

PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS DE RADIACION  
EN LA PROVINCIA DE CATAMARCA

por

A. Iriarte, E.S. de Buenader, S.B. de Biagi, E. Toledo  
Grupo de Energía Solar  
Departamento de Ciencias Agrarias  
Universidad Nacional de Catamarca  
República 350-Casilla de Correos 189  
4700-Catamarca  
Argentina

RESUMEN

En base a los datos de radiación y de diversas medidas meteorológicas se presenta una imagen de la radiación para Catamarca, condensando las características esenciales. Se efectúan estudios analíticos empleando diferentes métodos y procedimientos, teniendo en cuenta diversos parámetros que nos permiten dimensionar la misma. Se realizan comparaciones tratando de observar desviaciones y establecer si las fluctuaciones son aleatorias o significativas y, en tal caso, indicar las causas que las provocan. Las comparaciones se realizan entre estudios teóricos y experimentales y experimentales entre sí.

En el trabajo se proponen parámetros, expresiones y gráficos para la radiación en Catamarca. Las conclusiones del mismo tienen como objetivo fundamental contribuir con estudios y aplicaciones que tiendan a un mejor aprovechamiento de la Energía Solar en la Provincia de Catamarca.

PROCESSING AND ANALYSIS OF RADIATION DATA IN  
THE PROVINCE OF CATAMARCA

ABSTRACT

Based on radiation data and diverse meteorological measurements a picture of the radiation levels in the province of the Catamarca is presented, showing its essential features being stressed. Analytical studies using several methods and procedures are carried out, taking into account different parameters which allow to quantify the results.

Comparisons are made in order to detect deviations and to establish if these are aleatory or significant; trying in the second case, to indicate their causes. The comparisons are made between theoretical and experimental studies and between experimental studies.

Parameters, expressions and graphs for radiation in Catamarca are proposed. The conclusions arrived at are essentially meant to contribute to better utilization of solar energy in Catamarca.

## 1. INTRODUCCION.

El Grupo de Energía Solar de la Universidad Nacional de Catamarca, inició sus actividades luego de un análisis de necesidades de la comunidad catamarqueña y teniendo en cuenta que esta Universidad nueva puede llegar a subsanarlas / cumpliendo con uno de sus fines fundamentales. Partiendo de esta idea básica el Grupo se propone investigar el modo de lograr el mejor aprovechamiento de la energía solar en la Provincia de Catamarca para mejorar las condiciones de vida y acrecentar el conocimiento y comprensión del medio de que forma parte.

Teniendo como antecedentes principales los esfuerzos sobre el tema realizados en el país, que se encuentran sistematizados por el Programa Nacional de Energía no convencional de la SECYT, se consideró importante ajustarse al mismo siguiendo sus lineamientos y llevando a cabo los diferentes aspectos de su desarrollo.

Este trabajo es el resultado de uno de los objetivos del Programa presentado por este Grupo a la SECYT y // que cuenta con su apoyo.

## 2. UBICACION DE CATAMARCA.

Fijados los fines y objetivos sobre investigación de la Energía Solar y sus aplicaciones en la provincia de Catamarca, surge como necesidad prioritaria el conocimiento directo de los niveles de radiación en el lugar.

La provincia de Catamarca forma parte de la región Noroeste de la República Argentina, que integran cinco provincias: Catamarca, Jujuy, Salta, Santiago del Estero y Tucumán. En total tiene una superficie de poco más de 465000 Km<sup>2</sup>. Vive en ella el 9% de la población del país y ha gastado apenas el 3% de los Kwh utilizado en 1970 en todo el territorio nacional.(1).

La región produce el 90% del azúcar y el hierro nacional, la mitad del tabaco, todo el plomo, el cinc y el estaño del país, el 80% de azufre, así como el 30% del gas y cantidades crecientes de hortalizas, frutas y legumbres.(1).

El NOA posee una extraordinaria complejidad física. Digamos que, en principio, consta de una frontera llana por el oriente y que sus alturas crecen hacia el oeste hasta /

encuadrarse en la meseta puneña con sus rebordes cordilleranos. Dentro de este ámbito abicamos a la provincia de Catamarca entre los 25° y 30° de L.S. y 67° y 72° de L.O. con una superficie de 99818Km<sup>2</sup> y 1.7 de densidad poblacional. Una falda, una cumbre, un filo, una cuesta y un valle, el paisaje se ordena/ría sucesiva y reiteradamente así a lo largo de su itinerario, ubicada Catamarca casi íntegramente en la gran diagonal árida argentina. La altura, posición y orientación de los cordones / montañosos genera una diversidad climática. Entre el húmedo ambiente serrano de los faldeos del Aconquija, el cálido desierto de las Salinas Grandes y el frío de las áridas cumbres cordilleranas, se registra una variada gama de climas locales caracterizados por la escasez y estacionalidad de las precipitaciones.

A grandes rasgos pueden señalarse seis áreas / en las que el marco natural crea fuertes condicionamientos a / la actividad humana y genera paisajes culturales con características similares: los oasis del Ancesti, el valle de Catamarca, la cuenca de Belén, el bolsón de Pimbalá y las montañas / cordilleranas o desierto altoandino; a ellas debemos agregar / el valle de Santa María ubicado dentro de las características de los valles calchaquíes.

En el marco de la configuración espacial descripta los valles y bolsones ubicados entre los 27° y 30° de L.S. soportan en verano temperaturas más altas que otras zonas / situadas bajo el trópico. Día tras día se registran temperaturas de 22°C a primera hora de la mañana, de 35°C a la sombra / al mediodía y de 20°C a la madrugada(2), sin tregua, sin lluvias refrescantes. Recalentado en el fondo de las hondonadas, el aire absorbe hasta la última gota de humedad. En el Valle de Catamarca, la temperatura se mantiene casi constantemente alta, aún en horas de la noche. En los bolsones occidentales, donde el aire es más seco, las noches son más frescas. Durante el / día en cambio, ausente la humedad, el sol resulta calcinante.

El verano es también la estación de las lluvias, se inician en octubre y son mayores entre diciembre y febrero. Los montos anuales son exiguos y disminuyen en general de este a oeste: 530mm en Frías, 369mm en S.P.V. de Catamarca y 70mm en Cerro Negro.

En base a este análisis consideramos que nos / encontramos frente a un campo que ofrece grandes posibilidades para el mejor aprovechamiento de la energía solar que redundar-

ría en mejores condiciones de vida de los habitantes de la Provincia de Catamarca.

### 3. ESTIMACION DE RADIACION GLOBAL.

El primer obstáculo que se presenta para medir y estimar la radiación solar global es la obtención de datos. Catamarca cuenta en este momento con una sola fuente de los mismos la Estación Sumaleo del INTA y carecen de la precisión que es de desear. Sin embargo se trabajó con los mismos con el objeto de tener una primera aproximación y no despreciar la posibilidad de manejar datos concretos sobre el tema.

Recogidos y procesados los datos, se observa que los valores de radiación son mucho más bajos de lo que cabe esperar para el Valle de Catamarca.

Los años de estudio son 1971 a 1978. La figura N°1 muestra el alto número de días con heliofanía mayor o igual al 70% del valor teórico y si a ello agregamos los días comprendidos entre el 50% y 70% tendremos un concepto mejor sobre el número de días claros en el valle de Catamarca. En la figura N° 2 b) el histograma de promedios mensuales de número de días claros para los años 1971/1978 nos da la pauta del bajo número de días nublados. Lo antedicho lleva a la conclusión de que estamos en una localidad donde podemos trabajar sin mayores inconvenientes en el aprovechamiento de la energía solar y que lo contrario sería un verdadero desprecio hacia dicha fuente de energía, no acorde con la época en que vivimos. Podemos afirmar también, por conocimiento de las distintas localidades, que esta conclusión se puede generalizar para toda la Provincia.

Con el objeto de hacer un estudio comparativo obtuvimos los valores teóricos recibidos por día a tope de atmósfera  $Q_0$ , y usamos como referencia para días claros los valores teóricos de radiación  $K_{0T}$  correspondientes a la latitud de  $30^{\circ}$ L.S. según Berland' (3).

Para valores experimentales de radiación de días claros  $K_d$ , adoptamos el criterio de Kurlat y Fernandez, Acta Scientificae N° 19 del Observatorio de Física Cósmica que considera los días con heliofanía relativa mayor al 70% y valores de radiación global  $K_d$  dentro del 5% del valor más alto registrado en cada mes. Los valores de  $K_d$  radiación global que se presentan se obtuvieron promediando los datos de cada mes.

y los promedios para los años para los que se obtuvo registro.

Podemos analizar los datos elaborados en sí. En la figura N°3 podemos observar los promedios mensuales de radiación en días claros en los años 1971/74 y el promedio correspondiente 1971/1978 como referencia. El promedio mensual más alto se registra en el mes de enero del año 1971: 773 Cal/cm<sup>2</sup>día y en diciembre del mismo año 789 Cal/cm<sup>2</sup>día. En la figura N°4 observamos los promedios de radiación en días claros para los años 1975/78 y la curva promedio correspondiente. Un punto crítico destacable es el del mes de julio de 1978 que registra un mínimo 343 Cal/cm<sup>2</sup>día. Lo importante es que la curva promedio presenta las características de la curva teórica.

Si observamos la figura N° 5, ella nos presenta las siguientes curvas : las de radiación global  $Q_0$  a tope de atmósfera, de radiación de días claros teórica  $K_0$ , de radiación de días claros experimental  $K_1$  y la de radiación global experimental  $K_2$ . Todas ellas de valores promedios mensuales. Para días claros podemos destacar que la curva experimental de días claros para Catamarca registre valores más altos que la curva teórica en los meses de junio y julio. Es de recordar en este momento que las figuras N°1 y N°2 muestran el alto número de días claros en invierno para Catamarca que justificaría la anotación anterior. Ocorre lo contrario en Pilar (4) , provincia de Córdoba, a una latitud próxima, localidad en la que la curva presente un mínimo en el mes de junio muy por debajo del valor de la curva teórica, que obedecería al mayor número de días nublados y lluviosos que se registra en ella. En localidades de la Provincia de Salta (5) zona de valles calchaquíes se obtuvieron valores como 693 Cal/cm<sup>2</sup>día para el mes de enero y 359; 373 Cal/cm<sup>2</sup> día para los meses de junio y julio que son cercanos a los obtenidos en Catamarca en este trabajo. Las comparaciones y anotaciones efectuadas nos llevan a considerar que los valores determinados, dentro de los márgenes de error previstos son coherentes.

En la figura N°6 observamos la curva de promedios mensuales de radiación global incidente en superficie horizontal para los años 1971/1978. Ella registra un mínimo en el mes de junio 260 Cal/cm<sup>2</sup>día y los valores más/

altos, 616; 666 Cal/cm<sup>2</sup> día en los meses de noviembre y diciembre en tanto que descienden en enero y febrero. Esto se explica por cuanto, además de registrarse naturalmente en diciembre la mayor radiación global, enero y febrero son los meses de lluvias de verano en Catamarca. Comparada con la curva de Pilar, provincia de Córdoba (4) noviembre y diciembre ofrecen una depresión (540; 570 Cal/cm<sup>2</sup> día) con respecto a enero y febrero (610-570 Cal/cm<sup>2</sup> día). En la localidad de Salta se registraron (5) los siguientes valores: para noviembre y diciembre 548; 539 Cal/cm<sup>2</sup> día y para enero y febrero 534; 411 Cal/cm<sup>2</sup> día.

En las figuras siguientes N° 6 y N° 7 observamos las variaciones de los promedios mensuales de radiación global incidente  $K_d$  para los años de estudio 1971/1978 y como referencia la curva teórica de días claros (3). Indudablemente el año que más variaciones presenta es el de 1974, en tanto que los restantes ofrecen una cierta similitud.

A efectos de considerar la correlación con heliofanía se utilizaron valores de  $K_d/Q_0$ , radiación global relativa y de heliofanía relativa. El ajuste puede observarse en la figura N° 8. La ecuación de la recta es:

$$\frac{K_d}{Q_0} = 0.32 + 0.41 \frac{n}{n_0} \quad r = 0.69$$

El ajuste se encuentra dentro de los valores  $+3\sigma$ ,  $-3\sigma$  admitidos por los métodos de inferencia estadística.

Ajustamos también para días claros y con un factor de correlación 0,67 obtenemos la recta de ajuste:

$$\frac{K_{d_2}}{Q_0} = 0.64 + 0.43 \frac{n}{n_0} \quad r = 0.67$$

que se muestra en la figura N° 9.

En la figura N° 10 se muestra el ajuste lineal entre transmitencia  $K/K_0$  con heliofanía relativa. Como era de esperarse el ajuste mejora notablemente, obtenemos la recta:

$$\frac{K}{K_0} = 0.39 + 0.42 \frac{n}{n_0} \quad r = 0.80$$

El factor de correlación  $r=0,80$  nos da el orden de la fuerte correlación existente.

#### 4. AGRADECIMIENTOS:

Los Autores agradecen a las siguientes personas e instituciones que colaboraron en la realización de este trabajo:

- INTA- Estación Sumalao-Catamarca.
- Ing. Dardenelli- Estación Sumalao de INTA -Catamarca-
- Secretario de Estado de Ciencias y Técnica- Programa de Energía No Convencional.
- Dr. Luis Saravia -G.E.S.-UNSa.- por las sugerencias y apoyo brindados .

FIGURA Nº 1

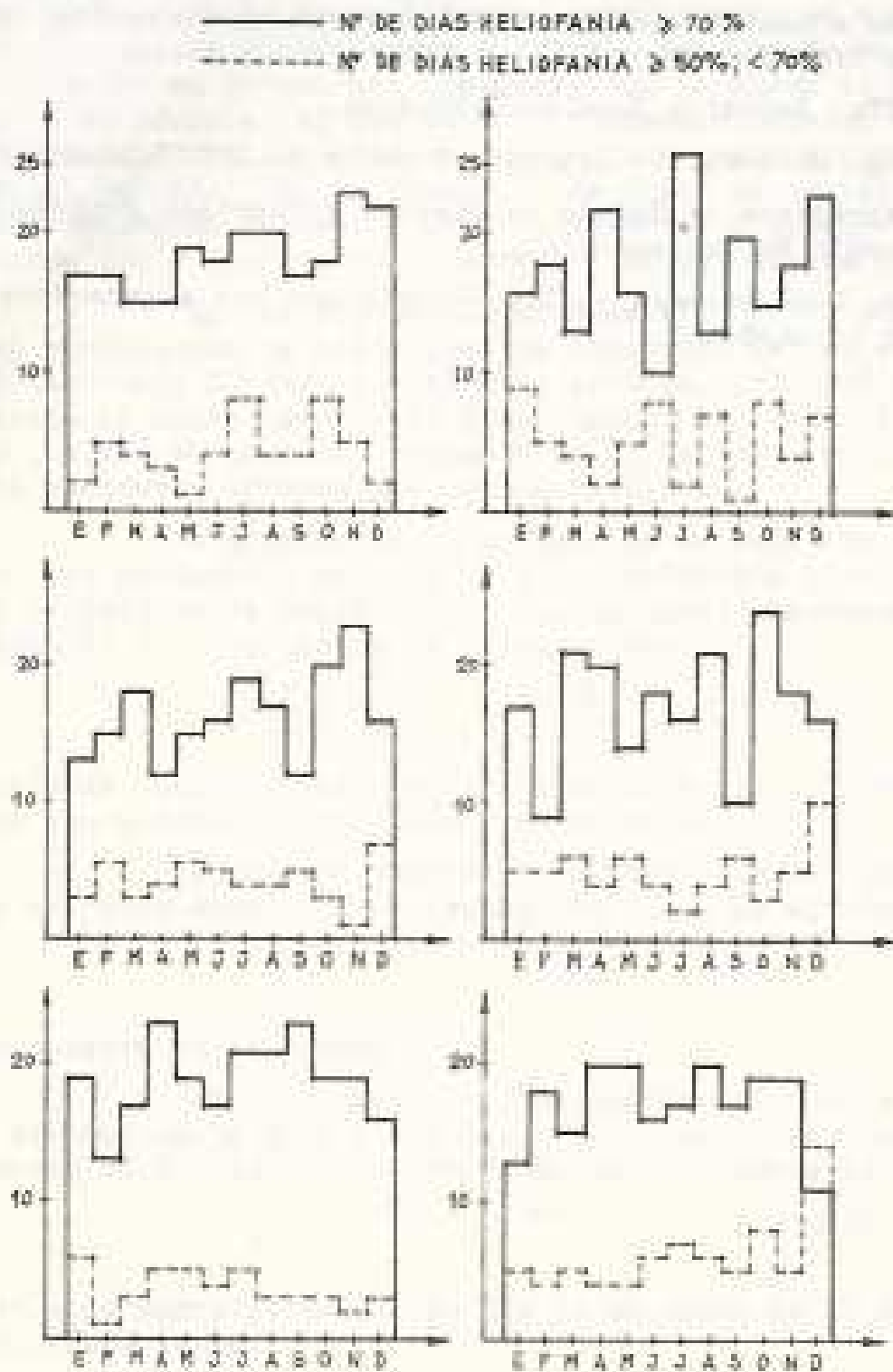
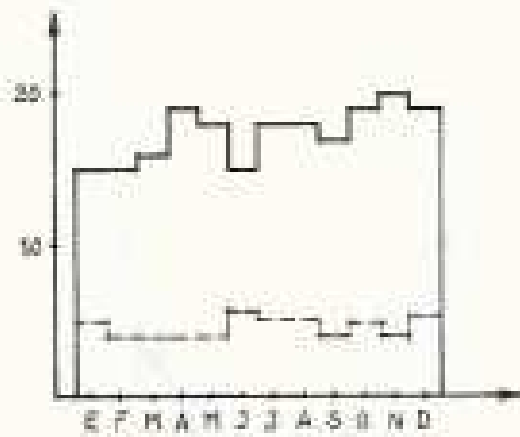
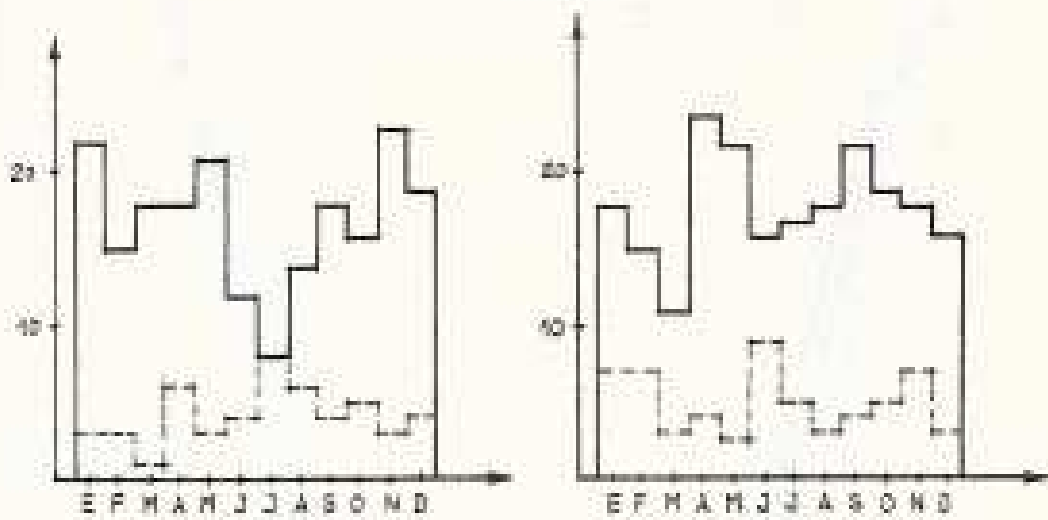




FIGURA Nº 2



———— Nº DE DIAS HELIOPANIA  $\geq 70\%$   
 - - - - Nº DE DIAS HELIOPANIA  $\geq 50\%$ ;  $< 70\%$

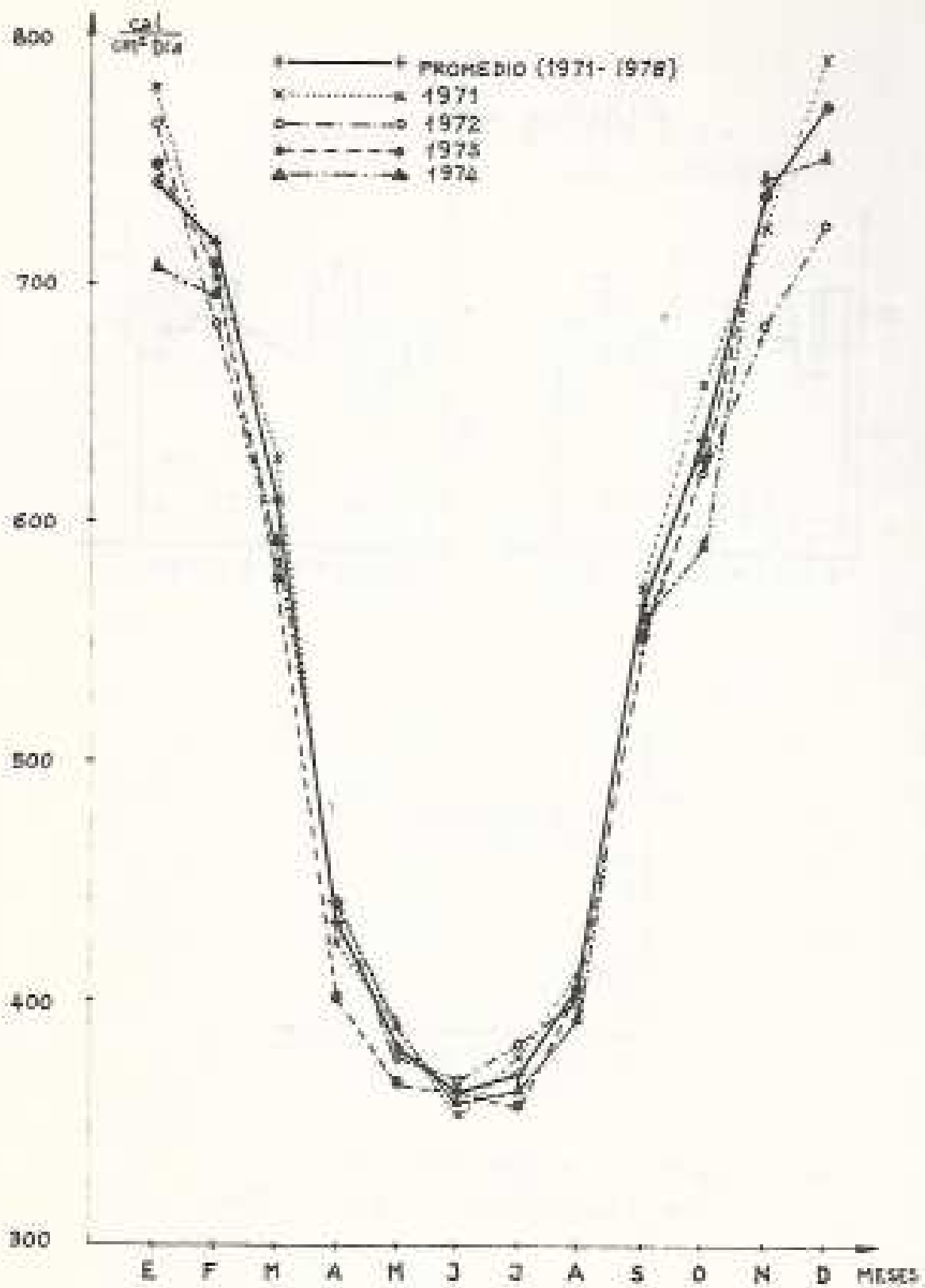


FIGURA N° 3

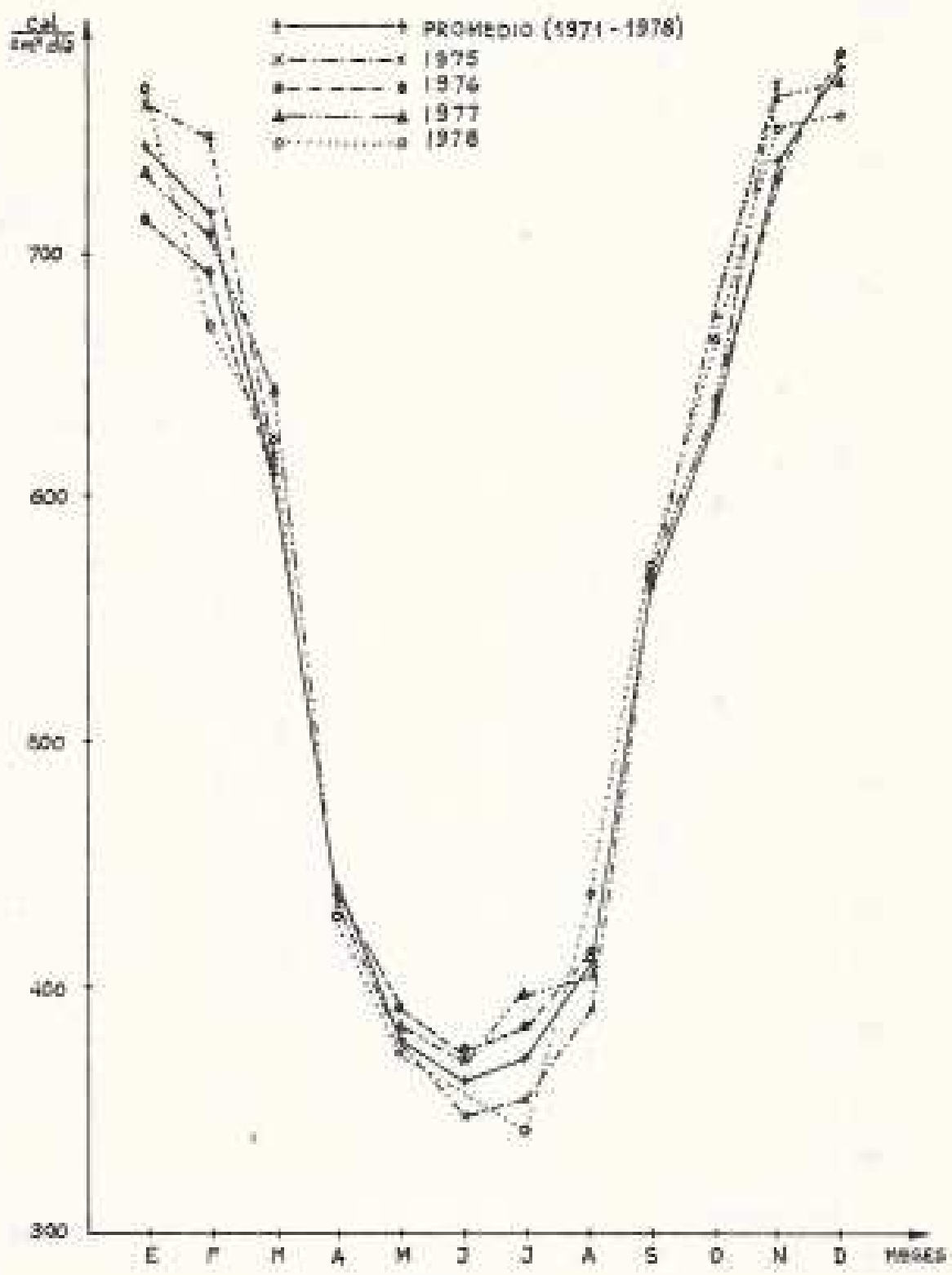


FIGURA Nº 4

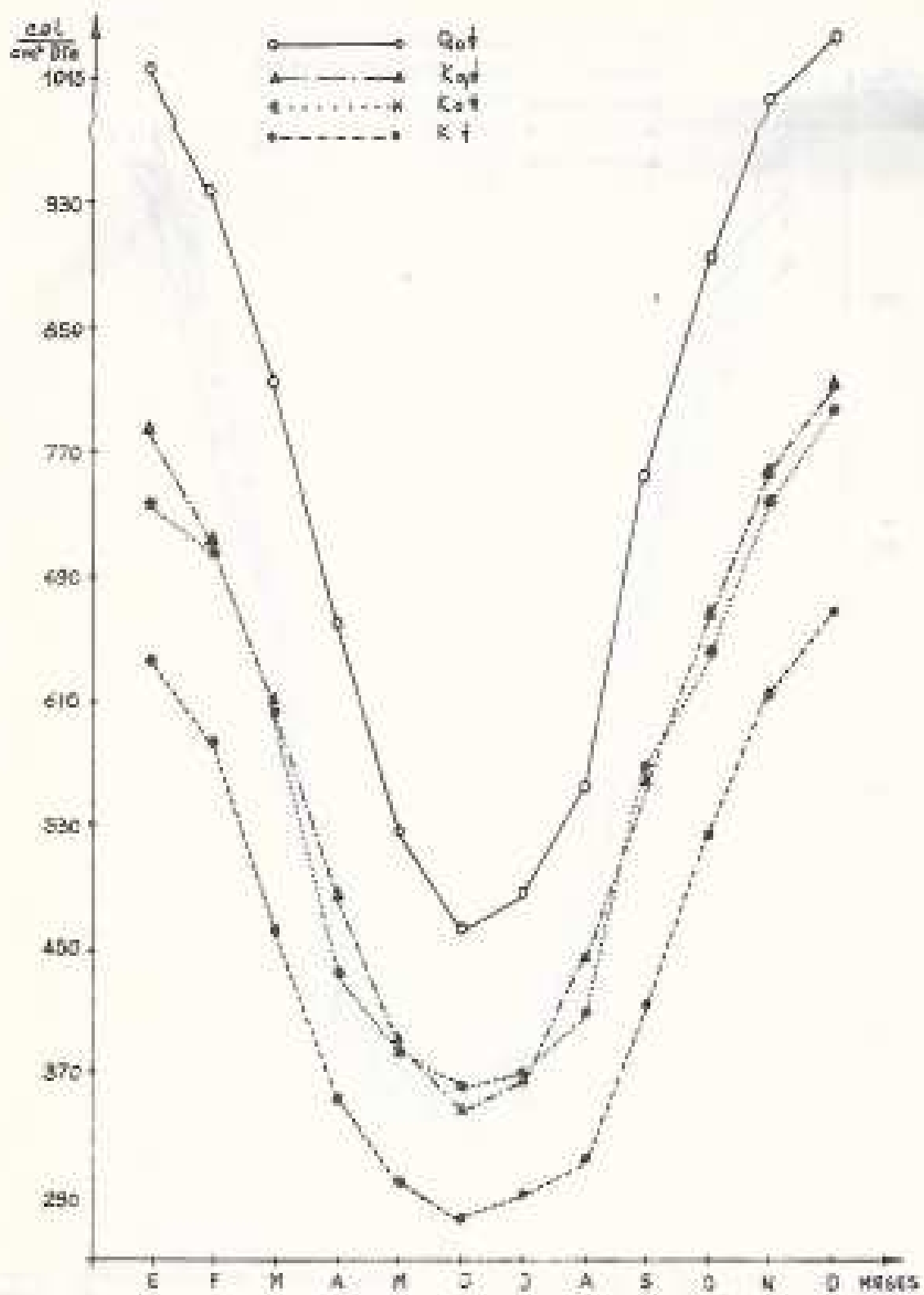


FIGURA Nº5

- ♦—♦—♦ DIAS CLAROS (TEORICO)
- - - - - 1971
- ... 1972
- - - - - 1973
- ♦—♦—♦ 1974

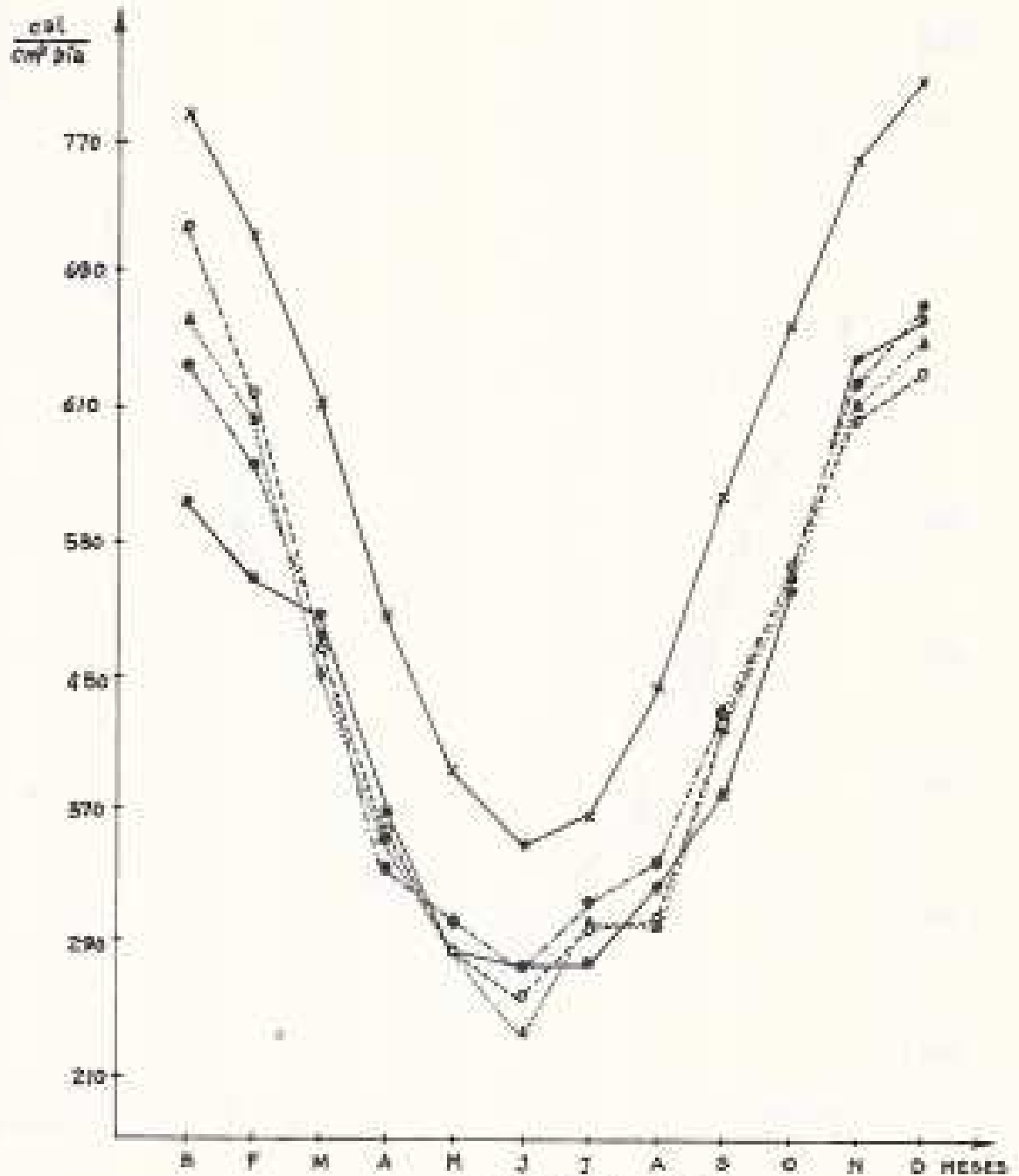


FIGURA Nº 6

- + — + DIAZ CLAROS (TERRICO)
- ▲ — ▲ 1975
- ⋯ — ⋯ 1976
- — • 1977
- — ○ 1978

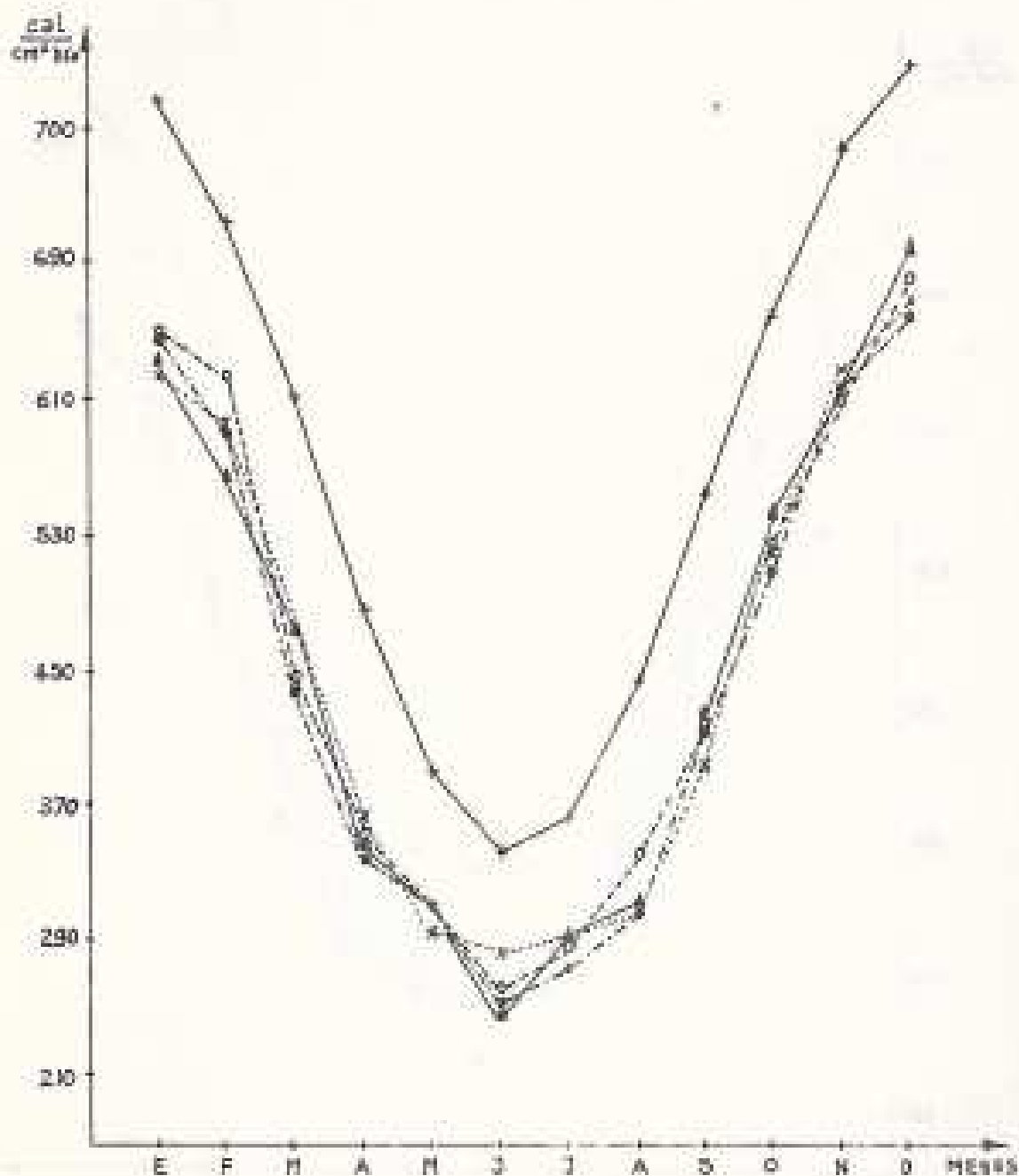


FIGURA Nº 7

FIGURA Nº 8

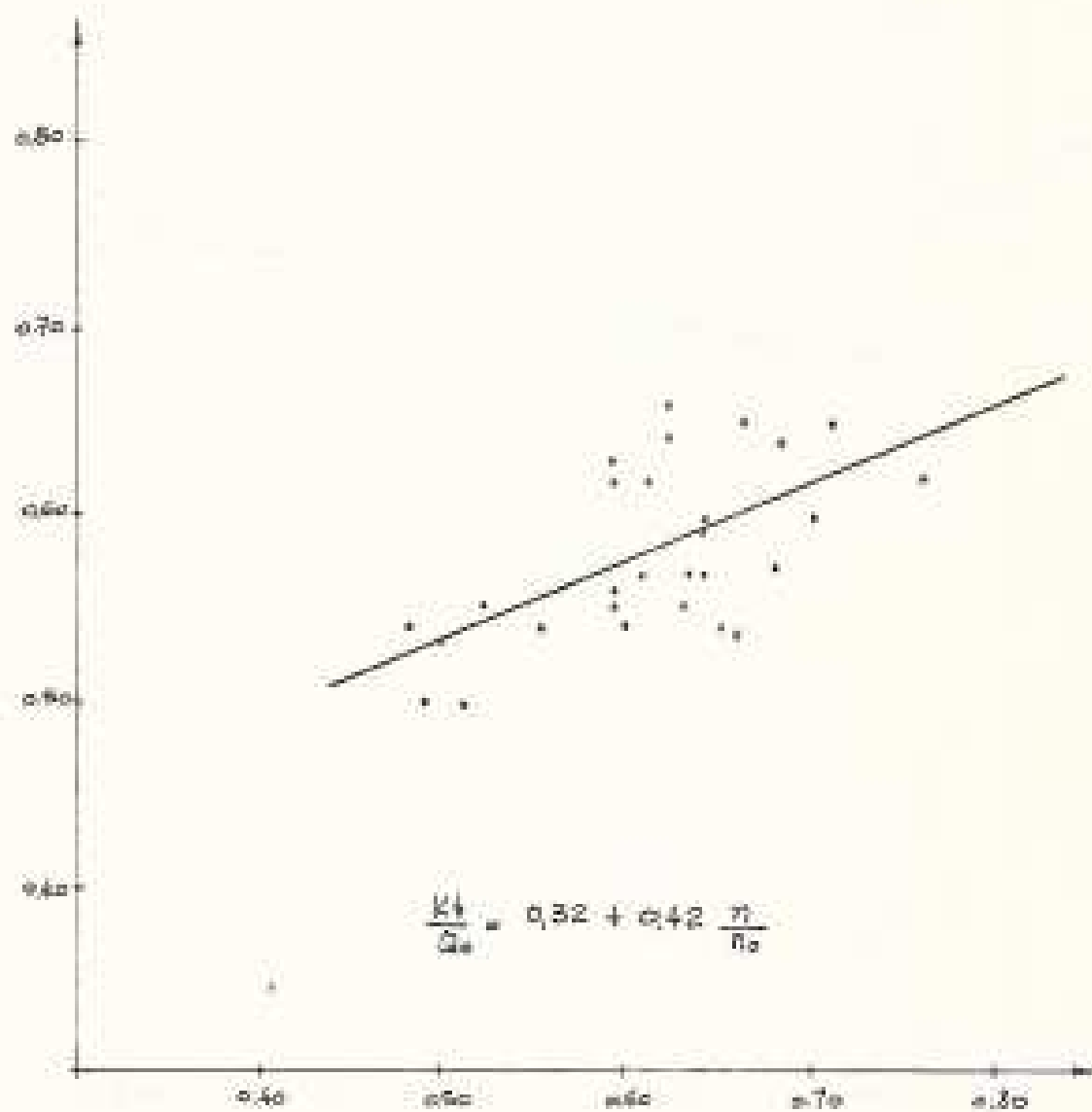


FIGURA Nº 9

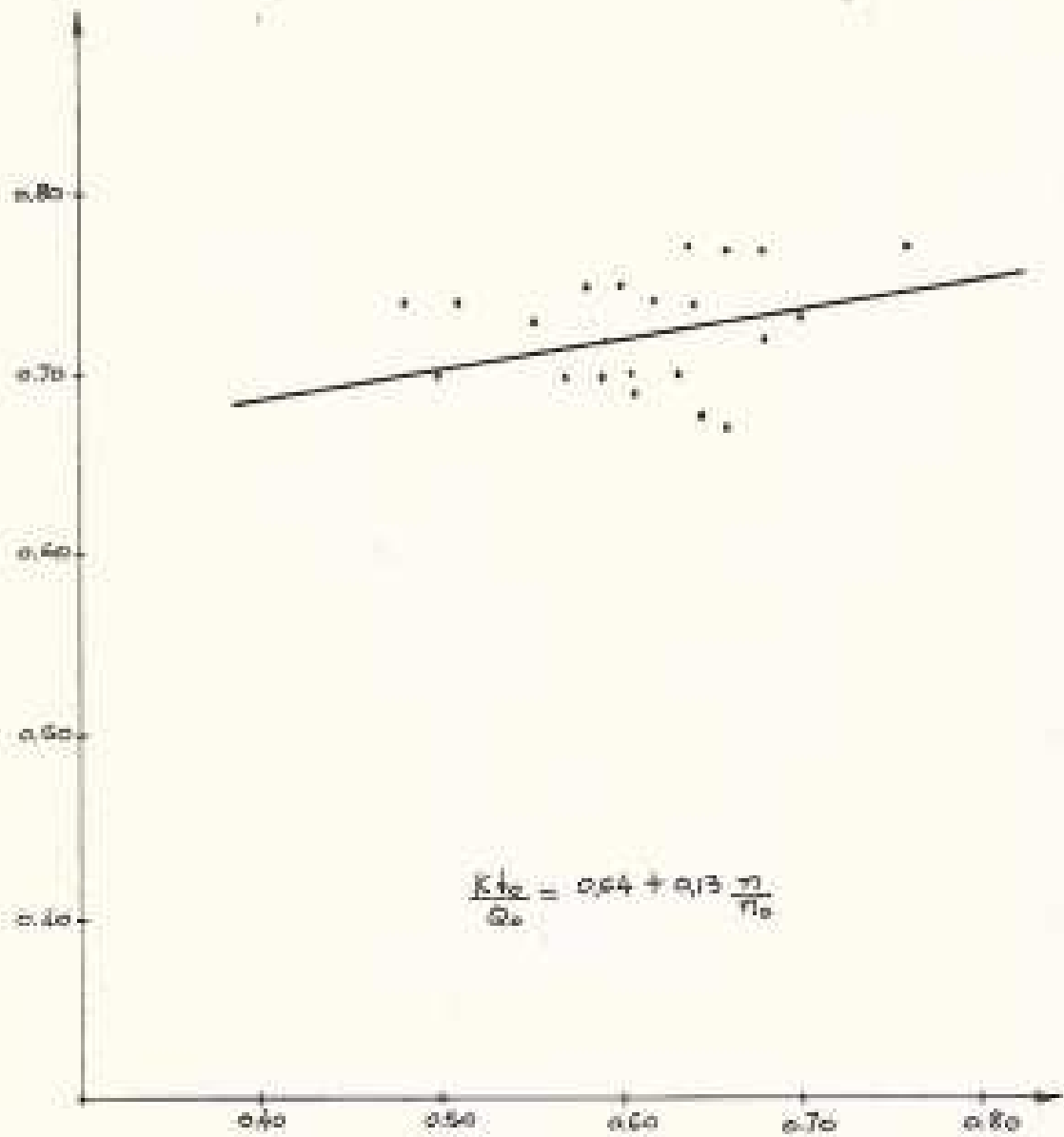
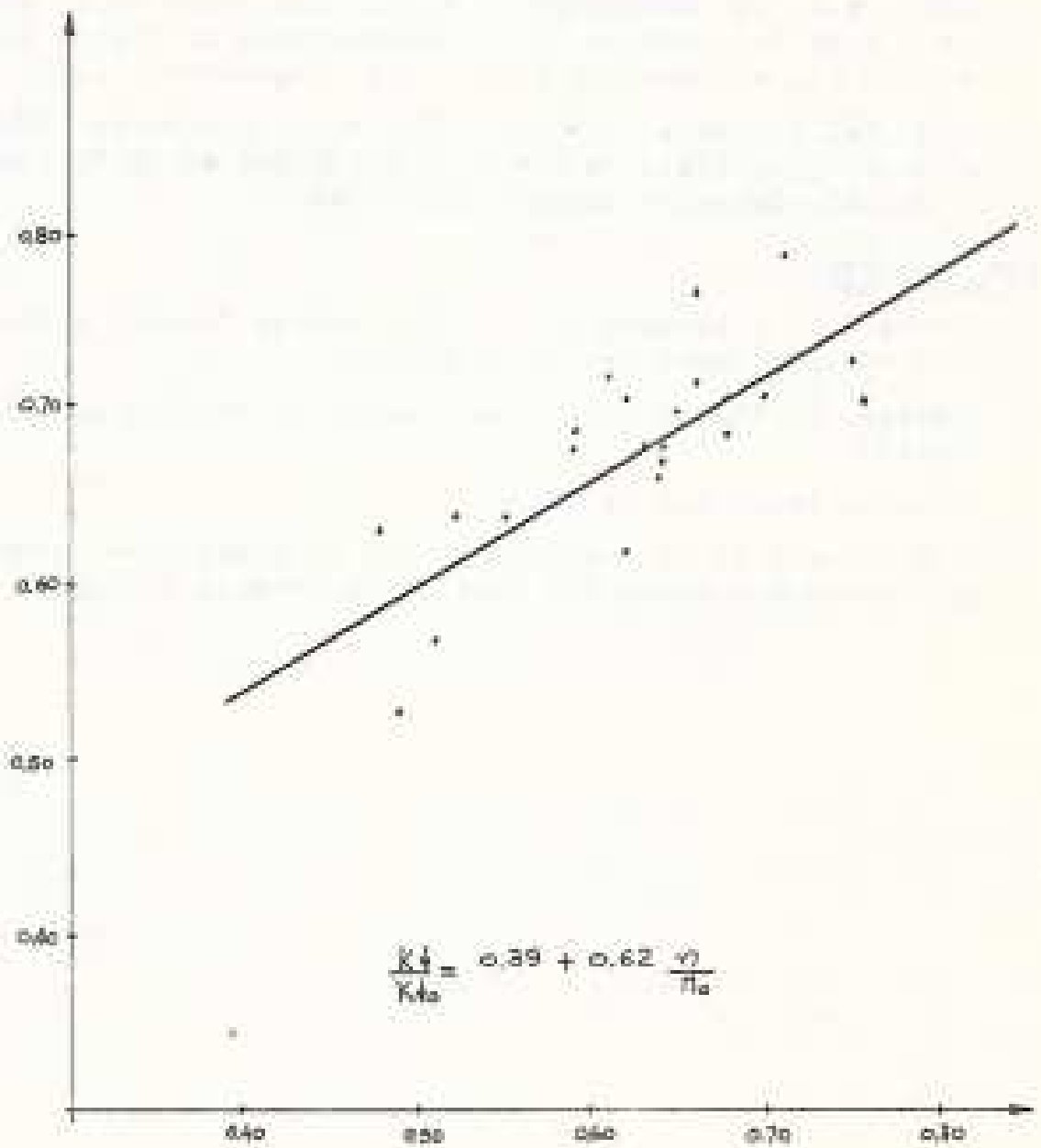




FIGURA Nº 10



### REFERENCIAS:

1. INDEC- Censo Nacional 1970.
2. Estación Sumalo INTA- Catamarca-
3. Kondratyev K. Ya. "Radiation in the Atmosphere". Academic Press. New York (1969).
4. Karlet M.C. de, Fernandez R. "Radiación Solar en la Argentina". Acta Científica N°19. Observatorio de Física Cósmica- San Miguel- Prov. de BS.As.-Rep. Argentina- (1970).
5. E.Alanis, A.Fabris, R.Gasper, L.Saravia y J.Souto. "Procesamiento y Análisis de Datos de Radiación en la Provincia de Salta".-Grupo de Energía Solar-UNSa.-

### BIBLIOGRAFIA:

1. Duffie J.A. y Beckman W.A. "Solar Energy Thermal Processes" John Wiley & Sons. New York. (1974).
2. Robinson N. "Solar Radiation", Elsevier Publishing Company (1966).
3. Actas de Reuniones de ASADES-
4. Climatología de la Radiación Solar en Argentina- Fernández R., García M. -Actas III Reunión de trabajo de ASADES-