

DIRECCION REGIONAL SENAMHI - CAJAMARCA
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGROMETEOROLOGICAS DE
CAJAMARCA

CONVENIO SENAMHI - UNC.



ESTUDIO AGROMETEOROLOGICO

"EL CLIMA RADIATIVO EN LA REGION DE CAJAMARCA

EVALUACION Y PERSPECTIVAS"

Por: Ing^o José M. Manco Pisconti



AÑO 1985

Cajamarca - Perú



REALIZO EL PRESENTE ESTUDIO

Ingº

José M. Manco Pisconti
Director Regional III
SENAMHI - CAJAMARCA
Especialista en Meteorología Agrícola

COLABORACION

Bach.: César A. Oblitas Guayán
Tco. Hidrometeorólogo III
Asistente - Analista

Sr. José S. Bustamante S.
Obs. Meteorológico III
Analista - Secretario

Sr. Vicente Díaz Uriarte
Obs. Meteorológico III
Observador - Tabulador

Sr. Manuel A. Ortega Ayala
Tco. Hidrometeorólogo II
Analista - Asistente

Sr. Eduardo Cabrera Urteaga
Aux. Sist. Administr. II
Secretario - Dibujante

Sr. Victor H. Martinez R.
Tco. Hidrometeorólogo I
Tabulador - Analista.

Of. 052-DRE-3/87 (Cajamarca) del 27-4-87

I N D I C E

	Pág.
I.- Resumen	1
II.- Introducción	2
III.- Descripción de Instrumental Meteorológico	3
IV.- Resultados y Discusión	4
V.- Extensión de los Resultados	17
VI.- Conclusiones y Recomendaciones	19
VII.- Bibliografía	21
VIII.- Gráficos	22 - 30

RESUMEN

El presente trabajo ha sido conducido en el Centro de Investigaciones Agrometeorológicas de Cajamarca, Convenio SENAMHI-UNC. Comprende el análisis, tabulación e interpretación de doce años 1973-1984, de los principales parámetros meteorológicos que conforman el clima radiativo de la región de Cajamarca, en forma horaria, (temperatura, humedad relativa, viento, radiación global e insolación). Determinándose una fuerte variación térmica, siendo más marcada en días secos y con buena radiación. El promedio de la temperatura máxima diaria es casi constante, oscilando de 20.5 a 21.3 °C. La temperatura mínima varía en forma más apreciable de 4.6 a 8.7 °C.; presentándose heladas en los meses de secano (mayo a agosto), con temperaturas de hasta menos cuatro grados centígrados. La humedad relativa, los promedios mínimos oscilan de 38 a 50 % siendo su comportamiento inverso a la temperatura.

El viento, es comunmente mayor en el día que en la noche. La mayor velocidad ocurre en las primeras horas de la tarde, entre las 14 y 15 horas, con velocidades de 10.8 a 16.6 Km/hora., con predominancia de la dirección SW., en la mayoría de los meses del año.

La radiación global, es intensa todo el año, recibándose más de la mitad de la misma, en las horas centrales (10-14 horas); oscilando de 425 a 504 langley/día ó 17.73 a 21.08 MJ/m² (megajoule/m²). Así mismo se ha correlacionado la radiación global y la insolación, determinándose en forma mensual los coeficientes a y b., para en base a datos de insolación poder determinar la radiación global horizontal, para el valle de Cajamarca.

La insolación para la zona de Cajamarca es elevada, con un promedio anual de 2,180 horas de sol; con un promedio anual mensual de 49 % como porcentaje de horas sol mensual comparado al máximo teórico posible, y con un promedio mensual de horas de sol que oscila de 4.8 para febrero y 7.3 horas sol para el mes de julio.



I N T R O D U C C I O N

Las fuentes de energía que dormitan en la Tierra son bien conocidas por todos, pero muy pocas son las personas convencidas de que el Sol es realmente la principal fuente de energía. Quemamos carbón, madera o productos petrolíferos, sin pensar en que todos estos combustibles tienen su origen en la energía solar. En tan solo 100 años ha sido consumido ya la mayor parte de la reserva conocida de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural), cuya formación como materiales vegetales y ulterior transformación y almacenamiento data de cientos de millones de años. Es posible que nuestros biznietos nos reprochen nuestro proceder con las siguientes palabras:

" ¿Por qué no habéis conservado algo para nosotros? "

La energía es reconocida universalmente como un factor de desarrollo fundamental y muchos países están realizando un notable esfuerzo para dotar de este elemento hasta los lugares más remotos de sus territorios, para impulsar sus programas de desarrollo.

El Centro de Investigaciones Agrometeorológicas de Cajamarca (CIA-C.) del Convenio SENAMHI-UNC., ha creído conveniente poner al alcance de las instituciones y personas interesadas, en la elaboración y ejecución de aprovechamiento de la energía radiativa, el presente estudio "El Clima Radiativo en la Región de Cajamarca", que abarca 12 años, de 1973 a 1984 de los principales parámetros que involucran el mismo.

La Tierra recibe anualmente de Sol, una cantidad de energía de unos 7×10^{17} Kwh. La radiación solar media que llega a nuestro planeta es de 80 a 300 W., por metro cuadrado, según la hora del día y las condiciones meteorológicas. Sin embargo con centrales eléctricas y otras instalaciones, el hombre sólo puede generar por año 4×10^{13} Kilovatios/hora (Kwh.).

Esta es precisamente la energía que no nos cuesta un solo centimo y que podemos aprovechar para varias aplicaciones: calefacción de vivienda, producción y acumulación de agua caliente, desalinización de agua salada, accionamiento de equipos de aire, así como para cocinar alimentos, etc. y otras muchas aplicaciones más que hasta ahora requerían un consumo de combustible.

Un estudio de OLADE/PNUD. (1979), señaló recientemente las muy

//..

buenas posibilidades que tienen las 2/3 partes del territorio de América Latina, donde viven las 3/4 partes de su población, para aprovechar la energía solar, en función de la radiación solar global que se recibe en el mejor y en el peor mes. Obviamente, su aprovechamiento implica la disponibilidad de equipos apropiados que permiten desde cocinar, en condiciones de alta montaña, hasta disponer de agua caliente para el aseo y otros fines.

2.- DESCRIPCION DEL INSTRUMENTAL METEOROLOGICO EMPLEADO

Para la concretización del presente trabajo hemos empleado - cierto número de instrumental meteorológico que posee el SENAMHI., algunos de ellos se encuentran normalmente en las estaciones meteorológicas de la misma, y algunas estaciones cuentan con instrumental electrónico, para medir la radiación global.

Los diferentes factores medidos son los siguientes: temperatura y humedad relativa del ambiente, velocidad y dirección del viento, duración del brillo solar o insolación y la intensidad de la radiación global sobre una superficie horizontal, en forma continua, para determinar con exactitud la evolución a lo largo del día, mes y año.

Vamos ahora a realizar una breve descripción del instrumental meteorológico empleado:

TERMOHIGROGRAFO.- Es un instrumental meteorológico mecánico, que mide continuamente tanto la temperatura como la humedad relativa en forma diaria y semanal. Tiene una forma moderna y conveniente. Por el registro sobre un diagrama común es representada particularmente clara la relación entre ambos valores medidos.

Las partes esenciales del termohigrógrafo son: el tambor de relojería, los elementos medidores (haces de cabello y una placa bimetálica: elementos sensibles), los brazos registradores y los mecanismos de palancas, que unen los elementos medidores con los brazos registradores.

ANEMOGRAFO TIPO WCELFLE.- Es un instrumento mecánico que determina continuamente la dirección y el recorrido del viento y registra ambos valores en papel encerado en dependencia del tiempo. El uso de sistema registrador sin tinta garantiza la gran seguridad de servicios de las instalaciones de registro.

Se determina la dirección del viento por medio de una veleta y el recorrido del viento por la estrella de cazos o cazoletas, arreglada encima de la veleta. Ambos elementos medidores están sujetos en ejes

//..

coaxiales moviéndose en cojinetes de bolas. Los ejes terminan poco debajo del tejido cónico de la caja, moviendo un cilindro registrador cada uno, por mecanismo de engranajes correspondientes. Los cilindros registradores han sido provistos de una nervadura registradora saliente y volviéndose en espirales alrededor de la camisa del cilindro. No se necesita cambiar el rollo de diagrama y dar cuerda al reloj, más que cada mes. Nos registran velocidades del margen de velocidad de 0 hasta 60 m/seg.

HELIOGRAFO DE CAMPEELL STOKES.-Made la insolación o sea el tiempo que brilla el sol en un lugar y durante un día. Este instrumento consiste esencialmente en:

- a) Una esfera (bola) de vidrio, concentra los rayos solares en un punto focal, el cual varía de acuerdo con la posición del sol.
- b) Un semianillo metálico, que rodea parcialmente la bola de vidrio, en contrándose en él tres canales para colocar tres tipos de bandas de papel.
- c) Una púa metálica que fija la banda y
- d) Un soporte metálico, con una escala de la latitud en forma circular.

PIRANOMETRO.- Es un instrumento meteorológico electrónico, se emplea para registrar la radiación total dentro de su campo de vista hemisférica. El instrumento usualmente se coloca sobre una superficie horizontal y registra en consecuencia, la radiación global en un sitio. La señal eléctrica generada puede servir para obtener gráfico o digitalmente la radiación solar como función de tiempo, o bien, procesada en un integrador electrónico.

3.- RESULTADOS DE LOS REGISTROS EFECTUADOS Y SUS ANALISIS

Seguidamente presentamos los resultados de las mediciones efectuadas en el Centro de Investigaciones Agrometeorológicas de Cajamarca (CIAC), del Convenio entre el SENAMHI y la UNC., recalcando que nuestro objetivo es el aprovechamiento de la energía solar, y que el tipo de análisis y procesamiento empleado ha sido desarrollado para evaluar este recurso energético. Se ha empleado las mediciones efectuadas en nuestra Estación MAP N° 304 (Meteorología Agrícola Principal) desde el año 1973 a 1984, para los diferentes parámetros en estudio: temperatura horaria, humedad relativa horaria y absoluta, viento en forma horaria y por ende la radiación global y un balance de radiación. Según los resultados obtenidos los diferentes valores encontrados pueden ser extendi - dos para la Sierra de Cajamarca. Si bien los valores absolutos pueden variar con la posición geográfica, las características sobresalientes - son bastantes constantes.

Otros parámetros meteorológicos como el balance hídrico (relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial), que no intervienen en nuestro análisis, pueden tener variaciones geográficas y temporales mucho más importantes.

Los resultados se presentan en forma numérica y gráfica, para ser empleada en forma más práctica y tener una visión global del comportamiento de los diferentes parámetros concernientes con el clima radiativo del valle de Cajamarca.

4.- TEMPERATURA.- Es importante para calcular las pérdidas térmicas. Generalmente se determina las temperaturas máximas, mínimas y medias; a las 07, 13 y 19 horas, sobre todo en la región de los Andes, donde las temperaturas son considerablemente variables, durante las 24 horas del día. Para el presente trabajo se han considerado las temperaturas horarias cada dos horas, que posee el Centro de Investigaciones Agrometeorológicas de Cajamarca, debidamente tabuladas y analizadas, partiendo de la media noche. Los valores consignados son los promedios mensuales de 12 años (1973-1984). Podemos observarlos en el Cuadro 1 y gráficos 1 al 12; nos da una visión clara del comportamiento térmico en el transcurso del año, mes y hora para la zona de Cajamarca.

Es importante observar que la temperatura máxima diaria promedio, varía poco a lo largo del año. Esta temperatura ocurre entre las 13 y 14 horas del día. Los valores mínimos que ocurren generalmente antes de la salida del sol o poco después, tienen una evolución bien marcada: bajas en invierno (estación seca) y altas en verano (estación de lluvias), ocurren entre las 4 a 6 a.m., ver cuadro 1.

Por lo general la variación de la temperatura depende del balance o equilibrio entre la radiación solar y la irradiación terrestre y de la presencia de algunos otros elementos meteorológicos como la nubosidad, precipitación, evaporación, condensación, etc.

Las temperaturas mínimas varían notablemente por la diferente inercia térmica de la atmósfera y de la tierra, debido a que el aire húmedo se calienta y enfría más despacio que el seco y además en las noches de invierno, por ser casi siempre despejadas el enfriamiento de la superficie terrestre por radiación es más que en el verano, cuando la cubierta de nubes protege la tierra de un enfriamiento. El aire seco es más transparente a la radiación infrarroja que el húmedo.

Las heladas, se presentan excepcionalmente en los meses de verano y cuando ocurren duran pocas horas (1 a 2 horas), como corolario

de que estos valores se miden a 1.60 m. de altura sobre el suelo. Con noches claras el suelo puede enfriarse más por radiación, ocurriendo pequeñas heladas a nivel del suelo cuando la temperatura del aire es todavía ligeramente superior a 0°C. (-inversión de la temperatura). Este fenómeno depende del tipo de exposición (pampas o laderas) y del tipo de cultivo que hay en el suelo.

La temperatura media también varía poco en el transcurso del año, oscilando de 12.9 °C., en julio a 14.5 °C. en el mes de enero (ver cuadro 1).

CUADRO 1.- EVOLUCION DIARIA DE LA TEMPERATURA. PERIODO 1973-1984

CAJAMARCA - PERU

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
00 ₀₂	10.2	10.3	10.3	9.8	8.4	7.2	6.9	7.4	8.6	9.0	9.3	9.3
03 ₀₄	9.6	9.8	9.8	9.2	7.7	6.4	5.9	6.5	7.9	8.4	8.7	8.7
05 ₀₆	9.1	9.2	9.3	8.7	7.0	5.8	5.3	5.7	7.2	7.8	8.2	8.1
07 ₀₈	11.2	10.9	11.2	11.0	9.9	8.5	8.1	8.9	10.4	11.3	11.5	11.3
09 ₁₀	16.2	15.6	15.9	16.5	16.2	15.4	15.2	15.9	16.2	16.6	16.6	16.6
11 ₁₂	18.4	18.4	18.4	19.0	18.9	18.5	18.2	18.7	19.0	19.2	19.3	19.2
13 ₁₄	19.1	18.8	18.7	19.4	19.8	19.6	19.5	19.8	19.7	19.6	19.6	19.6
15 ₁₆	17.9	17.1	17.4	18.2	18.5	18.8	18.8	19.0	18.5	17.9	18.3	18.2
17 ₁₈	15.8	15.3	15.3	15.8	15.6	16.1	16.0	16.4	15.9	15.3	15.6	15.8
19 ₂₀	13.1	13.0	12.9	13.0	12.3	12.3	12.3	12.6	12.6	12.3	12.4	12.8
21 ₂₂	11.8	11.8	11.7	11.4	10.4	9.6	9.8	10.4	10.6	10.8	10.9	11.2
23 ₂₄	10.9	11.0	10.9	10.5	9.3	8.3	8.1	8.6	9.4	9.8	9.9	10.2
Máx.	20.9	20.5	20.5	20.9	21.3	20.9	20.8	20.9	21.0	21.0	21.2	21.0
Mín.	8.7	8.6	8.6	7.4	5.9	4.6	4.5	5.3	6.9	7.9	7.5	7.4
Med.	14.5	14.3	14.3	14.3	13.8	13.7	12.9	13.4	14.2	14.3	14.4	14.3

5.- HUMEDAD RELATIVA Y ABSOLUTA.- La humedad absoluta se expresa como el peso expresado en gramos de vapor de agua que se encuentra contenido en un metro cúbico de aire, en un instante determinado. En cambio la humedad relativa se define como la relación (expresada en porcentaje), entre la cantidad de vapor de agua que tiene el aire y la que tendría si estuviera saturado E.

El valor de la humedad es importante especialmente, cuando se emplean aparatos de secado a energía solar, a partir de los datos de humedad atmosférica se puede calcular la velocidad de secado de dichos aparatos.

Los valores de la humedad absoluta, han sido determinados en base a datos promedios de la temperatura del termómetro seco y húmedo y presión atmosférica, el desarrollo de los mismos se cree inconveniente, para los fines prácticos del mismo.

En los valores de la humedad absoluta se aprecia indirectamente la diferencia entre la estación lluviosa y seca (ver cuadro 3).

Del cuadro 2 y gráficos del 1 al 12, se deduce que las humedades relativas mínimas se registran entre las 12 y 14 horas y las máximas entre las 04 y 06 horas, oscilando estas de 38 % para el mes de agosto y 50 % para el mes de febrero y marzo, en promedio. En cambio las máximas varían poco en el transcurso del año, así van de 93 % para los meses de julio y agosto y de 97 % para el mes de mayo.

CUADRO No 2.- MARCHA DIARIA DE LA HUMEDAD RELATIVA. PERIODO 1973-1984

CAJAMARCA - PERU

Hora	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
00 02	91	93	93	94	94	92	87	88	88	91	91	92
03 04	92	94	94	95	95	94	89	90	90	92	92	93
05 06	92	94	94	95	96	94	91	92	91	92	93	93
07 08	83	87	87	87	87	85	82	81	79	80	80	81
09- 10	61	65	64	63	61	58	54	54	55	57	56	57
11 12	52	55	56	53	50	52	44	44	45	48	48	50
13 14	52	57	56	54	48	43	40	41	44	48	50	50
15 16	58	65	65	59	55	47	43	44	49	56	55	57



17 18	67	74	74	70	68	57	51	52	60	66	64	66
19 20	80	85	86	86	84	74	65	67	74	80	80	81
21 22	87	90	91	92	91	84	76	78	83	86	87	88
23 24	90	93	93	94	94	89	83	83	87	90	90	90
Máx.	95	94	96	96	97	96	93	93	94	90	95	95
Mín.	46	50	50	49	45	40	39	38	40	39	43	44
Med.	76	79	80	78	75	70	66	66	69	73	74	74

CUADRO N^o 3.- HUMEDAD ABSOLUTA MENSUAL. PERIODO 1973 - 1984

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
mm Hg.	6.94	7.04	7.24	7.01	6.53	5.73	5.28	5.38	5.95	6.38	6.42	6.54

6.- DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO.- Se llama viento al movimiento aproximadamente horizontal del aire, motivado por diferencia de presión atmosférica entre dos lugares. El viento se dirige del lugar de mayor presión hacia el de menor presión, con variable intermitencia.

La máxima velocidad ocurre en las primeras horas de la tarde (ver cuadro N^o 4) y la mínima en las primeras de la mañana antes de la salida del sol (6 a.m.). Estas variaciones se deben a que durante el día la convección originada por el calentamiento del aire entre los niveles bajos y los más altos y una distribución vertical casi uniforme de la velocidad del viento.

Al igual que los otros factores, estos sirven para determinar las pérdidas térmicas, es decir, las pérdidas por convección del aire.

Del cuadro 4 y gráficos 13 al 24 se nota lo siguiente:

- Las noches sobre todo después de las 24 horas son muy calmas .
- Después de 1 - 3 horas de la salida del sol, empieza una brisa que aumenta por grados en la tarde, registrándose las máximas velocidades entre las 14 y 16 horas.
- A partir de las 16 horas (aproximadamente) el viento puede bajar o subir. En la estación de lluvias, los vientos fuertes acompañan generalmente las precipitaciones.

//..

- Anocheciendo, la velocidad del viento baja.
- El viento en la mayoría de los días y meses predomina la dirección SW (ver cuadro 5), con excepción de los meses de junio, julio, agosto y setiembre donde predomina la dirección W; esta predominancia puede ser debido a la cortina rompevientos de eucaliptos y construcciones situadas cerca de la estación de referencia.

Las velocidades indicadas han sido medidas a 2 m. de altura, Nuestros valores tienen que ser empleados para el cálculo de las pérdidas térmicas de aparatos que funcionan a energía solar.

Para una mayor representatividad, tanto de las velocidades como de las direcciones predominantes, se ha consignado los valores de la estación de propósitos específicos de La Victoria, que está ubicada en mejores condiciones, en terrenos de cultivo, donde se registran mayores velocidades entre las 14 y 16 horas, que van de 10.8 a 16.6 Km/hora; con predominancia de la dirección SW en la mayoría de los meses, a excepción de junio, julio y agosto en que predomina la dirección Oeste y Este respectivamente.

CUADRO Nº 4.- MARCHA HORARIA DEL VIENTO A 2 Mts. PERIODO 1973-1984

Km/h. ESTACION AUGUSTO WEBERBAUER

CAJAMARCA - PERU

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
01	1.8	1.4	1.4	1.4	1.8	2.2	2.5	2.9	2.5	1.8	1.8	1.8
02	1.4	1.4	1.4	1.1	1.8	2.2	2.5	2.8	2.2	1.8	1.8	1.8
03	1.4	1.4	1.4	1.1	1.8	2.2	2.5	2.9	2.5	1.8	1.8	1.8
04	1.4	1.4	1.4	0.7	1.8	2.2	2.5	2.5	2.2	1.8	1.4	1.4
05	1.4	1.4	1.1	1.4	1.8	1.8	2.5	2.5	2.2	1.4	1.4	1.8
06	1.4	1.4	1.1	0.7	1.8	1.8	2.2	2.5	2.2	1.8	1.4	1.4
07	1.8	1.1	1.4	1.8	1.8	2.2	2.2	2.5	2.2	2.2	2.2	1.8
08	2.9	2.2	2.5	2.9	2.5	2.5	2.9	3.2	3.6	3.2	3.2	2.9
09	4.0	3.6	3.6	4.3	3.6	3.6	4.3	4.3	5.0	4.3	4.3	4.3
10	5.0	4.7	4.7	5.0	4.7	5.0	5.4	5.8	6.1	5.4	5.4	5.4
11	5.8	5.4	5.4	5.4	5.8	6.1	6.5	7.2	7.2	6.5	6.5	6.5
12	6.8	6.1	6.1	5.8	5.8	6.5	7.6	7.9	7.9	7.3	7.2	7.2
13	7.6	6.8	6.5	6.5	6.8	7.2	8.3	8.6	8.3	7.9	8.3	8.3
14	7.9	7.6	7.2	7.2	6.5	7.2	9.0	9.0	8.6	9.7	8.6	9.0
15	8.3	7.6	7.2	7.2	6.5	7.9	9.0	9.4	8.6	8.3	9.0	9.0
16	7.9	7.6	6.8	6.5	6.5	7.6	9.0	9.4	8.3	8.3	8.6	8.6
17	7.2	6.5	6.1	5.0	5.8	6.8	7.9	8.3	7.2	7.2	7.6	7.9

18	6.1	5.0	5.0	3.6	4.7	5.4	6.5	6.5	5.8	5.0	5.4	6.1
19	4.3	4.0	3.6	2.5	3.2	3.6	5.0	4.7	4.0	4.0	4.0	4.3
20	3.6	2.9	2.9	2.2	2.5	2.9	4.0	3.6	2.9	2.9	2.9	3.2
21	2.9	2.2	2.2	1.4	2.2	2.5	3.6	3.2	2.5	2.2	2.5	2.5
22	2.2	1.8	1.8	1.4	2.2	2.5	3.2	2.9	2.5	1.8	1.8	2.2
23	2.2	1.4	1.8	1.1	2.2	2.5	2.9	2.9	2.5	2.2	1.8	1.8
24	1.8	1.4	1.4	1.1	2.2	2.5	2.9	2.9	2.2	1.8	1.8	1.8

CUADRO 5.- DIRECCIONES PREDOMINANTES 2 mts. DE ALTURA

PERIODO 1973 - 1984

CAJAMARCA - PERU

AW.	SW	SW	SW	SW	W	W	E	W	W	SW	SW	E
VICT.	SW	SW	SW	SW	SW	W	E	E	SW	SW	SW	SW

CUADRO 6.- MARCHA HORARIA DEL VIENTO A 2 MTS. DE ALTURA EN Km/h.

ESTACION IA VICTORIA. PERIODO 1973-1984

CAJAMARCA - PERU

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
01	3.2	3.2	2.9	2.2	2.2	2.9	4.3	4.7	4.0	3.2	3.2	3.6
02	3.2	2.9	2.9	2.2	2.2	2.9	4.3	4.3	3.6	3.2	2.9	3.6
03	3.2	2.9	2.5	2.2	2.2	2.5	3.6	4.0	3.6	3.2	2.9	3.2
04	2.9	2.9	2.5	2.2	1.8	2.5	3.6	3.6	3.2	3.2	3.2	2.9
05	2.9	2.5	2.2	2.2	1.8	2.5	3.6	3.6	3.2	3.2	2.9	2.9
06	3.2	2.5	2.5	1.8	1.8	2.5	3.2	3.2	3.2	2.9	2.5	2.9
07	2.9	2.5	2.2	2.2	1.4	2.2	3.2	3.2	2.9	2.9	2.5	2.5
08	3.2	2.9	2.5	2.9	2.2	2.9	4.0	3.6	3.6	3.2	3.6	3.6
09	5.0	3.6	4.0	3.6	3.2	4.0	5.8	5.8	5.8	4.7	4.7	5.0
10	7.2	5.4	5.4	5.8	5.4	6.5	7.9	10.1	9.0	7.2	6.8	7.2
11	9.4	5.6	7.6	7.9	7.9	9.4	11.9	13.3	11.9	9.7	9.4	9.7
12	11.2	9.4	8.6	9.4	9.4	9.4	10.8	13.7	14.4	11.5	11.9	11.9
13	13.0	11.2	10.1	10.8	9.7	11.2	13.7	14.4	13.3	13.7	14.0	14.4
14	14.4	12.2	11.2	10.8	10.1	11.2	13.7	14.4	13.7	15.1	14.8	15.8
15	14.8	12.2	11.2	10.8	10.8	11.2	14.0	14.8	14.4	15.8	15.8	16.6
16	14.8	12.2	10.8	10.4	10.8	11.2	14.0	14.4	14.4	14.8	15.5	16.2
17	13.7	11.2	9.7	9.7	10.1	10.8	13.7	14.0	11.9	14.8	14.0	14.8

18	11.9	9.4	8.3	7.9	8.3	9.7	12.6	13.0	11.5	12.6	11.9	12.2
19	9.4	7.6	6.5	5.8	5.8	7.6	10.4	10.8	9.4	9.7	9.0	9.4
20	7.6	6.1	5.4	4.7	4.7	5.8	8.3	8.3	6.8	8.3	7.9	7.9
21	6.5	5.4	4.3	4.0	3.6	5.0	6.5	6.5	5.8	6.5	6.1	6.5
22	5.0	4.7	4.3	3.2	2.9	4.0	5.8	5.8	4.7	5.0	4.3	5.4
23	4.3	4.0	3.6	2.9	2.5	3.2	5.4	5.0	4.3	4.0	3.6	4.3
24	4.0	3.6	3.2	2.5	2.2	2.9	4.7	4.7	4.0	3.6	3.2	3.6

7.- RADIACION GLOBAL SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL.- Por radiación global se entiende - la suma de la radiación solar directa, la difusa, la reflejada por las componentes atmosféricas y de las nubes, es decir, la energía total recibida en una superficie horizontal. Generalmente se mide la radiación que llega sobre una superficie horizontal (como en nuestro caso). La radiación directa es generalmente inferior, pues se considera únicamente la componente vertical.

En el cuadro 7 apreciamos los promedios mensuales de la suma horaria de la radiación solar sobre una superficie horizontal. Se ha considerado los promedios horarios como el valor central de la hora, así para el mes de enero el promedio mensual en el intervalo 10-11 fue 71.77 cal/cm²xmín., entonses la intensidad media de la radiación global para las 10.30 es de 1.19 cal/cm²xmín. ó 4.98 W/S (Vatios por segundo).

Del cuadro 8 más de la mitad de la radiación global se recibe en las horas centrales del día (10:14 horas), proporción que varía muy poco a lo largo del año. Como los días son más largos en el verano, tendría que haber un porcentaje más bajo que en el invierno, pero las diferencias no son tan acentuadas por que en el verano, las primeras y las últimas horas del día se presentan frecuentemente nubladas.

Del gráfico 26 se aprecia el comportamiento mensual de la radiación global que fluctúa de 425 langley/día (mes de junio) a 504 langley/día (mes de diciembre). Con una radiación solar promedio diario anual de 464 langley/día ó 19.4 MJ/m² (megajoule/m²), media que difiere por defecto en 4,8, 4.5, 3.8 MJ/m² para las zonas de Arequipa, Puno y Huancayo, respectivamente; y difiere por exceso en 1.1, 1.3 y 2.2 MJ/m² para las zonas del Cusco, Piura y Trujillo, respectivamente (según ITINTEC 1982).

La alta incidencia de la radiación es una característica de la mayoría de las zonas que se encuentran a alturas considerables sobre el nivel del mar; así como su cercanía al Ecuador. Asimismo, se ha analizado su desviación standar mensual, para una apreciación más objetiva de la misma (ver gráfico 26).

La radiación durante el año es casi constante, lo que es particularmente favorable para el aprovechamiento de la energía solar. Para aclarar este hecho hemos analizado el coeficiente KT entre la radiación global efectiva y la radiación extraatmosférica. De esta manera se puede evaluar con exactitud el influjo de los fenómenos atmosféricos sobre la radiación solar (ver cuadro 9).

El análisis KT nos demuestra como en promedio los meses más secos reciben en proporción más sol que los otros a causa del mayor número de días despejados. Esto ha de ser confirmado con el análisis del número de horas de sol.

CUADRO Nº 7.- PROMEDIOS MENSUALES DE LA SUMA HORARIA DE LA RADIACION SOLAR SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL. PERIODO 1981 - 1983

Horas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5-6	-	-	-	-	0.19	-	-	0.17	-	-	0.19	0.17
6-7	2.82	2.22	2.68	3.99	4.76	2.70	3.18	2.03	4.90	7.15	6.52	4.76
7-8	16.59	17.61	17.52	20.77	23.49	19.22	18.74	20.77	27.08	27.75	26.12	22.23
8-8	41.37	38.28	38.43	41.73	44.24	40.32	41.75	42.64	48.92	49.90	49.78	48.59
9-10	60.28	57.48	57.65	62.33	59.96	56.52	57.31	59.73	69.09	64.31	66.82	65.08
10-11	71.77	72.30	70.32	69.50	70.50	66.23	68.47	69.86	78.30	69.17	75.55	72.82
11-12	71.46	76.38	72.30	65.44	70.05	68.42	71.60	71.99	74.42	69.21	76.86	71.87
12-13	69.65	70.41	64.22	58.24	64.17	68.57	67.59	66.23	68.93	57.91	73.52	65.99
13-14	61.76	59.89	53.68	53.01	55.24	59.10	60.90	56.09	60.13	54.80	60.56	54.99
14-15	53.46	49.04	43.26	39.58	39.24	48.92	50.74	45.22	48.88	40.32	47.44	48.49
15-16	41.96	36.04	30.93	30.30	28.37	34.08	34.46	34.46	34.06	25.69	32.60	36.47
16-17	25.91	23.80	18.50	15.30	14.10	17.73	18.71	19.62	18.88	14.17	19.55	21.06
17-18	10.00	8.71	6.52	3.56	2.65	3.58	4.42	4.56	4.92	3.32	4.85	7.91
18-19	0.84	0.67	0.38	-	-	-	-	0.14	-	-	0.14	0.22

Además se ha creído conveniente realizar un balance de radiación, con la fórmula de BRUNT modificada y la constante de STEFAN-BOLTZMANN, que nos va a permitir determinar la radiación neta, cuya ecuación es como sigue:

$$RN = (Q+q) (1 - \alpha) - \sigma T^4 (0.56 - 0.079 \sqrt{ed}) (0.1 + 0.9 n/N)$$

Dicho balance podemos apreciarlo gráficamente en el dibujo 27, donde hemos incluido la media mensual histórica de la evapotranspiración potencial, determinada por el método de HARGREAVES con MF, transformados a langley/día. Oscilando la radiación neta de 259 langley/día, para el mes de diciembre a 166 langley/día, mes de junio.

CUADRO Nº 8.- PROMEDIO MENSUAL DE RADIACION GLOBAL (langley/día)
SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL PARA TODO EL DIA
Y PORCENTAJE DEL TOTAL QUE CAE EN LOS INTERVALOS
INDICADOS. PERIODO 1973 - 1984

Meses	Total Diario	Mañana (%)	Tarde (%)	10-14 (%)	9-15 (%)	8-16 (%)
E	480	50.5	49.5	52.0	73.5	89.5
F	456	52.0	48.0	54.0	75.0	89.7
M	454	54.0	46.0	55.0	76.0	90.7
A	449	57.5	42.5	53.0	55.0	90.5
M	440	57.0	43.0	54.0	75.0	90.0
J	425	52.0	48.0	54.0	76.0	91.7
J	449	52.0	48.0	54.0	74.0	89.0
A	458	54.0	46.0	54.0	75.0	90.5
S	459	56.5	43.5	52.0	74.0	90.0
O	468	59.5	40.5	51.5	73.0	89.5
N	504	55.7	44.3	55.0	74.0	89.0
D	504	55.3	44.7	51.5	73.0	89.0

CUADRO Nº 9.- COEFICIENTE KT PROMEDIO ENTRE RADIACION GLOBAL EFEC-
TIVA Y RADIACION EXTRA-ATMOSFERICA

E	0.5099	M	0.5705	S	0.5245
F	0.4907	J	0.5797	O	0.5097
M	0.4973	J	0.5938	N	0.5450
A	0.5324	A	0.5621	D	0.5449

8.- DURACION DEL BRILLO SOLAR. (Heliofanía)

La insolación ó heliofanía, se refiere al tiempo en el que el sol brilla o emite radiación directa sobre un lugar determinado y se expresa ya sea en horas y décimos o en porcentaje respecto a la dirección astronómica posible, siguiendo un curso inversamente proporcional al de la radiación solar, fenómeno aparentemente contradictorio, pero que tiene explicación en la menor nubosidad de los meses de invierno con $4/8$ de cielo cubierto, llegando a $7/3$ en verano, con una disminución de la radiación directa.

La duración astronómica posible es una función de la latitud, por lo tanto varía en el transcurso del año. En cambio, la insolación que se obtiene en un lugar depende de los obstáculos naturales y artificiales que interceptan la radiación directa del sol, como es el caso de los edificios, árboles y nubosidad.

Cualquiera reconoce que para el aprovechamiento de la energía solar, una hora de sol en la mañana temprano o antes de la puesta del sol no son equivalentes a una hora de sol cerca del medio día.

En el Ecuador, la duración de la insolación varía poco en el transcurso del año, por lo que el día tiene como la noche, doce horas y en cuanto a la inclinación nunca se separa mucho de la vertical. De todos modos hay dos máximas en los equinoccios y dos mínimas en los sols-ticios. Si nos dirigimos a los polos, va aumentando la duración del día en verano y disminuye en invierno.

El Centro de Investigaciones Agrometeorológicas de Cajamarca, tiene la duración del brillo solar por cada hora y se ha calculado el porcentaje que cae en cada hora sobre el total diario (ver cuadro 10 y gráfico 25).

En el cuadro 11, se aprecia el porcentaje de horas de sol mensuales comparado al máximo teórico posible, con un promedio anual mensual de 49 %.

Como no todas las estaciones cuentan con medida de la radiación solar global, se ha correlacionado el brillo solar y la radiación, de acuerdo a la regresión lineal según Calzada, obteniéndose las constantes a y b para cada mes (ver cuadro 12). Estos parámetros sirven para confrontar el clima radiativo de nuestra estación, con otras y principalmente para extender nuestros resultados, a toda la región del departamento. La correlación entre la heliofanía y la radiación solar siempre ha sido

CUADRO 10.0.- MARCHA PROMEDIO DE DURACION DEL BRILLO SOLAR EN
FRACCIONES DE HORA. PERIODO 1973-1984

Horas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6-7	0.05	0.08	0.06	0.07	0.11	0.08	0.14	0.16	0.15	0.13	0.13	0.02
7-8	0.47	0.45	0.44	0.52	0.65	0.67	0.71	0.75	0.67	0.56	0.54	0.53
8-9	0.64	0.57	0.60	0.69	0.80	0.79	0.81	0.81	0.73	0.72	0.68	0.74
9-10	0.65	0.64	0.65	0.75	0.81	0.83	0.82	0.81	0.77	0.71	0.74	0.71
10-11	0.60	0.66	0.64	0.74	0.80	0.81	0.79	0.77	0.71	0.70	0.71	0.70
11-12	0.59	0.62	0.56	0.68	0.77	0.75	0.75	0.72	0.61	0.64	0.66	0.66
12-13	0.54	0.53	0.47	0.56	0.67	0.68	0.72	0.65	0.55	0.54	0.60	0.54
13-14	0.49	0.41	0.41	0.40	0.46	0.58	0.62	0.65	0.59	0.48	0.49	0.52
14-15	0.42	0.35	0.34	0.43	0.49	0.57	0.60	0.54	0.43	0.40	0.48	0.50
15-16	0.36	0.30	0.31	0.40	0.44	0.53	0.59	0.52	0.40	0.36	0.44	0.43
16-17	0.33	0.24	0.22	0.30	0.38	0.48	0.54	0.44	0.32	0.34	0.38	0.38
17-18	0.12	0.08	0.05	0.05	0.09	0.09	0.11	0.11	0.06	0.12	0.18	0.17
73-84	5.2	4.6	4.7	5.6	6.6	6.9	7.3	6.9	5.9	5.7	6.1	6.0

CUADRO 11.0 PORCENTAJE DE HORAS DE SOL MENSUALES COMPARADO AL MAXIMO
TEORICAMENTE POSIBLE. PERIODO 1973 - 1984

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
%	43	38	40	46	54	59	62	59	49	46	50	46

CUADRO 12.- VALORES MENSUALES DE LOS FACTORES DE CORRELACION ENTRE
 HELIOFANIA Y RADIACION GLOBA. PERIODO 1973 - 1984.

CAJAMARCA - PERU

	<u>a</u>	<u>b</u>
E	0.3083	0.4454
F	0.2723	0.5500
M	0.3118	0.6680
A	0.2814	0.4930
M	0.2984	0.4584
J	0.1564	0.6945
J	0.2024	0.6235
A	0.2297	0.5376
S	0.2584	0.5294
O	0.3199	0.4326
N	0.2632	0.5869
D	0.2147	0.6256

FORMULA: $RN = (a + b n/N) RE.$

Donde:

RN = Radiación neta en langley/día

a,b = Constantes determinadas

n = Insolación

N = Fotoperíodo (tablas)

RE = Radiación extraterrestre (según tablas).

9.- EXTENSION DE LOS RESULTADOS A OTRAS ZONAS.- Las conclusiones aquí obtenidas son el resultado de estudios muy intensivos del clima radiativo en el valle de Cajamarca. Las características principales son constantes en toda la sierra; sin embargo los valores absolutos tienen que ser adaptados a la ubicación geográfica.

En la extensión de nuestros resultados, necesariamente se consideran algunas restricciones y simplificaciones, y nos referimos únicamente a los valles interandinos, que presentan una similitud. Los factores más importantes que determinan el clima de un lugar son la altura y la orografía, y en menor grado la cubierta del suelo, la presencia de masas de agua, al igual que la acción del hombre al modificar el paisaje natural; además del conjunto de los fenómenos meteorológicos (lluvia, temp. etc.)

Presentamos a continuación los parámetros estudiados y veamos como se pueden extender a otras zonas.

10.- TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA.- La variación diaria de la temperatura y humedad relativa está representada por la curva que la temperatura y la humedad relativa traza en el transcurso de las 24 horas y que oscila entre los puntos de máxima y mínima (ver figura del 1 al 12), dependiendo principalmente de la orografía y cubierta del suelo y además de la época del año. En el invierno, en los lugares muy abiertos y relativamente planos, la temperatura baja mucho a causa de la irradiación de la superficie terrestre hacia el espacio, pues los lugares planos y abiertos ven más cielo que los cerrados o las laderas, como corolario pueden enfriarse más.

En todo el territorio peruano el SENAMHI, posee estaciones meteorológicas, que miden la temperatura a las 07, 13 y 19 horas y las máximas y mínimas. Las temperaturas medias son calculadas como promedios aritméticos de los tres, sobreestimando la temperatura media efectiva en $0.5 - 1.5^{\circ}\text{C}$., entonces para confrontar con nuestros datos determinados para el valle de Cajamarca, ver la diferencia con el valor que hemos calculado en cada época del año, y luego reducir o aumentar estas diferencias (de cada dos horas), a las temperaturas registradas en Cajamarca, así abremos obtenido la evolución diaria de la temperatura (o la humedad) de un lugar determinado que no contaba con mediciones continuas. Este mecanismo dará el promedio una precisión de 1 a 2°C .

11.- VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO.- La velocidad del viento es comúnmente mayor en el día que en la noche. La mayor velocidad ocurre en las primeras horas de la tarde, y la

//..

mínima en las primeras horas de la mañana antes de la salida del sol, dependiendo principalmente de la orografía. Estas variaciones se deben a que durante el día la convección originada por el calentamiento del aire, produce un intercambio entre los niveles bajos y los más altos y una distribución vertical casi uniforme de la velocidad del viento. Se ha comparado las características del viento, con aquellos determinados por los investigadores de la UNA, en el departamento de Piura y otros investigadores de la Universidad de Huamanga-Ayacuchco, encontrándose similitudes. Deducimos entonces, también en base a nuestras observaciones, que las características tienen que repetirse. La dirección es evidentemente función de la posición relativa del lugar de observación; pero podemos manifestar que durante el día el viento viene de las zonas más bajas y las ráfagas de la tarde bajan de las zonas más altas.

12.- RADIACION GLOBAL SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL.- En ausencia de datos experimentales existen numerosas correlaciones para estimar la radiación global mensual promedio, sobre una superficie horizontal en un lugar dado. Estas correlaciones hacen uso de información fácilmente obtenible: número de horas de insolación o porcentaje de posibles horas de asoleamiento, latitud del lugar, etc. Una de las expresiones más sencillas es la Ångström, la cual correlaciona la radiación total sobre una superficie horizontal y la radiación en condiciones de cielo despejado, con el porcentaje de posibles horas de insolación.

Esta correlación es de la forma:

$$\bar{H} = \bar{H}_c (a + b n/N)$$

Donde:

\bar{H} = Radiación promedio sobre una superficie horizontal en un período o intervalo de tiempo dado, un mes.

\bar{H}_c = Radiación promedio sobre una superficie horizontal en condiciones de cielo despejado (tablas)

n = Número de horas de insolación diario promedio en el mismo período.

N = Máximo de número diario de horas de insolación en el mismo período de tiempo (tablas).

Es así como Ruesta-Manco (1977), determinan valores anuales para los coeficientes a y b de: 0.29 y 0.46, respectivamente. Como el

CIA-C., cuenta con medidas de radiación global e insolación en el presente estudio, se han determinado los coeficientes a y b en forma mensual los cuales pueden servir para lugares con características climático-radiativas parecidas. Pudiendo afirmar que se pueden emplear estos valores para lugares comprendidos entre 2300 y 3000 metros, para lugares más altos se tendrá en promedio una disminución de la radiación efectiva y para lugares más bajos un incremento. Por esta razón se consideran estos resultados como indicativos, con las limitaciones del caso (orografía, presencia de lagunas, vegetación, etc.). Finalmente se ha realizado un balance de radiación, que lo podemos apreciar en el gráfico 27.

13.- DURACION DEL BRILLO SOLAR O INSOLACION.- Es otro parámetro meteorológico que está directamente relacionado con la radiación global. En los meses de secano (mayo a agosto), el número de horas de sol es casi constante, aparte de las variaciones anuales. En los meses lluviosos (diciembre a marzo), se agudiza un poco más la variabilidad del número de horas de sol, pudiendo disminuir hasta en un 60 %.

Como se aprecia es muy difícil hacer una estimación precisa del número de horas de sol, puesto que los factores microclimáticos influyen decididamente; sin embargo, la influencia sobre la cantidad de radiación que se recibe a nivel del suelo no es muy importante, puesto que las horas centrales del día son en promedio más despejadas que las primeras horas y las últimas del día.

14.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL EMPLEO DE LA ENERGIA SOLAR.-

Como ya se ha estipulado, nuestro análisis del clima radiativo del valle de Cajamarca, sirve para destacar las características sobresalientes del clima y determinar el potencial energético que representa la energía solar.

Enseguida pasamos a describir las características más salientes del clima radiativo para el valle de Cajamarca:

a.- Como corolario de estar ubicados en la zona tropical (ecuatorial) y a una altura relativamente elevada (2536 m.s.n.m.), determina una fuerte variación térmica diaria. Esta variabilidad es más marcada en días secos y con buena radiación y en lugares planos abiertos.

El promedio de la temperatura máxima diaria es casi constante, con promedio de 20.5 a 21.3 °C. En cambio la temperatura mínima varía en forma más apreciable de 4.6 a 8.7 °C. y en los meses de secano (mayo a agosto), se presentan heladas meteorológicas, descendiendo hasta -4.0 °C. La duración de las heladas pueden ser de algunos minutos hasta de dos horas, debido a una elevada irradiación nocturna en el valle. La temperatura media oscila de 12.9 a 14.5 °C.

- b.- La humedad relativa es otro parámetro meteorológico cuyo promedio - máximo varía poco en el transcurso del año, oscila de 90 a 95 %, en cambio los promedios mínimos presentan mayor variabilidad, van de 38 a 50 %. Siendo el comportamiento inverso a la temperatura en el transcurso del día, es decir, las temperaturas aumentan y la humedad relativa disminuye en el transcurso del día.
- c.- En lo referente al viento, no alcanza valores elevados, variando de 10.8 a 16.6 Km/hora (estación de la Victoria) y de 6.5 a 9.0 Km/hora (estación Augusto Weberbauer). La baja velocidad del viento se debe a que el valle de Cajamarca, se encuentra protegido por una cadena de montañas a los alrededores que amortiguan la fuerza del viento. Por otro lado la estación A. Weberbauer, se encuentra bajo el abrigo de cortinas de árboles, por lo que es marcada la diferencia entre ésta y La Victoria.
- Con respecto a la dirección predominante en el transcurso del año es la dirección SW-, con variación en los meses de junio, julio y agosto, en que predomina la dirección E.
- d.- La radiación solar es intensa todo el año, a causa de la ubicación geográfica, poco contenido de vapor de agua y falta de contaminación atmosférica; oscilando la radiación global de 425 a 504 langley/día. La variación de la suma diaria de radiación sobre una superficie horizontal, es relativamente pequeña, lo que es particularmente favorable para el aprovechamiento de la energía solar. Además la radiación neta oscila también de 166 a 259 langley/día, para los meses de junio y diciembre respectivamente.
- e.- En el valle de Cajamarca la insolación o número de horas de sol, es relativamente elevado (en promedio 2,180 horas por año), pero en zonas menos favorables, lugares más elevados y con menos horizonte, este número puede ser inferior a 2,000 horas por año. Las causas son las formaciones de nubes de las familias cumuliformes, que se presentan en los meses lluviosos.
- f.- Se recomienda realizar estos tipos de estudios para otras zonas del país, que cuenten como mínimo con una estación meteorológica agrícola principal.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Calzada Benza, José (1981) "Estadística General". con énfasis en muestreo. Lima - Perú. Editorial Jurídica S.A. 527 págs.
- 2.- ITINTEC (1984) "Energías Alternativas y sus Perspectivas". Serie: Energías no Convencionales. Dirección de Energía. Lima Perú. Vol. 1 Nº 2 marzo.
- 3.- Langley . Richmond, W.(1970) "Tratado Ilustrado de Meteorología" Universidad de Alberta, EE.UU. 332 págs.
- 4.- Marrero, Leví (1981) "La Tierra y sus Recursos". Universidad de Puerto Rico. Cultural Venezolana S.A. Caracas - Venezuela 395 págs.
- 5.- Manrique, José A. (1984) "Energía Solar". Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas. México D.F. 256 págs.
- 6.- Rau Hans (1981) "Energía Solar". Aplicaciones Prácticas. MARCOMBO. Barcelona-México 215 págs.
- 7.- Richard Williams, J.(1976) "Tecnología y Aplicaciones de la Energía Solar". Traducido por Fernando Briones F. Madrid- 10. 160 págs.
- 8.- Ruesta, N. -Manco P. José (1977). "Relación entre Radiación y Heliofanías en la Campaña de Cajamarca". Trabajo inédito presentado a la Dirección de Meteorología Agrícola del "SENAMHI". Lima
- 9.- Valdivia Ponce, Jorge (1981) "Meteorología General". Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú 168 págs.

Gráficos del 1 al 12.- Evolución diaria de la temperatura y humedad relativa. Temperatura : escala a la izquierda.

Humedad relativa : escala a la derecha (en rasgado)

Gráfico 1.- ENERO Período 1973-1984

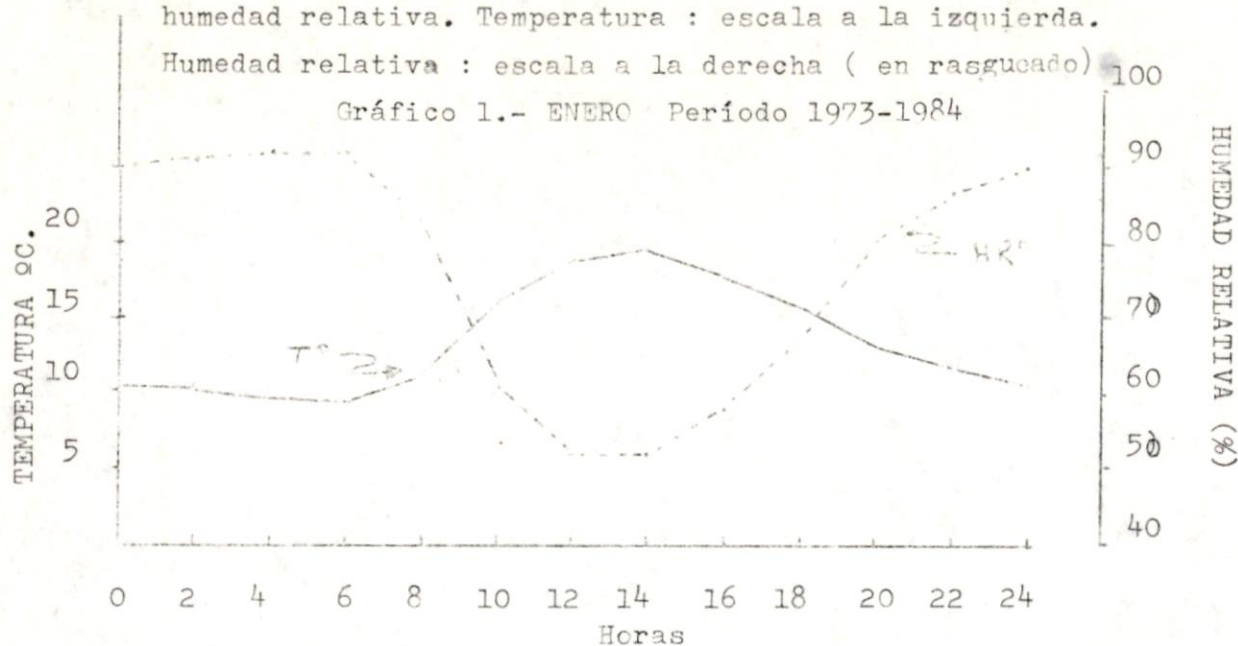


Gráfico 2.- FEBRERO

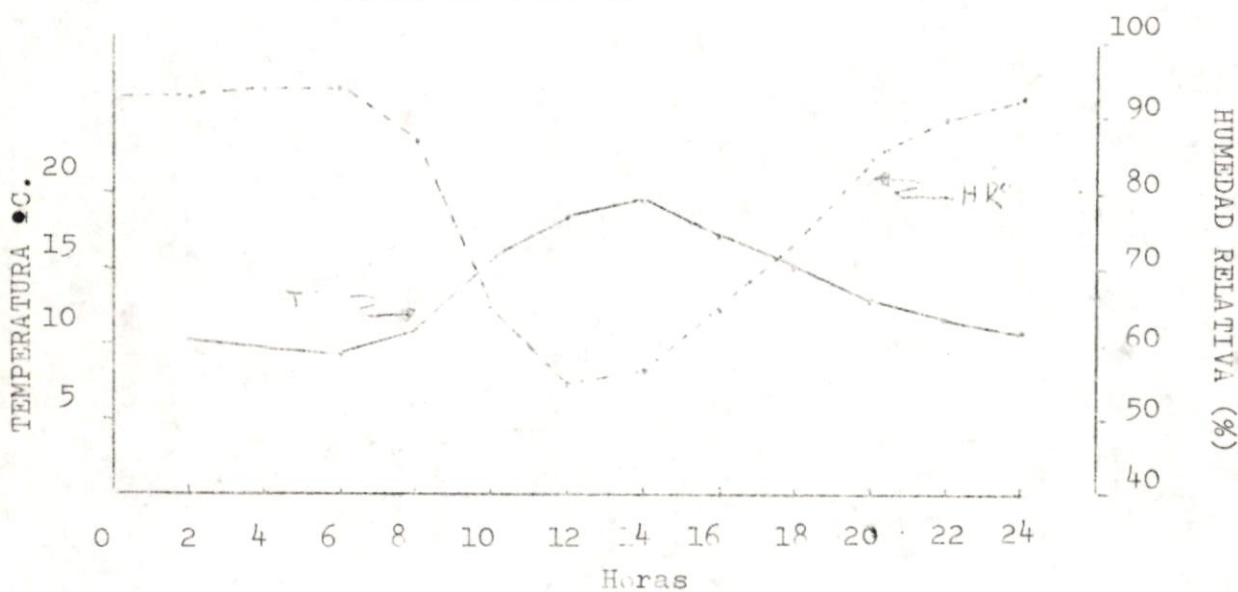
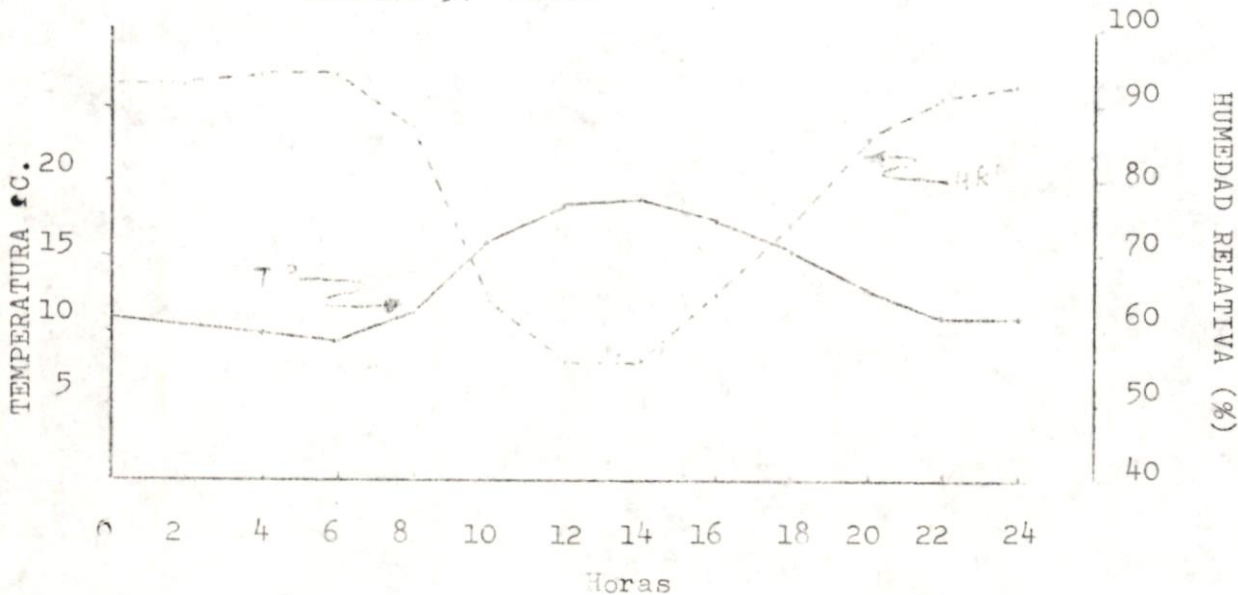
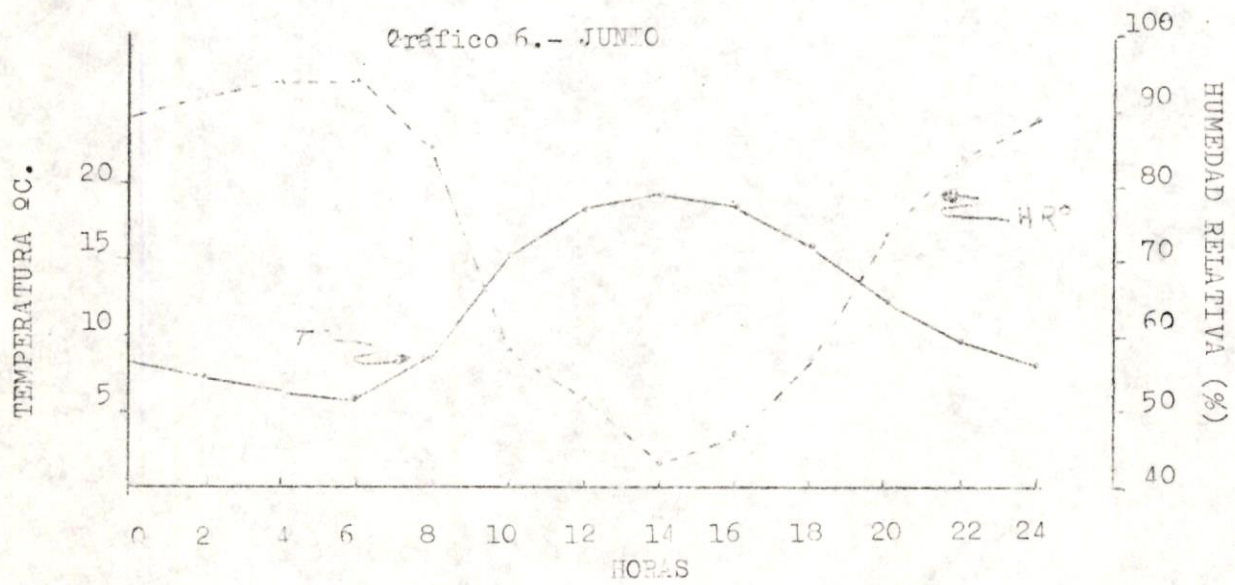
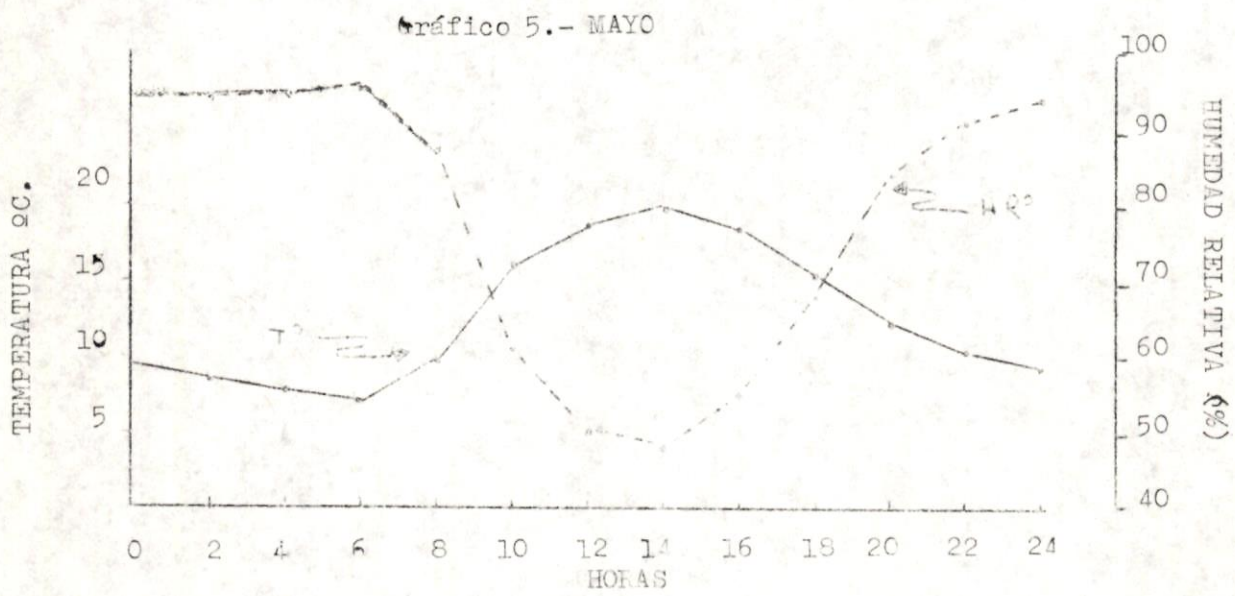
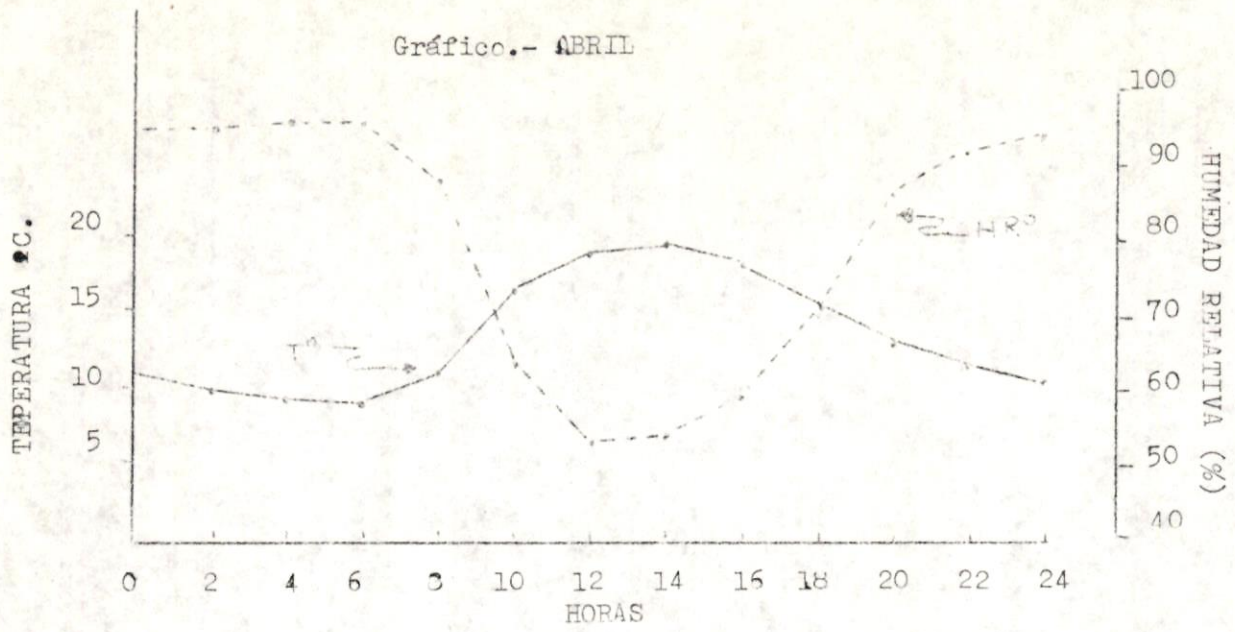
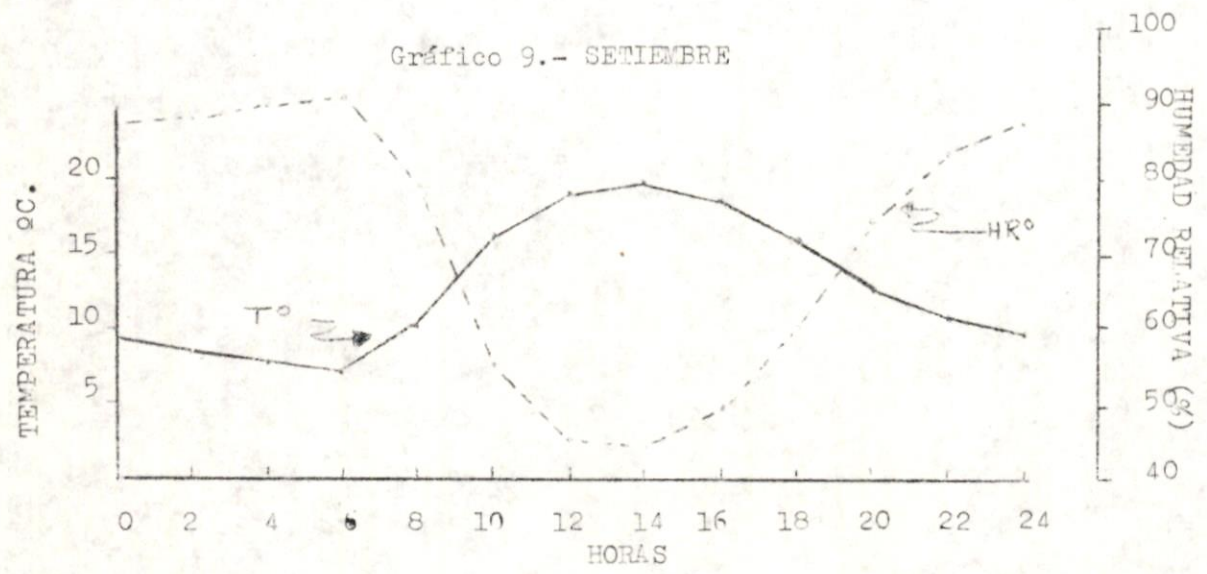
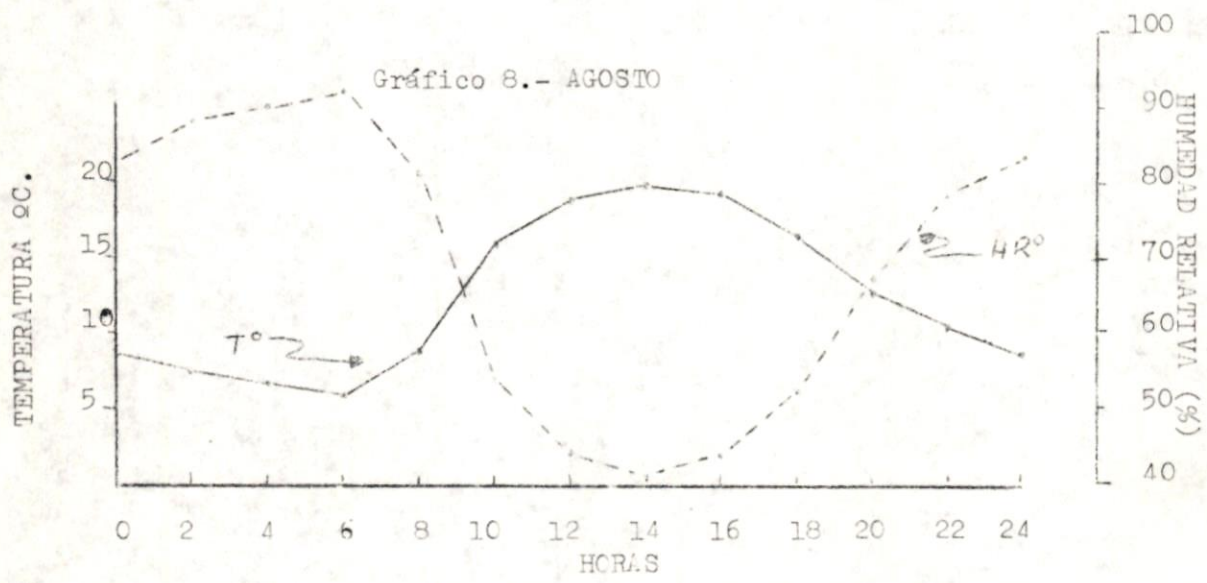
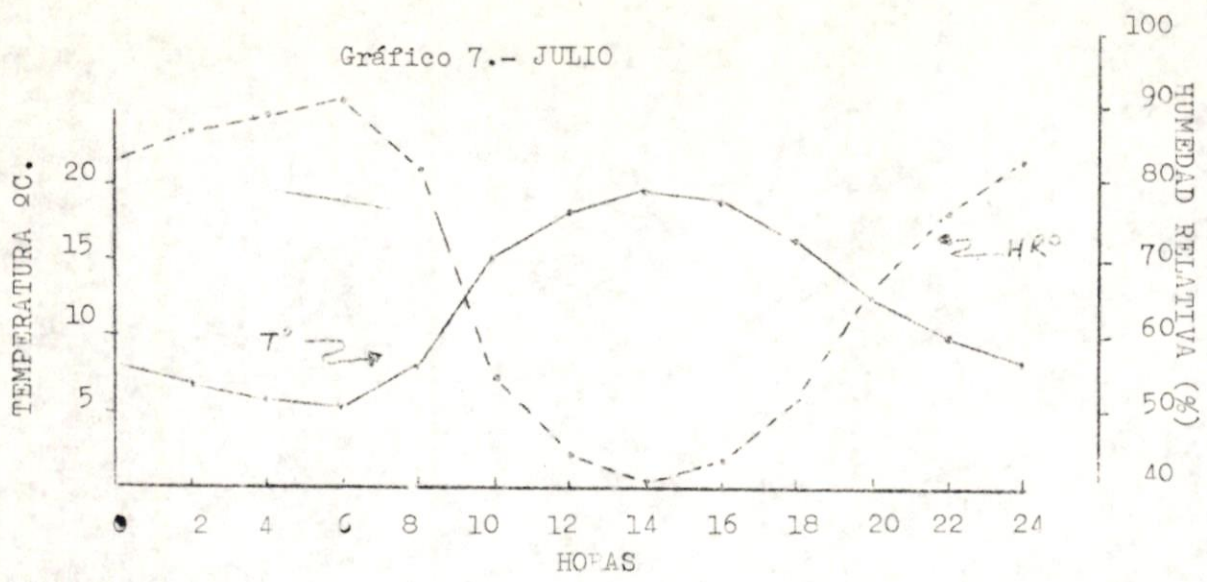
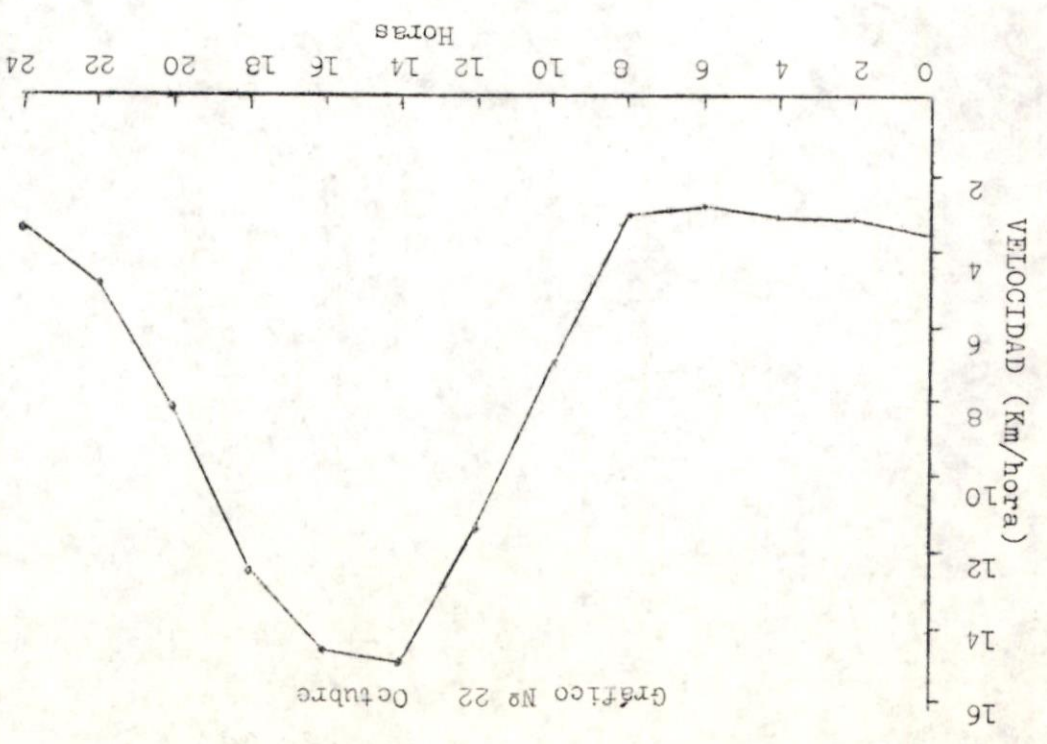
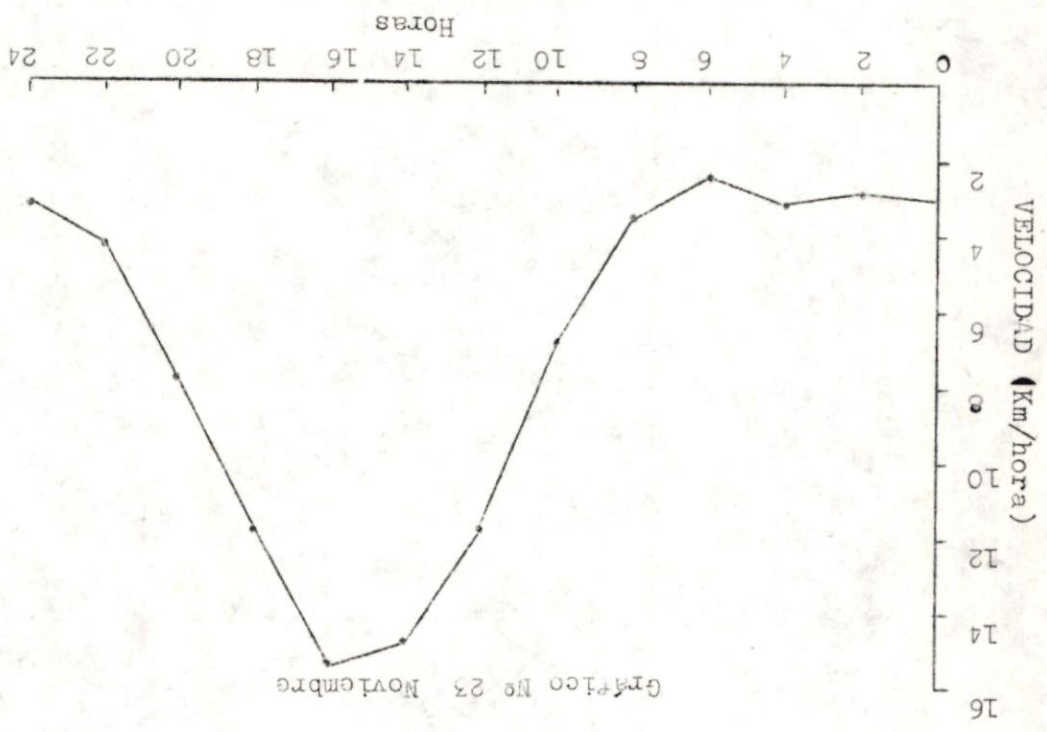
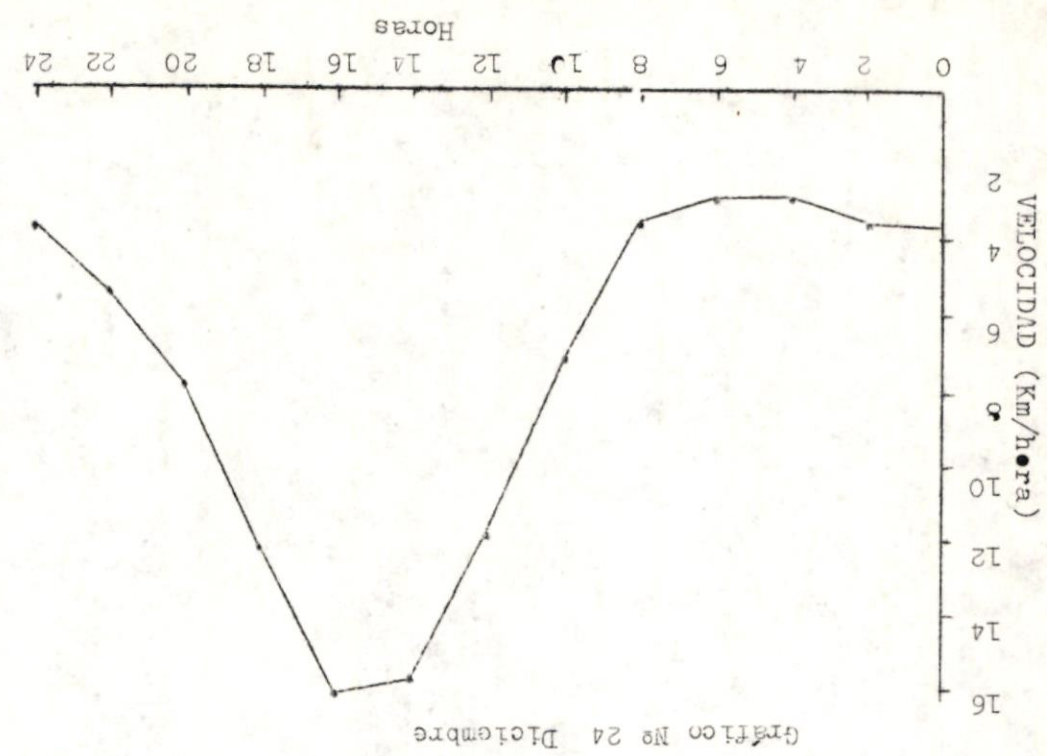


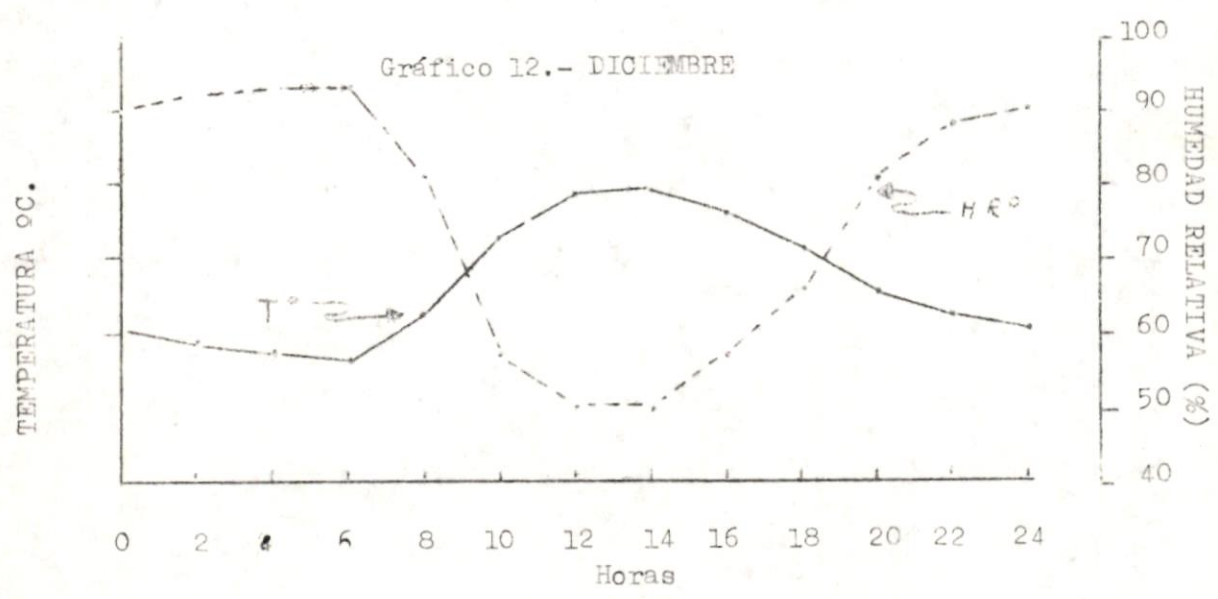
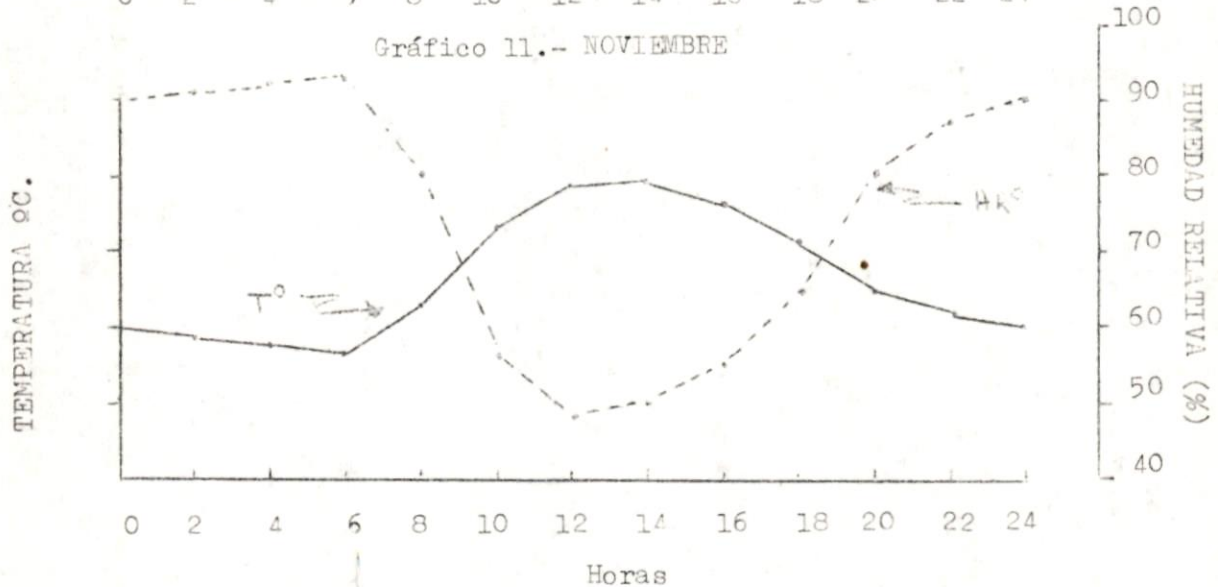
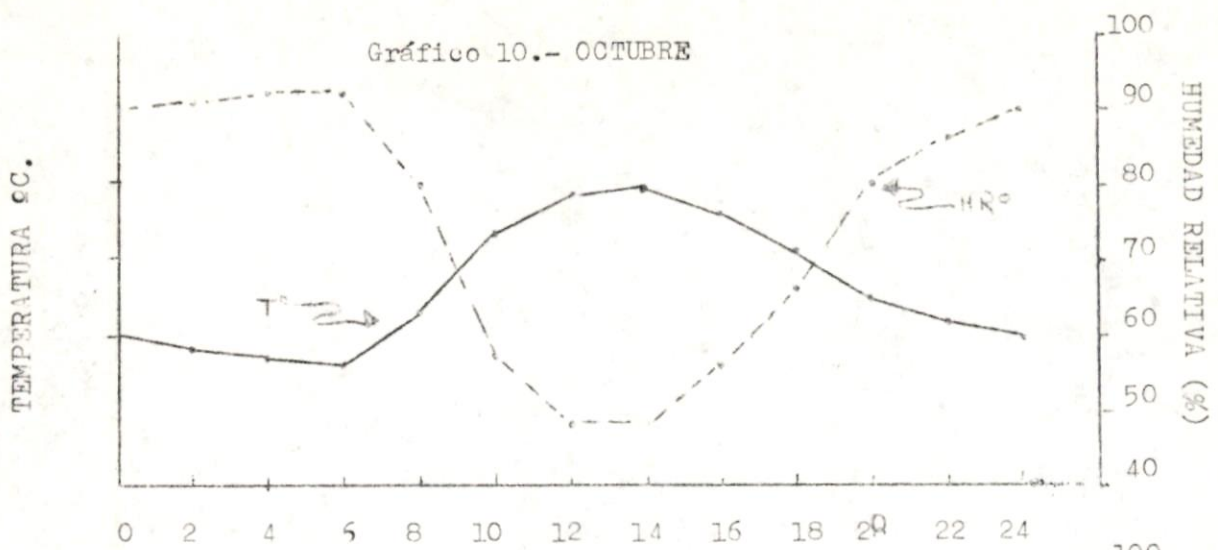
Gráfico 3.- MARZO











Gráficos del 13 al 24.- Desarrollo diario de la velocidad media diaria del viento. Estación PE de la Victoria - Cajamarca. Período 1973-84

Gráfico 13.- ENERO

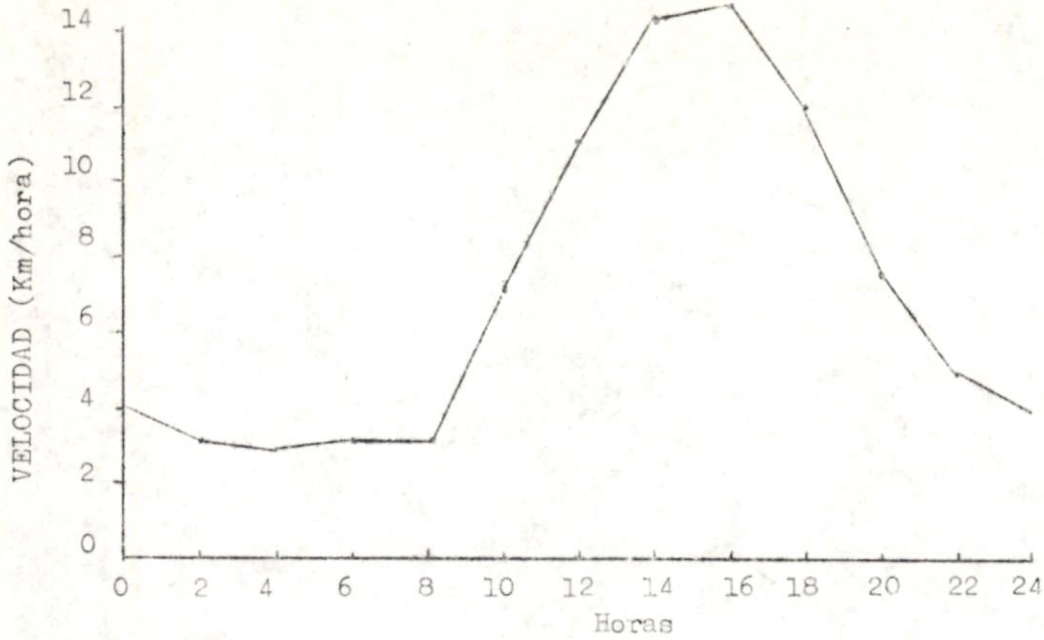


Gráfico 14.- FEBRERO

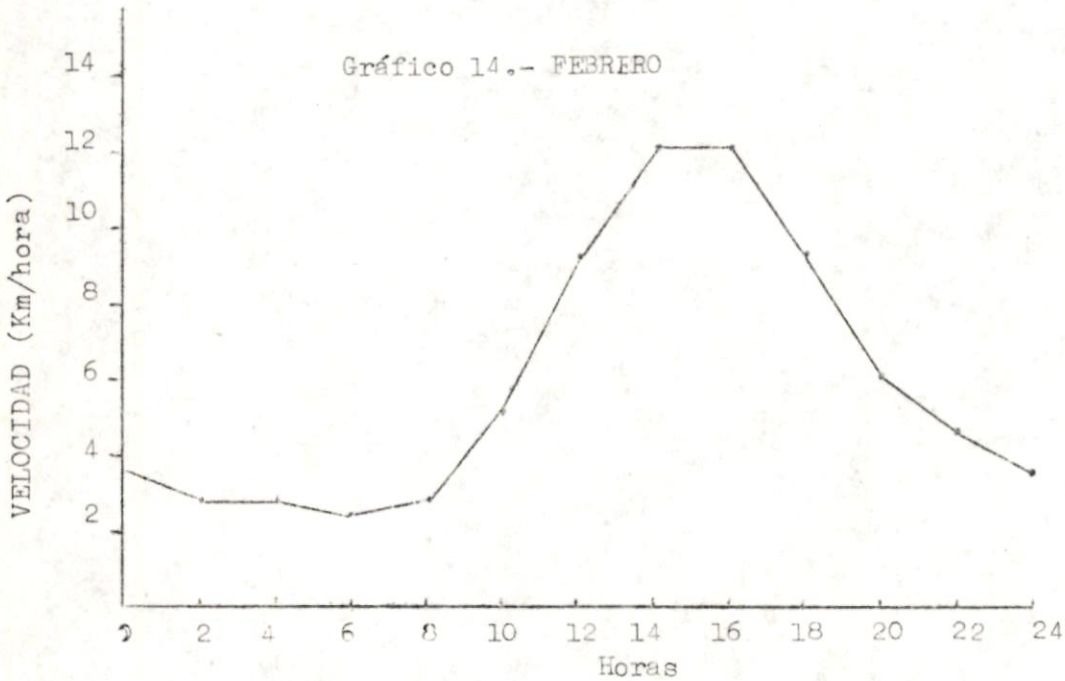


Gráfico 15.- MARZO

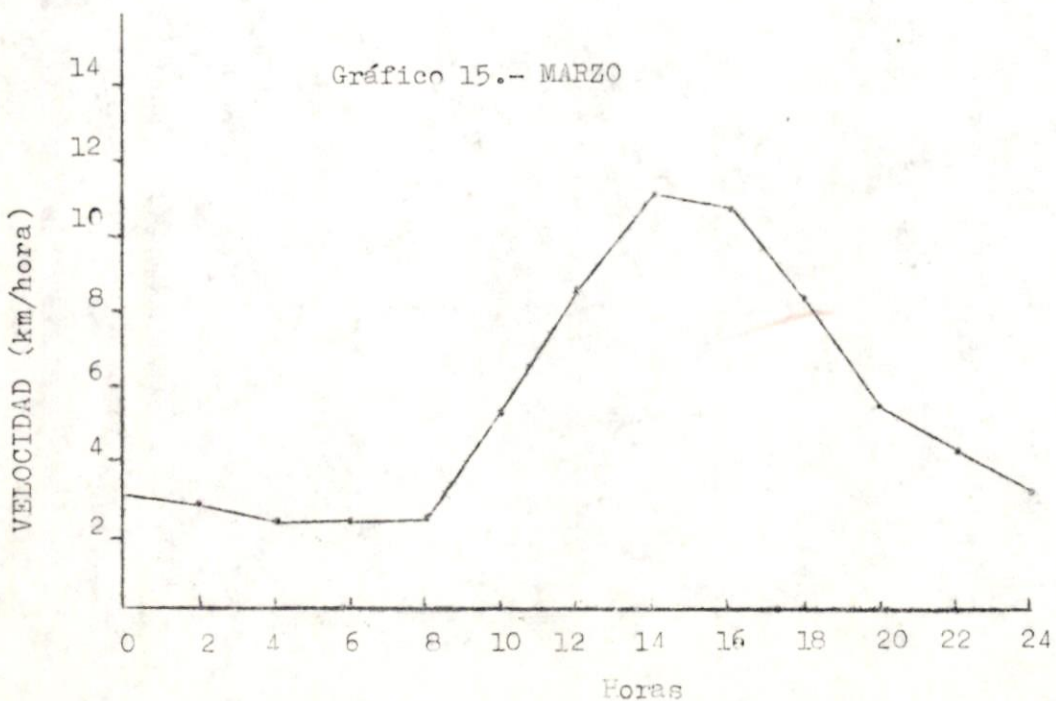


Gráfico 16.- ABRIL

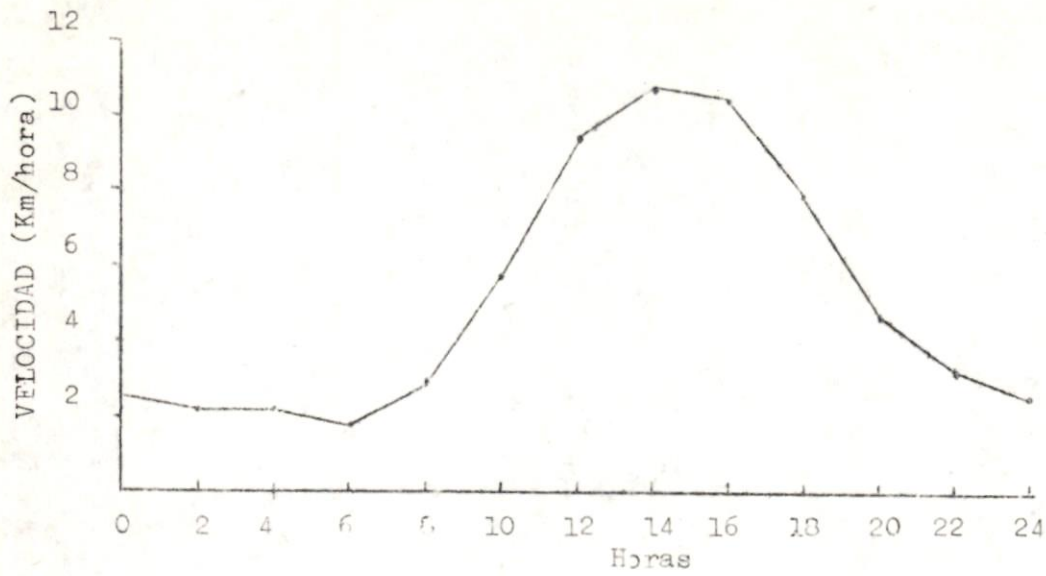


Gráfico 17.- MAYO

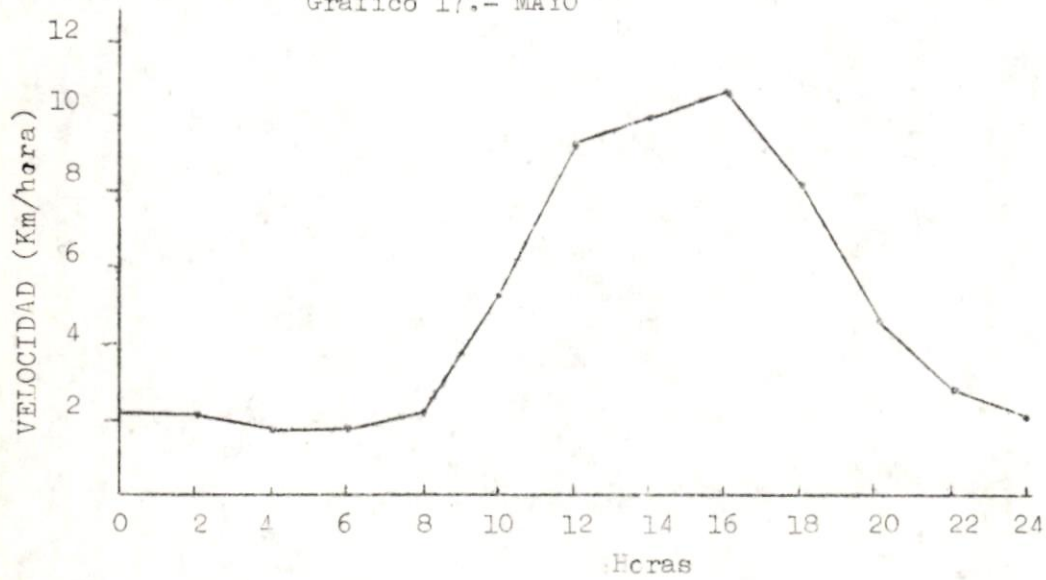


Gráfico 18.- JUNIO

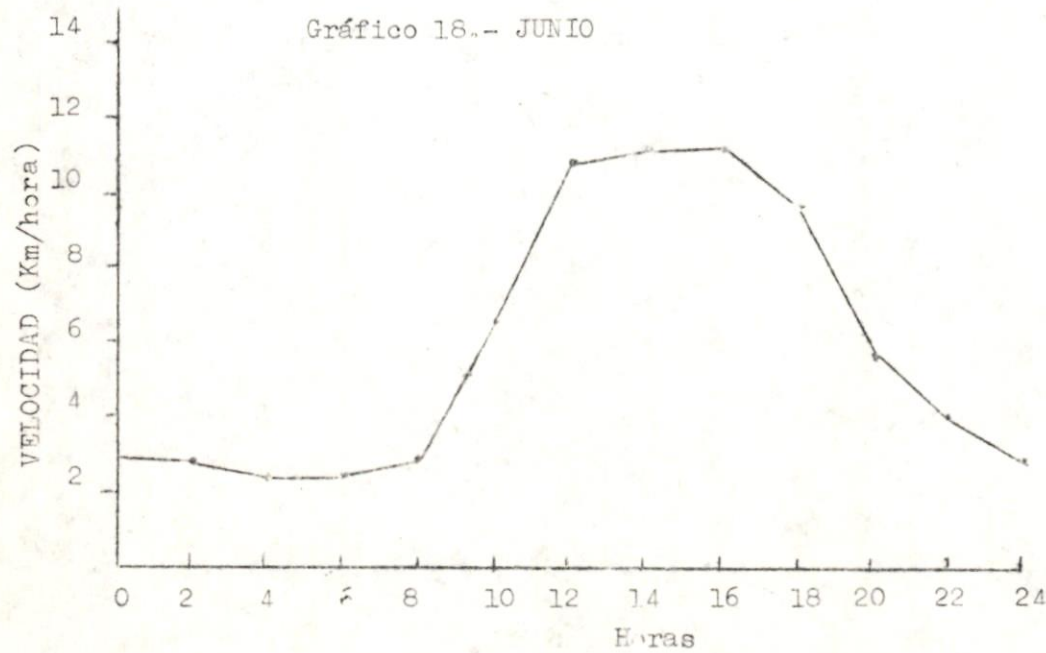


Gráfico 19.- JULIO

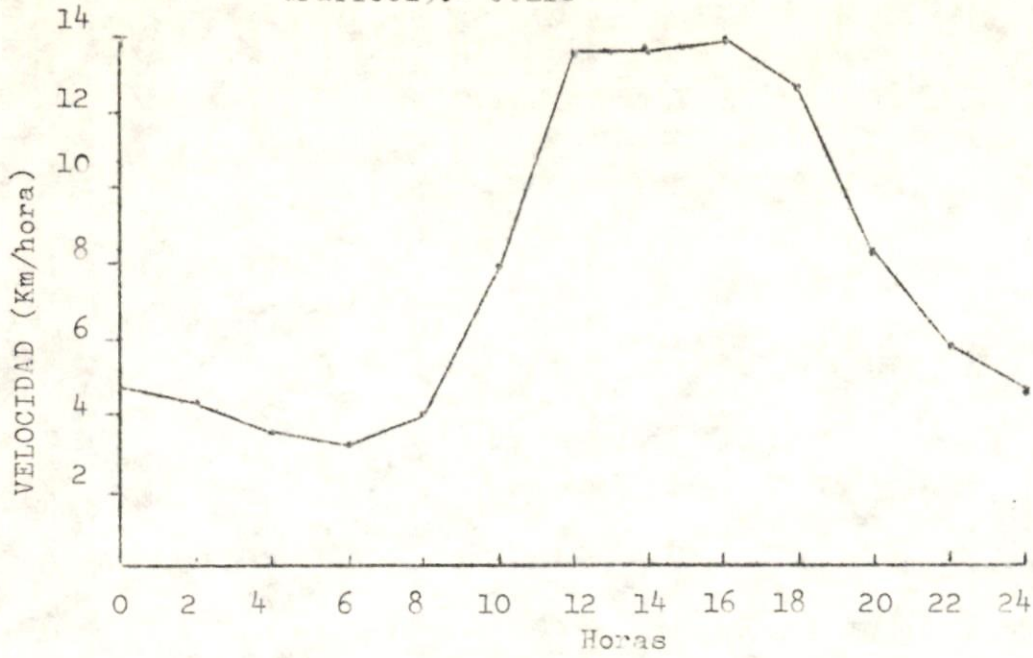


Gráfico 20.- AGOSTO

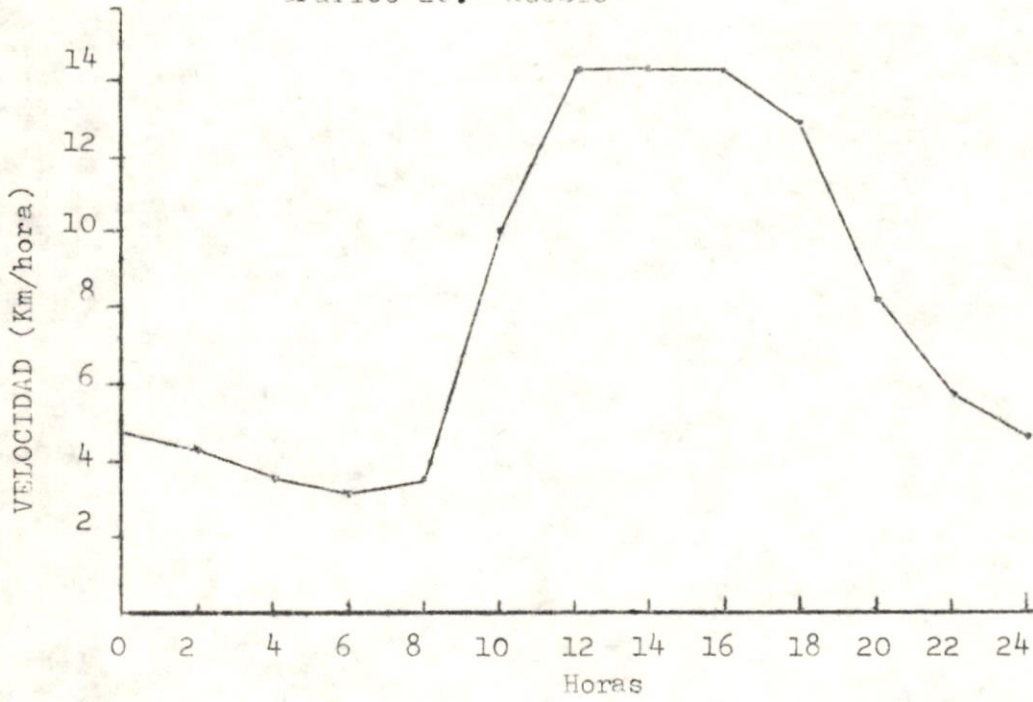


Gráfico 21.- SETIEMBRE

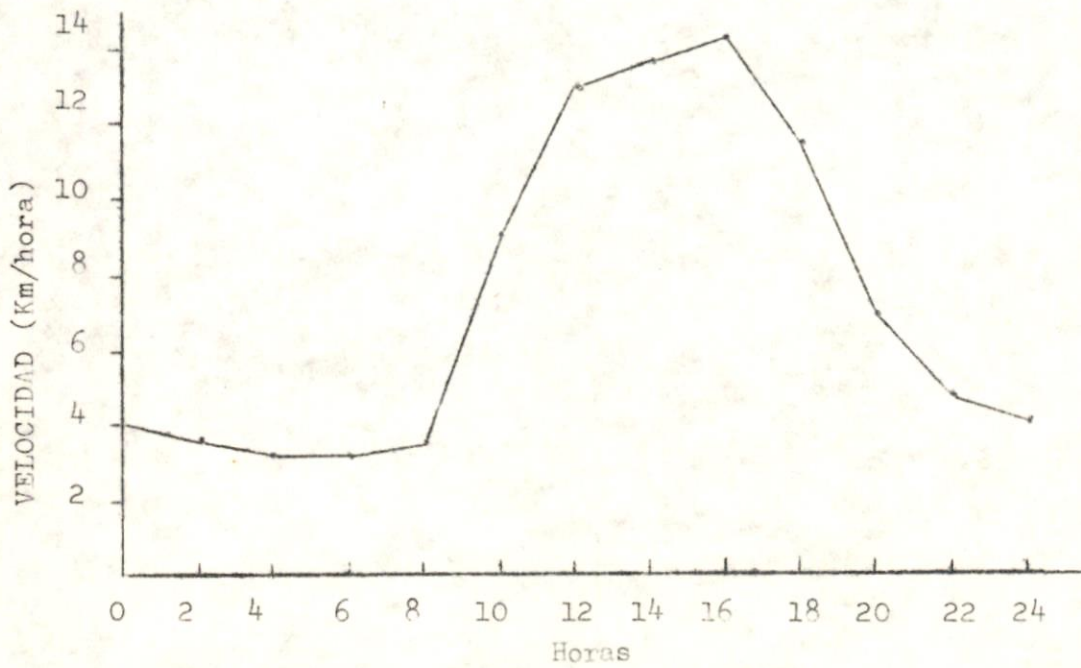


Gráfico 25.- Media diaria de insolación promedio : curva continua
 Porcentaje de insolación media mensual : curva rasgueada

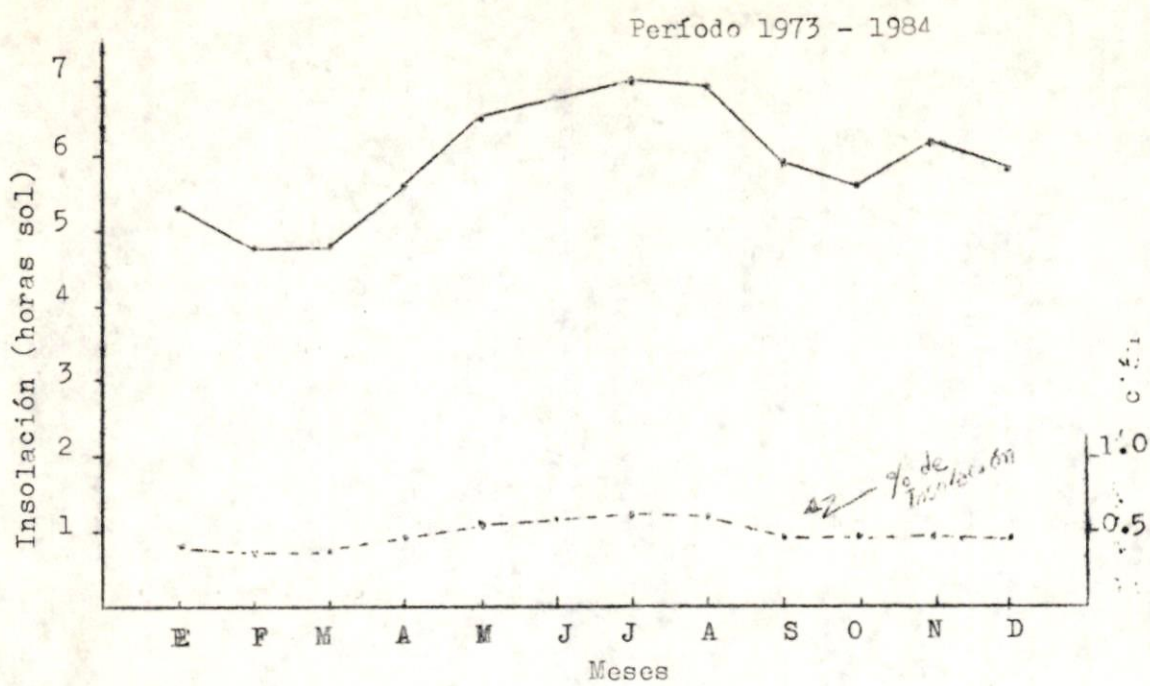
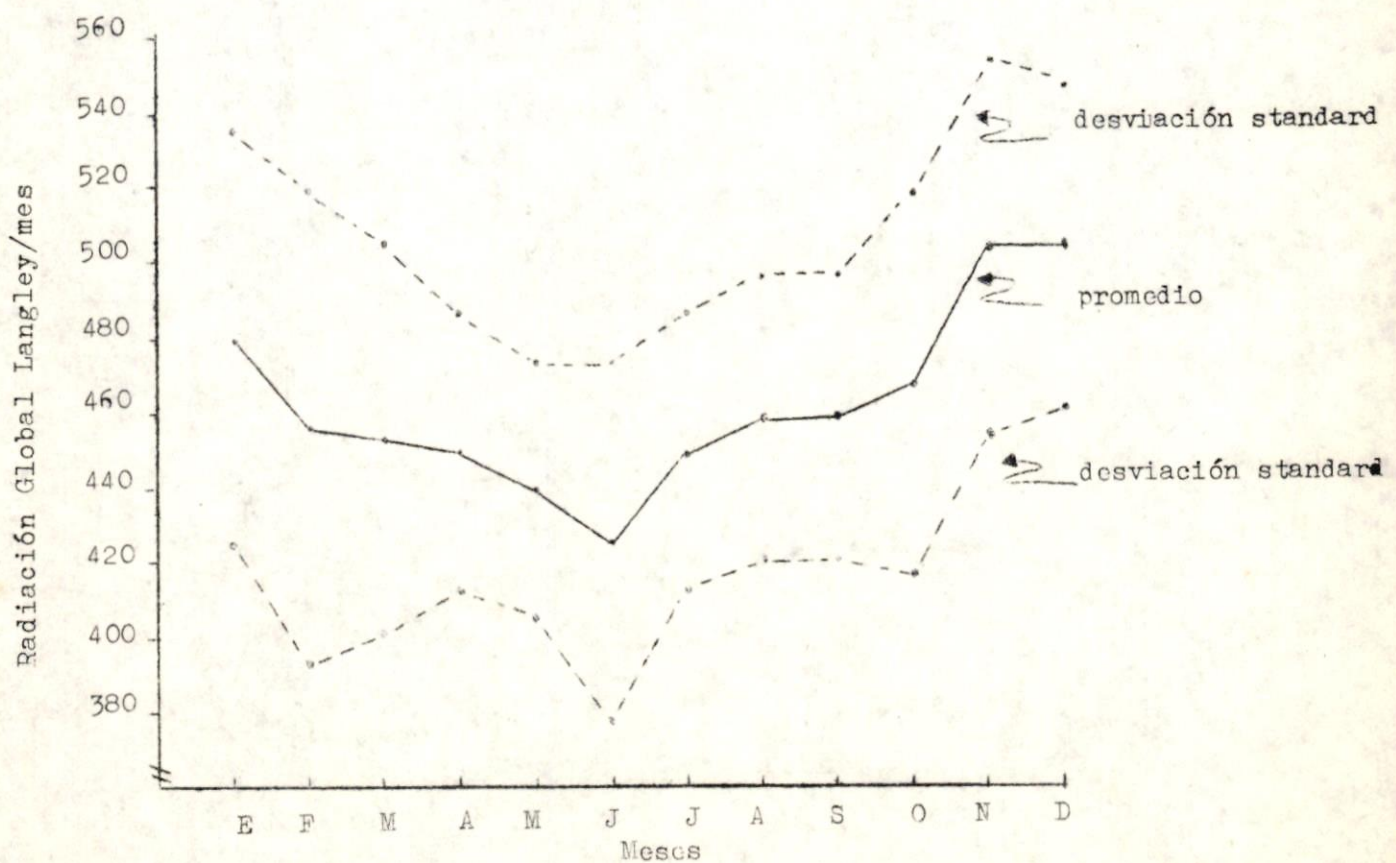
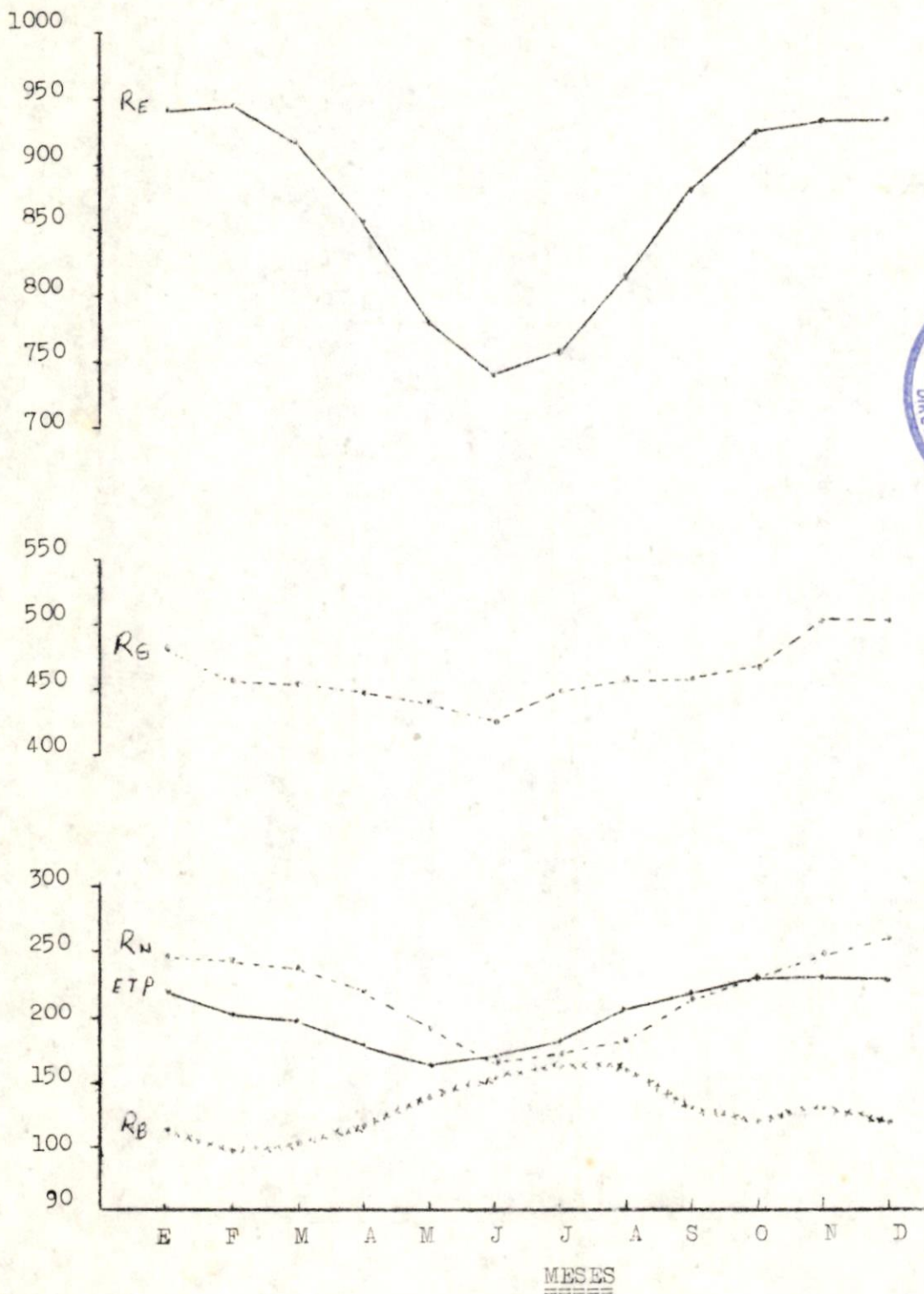


Gráfico 26.- Media mensual de radiación global diaria sobre una superficie horizontal, promedio : curva continua, desviación standard : curva rasgueada. Periodo 1973 - 1984.



BALANCE DE RADIACION EN EL VALLE DE CAJAMARCA

PERIODO 1973 - 1985



R_E = Radiación extraterrestre. Según tablas

R_G = Radiación Global que llega a la superficie horizontal terrestre.

R_N = Radiación neta.

R_B = Radiación infrarroja efectiva

ETP = Evapotranspiración potencial. Método de Hargreaves con MF. en cal/cm²/día