

TABLE III
 PROMEDIO MENSUAL DE RADIACION GLOBAL K¹ (continuation)

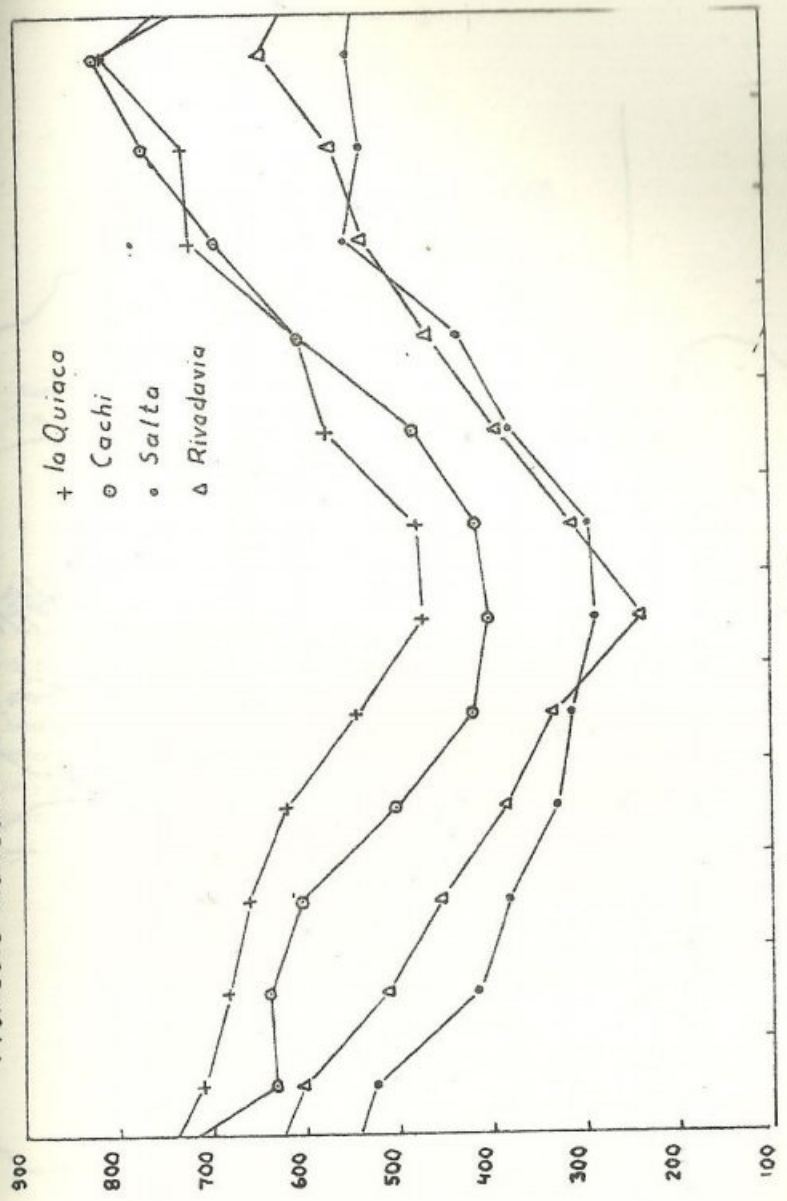
LUGAR	AÑO	MESES											
		E	F	M.	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ROSARIO DE LA FRONTE- RA	1975	---	---	---	---	260	261	298	365	444	536	524	697
	1976	512	469	323	306	221	---	---	---	---	---	---	629
COLONIA SANTA ROSA	1975	---	---	---	---	229	---	---	---	---	---	---	---
	1976	513	459	293	329	229	---	---	---	---	---	---	622
EL MANANTIAL	1975	610	566	471	368	281	237	296	327	398	501	601	676
	1976	623	596	450	417	271	---	---	---	---	---	---	---
RIVADAVIA	1949	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	591
	1950	523	537	528	576	339	216	287	403	458	534	589	637
	1951	578	484	472	366	354	303	326	362	464	509	542	---
	1955	713	539	372	---	321	488	327	407	467	577	---	637
PROMEDIO	605	513	457	381	338	233	313	397	463	540	567	647	

TABLE IV
 PROMEDIO MENSUAL DE RADIACION GLOBAL PARA DIAS CLAROS K¹ (continuation)

LUGAR	AÑO	MESES											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ROSARIO DE LA FRONTE- RA	1975	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	1976	756	694	552	605	405	456	366	397	487	642	974	692
EL MANANTIAL	1975	846	770	683	554	406	451	377	385	452	616	702	848
	1976	855	822	609	615	406	406	---	---	---	---	---	---
RIVADAVIA	1949	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	1950	732	753	646	548	437	390	390	390	465	622	686	755
	1951	805	714	685	552	416	385	385	395	477	594	700	788
	1955	807	727	607	---	447	327	327	466	418	548	724	---
PROMEDIO	792	731	644	550	459	367	442	530	528	704	733	810	

Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic

Promedio mensual de Radiación Global Kt



Estación: SALT A (S.M.V)
EL CARILL (D.M)
LAS COSTAS (D.M)

Mes	Días con menos del 60% del máximo (%)	Días con máximo Agrupados de 8 días (%)	Días con máximo Agrupados de 5 días (%)	Días con máximo Agrupados de 3 días (%)
Enero	34	12	9	13
Febrero	42	5	4	33
Marzo	44	7	11	26
Abril	38	11	13	14
Mayo	34	9	6	19
Junio	23	9	4	10
Julio	26	9	4	13
Agosto	13	5	5	7
Setiembre	25	6	4	15
Octubre	22	10	3	9
Noviembre	30	12	12	6
Diciembre	32	6	9	17

Estación: CACHI (D.M)

Mes	Días con menos del 60% del máximo (%)	Días con máximo Agrupados de 8 días (%)	Días con máximo Agrupados de 5 días (%)	Días con máximo Agrupados de 3 días (%)
Enero	11	6	7	4
Febrero	10	7	3	0
Marzo	7	7	0	0
Abril	5	5	0	0
Mayo	3	3	0	0
Junio	5	5	0	0
Julio	2	2	0	0
Agosto	5	5	0	0
Setiembre	8	8	0	0
Octubre	5	3	2	0
Noviembre	4	2	2	0
Diciembre	5	2	3	0

TABLA V

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

por

E. Alanís, A. Fabris, R. Gaspar, L. Saravia y J. Souto

Departamento de Ciencias Exactas
Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177
4400 Salta
Argentina

RESUMEN

Se recopilan datos de radiación disponibles de la Región Noroeste de la República Argentina, tomados por distintas instituciones. Se comparan los datos entre sí y con los valores obtenidos de distintas cartas de radiación propuestas para la zona, se determinan otros parámetros de interés, útiles para el dimensionamiento de sistemas donde se utiliza el sol como fuente de energía

1. INTRODUCCION.

El diseño de sistemas helioenergéticos necesita del conocimiento de los niveles de radiación solar en el lugar. Para la República Argentina, Crivelli y Pedregal (1), han publicado cartas de radiación solar global mensual cuyo cálculo está basado en datos de heliofanía de 26 estaciones diseminadas a lo largo de la Nación, así como del Atlas Climático (2). La radiación fué obtenida a partir de la heliofanía mediante una recta de regresión.

La orografía de la provincia de Salta es bastante complicada y sus detalles no han sido tenidos en cuenta en la confección de las cartas, lo que las hace de difícil aplicación cuando se estudia algún sitio en particular.

El Servicio Meteorológico Nacional y el Departamento de Meteorología del Ministerio de Economía de la Provincia de Salta han realizado medidas de radiación global en diferentes localidades de la provincia y sus cercanías, por medio de piranógrafos. Aunque esas medidas pueden tener errores apreciables y su utilización no mejorará la precisión de los valores dados en las cartas mencionadas, tienen la ventaja de permitir un estudio más detallado de las variaciones de origen orográfico. Estos datos también se aprovecharán para obtener la frecuencia de días nublados lo que será de utilidad en el diseño de algunos sistemas.

2. DATOS DE RADIACION DISPONIBLES.

Los datos recogidos por el S.M.N. no están disponibles en publicaciones, con excepción de los tomados durante el Año Geofísico Internacional (3). Ellos fueron obtenidos directamente del Servicio. En la región de interés, se dispone de medidas en las localidades de La Quiaca, Salta y Rivadavia, realizadas con piranógrafos en distintos períodos.

Los datos recogidos por el Departamento de Meteorología de la Provincia, corresponde a años recientes, tampoco están dis-

ponibles en publicaciones y también fueron facilitados por el Departamento directamente. Se dispone de datos en las localidades de Las Costas, El Carril, Cachi, Rosario de la Frontera, El Manantial y Colonia Santa Rosa. Los datos de todas las localidades se dan en tabla I. Una primera inspección de estos valores muestra que ellos son bastantes más bajos que los medidos con otros instrumentos. Se atribuye este hecho a la falta de una calibración de los piranógrafos usados por comparación con otros instrumentos más confiables. Aunque lo aconsejable para la correcta utilización de los datos es la realización de dicha calibración, ello no se ha podido llevar a cabo hasta el momento debido a diversas dificultades. Por lo tanto, se procedió a realizar una corrección sobre la base siguiente. Para cada mes se determinó la radiación global para días claros, K_0^d , tomando el promedio de los tres días de mayor radiación en el mes. Se calculó la radiación global al nivel superior de la atmósfera, Q_0 , para cada mes y se obtuvo el promedio total para el cociente: K_0^d / Q_0 . Este cociente, que nos da la transmitancia de la atmósfera sin nubosidades, tiene un valor aproximadamente conocido (4,5) aunque sus variaciones de detalle pueden depender de factores tales como la altura y la humedad atmosférica. Aquí se procedió a corregir los valores disponibles multiplicando por un factor constante, tal que ese cociente fuese igual a 0,75 en regiones bajas y 0,45 en las altas. En la tabla II se muestran los valores medidos y los aceptados para cada localidad.

El promedio mensual de radiación global, K^m , para cada una de las localidades se dan en la tabla III. Salta, El Carril y Las Costas se tomaron en conjunto debido a su proximidad. Los promedios mensuales totales para los años disponibles también se dan en forma gráfica en la figura 1. Los promedios mensuales de radiación global en días claros K_0^d se dan en la tabla IV para cada una de las localidades.

Los datos diarios de radiación fueron clasificados como porcentajes referentes a un día claro o nublado, tomando como nivel de radiación para la división el 60% de K_0^d correspondiente al mes en cuestión. Luego se determinó el número de veces en que los días nublados se parecen solos, de ados, etc.; las curvas de frecuencia así obtenidas se dan en la tabla V.

3. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA RADIACION.

De no existir variaciones de transmitancia atmosférica por nubosidad, humedad, etc., la radiación global promedio variaría geográficamente con la latitud. En la provincia de Salta, las variaciones producidas por los accidentes geográficos son lo bastante grandes como para que las curvas de isoradiación tiendan a orientarse de sur a norte como puede apreciarse en las cartas ya mencionadas. En una primera aproximación, la provincia puede dividirse en cuatro regiones, que se muestran en la figura 2, cada una con características climáticas propias, que dan lugar a distintos valores de radiación.

La región I es la zona del altiplano, a alturas del orden de los 4000 metros o más, muy seca y con muy poca nubosidad. La estación de la Quiaca corresponde esencialmente a esa zona. La región II es la zona de los valles preandinos, con alturas del orden de los 2500 metros, con mejor irrigación y también con muy poca nubosidad. La estación de Cachi representa a la región. La región III está separada de la II por sierras elevadas que producen un cambio grande en el régimen nublado. Su altura es del orden de los 1000 metros, tiene un régimen de lluvias abundante en verano y casi nula en invierno, y las temperaturas son moderadas. Salta, Las Costas y El Carril son estaciones características de la región, mientras que Rosario de la Frontera y Colonia Santa Rosa se encuentran en el borde de separación con la región IV. Finalmente, la región IV tiene alturas menores de 1000 metros y un régimen climático de características más tropicales durante el verano. Las estaciones de Rivadavia y El Manantial se encuen-

bran en esa zona.

En la figura 2 se han indicado cada una de esas regiones , separadas por las curvas de isoaltura correspondientes a los 500, 2000 y 4000 metros, marcándose en forma especial las sierras que separan las regiones II y III, y las III y IV.

4. AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen al Servicio Meteorológico Nacional y al Departamento de Meteorología del Ministerio de Economía de la Provincia de Salta, el haber facilitado el acceso a los datos utilizados en el presente trabajo.-

REFERENCIAS.-

- 1- Crivelli, E y Pedregal, M.A. "Cartas de Radiación Solar Global de la República Argentina". Meteorologica 2 (1972)
- 2- Atlas Climático de la República Argentina, Servicio Meteorológico Nacional, Bs.As. 1962
- 3- Datos de Radiación Solar (Año Geofísico Internacional) Servicio meteorológico Nacional, Bs.As. 1962
- 4- Abeledo, J.H., M.I.C. de Kurlat, Fernandez, R.G. "Relación entre la duración relativa de la insolación y la radiación solar global en la Argentina"
- 5- M.C. de Kurlat y Fernandez R.O. "Radiación Solar Global en la Argentina" Acta Scientifica num. 19, 1970.

Legenda de las Figuras.

- 1- Muestra el promedio mensual de radiación global como función del día para cuatro estaciones.-
- 2- Muestra las cuatro regiones características en las provincias de Salta y Jujuy, y la posición geográfica de las localidades donde se han realizado medidas de radiación.

TABLA I

Datos geográficos de distintas localidades.

Localidad	Latitud	Longitud	Altura
La Quiaca	22° 01' S	65° 36' W	3458 m.
Salta	24° 48'	65° 30'	1180
Rivadavia	24° 10'	62° 0'	250
El Carril	25° 05'	65° 29'	1170
Las Costas	24° 45'	65° 26'	1726.
Rosario Frontera	25° 47'	64° 59'	780.
El Manantial	24° 16'	63° 30'	250
Colonia Sta. Rosa	23° 22'	64° 30'	416
Cachi	25° 07'	66° 12'	2280

TABLA II

Valores de K_0/a_0 .

Localidad	Valor medido	Adaptado	Fuente
Salta	0.74	0.74	S.M.N.
El Carril - las Costas	0.50	0.75	Depto. M.
La Quiaca	0.95	0.95	S.M.N.
Rivadavia	0.74	0.74	S.M.N.
El Manantial	0.59	0.75	Depto M.
Colonia Sta. Rosa	0.43	0.75	Depto M.
Rosario Frontera	0.48	0.75	Depto M.

TABLA II
PROMEDIO MENSUAL DE RADIACION GLOBAL PARA DIAS CLAROS K¹

LUGAR	AÑO	MESES											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
LA QUIACA	1961	683	660	677	745	707	687	687	688	650	609	572	532
	1956	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1951	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1946	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1941	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1936	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1931	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1926	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1921	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1916	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1911	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1906	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
PROMEDIO		600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
CACHI	1973	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1974	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1975	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
PROMEDIO		600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
SALTA	1949	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1950	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1951	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
LAS COSTAS	1974	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1975	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1976	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
EL CARRIL	1975	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1976	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1977	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
PROMEDIO		600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
COLONIA SANTA ROCA	1975	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1976	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	1977	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
PROMEDIO		600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600

TABLA III
PROMEDIO MENSUAL DE RADIACION GLOBAL K¹

LUGAR	AÑO	MESES											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
LA QUIACA	1949	594	608	685	644	596	467	467	585	652	762	749	705
	1950	685	685	685	685	685	685	685	685	685	685	685	685
	1951	711	645	648	639	581	545	559	585	720	816	837	830
	1952	719	741	741	895	586	524	531	651	651	774	774	786
	1953	794	660	663	673	380	345	333	730	730	739	739	768
	1954	766	655	636	662	622	427	445	496	655	728	728	—
	1955	754	—	615	383	455	578	427	—	—	—	—	—
	1957	—	821	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1958	—	821	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1961	707	650	658	567	405	360	405	519	630	710	794	721
	1962	691	607	670	549	475	440	442	526	619	674	630	—
	PROMEDIO		712	692	659	619	539	467	477	573	594	714	716
CACHI	1973	—	639	636	492	438	388	406	465	620	715	730	825
	1974	656	640	636	322	411	415	420	467	565	686	745	751
	1975	661	625	535	408	407	—	—	—	—	—	—	—
PROMEDIO		630	631	602	401	419	399	413	477	600	689	766	788
SALTA	1949	515	485	435	369	299	260	218	383	420	569	548	497
	1950	591	481	491	315	352	322	349	399	456	577	—	590
	1951	547	449	413	398	276	297	257	360	440	532	581	506
	1974	506	516	372	304	302	282	288	377	357	532	581	644
	1975	551	448	320	339	307	280	330	392	478	522	551	—
	1976	442	396	31	315	288	266	296	378	450	550	532	517
PROMEDIO		442	396	31	315	288	266	296	378	450	550	532	517

TABLE III
 PROMEDIO MENSUAL DE RADIACION GLOBAL K¹ (continuation)

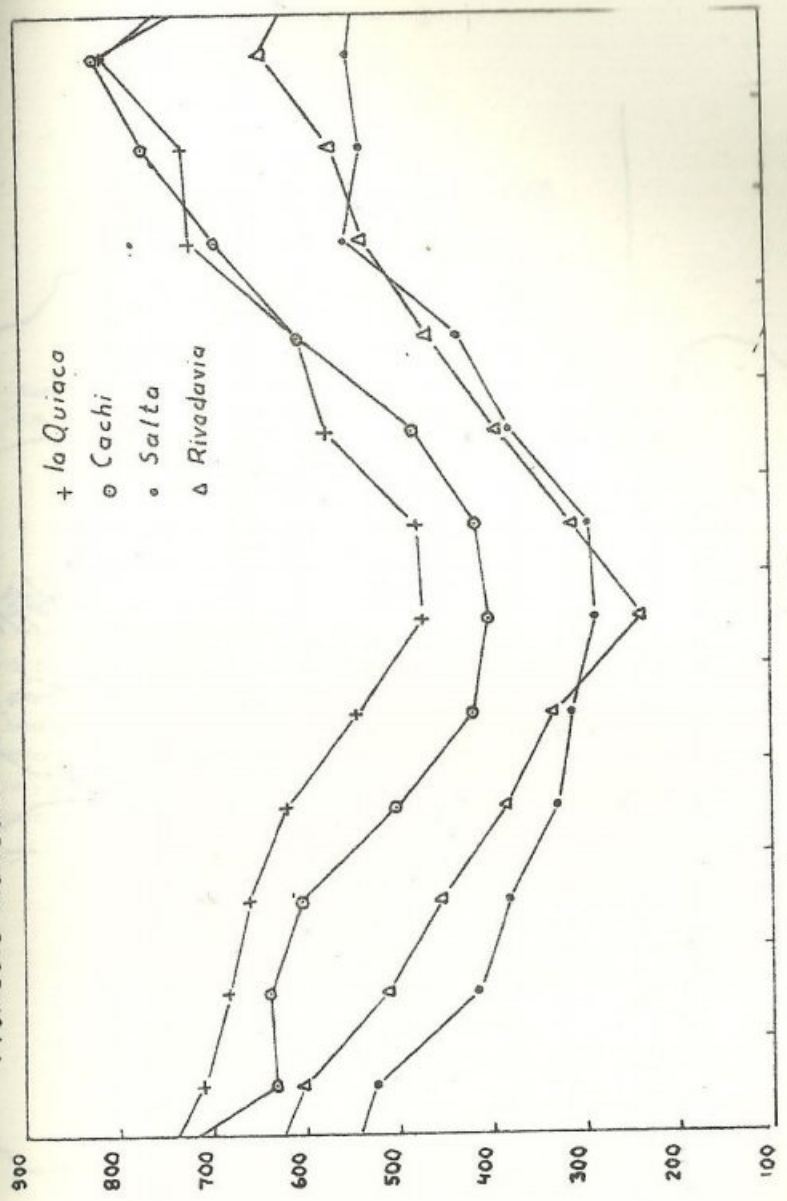
LUGAR	AÑO	MESES											
		E	F	M.	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ROSARIO DE LA FRONTE- RA	1975	---	---	---	---	260	261	238	365	444	536	524	697
	1976	512	469	323	306	221	---	---	---	---	---	---	629
COLONIA SANTA ROSA	1975	---	---	---	---	229	---	---	---	---	---	---	---
	1976	513	459	293	329	229	---	---	---	---	---	---	622
EL MANANTIAL	1975	610	566	471	368	281	237	296	327	398	501	601	676
	1976	623	596	450	417	271	---	---	---	---	---	---	---
RIVADAVIA	1949	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	591
	1950	523	537	528	516	339	216	287	403	458	534	589	637
	1951	578	484	472	366	354	303	326	362	464	509	542	---
	1955	713	539	372	---	321	488	327	407	467	577	---	637
PROMEDIO	605	513	457	381	338	233	313	397	463	540	567	647	

TABLE IV
 PROMEDIO MENSUAL DE RADIACION GLOBAL PARA DIAS CLAROS K¹ (continuation)

LUGAR	AÑO	MESES											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ROSARIO DE LA FRONTE- RA	1975	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	1976	756	694	552	605	405	456	366	397	487	642	974	692
EL MANANTIAL	1975	846	770	683	554	406	451	377	385	452	616	702	848
	1976	855	822	609	615	406	406	---	---	---	---	---	---
RIVADAVIA	1949	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	1950	732	753	646	548	431	390	390	390	465	622	686	755
	1951	805	714	685	552	416	385	385	395	477	594	700	788
	1955	807	727	601	---	447	327	327	466	418	548	724	---
PROMEDIO	792	731	644	550	459	367	442	530	528	704	733	810	

Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic

Promedio mensual de Radiación Global KTK



Estación: SALT A (S.M.V)
EL CARILL (D.M)
LAS COSTAS (D.M)

Mes	Días con menos del 60% del máximo Agrupados de a uno (%)	Días con 60% máximo Agrupados de a uno (%)	Días con 60% máximo Agrupados de a tres o más (%)
Enero	34	12	9
Febrero	42	5	4
Marzo	44	7	11
Abril	38	11	13
Mayo	34	9	6
Junio	23	9	4
Julio	26	9	4
Agosto	13	5	5
Setiembre	25	6	4
Octubre	22	10	3
Noviembre	30	12	12
Diciembre	32	6	9

Estación: CACHI (D.M)

Mes	Días con menos del 60% del máximo Agrupados de a uno (%)	Días con 60% máximo Agrupados de a dos (%)	Días con 60% del máximo Agrupados de a tres o más (%)
Enero	11	6	7
Febrero	10	7	3
Marzo	7	7	0
Abril	5	5	0
Mayo	3	3	0
Junio	5	5	0
Julio	2	2	0
Agosto	5	5	0
Setiembre	8	8	0
Octubre	5	3	2
Noviembre	4	2	2
Diciembre	5	2	3

TABLA V

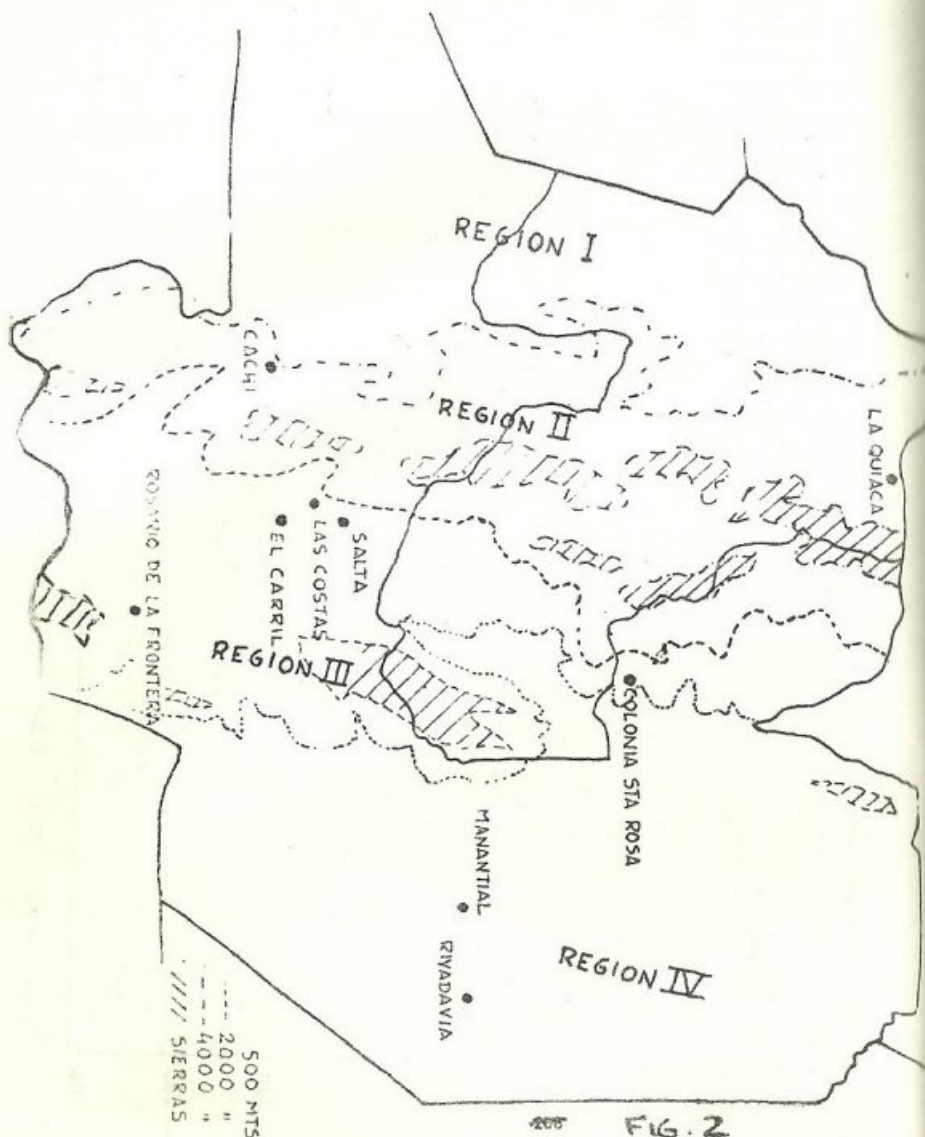


FIG. 2