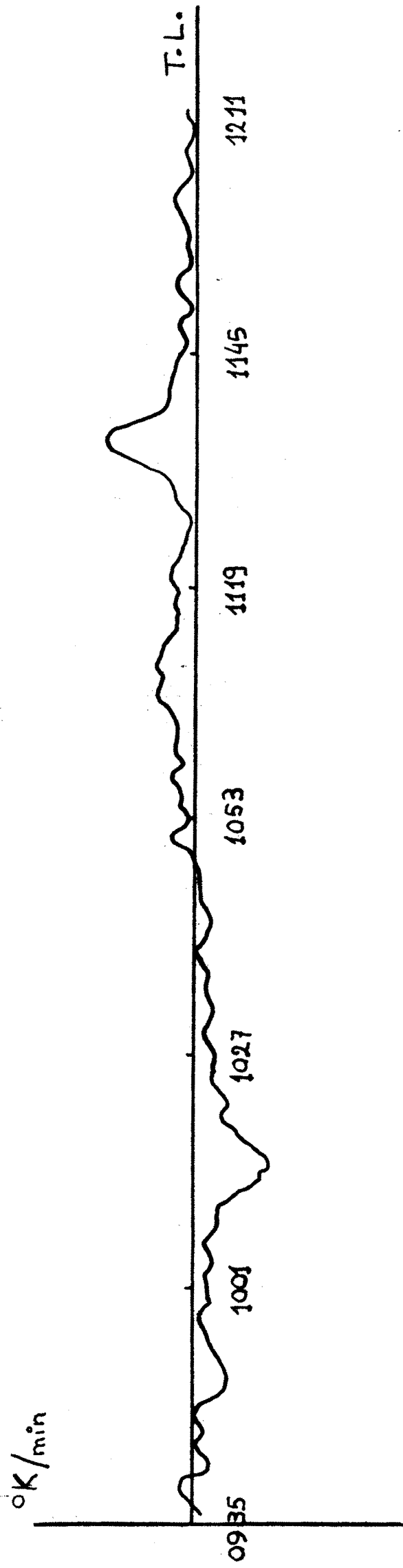
T_a [$^{\circ}$ K]: curva punteada. R_z : curva llena.



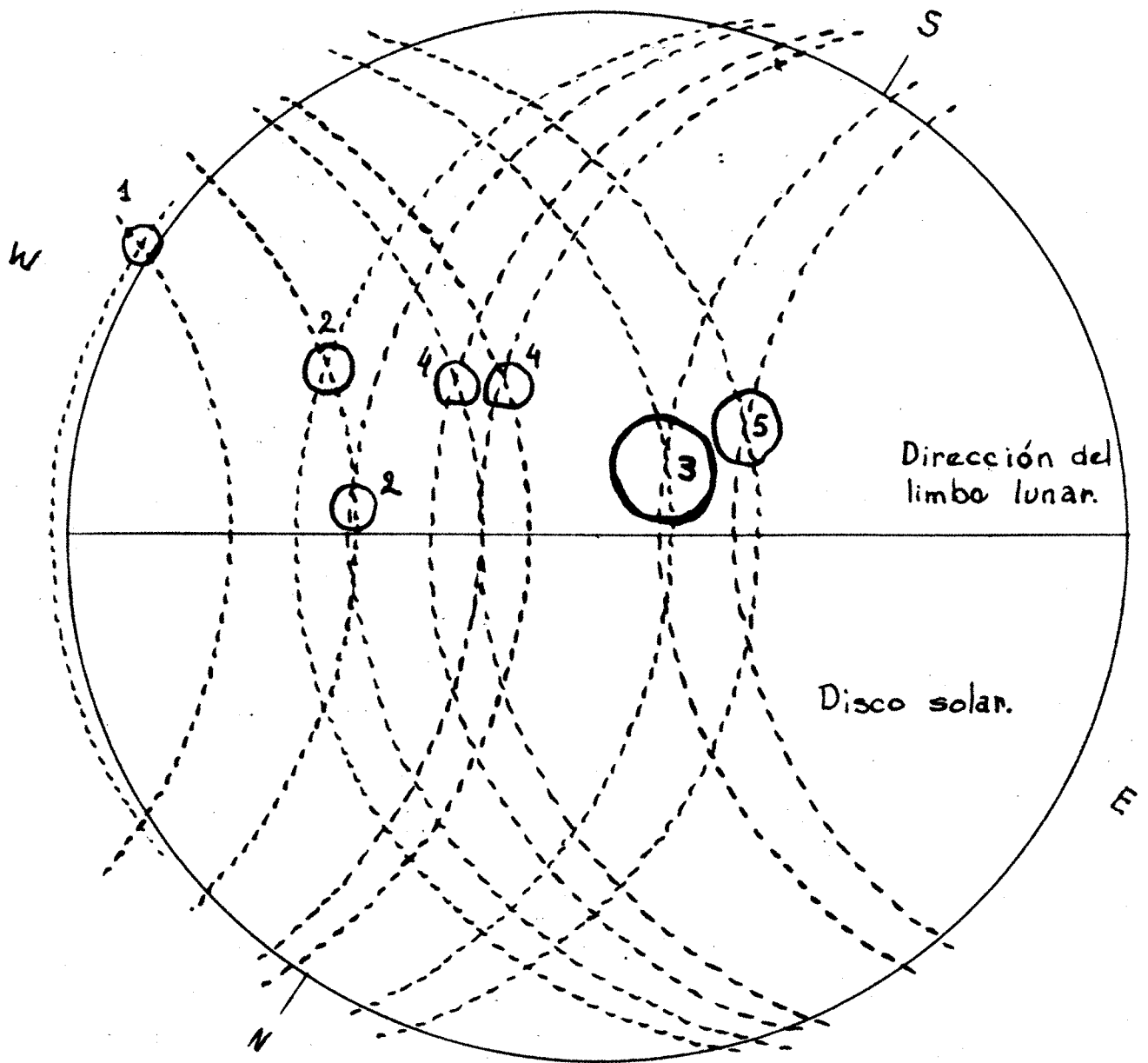




Registro del Eolipse



Derivada de la curva del eclipse



Zonas localizadas de emisión incrementada.
 Las líneas punteadas muestran la posición
 del limbo lunar en los instantes en que
 cubre o descubre una zona localizada
 brillante.