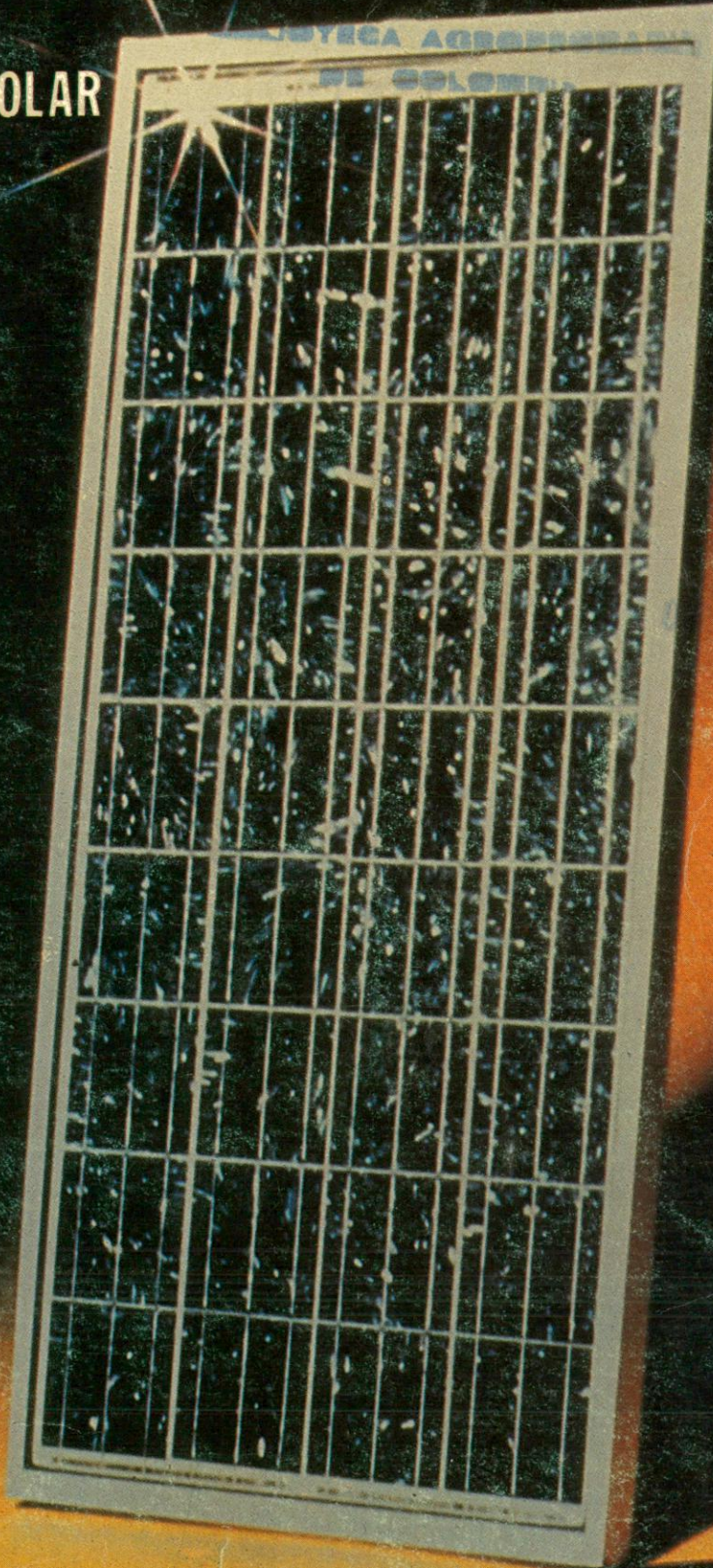


SITUACION ENERGETICA DE LA COSTA ATLANTICA



TOMO XII
ENERGIA SOLAR



HU 8415
RO V.12

8415
V.12

AGRICULTURA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

06 OCT, 1993

8415
V.12

✓
BIBLIOTECA ACADÉMICA
DE
SITUACION ENERGETICA

DE LA

COSTA ATLANTICA, 12.

TOMO XII:

ENERGIA SOLAR

✓
DR. **HUMBERTO RODRIGUEZ M.**



BARRANQUILLA, 1987

ANALIZADO - Ref. 17244

**BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA**

**PRODUCCION: PESECA
COORDINACION GENERAL:
Dr. HORST FINCK
Ing. ALBERTO PERALTA
Ing. FERNANDO MORENO P.
CORRECCION:
HEINRICH MEINDL
CARATULA:
FREDDY McCORMICK
EDICION DOVEL
BARRANQUILLA - COLOMBIA**

PESENA

PROGRAMA ESPECIAL DE ENERGIA DE LA COSTA ATLANTICA

**CORPORACION ELECTRICA DE LA COSTA ATLANTICA - CORELCA
INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO - ICA
DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT - GTZ**

**EVALUACION DEL POTENCIAL SOLAR
DE LA COSTA ATLANTICA**

**Autor: Dr. HUMBERTO RODRIGUEZ M.
Consultor**

Barranquilla, Agosto de 1986

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
- ICA -

PREFACIO

Desde el día 13 de Mayo de 1985 se adelanta el Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica - PESENCA en virtud de la cooperación técnica entre el Gobierno Colombiano representado por la Corporación Eléctrica de la Costa Atlántica - CORELCA y el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, y el Gobierno de la República Federal de Alemania representado por la GTZ (Sociedad Alemana para la Cooperación Técnica).

El objetivo principal de PESENCA consiste en satisfacer las necesidades energéticas de las poblaciones rurales, para incrementar la producción agropecuaria y para mejorar así la calidad de vida en aquellas localidades que, por su gran distancia de los centros de producción, carecen de un suministro eficiente de energía.

A la vez es objetivo de PESENCA la conservación de los recursos naturales, en especial de los recursos energéticos no renovables sobre los cuales tanto la generación como el transporte y el uso de la energía tienen un fuerte impacto.

Por lo tanto el Programa buscará la demostración y divulgación de sistemas técnicos que proporcionen la energía requerida aprovechando la fuentes de energía nuevas y renovables.

Sin embargo, como debe ser objetivo primordial de la política del sector energético, el suministro seguro y confiable de energía en la forma y cantidad requeridas por los usuarios a los costos más bajos posibles, tanto para ellos, como para las instituciones del sector, se deben considerar también soluciones técnicas basadas en los recursos energéticos no renovables; cuando la utilización de éstos se muestre como la alternativa más favorable, considerando tanto aspectos técnicos, económicos y culturales.

Cabe anotar que por medio de PESENCA se adelantará una planificación energética de "abajo hacia arriba" buscando soluciones óptimas a nivel local y regional para el suministro descentralizado de energía en sus diferentes formas, que necesariamente deben ser basadas en los resultados de estudios cuidadosos de la demanda energética y de los recursos energéticos disponibles.

Para cumplir con sus objetivos, PESENCA está adelantando una

serie de estudios que se refieren a la situación socio-económica y energética de la Costa Atlántica. Con el objeto de divulgar los conocimientos obtenidos al mayor número de personas, PESENCA publicará los diferentes informes elaborados en el curso del Programa. A continuación se enumeran los estudios ya realizados que están en proceso de publicación.

1. PESENCA: Objetivos y Alcance del Programa.
2. Situación Socio-Económica de la Costa Atlántica.
3. Situación Energética de la Costa Atlántica. Resumen.

Tomo 1	Carbón.
Tomo 2	Petróleo.
Tomo 3	Gas.
Tomo 4	Electricidad.
Tomo 5	Potencial Hidroeléctrico.
Tomo 6	Maremotriz.
Tomo 7	Geotermia.
Tomo 8	Leña.
Tomo 9	Carbón Vegetal.
Tomo 10	Residuos Agropecuarios.
Tomo 11	Combustibles a Partir de Productos Agrícolas.
Tomo 12	Energía Solar.
Tomo 13	Energía Eólica.
Tomo 14	Resumen, Conclusiones y Recomendaciones.

4. Uso Racional de Energía en Molinos de Arroz.
5. Uso Racional de Energía en el Sector Hotelero.

Como quiera que para poder satisfacer las necesidades energéticas de las zonas de planificación es necesario utilizar los recursos energéticos renovables, PESENCA ha querido evaluar las posibilidades de aprovechamiento de la energía solar o energía que puede extraerse del sol. Tal evaluación debía cubrir todo el área de la Costa Atlántica.

Para tal propósito PESENCA contrató los servicios del Dr. Humberto Rodríguez quien trabajó con toda la información disponible sobre radiación y brillo solar en el área de la Costa Atlántica Colombiana, registrada en estaciones de medición en la Costa Atlántica y regiones vecinas.

En los siete capítulos que constituyen el presente informe se destacan, en forma detallada, todos los aspectos considerados dentro del estudio global del potencial de energía solar en la Costa Atlántica; vale la pena anotar aquí que dicho potencial es muy alto (comparado con otras regiones del mundo con reconocido alto potencial), y que principalmente lugares como la península de la Guajira, en general aquellos lugares situados en el litoral caribe desde Bolívar hasta la Guajira, y la región vecina a Valledupar, gozan de atractivos potenciales para el aprovechamiento de la energía solar.

Se agradece al físico Humberto Rodríguez la preparación del presente estudio y sus valiosos aportes consignados en él.

Dr. HORST FINCK
Director PESENCA

Ing. ALBERTO PERALTA B.
Coordinador CORELCA

Ing. FERNANDO MORENO P.
Coordinador ICA

COMUNIDAD AGRICOLA
DEL COMARCADO

C O N T E N I D O

	Pag.
RESUMEN EJECUTIVO	8
1. INTRODUCCION	15
1.1 Objetivos del Estudio	15
1.2 Estructura del Estudio	16
1.3 Como Usar Este Estudio	16
2. RADIACION SOLAR	19
2.1 La Radiación Extraterrestre	19
2.2 La Radiación Terrestre	22
2.3 Medición de la Radiación y el Brillo Solar	26
2.4 Caracterización y Estimación de la Radiación Solar Global Sobre Superficies Horizontales	32
2.5 Estimación de la Radiación Solar Sobre Superficies Inclınadas	38
2.6 Estimación de la Radiación Solar en Sitios Sin Estaciones	40
3. INFORMACION DISPONIBLE	42
3.1 Localización de las Estaciones	42
3.2 Instrumentación	47
3.3 Información de Brillo Solar	47
3.4 Información de Radiación Solar	47
3.5 Tratamiento de Datos	48
4. METODOLOGIA EMPLEADA	50
4.1 Coeficientes de Angström	50
4.2 Radiación Solar Global Mensual	51
4.3 Distribución Espacial de la Radiación Solar	52
4.4 Radiación Sobre Superficies Inclınadas	52
5. RESULTADOS	53
5.1 Duración Astronómica del Dia	53
5.2 Radiación Solar Extraterrestre	55
5.3 Coeficientes de Angström	56
5.4 Distribución Espacial del Brillo Solar	56
5.5. Radiación Solar Global Mensual	78
Departamento del Atlántico	80
Departamento de Bolivar	87

Departamento del Cesar	95
Departamento de Córdoba	101
Departamento de la Guajira	107
Departamento del Magdalena	121
Otras Estaciones	128
Venezuela	138
5.6 Distribución Espacial de la Radiación Solar	141
Radiación Global	142
Radiación Directa	155
Radiación Difusa	168
6. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	181
7. REFERENCIAS	187
ANEXO NO. 1 Unidades	189
ANEXO NO. 2 Curvas de Energía Solar de la Costa Atlántica (en kWh/m ²)	190
ANEXO NO. 3 Información Sobre Temperaturas en la Costa Atlántica	198
Ultima página	205

INDICE DE CUADROS

		pag.
CUADRO NO. 1	CARACTERISTICAS DE LOS PIRHELIOMETROS	28
CUADRO NO. 2	CARACTERISTICAS DE LOS PIRANOMETROS	29
CUADRO NO. 3	ESTACIONES CON INSTRUMENTACION PARA LA MEDICION DE LA RADIACION Y BRILLO SOLAR EN LA COSTA ATLANTICA	43
CUADRO NO. 4	ESTACIONES CON RADIACION Y BRILLO SOLAR	45
CUADRO NO. 5	DURACION MEDIA DEL DIA (PROMEDIO MENSUAL) PARA DIFERENTES LUGARES DE LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA	54
CUADRO NO. 6	RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE DIARIA (PROMEDIO MENSUAL) SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA	55
CUADRO NO. 7	COEFICIENTES DE ANGSTRÖM DETERMINADOS	57
CUADRO NO. 8	ANALISIS DE VARIANZA PARA REPELON	58
CUADRO NO. 9	ANALISIS DE VARIANZA PARA MOTILONIA Y SOCOMBA	59
CUADRO NO. 10	ANALISIS DE VARIANZA PARA ALGARROBO Y PRADO SEVILLA	60
CUADRO NO. 11	RADIACION GLOBAL: APTO E. CORTISSOZ (SOLEDAD)	80
CUADRO NO. 12	RADIACION GLOBAL: REPELON (REPELON)	81
CUADRO NO. 13	RADIACION GLOBAL: MANATI (MANATI)	82
CUADRO NO. 14	RADIACION GLOBAL: EL LIMON (MANATI)	83
CUADRO NO. 15	RADIACION GLOBAL: STA. LUCIA (STA. LUCIA)	84
CUADRO NO. 16	RADIACION GLOBAL: MALAMBITO (SUAN)	85
CUADRO NO. 17	RADIACION GLOBAL: GALERAZAMBA (CATALINA)	87
CUADRO NO. 18	RADIACION GLOBAL: APTO CRESPO (CARTAGENA)	88
CUADRO NO. 19	RADIACION GLOBAL: SAN PABLO (MARIA LA BAJA)	89
CUADRO NO. 20	RADIACION GLOBAL: NUEVA FLORIDA (MARIA LA BAJA)	90
CUADRO NO. 21	RADIACION GLOBAL: PRESA ARROYO GRANDE (MARIA LA BAJA)	91
CUADRO NO. 22	RADIACION GLOBAL: ICA - EL CARMEN (CARMEN DEL BOLIVAR)	92
CUADRO NO. 23	RADIACION GLOBAL: APTO BARACOA (MAGANGUE)	93
CUADRO NO. 24	RADIACION GLOBAL: EL CALLAO (VALLEDUPAR)	95
CUADRO NO. 25	RADIACION GLOBAL: PUEBLO BELLO (PUEBLO BELLO)	96
CUADRO NO. 26	RADIACION GLOBAL: LA LAGUNA (ROBLES DE LA PAZ)	97
CUADRO NO. 27	RADIACION GLOBAL: VILLA ROSA (VALLEDUPAR)	98
CUADRO NO. 28	RADIACION GLOBAL: GRANJA MOTILONIA (CODAZZI)	99
CUADRO NO. 29	RADIACION GLOBAL: LA DOCTRINA (LORICA)	101
CUADRO NO. 30	RADIACION GLOBAL: TURIPANA (CERETE)	102
CUADRO NO. 31	RADIACION GLOBAL: AYAPEL (AYAPEL)	103
CUADRO NO. 32	RADIACION GLOBAL: JARAGUAY (VALENCIA)	104
CUADRO NO. 33	RADIACION GLOBAL: PUERTO NUEVO (TIERRALTA)	105
CUADRO NO. 34	RADIACION GLOBAL: BAHIA HONDA (URIBIA)	107
CUADRO NO. 35	RADIACION GLOBAL: CABO DE LA VELA (URIBIA)	108
CUADRO NO. 36	RADIACION GLOBAL: NAZARETH (URIBIA)	109

CUADRO NO. 37	RADIACION GLOBAL: MANAURE (URIBIA)	110
CUADRO NO. 38	RADIACION GLOBAL: URIBIA (URIBIA)	111
CUADRO NO. 39	RADIACION GLOBAL: RANCHO GRANDE (URIBIA)	112
CUADRO NO. 40	RADIACION GLOBAL: APTO ALMIRANTE PADILLA (RIOHACHA)	113
CUADRO NO. 41	RADIACION GLOBAL: APTO MAICAO (MAICAO)	114
CUADRO NO. 42	RADIACION GLOBAL: MATITAS (RIOHACHA)	115
CUADRO NO. 43	RADIACION GLOBAL: ESCUELA AGROPECUARIA CARRAIPIA (MAICAO)	116
CUADRO NO. 44	RADIACION GLOBAL: LA PAULINA (FONSECA)	117
CUADRO NO. 45	RADIACION GLOBAL: LA DORADA (VILLANUEVA)	118
CUADRO NO. 46	RADIACION GLOBAL: SAN LORENZO (SANTA MARTA)	121
CUADRO NO. 47	RADIACION GLOBAL: LA YE (CIENAGA)	122
CUADRO NO. 48	RADIACION GLOBAL: SEVILLA (CIENAGA)	123
CUADRO NO. 49	RADIACION GLOBAL: PATUCA (CIENAGA)	124
CUADRO NO. 50	RADIACION GLOBAL: ZACAPA (ARACATACA)	125
CUADRO NO. 51	RADIACION GLOBAL: ALGARROBO (FUNDACION)	126
CUADRO NO. 52	RADIACION GLOBAL: CENTRO ADMINISTRATIVO (ABREGO, NORTE SANTANDER)	128
CUADRO NO. 53	RADIACION GLOBAL: VILLA LEYVA (SABANA DE TORRES, SANTANDER)	129
CUADRO NO. 54	RADIACION GLOBAL: APTO YARIGUIES (BARRANCABERMEJA, SANTANDER)	130
CUADRO NO. 55	RADIACION GLOBAL: EL BOQUETE (SEGOVIA, ANTIOQUIA)	131
CUADRO NO. 56	RADIACION GLOBAL: APTO OTU (REMEDIOS, ANTIOQUIA)	132
CUADRO NO. 57	RADIACION GLOBAL: SANTA MARGARITA (EL BAGRE, ANTIOQUIA)	133
CUADRO NO. 58	RADIACION GLOBAL: NECHI (CAUCASIA, ANTIOQUIA)	134
CUADRO NO. 59	RADIACION GLOBAL: CACAOTERAS DEL DIQUE (CAUCASIA, ANTIOQUIA)	135
CUADRO NO. 60	RADIACION GLOBAL: TARAZA (CACERES, ANTIOQUIA)	136
CUADRO NO. 61	RADIACION GLOBAL: UNIBAN (APARTADO, ANTIOQUIA)	137
CUADRO NO. 62	RADIACION GLOBAL: LAS PIEDRAS (LAS PIEDRAS)	138
CUADRO NO. 63	RADIACION GLOBAL: CORO (CORO)	139
CUADRO NO. 64	RADIACION GLOBAL: MARACAIBO (MARACAIBO)	140

INDICE DE FIGURAS

	pag.	
FIGURA NO. 1	VARIACION DE LA RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE DURANTE EL AÑO	20
FIGURA NO. 2	ESTANDARD NASA (1971) DE LA DISTRIBUCION ESPECTRAL DE LA RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE	21
FIGURA NO. 3	REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LOS EFECTOS DE LA ATMOSFERA SOBRE LA RADIACION	22
FIGURA NO. 4	ESPECTROS DE LA RADIACION SOLAR BAJO VARIAS MASAS DE AIRE Y LA DE UN CUERPO A 6000 K	23
FIGURA NO. 5	RELACIONES ENTRE LOS ANGULOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR LA DIRECCION DE LA RADIACION SOLAR DIRECTA SOBRE UN DISPOSITIVO	25
FIGURA NO. 6	PIRHELIOMETRO EPPLEY DE INCIDENCIA NORMAL	29
FIGURA NO. 7	PIRANOMETROS EPPLEY	30
FIGURA NO. 8	ACTINOGRAFO	31
FIGURA NO. 9	SOLARIMETRO CAMPBELL-STOKES	31
FIGURA NO. 10	ESQUEMA DE LA METODOLOGIA EMPLEADA	33
FIGURA NO. 11	LOCALIZACION DE ESTACIONES COSTA ATLANTICA	46
FIGURA NO. 12	COEFICIENTES DE ANGSTRÖM: REPELON	61
FIGURA NO. 13	COEFICIENTES DE ANGSTRÖM: GRANJA MOTILONIA	62
FIGURA NO. 14	COEFICIENTES DE ANGSTRÖM: PRADO SEVILLA	63
FIGURA NO. 15	COEFICIENTES DE ANGSTRÖM: ALGARROBO	64
FIGURA NO. 16	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: ENERO	65
FIGURA NO. 17	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: FEBRERO	66
FIGURA NO. 18	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: MARZO	67
FIGURA NO. 19	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: ABRIL	68
FIGURA NO. 20	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: MAYO	69
FIGURA NO. 21	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: JUNIO	70
FIGURA NO. 22	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: JULIO	71
FIGURA NO. 23	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: AGOSTO	72
FIGURA NO. 24	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: SEPTIEMBRE	73
FIGURA NO. 25	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: OCTUBRE	74
FIGURA NO. 26	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: NOVIEMBRE	75
FIGURA NO. 27	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: DICIEMBRE	76
FIGURA NO. 28	DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: PROMEDIO ANUAL	77
FIGURA NO. 29	RADIACION SOLAR GLOBAL: ESTACIONES ATLANTICO	86
FIGURA NO. 30	RADIACION SOLAR GLOBAL: ESTACIONES BOLIVAR	94
FIGURA NO. 31	RADIACION SOLAR GLOBAL: ESTACIONES CESAR	100
FIGURA NO. 32	RADIACION SOLAR GLOBAL: ESTACIONES CORDOBA	106
FIGURA NO. 33	RADIACION SOLAR GLOBAL: ESTACIONES GUAJIRA	119
FIGURA NO. 34	RADIACION SOLAR GLOBAL: ESTACIONES MAGDALENA	127
FIGURA NO. 35	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: ENERO	142
FIGURA NO. 36	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: FEBRERO	143
FIGURA NO. 37	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: MARZO	144

FIGURA NO. 38	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: ABRIL	145
FIGURA NO. 39	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: MAYO	146
FIGURA NO. 40	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: JUNIO	147
FIGURA NO. 41	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: JULIO	148
FIGURA NO. 42	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: AGOSTO	149
FIGURA NO. 43	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: SEPTIEMBRE	150
FIGURA NO. 44	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: OCTUBRE	151
FIGURA NO. 45	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: NOVIEMBRE	152
FIGURA NO. 46	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: DICIEMBRE	153
FIGURA NO. 47	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: PROMEDIO ANUAL	154
FIGURA NO. 48	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: ENERO	155
FIGURA NO. 49	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: FEBRERO	156
FIGURA NO. 50	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: MARZO	157
FIGURA NO. 51	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: ABRIL	158
FIGURA NO. 52	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: MAYO	159
FIGURA NO. 53	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: JUNIO	160
FIGURA NO. 54	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: JULIO	161
FIGURA NO. 55	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: AGOSTO	162
FIGURA NO. 56	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: SEPTIEMBRE	163
FIGURA NO. 57	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: OCTUBRE	164
FIGURA NO. 58	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: NOVIEMBRE	165
FIGURA NO. 59	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: DICIEMBRE	166
FIGURA NO. 60	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: PROMEDIO ANUAL	167
FIGURA NO. 61	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: ENERO	168

FIGURA NO. 62	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: FEBRERO	169
FIGURA NO. 63	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: MARZO	170
FIGURA NO. 64	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: ABRIL	171
FIGURA NO. 65	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: MAYO	172
FIGURA NO. 66	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: JUNIO	173
FIGURA NO. 67	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: JULIO	174
FIGURA NO. 68	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: AGOSTO	175
FIGURA NO. 69	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: SEPTIEMBRE	176
FIGURA NO. 70	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: OCTUBRE	177
FIGURA NO. 71	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: NOVIEMBRE	178
FIGURA NO. 72	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: DICIEMBRE	179
FIGURA NO. 73	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: PROMEDIO ANUAL	180

RESUMEN EJECUTIVO

Los objetivos de este estudio son:

1. Recolectar toda la información disponible en la Costa Atlántica Colombiana sobre:
 - 1.1 Radiación solar global diaria medida en estaciones meteorológicas
 - 1.2 Brillo solar diario en las estaciones mencionadas
2. Analizar y evaluar la información
 - 2.1 Analizarla con respecto a distorsiones en las mediciones y, en el caso dado y posible, eliminar las distorsiones por medio de procesos adecuados de ajuste.
 - 2.2 Analizarla teniendo en cuenta las características equipo de medición.
 - 2.3 Determinar los valores medios mensuales de la radiación solar global diaria sobre superficies horizontales.
 - 2.4 Determinar las componentes directa y difusa de la radiación solar.
 - 2.5 Calcular los coeficientes que permitan la proyección de la radiación solar total sobre superficies inclinadas a partir de de la radiación global sobre superficies horizontales.
 - 2.6 Determinar la densidad de energía solar (mensual y anual) para cada lugar de medición y su uniformidad durante el año.
 - 2.7 Proponer localizaciones favorables para el uso del potencial solar.

El Capítulo 2 del estudio da una información general sobre la energía solar y su caracterización, la radiación solar extraterrestre, la radiación solar terrestre, las componentes directa y difusa, la instrumentación utilizada en la medición de la energía y el brillo solar, los modelos empleados en la evaluación de la radiación global, las componentes directa y difusa, y la evaluación de la radiación total sobre superficies inclinadas. El Capítulo 3 trata sobre la información utilizada. El Capítulo 4 describe la metodología empleada en el estudio. El Capítulo 5 contiene los resultados para las diferentes estaciones: coeficientes de Angström determinados, análisis de la radiación solar en las diversas estaciones, variación de la radiación solar global diaria durante el año en las estaciones y distribución espacial de la radiación solar global, directa y difusa. El Capítulo 6 contiene las recomendaciones y conclusiones.

La información primaria de brillo y radiación solar para las estaciones de la Costa Atlántica fué suministrada por el HIMAT, mientras que la de las estaciones venezolanas vecinas al país en la región de la Guajira, fue suministrada por la FAO (Roma). De acuerdo al HIMAT, en la Costa Atlántica hay 46 estaciones en las

cuales se registra el Brillo y en siete de ellas, también radiación solar. La calidad de la información de brillo y la extensión de las series es en algunas de ellas insuficiente. La información suministrada por el HIMAT consistió en los promedios multianuales sobre un periodo de 10 años (1970-1980) de los promedios mensuales del brillo solar diario. Esta información se considera confiable, aun cuando no fué proporcionada su estadística. La información de radiación solar es mas escasa, a la vez que menos confiable por los problemas inherentes a la calibración y estado del equipo de medición así como también por la longitud de las series. Las series en seis estaciones (para la séptima existente inicialmente, no se encontró efectivamente información), para las cuales debería tenerse simultáneamente también el brillo solar, no superan los cuatro años y la menor serie es de 2.

Se determinaron los coeficientes de Angstrom en las estaciones con información simultánea de brillo y radiación solar. En la mitad de los casos, la correlación fue muy mala, debido principalmente a problemas en la información de radiación solar. Finalmente, los coeficientes para las estaciones fueron:

Estacion	A	B	Correlación
Repelón	0.30104	0.4143	69.04 %
Granja Motilonia	0.3653	0.3166	74.22 %
Prado Sevilla	0.4218	0.4851	76.45 %
Algarrobo	0.3162	0.4614	88.53 %

La extensión del uso de estos coeficientes a otras regiones se hizo teniendo en cuenta el relieve de la región (no se consideró la región de la Sierra Nevada, por su complejidad e inadecuación de los modelos aquí empleados para describir regiones como esta) y el tipo de zona vegetal.

Con ayuda del modelo de Angström se calculó la radiación global para las estaciones de la región (41 estaciones de la región, 10 colombianas vecinas a la región y 3 venezolanas). Empleando el modelo de Collares-Pereira-Rabl se estimaron también las fracciones de la radiación difusa y directa en la global.

La información que se presenta puede considerarse aproximada en por lo menos ± 10 %, proveniente de la precisión de las heliógrafos.

Los resultados de la radiación solar diaria promedio anual, por

departamentos son los siguientes:

DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO

Estación	Municipio	MJ/m ²
El Limón	Manatí	24.6
Granja Sta Lucía	Sta Lucía	24.6
Malambito	Suan	24.1
Normal Manatí	Manatí	23.7
Cortissoz	Soledad	24.7
Repelón	Repelón	18.8

La mayor radiación se presenta en el mes de febrero, y un segundo máximo menor que el anterior en julio. La radiación solar es mínima durante el mes de noviembre. Las variaciones del máximo y el mínimo con relación a la media anual son del orden de $\pm 15\%$. Los niveles de radiación directa son elevados (superior a 60 % y en muchas estaciones y meses, hasta del 70 %), lo cual es favorable para aplicaciones con dispositivos que empleen radiación directa.

DEPARTAMENTO DE BOLIVAR

Estación	Municipio	MJ/m ²
Apto Crespo	Cartagena	25.1
Galerazamba	Sta Catalina	24.7
San Pablo	Maria La Baja	19.5
Apto Baracoa	Magangué	19.7
ICA El Carmen	Carmen de Bolivar	19.4
Presa Arroyo Grande	Maria La Baja	19.2
Nueva Florida	Maria La Baja	19

Las dos primeras tienen niveles de radiación superiores a las demás en 20 a 25 %. En todas las estaciones los máximos se presentan en Febrero y en Julio (este segundo, menor que el de febrero), y dos mínimos relativos en Junio y en Noviembre en Galerazamba y Crespo, y en Mayo y Noviembre en las demás estaciones. Las variaciones durante el año son de $\pm 10\%$ con relación a la media para las estaciones de Galerazamba y Crespo, mientras que para las demás las variaciones son mayores y alcanzan hasta $\pm 15\%$.

DEPARTAMENTO DEL CESAR

Estación	Municipio	MJ/m ²
El Callao	Valledupar	25.4
Villa Rosa	Valledupar	25.2
Granja Motilonia	Codazzi	19.3
Pueblo Bello	Pueblo Bello	19
La Laguna	Robles	17.1

Las dos primeras tienen niveles de radiación superiores a las demás en hasta 30 %. En todas las estaciones los máximos se presentan en Febrero y en Julio (este segundo, menor que el de febrero), y dos mínimos relativos en Mayo- Junio y en Octubre- Noviembre. Las variaciones durante los distintos meses son de ± 10 % con relación a la media.

DEPARTAMENTO DE CORDOBA

Estación	Municipio	MJ/m ²
La Doctrina	Lorica	19.1
Turipana	Cereté	18.7
Ayapel	Ayapel	15
Jaraguay	Valencia	14.4
Puerto Nuevo	Tierralta	14.2

En las tres primeras el máximo absoluto se presenta en febrero (un segundo máximo relativo en julio) mientras que los mínimos en mayo y en noviembre (este último absoluto). En las dos últimas estaciones, el máximo absoluto se presenta en julio (un segundo relativo en febrero) y los mínimos en diciembre (absoluto) y marzo-abril.

Las variaciones durante el año en relación con la media anual están comprendidas entre máximo +13 % y - 10 % para las tres primeras estaciones. Para las dos últimas estaciones las variaciones son ± 6 %.

DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

Estación	Municipio	MJ/m ²
Rancho Grande	Uribia	26.7
Uribia	Uribia	26.3
La Paulina	Fonseca	26
Bahia Honda	Uribia	25.7
Manaure	Uribia	25.5
Apto Al Padilla	Riohacha	25.3
La Dorada	Villanueva	25.1
Apto Maicao	Maicao	24.9
Cabo de la Vela	Uribia	24.8
Matitas	Riohacha	24.5
Esc Carraipia	Maicao	24.3
Nazareth	Uribia	24.1

La radiación solar en la Guajira es la mayor de la región y del país, con un promedio sobre todas las estaciones de 25.3 MJ/m², cifra realmente elevada y que corresponde a 7 kWh/m²!. La variación mensual de las estaciones es siempre la misma: Los máximos se presentan en marzo y en agosto (absoluto) y los

mínimos en mayo y en diciembre (absoluto). Las variaciones durante en año son menores de $\pm 13 \%$ en relación con la media anual.

Los niveles de radiación directa son elevadísimos, muy cercanos a 70% y con valores máximos en diciembre en algunas estaciones hasta de 79 %!. De acuerdo a lo anterior, se trata de una región supremamente atractiva no solo para la energía solar sino también para equipos con concentradores.

DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

Estación	Municipio	MJ/m ²
La Ye	Ciénaga	25.7
Patuca	Ciénaga	25
Prado Sevilla	Ciénaga	24.3
Zacapa	Aracataca	24.2
Algarrobo	Fundación	20.7
San Lorenzo	Santa Marta	14

En la estación de San Lorenzo en la Sierra Nevada de Santa Marta (región excluida de este estudio) se encuentra la mas baja radiación del Magdalena (y de todas las estaciones estudiadas), mientras que muy cerca (La Ye) se tienen niveles elevadísimos de radiación. Las características de las estaciones son similares a las del Atlántico aunque las variaciones mensuales mas suaves: máximos en febrero y mínimos en noviembre, exceptuando San Lorenzo que presenta máximo en julio, mínimo en noviembre y Patuca, cuyo máximo se presenta en mayo. Las variaciones mensuales son como en los casos anteriores del orden de $\pm 10 \%$ en relación con la media anual, exceptuando Patuca en donde en mayo se presenta un aumento del 18% en relación con la media.

Como una conclusión muy general, se observa que el potencial de la energía solar en la Costa es muy alto (comparado con otros lugares del mundo de reconocido alto potencial), principalmente la Guajira, el litoral de la Costa desde Bolivar hasta la Guajira y la región vecina a Valledupar, con un nivel de mas de 23 MJ/m² (energía solar diaria promedio anual). Hacia el interior del país, el nivel de radiación desciende hasta los 18 MJ/m², como es el caso de todas las estaciones de Bolivar, la mayor parte de Córdoba (exceptuando Puerto Nuevo y Jaraguay), las estaciones del Cesar (exceptuando la zona vecina a Valledupar). Por debajo de 18 MJ/m² se tienen la zona sur de Córdoba, hacia la frontera con Antioquia (Jaraguay y Puerto Nuevo).

Los aumentos de radiación recibida sobre la superficie con inclinación óptima no son efectivamente muy importantes.

En general, la variación de la energía solar durante los

diferentes meses del año es pequeña (del orden de aproximadamente $\pm 10 \%$) en relación con la media anual. Esto es supremamente importante para el diseño de sistemas de acumulación, ya que la permite la reducción significativa de estos sistemas y con ello sus costos.

Los niveles de radiación directa son elevados en toda la región de la costa desde Bolívar hasta la Guajira, la Guajira en su totalidad y la zona de Valledupar. Esto es importante para el diseño de sistemas con concentradores, por ejemplo.

Las mejores posibilidades para la utilización de la energía solar, en términos de recurso, se tienen entonces en orden decreciente, en la Guajira, costa desde Bolívar hasta la Guajira, Valledupar, en primer lugar; el resto de los departamentos en segundo lugar y en tercer lugar, con el recurso mas bajo, la zona sur de Córdoba, si bien la energía solar se puede utilizar en toda la Costa.

En este estudio también se calculó la distribución espacial y temporal de la radiación global, directa y difusa, para toda la Costa Atlántica. Este método, permite establecer tendencias estacionales en diferentes lugares. Es importante hacer resaltar que los valores se calcularon en valores enteros de latitud y longitud y que la técnica de interpolación de información esta todavía sujeta a futuros desarrollos, como efectivamente está toda la técnica de elaboración de mapas de radiación.

RECOMENDACIONES

Se recomiendan diferentes acciones:

- * Recuperar información de estaciones en la costa, que podría emplearse en el futuro para mejorar los presentes resultados.
- * Recalibrar los actinógrafos disponibles e instalar equipo de medición de radiación solar de una clase mejor que los actinógrafos Robitzch (que posee el HIMAT), especialmente en lugares que puedan ser representativos para las zonas donde se adelantarán los proyectos. Este recurso será ciertamente cada vez mas importante y una evaluación cada vez mas refinada del recurso requerirá de mejor información y de series mas largas.
- * Desarrollar proyectos específicos para las diversas aplicaciones en que sea factible técnico-económicamente el uso de la energía solar.

- * Implementar la prueba de equipo solar en diversas aplicaciones y procurar la evaluación del rendimiento de los sistemas para periodos superiores a un año de operación.

1. INTRODUCCION

La energía solar es la energía radiante emitida por el sol. La evaluación de la energía solar es importante, entre otros, para:

- A. La elaboración de programas de desarrollo tecnológico y utilización de la energía solar.
- B. Diseño de dispositivos y sistemas de conversión termica de la energía solar (sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico e industrial, secadores de granos, destiladores solares, etc).
- C. Dimensionamiento de generadores fotovoltaicos empleados en telecomunicaciones y suministro de potencia a baja escala.

1.1 Objetivos

Los objetivos de este estudio son:

- 1. Recolectar toda la información disponible en la Costa Atlántica colombiana sobre:
 - 1.1 Radiación solar global diaria medida en diferentes estaciones meteorológicas
 - 1.2 Brillo solar diario en las estaciones mencionadas
 - 1.3 Temperatura ambiental en las estaciones mencionadas.
- 2. Analizar y evaluar la información
 - 2.1 Analizarla con respecto a distorsiones sistemáticas en las mediciones y, en el caso dado y posible, eliminar las distorsiones por medio de procesos adecuados de ajuste.
 - 2.2 Analizarla teniendo en cuenta las características del equipo de medición.
 - 2.3 Determinar los valores medios mensuales de la radiación solar global diaria sobre superficies horizontales.
 - 2.4 Determinar las componentes directa y difusa de la radiación solar.

- 2.5 Calcular los coeficientes que permitan la proyección de la radiación solar total sobre superficies inclinadas a partir de de la radiación global sobre superficies horizontales.
- 2.6 Determinar la densidad de energía solar (mensual y anual) para cada lugar de medición y su uniformidad durante el año.
- 2.7 Proponer localizaciones favorables para el uso del potencial solar.

1.2 Contenido del Estudio

El Capítulo 1 indica como usar el estudio.

El Capítulo 2 da una información general sobre la energía solar, su caracterización, la radiación solar extraterrestre, la radiación solar terrestre, las componentes directa y difusa, la instrumentación utilizada en la medición de la energía y el brillo solar, los modelos empleados en la evaluación de la radiación global, las componentes directa y difusa, y la evaluación de la radiación total sobre superficies inclinadas.

El Capítulo 3 trata sobre la información utilizada.

El Capítulo 4 describe la metodología empleada en el estudio.

El Capítulo 5 contiene los resultados para las diferentes estaciones: coeficientes de Angstrom determinados, análisis de la radiación solar en las diversas estaciones, variación de la radiación solar global diaria durante el año en las estaciones y distribución espacial de la radiación solar global, directa y difusa.

El Capítulo 6 contiene las recomendaciones y conclusiones.

Finalmente se tienen los anexos.

1.3 Como Usar Este Estudio

Para obtener información general sobre

- * Radiación solar extraterrestre y la manera como esta varía durante el año
- * La constante solar y la distribución espectral de la radiación extraterrestre

- * Modelos para la estimación de la radiación solar global a partir de información de brillo solar
- * Modelos para la determinación de las fracciones directa y difusa de la radiación global
- * Modelos para la determinación de la radiación total sobre superficies inclinadas a partir de la información sobre superficies horizontales
- * Método empleado en la interpolación de la información de las estaciones para determinar la distribución espacial de la radiación

consultar el Capítulo 2.

Para conocer acerca de la información empleada, consultar el Capítulo 3.

Para conocer

- * Como se determinaron los coeficientes de Angstrom empleados
- * La manera como se analizó la radiación solar global diaria promedio mensual y su descomposición en las fracciones directa y difusa

consultar el Capítulo 4.

Para conocer la radiación solar en algún lugar de la costa puede ocurrir que se tenga una estación en el sitio directamente o en su vecindad, o que no se tenga una estación.

Si se tiene una estación (consultar el listado de estaciones en el capítulo 3), en el Capítulo 5 se encuentra la información resultado del análisis, las gráficas que muestran la variación durante el año de la radiación global diaria para cada estación.

Pero si el lugar no tiene estación en la vecindad, se puede estimar la radiación haciendo un promedio ponderado de la radiación de las estaciones mas próximas. Como factor de ponderación se emplea el inverso de la distancia entre la estación y el lugar considerado. Se sugiere emplear las ocho estaciones mas próximas (1 por cada octante), así:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^8 (H_i / d_i)}{\sum_{i=1}^8 (1/d_i)}$$

(No es recomendable emplear este método en la zona de la Sierra Nevada de Santa Marta porque difiere climatológicamente y orográficamente del resto de la Costa).

A partir de los mapas de la distribución espacial este procedimiento se puede simplificar a las cuatro estaciones mas próximas (o si la estación se encuentra sobre la línea que une a dos de ellas, con sus valores y distancias), aunque es preferible emplear las ocho mas próximas.

Para estimar las componentes directa, difusa y reflejada de sobre una superficie de orientación arbitraria, se procede así:

- * Se determina el ángulo de inclinación de la superficie y su azimut (los ángulos empleados en la caracterización se dan en el capítulo 2).
- * Se determina la latitud del lugar
- * Se buscan en las tablas los coeficientes R_b , R_d , R_r y R correspondientes (o mas próximos) a la latitud y características de orientación de la superficie. Para el caso de R_r , las tablas han sido todas calculadas con coeficiente de reflexión del piso 0.26. Los valores de R_r pueden ser corregidos a la nueva superficie multiplicando el valor de la tabla por el cociente: nuevo coeficiente de reflexión/0.26. En este caso es necesario recalcular el coeficiente R como

$$R = F_b \cdot R_b + F_d \cdot R_d + R_r$$

en donde F_b y F_d son las fracciones directa y difusa de la radiación global en la localidad. Estas fracciones ya se han determinado para las estaciones o se pueden determinar empleando el modelo de Collares-Pereira-Rabl (recordando que $F_b + F_d = 1$ para superficies horizontales).

En el caso en que no haya información sobre la localidad, los valores de las componentes directa y difusa se pueden obtener de los mapas mediante interpolación, y las fracciones F_b y F_d al dividir cada una de ellas por la global.

Las conclusiones y recomendaciones se dan en el Capítulo 6.

2. RADIACION SOLAR

La energía solar, esto es, la energía proveniente del sol recibida en la tierra en la forma de ondas electromagnéticas, es la fuente directa o indirecta de las otras fuentes de energía de que hoy disponemos.

El objetivo del siguiente capítulo es mostrar la naturaleza de la energía solar, los factores que la afectan, su medición y su estimación para la utilización terrestre. (Para información general acerca del sol y la órbita de la tierra, así como también para otros aspectos de la energía solar, ver /1/ y /2/).

2.1 La Radiación Extraterrestre

CONSTANTE SOLAR

La constante solar I_{sc} está definida como la cantidad de energía proveniente del sol que por unidad de tiempo incide perpendicularmente sobre una superficie de área unitaria colocada fuera de la atmósfera terrestre a una distancia del sol igual a la distancia promedio sol-tierra.

El valor de la constante solar ha sido objeto de muchísimas investigaciones. A partir de mediciones realizadas a gran altitud, NASA adoptó el que se ha llamado "Standard de Diseño NASA" (NASA Design Standard), el cual es el valor promedio de numerosas mediciones. Este valor de la constante solar /3/ es (ver otras unidades en Anexo No. 1):

$$\begin{aligned} I_{sc} &= 1353 \text{ W/m}^2 && (2-1) \\ &= 1.94 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min}) = 1.940 \text{ Langley/min} \\ &= 428 \text{ Btu}/(\text{h} \cdot \text{ft}^2) \\ &= 4871 \text{ kJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^2) \end{aligned}$$

El valor de la constante solar se considera correcto en $\pm 25 \text{ W/m}^2$ o sea en $\pm 1.5 \%$ /4/.

Este valor ha sido adoptado como constante solar en todos los libros de ingeniería solar y será el valor que adoptaremos en este estudio. Sin embargo, una reciente revisión de mediciones de la constante solar realizada por Froehlich y Brusa ha resultado en la referencia radiométrica mundial (WRR: World Radiometric Reference) cuyo valor /5/ es:

$$\begin{aligned} I_{sc} &= 1367 \text{ W/m}^2 && (2-2) \\ &= 4921 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) = 433.3 \text{ Btu}/(\text{h} \cdot \text{ft}^2) \\ &= 1.96 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min}) \end{aligned}$$

con una desviación estándar de 1.6 W/m^2 y una desviación máxima de $\pm 7 \text{ W/m}^2$.

Este valor es supremamente importante porque es la densidad de potencia sobre el tope de la atmósfera y con la constante solar se calcularán otras magnitudes importantes en energía solar que se emplearán más adelante en este estudio.

VARIACION DE LA RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE

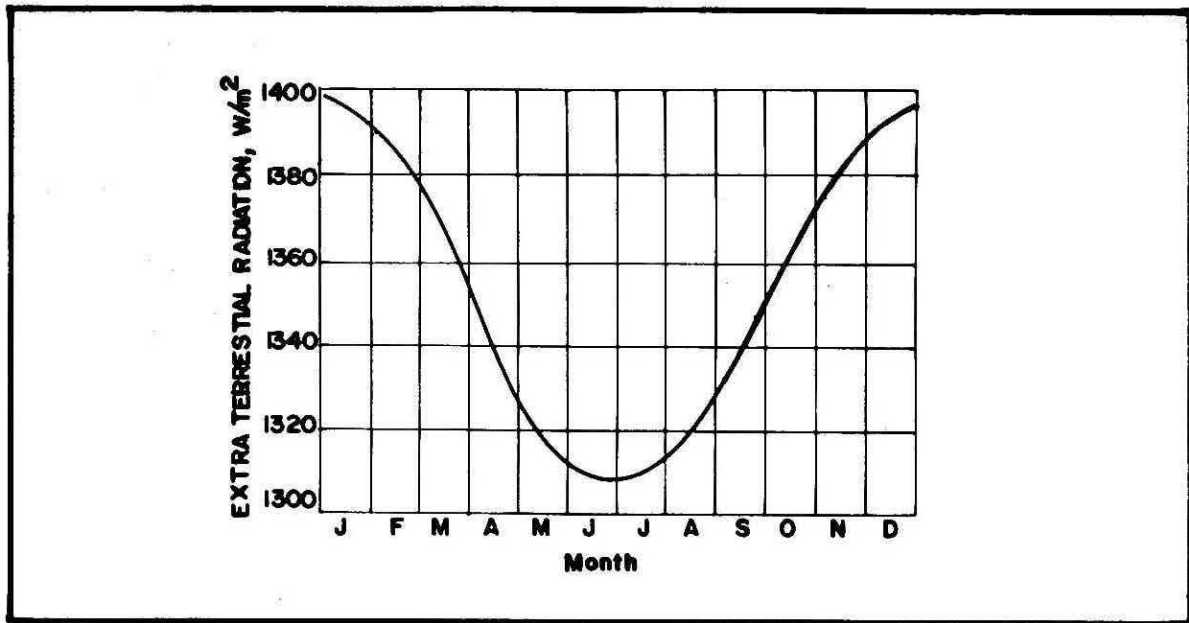
Debido a que la intensidad de la energía solar varía inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, la variación de la distancia tierra-sol durante el año da lugar a una variación de la radiación solar extraterrestre como lo muestra la Figura No. 1.

Analíticamente:

$$G(n) = I_{sc} * (1 + 0.033 * \text{Cos} (360*n/365)) \quad (2-3)$$

en donde n es el número del día ($1 \leq n \leq 365$). Esta función tiene una variación de máximo 3.3 %, con el máximo de 1399 W/m^2 el 1 de enero y el mínimo de 1309 el 1 de julio.

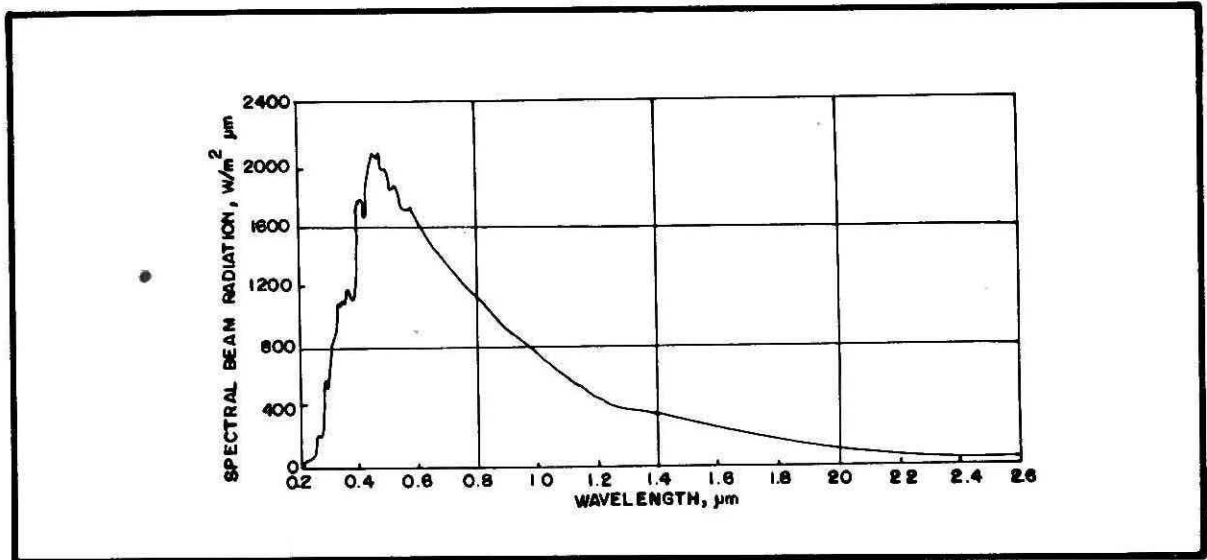
FIGURA NO. 1
VARIACION DE LA RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE DURANTE EL AÑO



DISTRIBUCION ESPECTRAL DE LA RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE

La energía solar consiste de ondas electromagnéticas (de la misma naturaleza que las ondas de radio y TV) de diferentes longitudes de onda. La constante solar es la energía total por unidad de área y de tiempo sin tener en cuenta la frecuencia de la radiación solar. Sin embargo, para muchos propósitos (por ejemplo, fotosíntesis y celdas solares) es útil conocer como está distribuida esa energía de acuerdo a su longitud de onda o frecuencia, es decir, su distribución espectral. La Figura No. 2 muestra la distribución espectral Standard NASA (1971) de la radiación extraterrestre /6/, esto es, en el tope de la atmósfera.

FIGURA NO. 2
ESTANDARD NASA (1971) DE LA DISTRIBUCION ESPECTRAL
DE LA RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE



Se suelen considerar las siguientes regiones:

1. La región llamada visible ($0.38 < \lambda / \mu\text{m} < 0.78$) porque es el rango que puede detectar el ojo humano y dentro del cual están los colores violeta ($0.42 \mu\text{m}$), azul ($0.48 \mu\text{m}$), verde ($0.52 \mu\text{m}$), amarillo ($0.57 \mu\text{m}$), anaranjado ($0.60 \mu\text{m}$) y rojo ($0.70 \mu\text{m}$).
2. La región invisible mas allá del rojo ($\lambda > 0.78 \mu\text{m}$), conocida como infrarrojo lejano o región de las ondas de calor.
3. La región invisible antes del violeta ($\lambda < 0.38 \mu\text{m}$), denominada ultravioleta.

De acuerdo a lo anterior, a cada región corresponde una fracción de la constante solar distribuida así: 7 % al ultravioleta (o sean 94.7 W/m^2), 47.29 % al visible (o sean 639.8 W/m^2) y 45.7 % al infrarrojo (o sean 618.5 W/m^2).

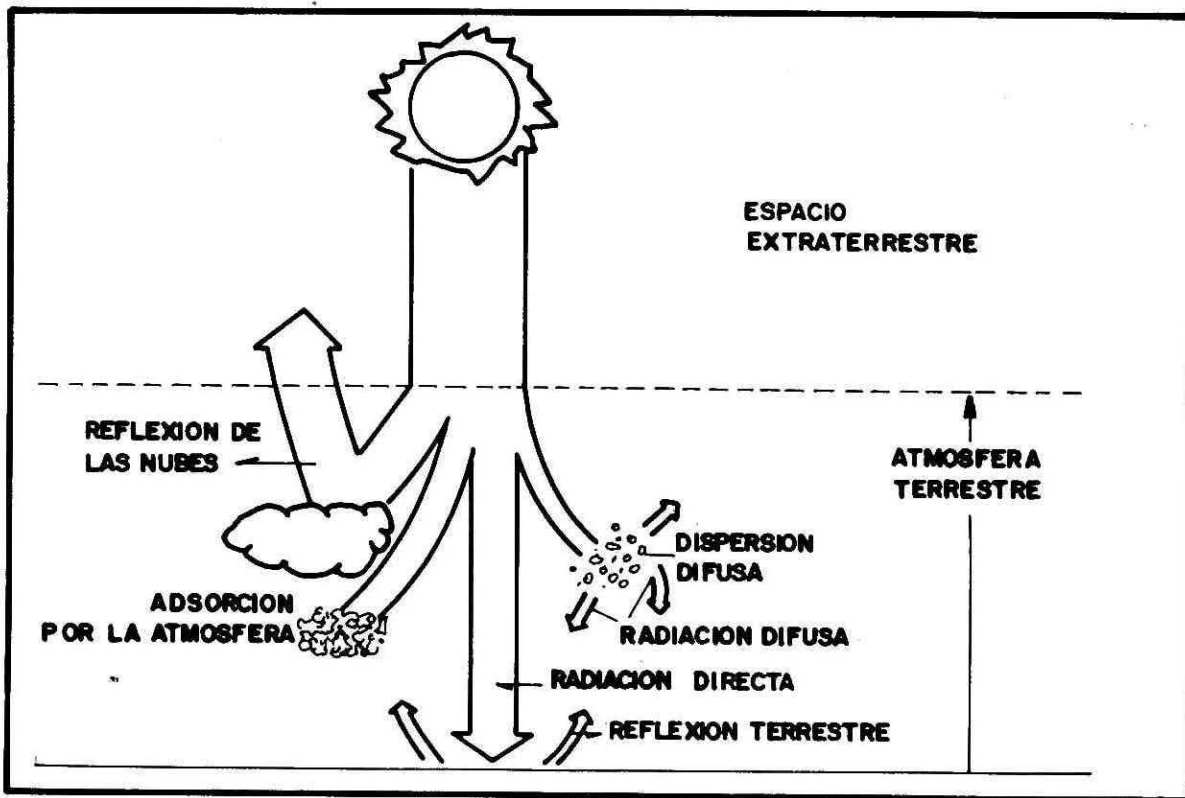
2.2 La Radiación Terrestre

La energía solar, antes de llegar a la superficie terrestre tiene que atravesar la atmósfera, en donde se ve afectada tanto en su dirección como en su densidad, debido a la interacción de la radiación con la materia. Además, la dirección con la cual incide la radiación solar directa depende no solamente de la localización geográfica y de la orientación del dispositivo solar, sino también de la época del año.

INTERACCION DE LA RADIACION CON LA ATMOSFERA

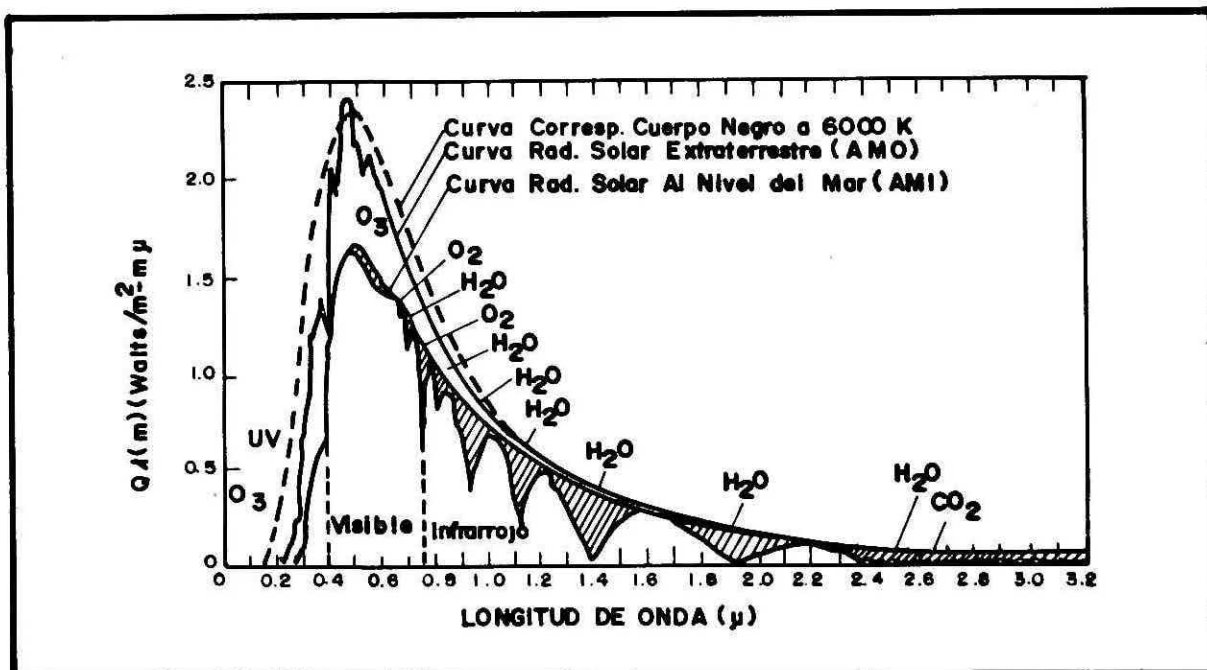
La atmósfera terrestre es la capa gaseosa de la tierra que se mantiene alrededor de ella por la acción de la fuerza gravitacional. La Figura No. 3 muestra esquemáticamente los diferentes procesos que ocurren.

FIGURA NO. 3
REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LOS EFECTOS DE LA ATMOSFERA
SOBRE LA RADIACION



Parte de la radiación directa incidente se transforma en difusa (o radiación sin ninguna dirección preferencial) debido al fenómeno de la dispersión, el cual se debe a la presencia en la atmósfera de vapor de agua, de las moléculas que componen el aire y partículas de polvo. Otra parte de la radiación solar es absorbida en la atmósfera. La absorción del ultravioleta se debe predominantemente al ozono (O_3), la de infrarrojo al vapor de agua y la de visible nuevamente al ozono. Como resultado de la absorción se tiene entonces una atenuación de la radiación solar. La atenuación y el cambio en el espectro dependen de la masa de aire atravesada. Esta se suele designar por AMn (Air Mass n). Así, AM0 corresponde a la radiación solar extraterrestre, AM1 a la masa atravesada por la radiación cuando el sol está en el zénit y el observador a nivel del mar a presión atmosférica de 760 mm Hg (Figura No. 4). Por esta razón, para efectos prácticos en energía solar se considera solamente la radiación comprendida entre $0.3 \mu m < \lambda < 1.9 \mu m$. Esta interacción con la atmósfera hace que finalmente a nivel terrestre se tengan que considerar las compotes directa, difusa y reflejada de la radiación solar mientras que a nivel extraterrestre solo tenemos la componente directa.

FIGURA NO. 4
ESPECTROS DE LA RADIACION SOLAR BAJO VARIAS MASAS DE AIRE
Y LA DE UN CUERPO NEGRO DE 6000 K



DIRECCION DE LA RADIACION SOLAR DIRECTA

La dirección de la radiación solar directa sobre una superficie de orientación arbitraria se puede describir mediante diferentes ángulos. Siguiendo la notación introducida por Duffie y Beckman /1/ (Figura No. 5) son:

- φ Latitud del lugar, esto es, la posición angular hacia el norte o hacia el sur del Ecuador. φ es positivo en el hemisferio norte (norte: $0 < \phi < 90$ grados) y negativo en el hemisferio sur (sur: $-90 \text{ grad} < \phi < 0$).
- δ Declinación, esto es, la posición angular del sol al mediodía con respecto al plano del Ecuador. Es positivo en el hemisferio norte y varía entre -23.45 y $+23.45$ grados.
- β Inclinação de la superficie, esto es, el ángulo entre la superficie en consideración y la horizontal ($0 \leq \beta \leq 180$). Cuando $\beta = 90$ se trata de una superficie vertical.
- γ Ángulo azimutal, esto es, la desviación de la proyección de la normal de la superficie del meridiano local ($-180 \text{ grados} \leq \gamma < 180 \text{ grados}$). (Cuando $\gamma = 0$ grados se trata de una superficie en el hemisferio norte orientada hacia el sur). γ es positivo para superficies orientadas hacia el oeste y negativo para superficies orientadas hacia el oriente.
- γ_s Ángulo azimutal del sol, esto es, la desviación de la proyección de la radiación directa del meridiano local (convenciones como en el caso de γ).
- W Ángulo horario, esto es, el desplazamiento angular del sol hacia el este o el oeste del meridiano local, debido al movimiento de rotación de la tierra alrededor de su eje ($W < 0$ para la mañana, $W > 0$ para la tarde).
- θ Ángulo de incidencia, esto es, el ángulo entre la radiación directa sobre la superficie y la normal a la superficie.
- θ_z Ángulo de incidencia de la radiación directa o sea el ángulo entre la radiación directa sobre la superficie horizontal y la normal de la superficie (o zénit).
- α Altitud del sol o sea el ángulo formado entre la dirección del sol y la horizontal. Por consiguiente $\alpha + \theta_z = 90$ grados.

La dirección de la radiación solar directa que incide sobre una superficie de cualquier orientación con respecto a las coordena-

das locales puede ser calculada mediante la siguiente expresión /1/:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta * \sin \phi * \cos \beta - \sin \delta * \cos \phi * \sin \beta * \\ & \cos W + \cos \delta * \cos \phi * \cos W \cos \beta + \\ & \cos \delta * \sin \phi * \sin \beta * \cos \gamma * \cos W + \\ & \cos \delta * \sin \beta * \sin \gamma * \sin W. \end{aligned} \quad (2-4)$$

W se calcula como:

$$W = 15 \text{ grad} * (12 - H). \quad (2-5)$$

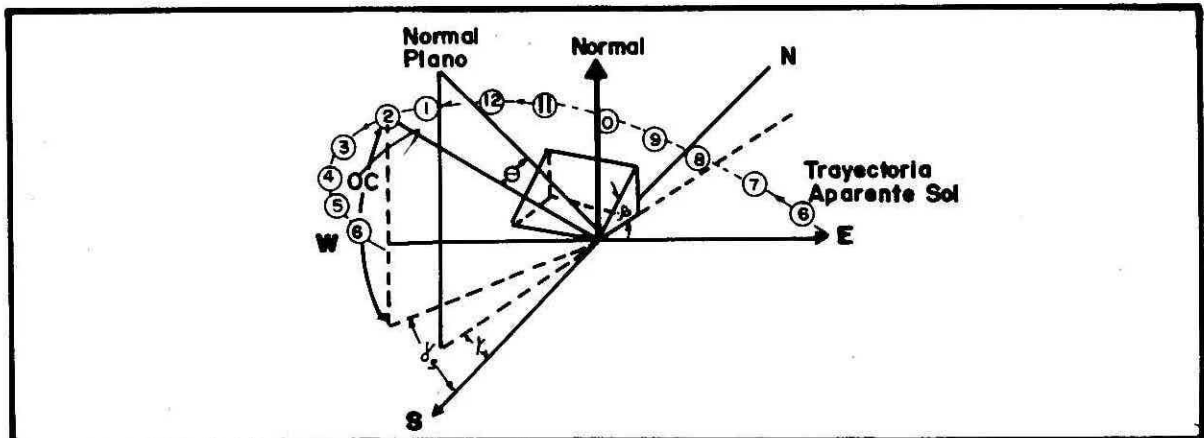
La Figura No. 5 muestra las relaciones entre estos ángulos.

La declinación puede calcularse /1/ como:

$$\delta = 23.45 \text{ grad} * \sin [360 \text{ grad} * (284 + n) / 365] \quad (2-6)$$

en donde n es el número del día del año con $1 \leq n \leq 365$.

FIGURA NO. 5
RELACIONES ENTRE LOS ANGULOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR
LA DIRECCION DE LA RADIACION SOLAR DIRECTA SOBRE UN DISPOSITIVO



θ_2 puede calcularse mediante la ecuación (2-4), simplemente haciendo $\beta=0$:

$$\cos \theta_2 = \sin \delta * \sin \phi + \cos \delta * \cos \phi * \cos W \quad (2-7)$$

DURACION ASTRONOMICA DEL DIA

La duración astronómica del día es especialmente útil en energía solar para calcular el tiempo que están expuestas a la radiación solar las superficies horizontales además de que se emplea en otros cálculos. Esta puede calcularse para cualquier latitud mediante la ecuación (2-4), teniendo en cuenta que cuando el sol se levanta (sale), $W = W_s$ y $\theta_z = 90$ grados:

$$\cos 90 \text{ grados} = 0 = \sin \delta * \sin \phi + \cos \delta * \cos \phi * \cos W_s$$

o sea que

$$\cos W_s = - \tan \phi * \tan \delta$$

Por consiguiente, la duración del día Z está dada por

$$Z = (2/15) * \text{Arc Cos} (- \tan \phi * \tan \delta) \quad (2-8)$$

El Cuadro No. 5 (ver sección 5.1) da los valores de la duración del día para las diferentes latitudes entre las cuales se halla comprendida la Costa Atlántica.

2.3 Medición de la Radiación y Brillo Solar

Los instrumentos empleados en la medición de la radiación y brillo solar son los siguientes:

- A. Pirheliómetros para la medición de la radiación solar directa.
- B. Piranómetros para la medición de la radiación solar global (directa mas difusa), e
- C. Instrumentos para la medición de la duración del brillo solar, esto es, para medir el tiempo durante el cual el sol no está ocultado por las nubes (efectivamente miden el número de horas al día durante el cual la intensidad de la radiación solar directa es superior a $200-250 \text{ W/m}^2$).

Los instrumentos para la medición de la radiación solar están dotados de algún tipo de sensor, los cuales hay de diferentes clases:

- A. Sensores Calorimétricos

En estos sensores la energía incidente se transforma en

calor produciéndose un aumento de la temperatura del sensor o de un fluido en circulación. El aumento de la temperatura se puede medir y es una medida de la potencia recibida por él.

B. Sensores Termomecánicos

El sensor está constituido por una cinta bimetálica. Al incidir la radiación solar sobre una de las cintas, la energía absorbida produce un aumento de su temperatura y con ello un aumento de su longitud, deformándose. La deformación es una medida de la potencia incidente.

C. Sensores Termoeléctricos

Estos consisten de dos alambres metálicos de diferentes materiales cuyos extremos (junturas) se mantienen a diferentes temperaturas, produciéndose una FEM (Fuerza Electromotriz), efecto conocido como SEEBECK. La intensidad de la FEM depende de los materiales empleados y de la diferencia de temperaturas. La intensidad de la FEM es una medida de la potencia incidente. En los instrumentos de medición, la junta caliente se expone a la radiación solar mientras que la fría se oculta a ella. Hay diferentes configuraciones que han dado lugar a diferentes instrumentos.

D. Sensores Fotovoltáicos

El elemento esencial es una celda solar. El principio de este sensor es que la corriente en corto circuito generada por la celda es proporcional a la densidad de potencia solar incidente.

Algunas de las características más importantes de los instrumentos de medición de la radiación solar son: Sensibilidad, estabilidad, estabilidad a la temperatura, linealidad, constante de tiempo y selectividad.

La Sensibilidad es una medida del nivel mínimo de radiación solar medible por el instrumento.

La estabilidad es la variación de la magnitud de la señal durante un periodo de tiempo.

La estabilidad a la temperatura es el cambio de la señal del instrumento por variaciones de la temperatura ambiente.

La linealidad es el error máximo debido a un cambio no considerado en la linealidad de la respuesta del instrumento.

La constante de tiempo es el tiempo máximo de respuesta del instrumento.

La selectividad es el error máximo debido a una variación de la respuesta espectral del instrumento.

PIRHELIOMETROS

Los pirheliómetros son instrumentos empleados para medir la intensidad a incidencia normal de la radiación solar directa emitida por el disco solar. Hay varios tipos de instrumentos que la WMO clasifica como Estandar, 1ª Clase y 2ª Clase, de acuerdo a los criterios del Cuadro No. 1/7/.

CUADRO NO. 1
CARACTERISTICAS DE LOS PIRHELIOMETROS

Característica	Estandar	1ª Clase	2ª Clase
Sensibilidad (mW/cm ²)	± 0.2	± 0.4	± 0.5
Estabilidad (% año)	± 0.2	± 0.1	± 2
Temperatura (%)	± 0.2	± 1	± 2
Selectividad (%)	± 1	± 1	± 2
Linearidad (%)	± 0.5	± 1	± 2
Constante tiempo (max)	± 25 s	± 25 s	1 min

Existe una gran variedad de pirheliómetros como son por ejemplo, el ABBOT y el ANGSTROM de compensación eléctrica (de la clase Estandar); el EPPLEY DE INCIDENCIA NORMAL y el LINKE - FEUSSNER (de 1ª Clase); y el SAVINOV - YANISHEVSKY (empleado en los países del bloque socialista).

El pirheliómetro EPPLEY de incidencia normal se emplea en Colombia en pocas estaciones (Figura No. 6). El sensor consiste de una termopila de cobre-constantan con una superficie caliente de 9 mm de diámetro. La sensibilidad se da en $\mu\text{V/W} \cdot \text{m}^2$ y la lectura puede hacerse fácilmente con un voltímetro digital. Este instrumento requiere de un seguidor de sol, esto es, un dispositivo que le permite seguir el sol durante su movimiento diurno. Es muy estable y puede emplearse debidamente estandarizado como estandar secundario para calibrar otros instrumentos.

FIGURA NO. 6
PIRHელიOMETRO EPPLEY DE INCIDENCIA NORMAL
(montado sobre el seguidor de sol)



PIRANOMETROS

La WMO ha clasificado estos instrumentos en las clases 1ª, 2ª, y 3ª (Cuadro No. 2, /8/). Adicionalmente a las características ya conocidas, en los piranómetros es necesario considerar la respuesta coseno y la respuesta azimut.

CUADRO NO. 2
CARACTERISTICAS DE LOS PIRANOMETROS

Característica	1ª Clase	2ª Clase	3ª Clase
Sensibilidad (mW/cm ²)	± 0.1	± 0.5	± 1.0
Estabilidad (% año)	± 1	± 2	± 5
Temperatura (%)	± 1	± 2	± 5
Selectividad (%)	± 1	± 2	± 5
Linearidad (%)	± 1	± 2	± 3
Constante tiempo (max)	± 25 s	± 1 min	4 min
Respuesta Coseno (%)	± 3	± 5 a 7	± 10
Respuesta Azimut (%)	± 3	± 5 a 7	± 10

La respuesta coseno es la desviación en la respuesta asumida cuando se mide en un día claro con el sol con una elevación de 10 grados.

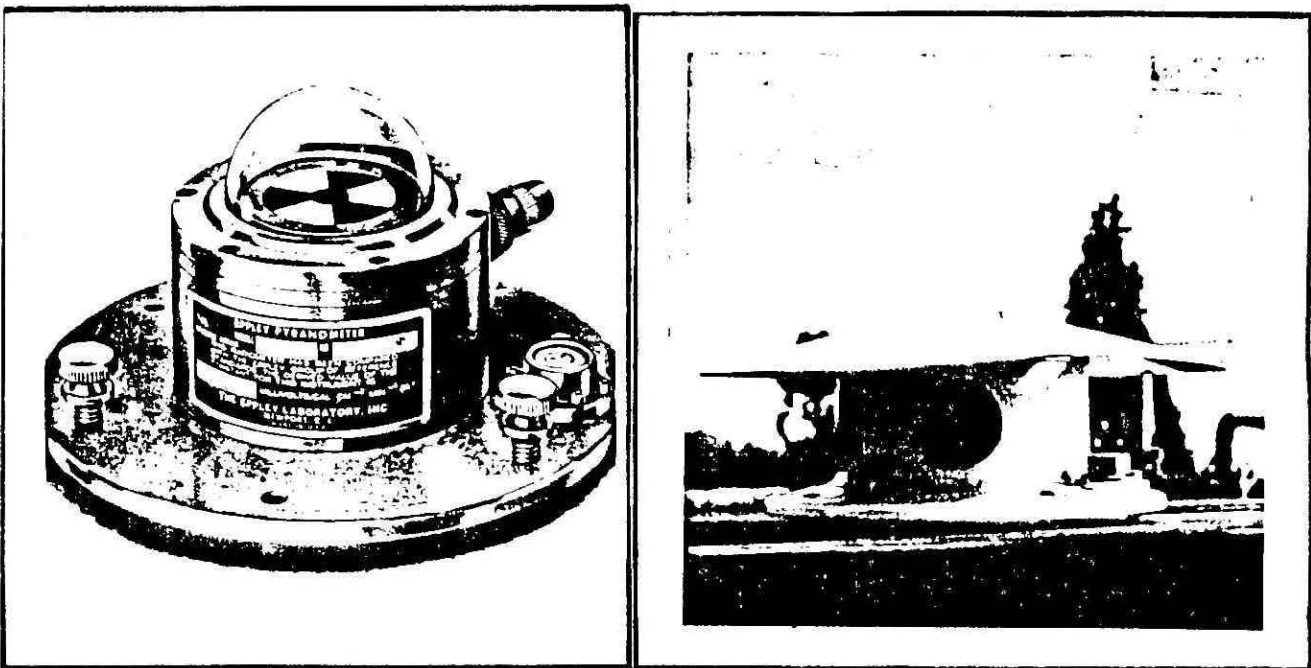
La respuesta azimut es la desviación de la respuesta asumida tomada en un día claro por efectos de variación en el azimut.

En relación con los sensores, los instrumentos más ampliamente utilizados son los de termopilas.

Instrumentos de este género son por ejemplo el Espectral de Precisión EPPLEY (PSP) (de la 1ª Clase, Figura No. 7 a); el Negro y Blanco EPPLEY (Figura No. 7 b), el MOLL-GORCZINSKI (KIPP) y el DIRMHIRN-SAUBERER (de la 2ª Clase); y el bimetalico ROBITZSCH o actinógrafo (de la 3ª Clase, ampliamente utilizado por el Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras - HIMAT - Figura No. 8).

El actinógrafo tiene un sensor termomecánico, es muy simple y tiene capacidad de registrar la información, y de bajo costo. La precisión de los valores de la radiación global que se obtienen con este instrumento es del orden de $\pm 10 \%$ (Figura No. 8) y para aparatos en malas condiciones de mantenimiento, superior a esta cifra.

FIGURA NO. 7
PIRANOMETRO EPPLEY

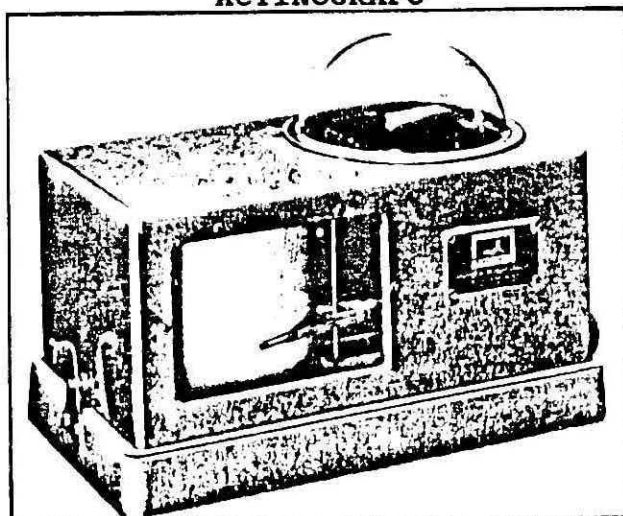


a) Piranómetro Negro
y Blanco EPPLEY (BWP)

b) Piranómetro Espectral
de precisión EPPLEY (PSP)

Actualmente se emplean también piranómetros con celdas solares. Tiene la gran ventaja de tener una respuesta instantánea a los cambios de radiación y ser supremamente baratos. Sin embargo, tienen el problema de la selectividad de la respuesta y deben ser compensados en temperatura.

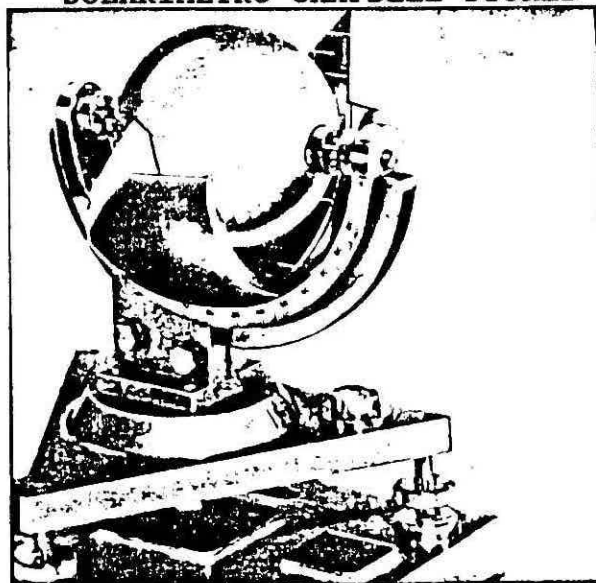
**FIGURA NO. 8
ACTINOGRAFO**



INSTRUMENTOS PARA LA MEDICION DEL BRILLO SOLAR

El instrumento recomendado por la WMO para la medición del brillo solar (BS) es el registrador CAMPBELL-STOKES (Figura No. 9). En este instrumento la radiación directa es enfocada por una esfera de vidrio sobre una superficie de cartón, la cual se quema. La suma de las longitudes de la cinta quemada corresponde a las horas de brillo solar.

**FIGURA NO. 9
SOLARIMETRO CAMPBELL-STOKES**



2.4 Caracterización y Estimación de la Radiación Solar Global Sobre Superficies Horizontales

La disponibilidad de la energía solar en una localidad es importante en la determinación del tamaño y capacidad de los dispositivos solares. Debido a las fluctuaciones que se presentan diariamente en los valores de la radiación solar (asi como también el brillo solar) por los cambios de la atmósfera, es necesario procesar la información estadísticamente. Lo anterior durante varios años. Generalmente se habla de la radiación solar diaria para el mes i , lo cual debe entenderse como el valor de la radiación solar calculado como el valor medio de los valores diarios de la radiación global durante el mes i y durante varios años.

La energía solar disponible en una localidad se caracteriza entonces por 12 promedios mensuales de la radiación solar global diaria (radiación directa más difusa). De manera más general, por el promedio anual de la radiación solar (global) diaria.

La metodología para la evaluación de la radiación solar depende del tipo de información primaria disponible (Figura No. 10). Lo mejor es instalar un grupo de instrumentos y medir la radiación solar durante varios años. En este caso, la información primaria requerida necesita tratamiento estadístico adecuado.

En ausencia de datos directos de radiación solar global se recurre a modelos (métodos indirectos) en los cuales la radiación solar global se calcula a partir de otras variables climatológicas. La variable mas exitósamente empleada es el brillo solar.

Actualmente se están desarrollando métodos que emplean información de satélites para evaluar la nubosidad y de allí, la radiación global.

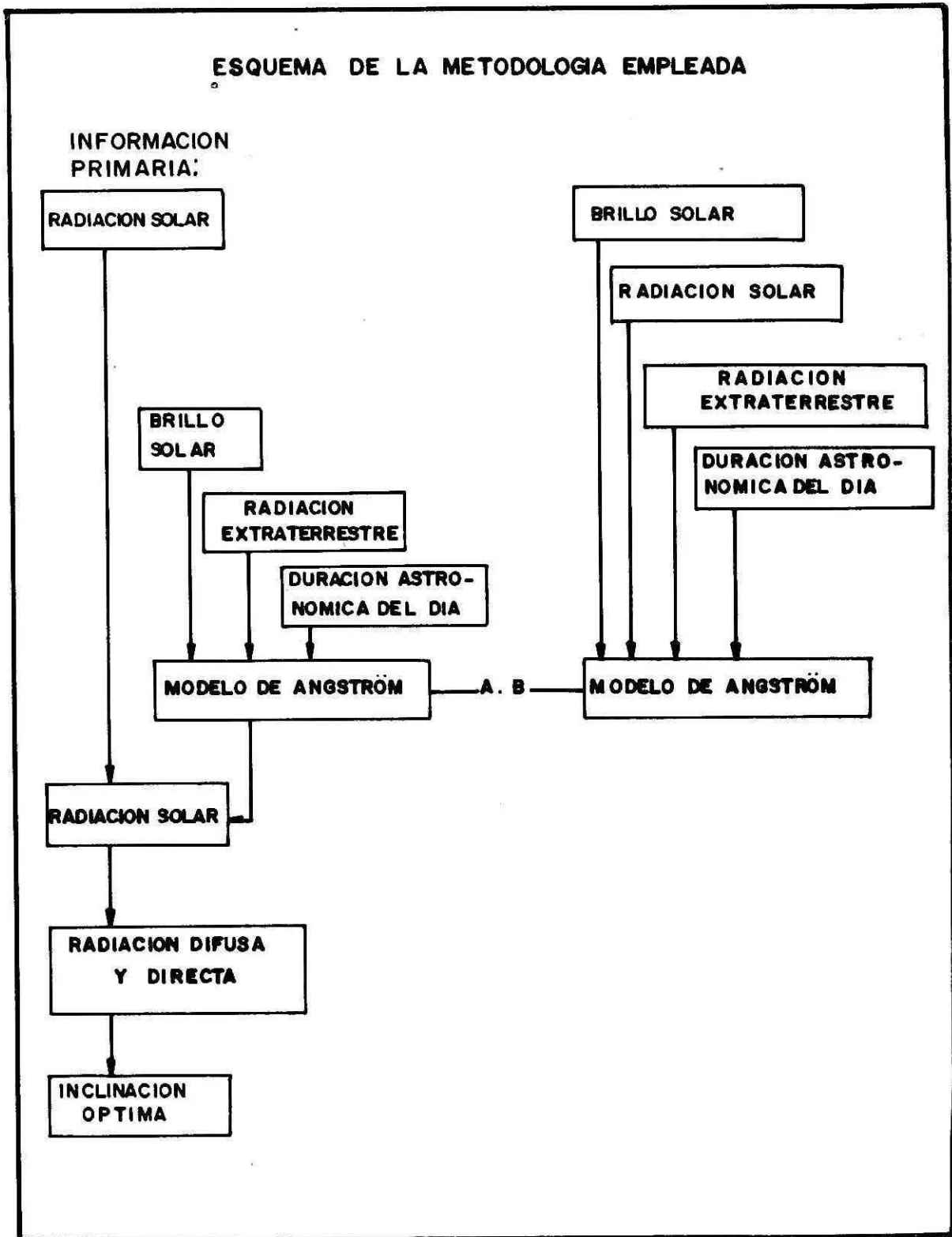
Si en una localidad en particular no existe información, es posible estimar la radiación global a partir de las estaciones mas próximas, empleando métodos de interpolación. Esta técnica está aún en desarrollo.

RADIACION GLOBAL A PARTIR DE MEDICIONES

La radiación global disponible en una localidad para el mes i se calcula como el promedio mensual de la radiación global diaria durante varios años (promedio mensual multianual) y se da como

$$(H)_i' = (1/n) * \sum_{n'=1}^n \left[(1/i) \sum_{j=1}^i (H_j) i' n' \right] \quad (2-9)$$

FIGURA NO. 10



en donde (H_j) i' n' es la radiación global del día j-ésimo del mes i'-ésimo del año n'-ésimo, i es el número de días del mes i' y n es el número de años considerados.

MODELOS QUE EMPLEAN BRILLO SOLAR

La mayoría de los modelos que emplean brillo solar se derivan del modelo de Angström. Nos ocuparemos de varios modelos pero finalmente se tratará con mayor detalle el modelo de Angstron modificado, pues se trata del modelo de mayor aceptación y el que se empleará en este estudio.

Modelo de Angström

El modelo original de Angström /1/ es:

$$(\bar{H})_i / (\bar{Hcs})_i = a' + b' [(\bar{n})_i + (\bar{N})_i] \quad (2-10)$$

en donde:

$(\bar{H})_i$ es el promedio mensual durante el mes i de la radiación solar diaria sobre una superficie horizontal,

$(\bar{Hcs})_i$ es el promedio mensual durante el mes i de la radiación solar diaria sobre una superficie horizontal bajo cielo totalmente despejado,

a' y b' son constantes empíricas, .

$(\bar{n})_i$ es el promedio mensual durante el mes i del brillo solar diario,

$(\bar{N})_i$ es el promedio mensual durante el mes i de la duración (astronómica) del día,

i es el número del mes ($1 \leq i \leq 12$).

De acuerdo a la ecuación anterior, si se conocen las constantes empíricas a' y b', el valor experimental de $(n)_i$, los valores teóricos de $(Hcs)_i$ y $(N)_i$, entonces se puede calcular fácilmente $(H)_i$. Este modelo tropieza con la dificultad esencial de definir que es un día totalmente despejado.

Modelo Lineal de Angström

Este modelo está dado /8/ como:

$$(\bar{H})_i / (\bar{H}_{cs})_i = a_1 + (1 - a_1) * ((\bar{n})_i / (\bar{N})_i) \tag{2-11}$$

en donde:

a_1 es una constante empírica cuyo valor es 0.25 para regiones templadas y 0.30 para regiones tropicales y las demás variables como en la Sección anterior.

Relación Parabólica de Schuepp

Esta relación se da /8/ como:

$$(\bar{H})_i / (\bar{H}_{cs})_i = c + (1 - c) * \frac{\sqrt{(n)_i / 2 / (N)_i}}{\sqrt{[1 + (n)_i / (N)_i]}} \tag{2-12}$$

en donde

c es una constante empírica cuyo valor es 0.20 para regiones templadas y 0.25 para regiones tropicales.

Modelo de Angström Modificado

La modificación introducida por Page /11/ es la siguiente:

$$(H)_i / (H_0)_i = a + b (\bar{n})_i / (\bar{N})_i \tag{2-13}$$

en donde

$(\bar{H}_0)_i$ es el promedio mensual durante el mes i de la radiación solar extraterrestre diaria.

a y b son dos constantes empíricas, y

$(\bar{n})_i$ y $(\bar{N})_i$ como en las ecuaciones anteriores.

Las constantes empíricas a y b tienen valores 0.29 y 0.42 respectivamente, para todo el territorio colombiano de acuerdo a estudios de carácter global /9/. Sin embargo, cuando se dispone de estaciones que tiene simultáneamente información sobre brillo solar y radiación global, se pueden determinar los coeficientes a

y b, como se verá en el capítulo 5.

Para emplear este modelo es necesario calcular $(\bar{H}_0)_i$ y $(\bar{N})_i$. El método de cálculo para $(N)_i$ ya fué dado en Sección 2.2 (ver Cuadro No. 6).

Radiación solar extraterrestre diaria

La radiación solar extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal puede calcularse así:

$$H_0(n) = \int G(n) * \text{Cos } \theta_z \, dt \quad (2-14)$$

en donde

$$dt = (24 \text{ horas} / 2 * \text{PI}) * dW \quad (2-15)$$

con $0 \leq W \leq W_s$

Entonces:

$$\begin{aligned} H_0(n) &= (24/\text{PI}) * \int_0^{W_s} G(n) * \text{Cos } \theta_z * dt \\ &= (24/\text{PI}) * \text{Isc} [1 + 0.033 \text{Cos} (360n/365)] * \\ &\quad [\text{Cos } \phi * \text{Cos } \delta * \text{Sin } W_s + W_s (2*\text{PI}/360) * \\ &\quad \text{Sin } \phi * \text{Sin } \delta] \end{aligned} \quad (2-16)$$

El promedio mensual se calcula entonces a partir de la expresión (2-16). El Cuadro No. 6 da los valores del promedio mensual de la radiación solar extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal (MJ/m²) calculados para todas las latitudes dentro de las cuales se halla la Costa Atlántica.

RADIACION DIFUSA Y DIRECTA

La radiación difusa \bar{H}_d y la directa \bar{H}_b (promedios mensuales) pueden también estimarse a partir de la radiación global. Nuevamente en estos casos es mejor medir cada componente pero en ausencia de datos se pueden emplear los modelos de Liu-Jordan /10/ y de Collares-Pereira-Rabl /11/.

En el primer modelo se tiene que

$$\bar{H}_d / \bar{H} = f(Kt) \quad (2-17)$$

esto es, una función de

$$Kt = \bar{H} / \bar{H}_o \quad (2-18)$$

En el segundo modelo, además de W_s .

Estos modelos permiten calcular el promedio mensual de la radiación difusa diaria H_d y del promedio mensual de la radiación directa diaria H_b , a partir del coeficiente Kt . Kt es el coeficiente de transparencia de la atmósfera ya que es el cociente entre la radiación global terrestre y la radiación extraterrestre. En ausencia de datos experimentales de H , Kt puede calcularse por medio de alguno de los modelos que se vieron en la Sección 2.4, en los cuales se empleó el brillo solar para tal propósito.

\bar{H}_b está dado por

$$\bar{H}_b = \bar{H} - \bar{H}_d$$

El modelo de Liu-Jordan /10/ establece que

$$\begin{aligned} \bar{H}_d / \bar{H} = 1.390 - 2.027 Kt + 5.331 (Kt)^2 - \\ 3.108 (Kt)^3 \end{aligned} \quad (2-19)$$

para valores de $0.17 < Kt < 0.75$.

En el modelo de Collares-Pereira-Rabl /11/:

$$\begin{aligned} \bar{H}_d / \bar{H} = 0.775 + 0.00653 (\bar{W}_s - 90) - \\ [0.505 + 0.00455 (\bar{W}_s - 90)] * \\ \text{Cos } [115 Kt - 103] \end{aligned} \quad (2-20)$$

En el modelo anterior aparece una estacionalidad debido a W_s .

Hay desacuerdos entre estas correlaciones y otras. Sin embargo, se sugiere emplear la de Collares-Pereira-Rabl hasta que no haya más información y otras correlaciones mejores.

2.5 Estimación de la Radiación Solar Sobre Superficies Iclinadas

La radiación total diaria promedio mensual sobre una superficie inclinada HT puede calcularse como

$$H(\beta) = \bar{R} * \bar{H} \quad (2-21)$$

en donde \bar{H} es la radiación global diaria promedio mensual sobre una superficie horizontal y

$$\bar{R} = (1 - \bar{H}_d / \bar{H}) \bar{R}_b + (\bar{H}_d / \bar{H}) (1 + \text{Cos } \beta) / 2 + r * (1 - \text{Cos } \beta) / 2 \quad (2-22)$$

En la anterior ecuación

\bar{R}_b es la razón del promedio diario para cada mes de la radiación directa sobre una superficie inclinada al promedio sobre una superficie horizontal.

β es la inclinación del dispositivo y

r es la reflectancia del piso (para pasto verde 0.2).

Otros coeficientes son (/13/, p. 680): superficies de agua con ángulos de incidencia grandes (0.07), superficie de triturado (0.20), pasto seco (0.20), hojas secas (0.30), superficies de construcciones (oscuras, ladrillo rojo oscuro o pinturas oscuras: 0.27), superficies de construcciones claras (pinturas claras, ladrillo claro (0.60)).

Sustituyendo (2-22) en (2-21), la radiación global diaria promedio mensual sobre superficies inclinadas puede ser calculada como:

$$H(\beta) = (\bar{H} - \bar{H}_d) * \bar{R}_b + \bar{H}_d (1 + \text{Cos } \beta) / 2 + \bar{H} * r (1 - \text{Cos } \beta) / 2 \quad (2-23)$$

\bar{R}_b puede ser estimada aproximadamente como la razón de la radiación extraterrestre sobre una superficie inclinada a la radiación extraterrestre sobre una superficie horizontal. Para R_b se han desarrollado fórmulas para superficies en el hemisferio norte inclinadas y orientadas hacia el sur, para superficies en el hemisferio sur inclinadas y orientadas hacia el norte y para superficies de orientación arbitraria (teniendo en cuenta una orientación azimutal) en ambos hemisferios.

**SUPERFICIES EN EL HEMISFERIO NORTE,
INCLINADAS Y ORIENTADAS HACIA EL SUR**

Para superficies que se hallan en el hemisferio norte, inclinadas con cualquier ángulo, pero dirigidas hacia el sur, R_b se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$R_b = \frac{\cos(\phi - \beta) * \cos\delta * \sin Ws' + (PI/180)Ws' * \sin(\phi - \beta) * \sin\delta}{\cos\phi * \cos\delta * \sin Ws + (PI/180)Ws * \sin\phi * \sin\delta} \quad (2-24)$$

en donde Ws' es el ángulo de puesta del sol sobre una superficie inclinada:

$$Ws' = \text{mínimo } (Ws, \text{ArCos}(-\text{Tan}(\phi - \beta) * \text{Tan}\delta)) \quad (2-25)$$

SUPERFICIES DE ORIENTACION ARBITRARIA

Para superficies de orientación arbitraria, Klein /12/ desarrolló la siguiente expresión:

$$R_b = \frac{\begin{aligned} & (\cos\beta * \sin\delta * \sin\phi) * (W_{ss} - W_{sr}) * (PI/180) \\ & - (\sin\delta * \cos\phi * \sin\beta * \cos\phi) * (W_{ss} - W_{sr}) * (PI/180) \\ & + (\cos\phi * \cos\delta * \cos\beta) * (\sin W_{ss} - \sin W_{sr}) \\ & + (\cos\delta * \sin\phi * \sin\beta) * (\sin W_{ss} - \sin W_{sr}) \\ & - (\cos\delta * \sin\beta * \sin\delta) * (\cos W_{ss} - \cos W_{sr}) \end{aligned}}{2 (\cos\phi * \cos\delta * \sin Ws + (PI/180) * Ws * \sin\phi * \sin\delta)} \quad (2-26)$$

en donde:

si $\gamma > 0$

$$W_{sr} = - \min \{Ws, \arcsin [(AB + \sqrt{AA-BB+1}) / (AA+1)]\} \quad (2-27)$$

$$W_{ss} = \min \{Ws, \arcsin [(AB - \sqrt{AA-BB+1}) / (AA+1)]\} \quad (2-28)$$

si $\gamma < 0$

$$W_{sr} = - \min \{W_s, \arccos [(AB - \sqrt{AA-BB+1}) / (AA+1)]\} \quad (2-29)$$

$$W_{ss} = \min \{W_s, \arccos [(AB + \sqrt{AA-BB+1}) / (AA+1)]\} \quad (2-30)$$

$$A = [\cos\phi / (\sin\delta * \tan\beta)] + \sin\phi / \tan\delta \quad (2-31)$$

$$B = \tan\delta * [(\cos\phi / \tan\delta) - \sin\phi / (\sin\delta * \tan\beta)] \quad (2-32)$$

La anterior expresión es válida solamente para superficies que reciben la radiación solar directa durante un solo intervalo de tiempo en el día, es decir, para superficies para las cuales el sol se levanta y pone durante el levante y poniente para superficies horizontales. Una extensión de esta fórmula para superficies para las cuales el sol se levanta y pone dos veces al día es obvia a partir de la anterior y su generalización se empleará en este estudio.

2.6 Estimación de la Radiación Solar en Sitios Sin Estaciones

La estimación de la radiación solar en lugares sin estaciones es uno de los problemas mas difíciles que se plantean en el estudio de la energía solar /8/. Para el caso de la Costa Atlántica consideramos conveniente la estimación muy aproximada empleando la información de las estaciones vecinas o mas próximas mediante la elaboración de un promedio ponderado. Debido a la orografía de la región, la zona de la Sierra Nevada queda excluida de estos cálculos.

El método a emplear consiste en la búsqueda alrededor del lugar en consideración de las 8 estaciones más próximas, una por cada octante. Puesto que el valor mas probable de la radiación en el lugar debe corresponder mas con el valor de la estación que esté mas próxima que con una mas distante, el factor de peso es una función del inverso de la distancia. De esta manera, la radiación solar en el sitio está dada por:

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^8 (H_i/d_i)}{\sum_{i=1}^8 (1/d_i)} \quad (2-33)$$

en donde i es el octante, H_i la radiación de la estación mas próxima en el octante i y d_i es la distancia de la estación en el octante i mas próxima al lugar.

Este método se empleará no solo para la radiación solar global

sinó también para la directa, difusa y el brillo solar. Este método de estimación es ampliamente utilizado en la elaboración de mapas (en geología por ejemplo /13/), especialmente empleando técnicas avanzadas de graficación de resultados por computador.

3. INFORMACION PRIMARIA

La información para la elaboración del estudio fué suministrada por el Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT). Esta información consistió de:

- i. Localización de las estaciones con equipo de medición de radiación y/o brillo solar en diferentes lugares de la Costa Atlántica.
- ii. El brillo solar en horas promedio mensual multianual. Esta información corresponde a un resumen de la información del HIMAT sobre el régimen de brillo del país. y no se da ninguna información adicional sobre la estadística de los valores.
- iii. La radiación solar diaria y el brillo solar para algunas pocas estaciones en las cuales se tiene esta información simultáneamente.
- iv. Información de radiación solar de estaciones de países vecinos a la Costa Atlántica. Esta fue suministrada por la Food and Agricultural Organization (FAO) de Roma. En ella solo se dan los promedios mensuales multianuales y no se tiene ninguna información sobre la estadística de los valores.

3.1 Localización de las Estaciones

El Cuadro No. 3 es un listado de las estaciones de la Costa Atlántica. Se da el nombre de la estación, el nombre del Municipio, el tipo de instrumento disponible (aunque no necesariamente en funcionamiento), la latitud (las 2 primeras cifras son grados, las dos siguientes son minutos), longitud y elevación en metros sobre el nivel del mar. También, no de todas las estaciones existe información suficiente o información disponible.

La Figura No. 11 muestra la localización aproximada de las estaciones en la Costa Atlántica.

CUADRO NO. 3
ESTACIONES CON INSTRUMENTACION PARA LA MEDICION DE LA RADIACION
Y BRILLO SOLAR EN LA COSTA ATLANTICA

DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO

NOMBRE ESTACION	NOMBRE MUNICIPIO	TIPO INSTRM	LATTITUD grad:min	LONGITUD grad:min	ELEVACION metros snm
Apto E Cortissoz	Soledad	S	1053	7447	14
Repelon	Repelon	S+A	1030	7508	10
Normal Manati	Manati	S	1027	7458	10
El Limon	Manati	S	1025	7504	7
Granja Sta Lucia	Santa Lucia	S	1019	7457	5
Malambito	Suan	S	1018	7454	8

DEPARTAMENTO DE BOLIVAR

NOMBRE ESTACION	NOMBRE MUNICIPIO	TIPO INSTRM	LATTITUD grad:min	LONGITUD grad:min	ELEVACION metros snm
Galerazamba	Sta Catalina	S	1047	7516	20
Apto Crespo	Cartagena	S	1027	7531	2
San Pablo	Maria Baja	S	1003	7515	20
Nueva Florida	Maria Baja	S	957	7521	13
Presa Arroyo Grande	Maria Baja	S	951	7519	60
ICA-El Carmen	Carmen d Boli	S	943	7507	152
Apto Baracoa	Magangué	S	916	7449	18

DEPARTAMENTO DEL CESAR

NOMBRE ESTACION	NOMBRE MUNICIPIO	TIPO INSTRM	LATTITUD grad:min	LONGITUD grad:min	ELEVACION metros snm
El Callao	Valledupar	S	1023	7314	120
Pueblo Bello	Pueblo Bello	S	1022	7338	1000
La Laguna	Robles La Paz	S	1016	7304	1500
Villa Rosa	Valledupar	S	1012	7333	70
Granja Motilonia	Codazzi	S+A	1002	7315	180
Socomba	Becerril	S+A	943	7315	170
Sansaimo	Sansaimo	S+A	935	7347	50

CUADRO NO. 3 (continuado)

DEPARTAMENTO DE CORDOBA

NOMBRE ESTACION	NOMBRE MUNICIPIO	TIPO INSTRM	LATITUD grad:min	LONGITUD grad:min	ELEVACION metros snm
La Doctrina	Lorica	S	918	7554	20
Turipana	Cerete	S	851	7549	20
Ayapel	Ayapel	S	819	7508	22
Jaraguay	Valencia	S	818	7605	70
Pto Nuevo	Tierralta	S	757	7617	145

DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

NOMBRE ESTACION	NOMBRE MUNICIPIO	TIPO INSTRM	LATITUD grad:min	LONGITUD grad:min	ELEVACION metros snm
Bahia Honda	Uribia	S	1219	7148	10
Cabo de la Vela	Uribia	S	1213	7211	5
Nazareth	Uribia	S	1211	7117	85
Manauere	Uribia	S	1146	7227	1
Uribia	Uribia	S	1143	7216	18
Rancho Grande	Uribia	S	1142	7149	50
Apto Almir. Padilla	Riohacha	S	1132	7256	4
Apto Maicao	Maicao	S	1124	7215	53
Matitas	Riohacha	S	1115	7303	20
Esc. Agrop. Carraipia	Maicao	S	1113	7222	118
La Paulina	Fonseca	S	1055	7249	179
La Dorada	Villa Nueva	S	1030	7307	255

DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

NOMBRE ESTACION	NOMBRE MUNICIPIO	TIPO INSTRM	LATITUD grad:min	LONGITUD grad:min	ELEVACION metros snm
Apto Simon Bolivar	Sta Marta	S	1108	7414	4
San Lorenzo	Sta Marta	S	1107	7403	2200
La Ye	Cienaga	S	1100	7413	20
Prado Sevilla	Cienaga	S+A	1046	7410	18
Patuca	Cienaga	S	1042	7412	20
Zacapa	Aracataca	S	1035	7415	30
Algarrobo	Fundacion	S+A	1009	7404	60

CUADRO NO. 3 (continuado)

DEPARTAMENTO DE SUCRE

NOMBRE ESTACION	NOMBRE MUNICIPIO	TIPO INSTRM	LATTUD grad:min	LONGITUD grad:min	ELEVACION metros snm
ninguna					

INTENDENCIA SAN ANDRES Y PROVIDENCIA

NOMBRE ESTACION	NOMBRE MUNICIPIO	TIPO INSTRM	LATTUD grad:min	LONGITUD grad:min	ELEVACION metros snm
Apto Providencia	Providencia	S	1322	8121	1
Apto Sesquicentenario	San Andres	A	1235	8143	1

ESTACIONES DE MAS PROXIMAS DE OTROS DEPARTAMENTOS Y NACIONES

NOMBRE ESTACION	NOMBRE MUNICIPIO	TIPO INSTRM	LATTUD grad:min	LONGITUD grad:min	ELEVACION metros snm	DIV POLITICA
Las Piedras		A	1142	7012	15	Venezuela
Coro		A	1125	6941	20	Venezuela
Maracaibo		A	1034	7144	66	Venezuela
Ctro Administrativo	Abrego	S	805	7314	1430	Norte Santan
Villa Leyva	Sabana de Torre	S	726	7330	328	Santander
Apto Yarigües	Barrancabermeja	S	701	7348	126	Santander
El Boquete	Segovia	S	708	7439	450	Antioquia
Apto Otú	Remedios	S	700	7443	630	Antioquia
Santa Margarita	El Bagre	S	744	7446	179	Antioquia
Nechí	Caucasia	S	806	7446	200	Antioquia
Cacaoteras del Dique	Caucasia	S	759	7507	55	Antioquia
Taraza	Caceres	S	735	7524	95	Antioquia
Uniban	Apartado	A	747	7638	23	Antioquia

OBSERVACIONES

A : Actinografo
S : Solarimetro
Longitud y
Latitud : dos primeras cifras = grados
segundas dos cifras = minutos

FIGURA NO. 11

LOCALIZACION DE ESTACIONES COSTA ATLANTICA



CONVENCIONES

- Capital
- Estación (Localización Aproximada.)

3.2 Instrumentación

La instrumentación disponible en las estaciones es generalmente un solarímetro Campbell-Stokes (S en el Cuadro No. 3). Algunas pocas disponen también de actinógrafo (A en el Cuadro NO. 3) (Para información acerca de los instrumentos, ver Sección 2.3).

Acerca del estado de la instrumentación no se tiene prácticamente ninguna información. Tampoco se sabe si los actinógrafos fueron recalibrados ni sobre el mantenimiento de los mismos.

3.3 Información de Brillo Solar

La información sobre brillo solar fue de dos tipos:

- i. Información sobre los promedios mensuales multianuales del brillo para cada estación. De esta información, suministrada directamente por el HIMAT no se tuvieron detalles estadísticos /15/.
- ii. Información diaria de brillo solar. Estos valores fueron empleados en los modelos de regresión brillo-radiación global. No toda la información fue útil porque es necesario que los valores a correlacionar sean del mismo día y por consiguiente, mucha no sirvió /15/ (ver Cuadro No. 4).

La información suministrada por el HIMAT para cada estación se encuentra en los formatos del "Análisis de la Radiación Solar" que se dan en el capítulo 5, para cada estación. De acuerdo a esta institución, el promedio mensual del brillo sola diario se calculó sobre 10 años (series de 1970 a 1980).

3.4 Información de Radiación Solar

La información de radiación solar fue también de dos tipos:

- i. Radiación solar diaria para la obtención de los coeficientes de la correlación con el brillo solar. Se trata efectivamente de series incompletas, durante los años que se dan en el Cuadro No. 4 /15/.
- ii. Radiación solar global diaria promedio mensual multianual para estaciones de Venezuela vecinas a la frontera colombo-venezolana. En esta información no se conoce la estadística (suministrada por FAO, Roma) /16/.

CUADRO NO. 4
ESTACIONES CON RADIACION Y BRILLO SOLAR

ESTACION	DATOS RADIACION (años)	DATOS BRILLO (años)
Repelón	83-84	81 a 84
Granja Motilonia	83-84	81 a 84
Sansaimo	83-84	83-84
Socomba	83-84	83-84
Prado Sevilla	81 a 84	81 a 84
Algarrobo	83-83	83-84

3.5 Tratamiento de Datos

Los datos suministrados por el HIMAT se supusieron correctos ya que no fue posible tener acceso a la información primaria y la verificación no hubiera podido ser mas que sobre una muestra.

Además de los errores de lectura frecuentes en las mediciones, errores que surgen por el cambio en las constantes de calibración y el deterioro de los instrumentos, resultan difíciles de detectar. Sin embargo, fue posible eliminar datos inconsistentes como radiación solar superior a 800 cal/cm²/día o brillo solar mayor de 300 horas/mes.

Otros problemas en la series de radiación global fueron encontrados, como el uso de diferentes instrumentos durante un periodo determinado. En este caso se tomó solo un subperiodo durante el cual se midió con un solo instrumento.

El resultado final fue que la información empleada en la determinación de los coeficientes de la correlación es limitada, como se muestra en las Figuras No. 12 a 15. Finalmente pudieron determinarse en solo cuatro estaciones como se muestra en el Cuadro No. 7.

No todas las estaciones del Cuadro No. 3 fueron consideradas en este estudio. No se consideraron:

DEPARTAMENTO DE SUCRE

Estación Socomba
Estación Sansaimo

En ambos casos, al estudiar el brillo y la radiación solar se encontró que la correlación era supremamente baja (< 50 %). Por

esta razón se descartó tanto la información de brillo como de radiación.

DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

En el caso de la estación de Manaure se encontró que a pesar de que la correlación entre el brillo solar y la radiación eran bajas (ver Cuadro No. 7), esto se debía a los datos de radiación y por consiguiente los datos de brillo eran aceptables.

DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

Estación Apto Simón Bolívar

No se encontró información a pesar de que hay instrumentación.

INTENDENCIA DE SAN ANDRES Y PROVIDENCIA

Estación Apto Providencia

Estación Apto Sesquicentenario (San Andrés)

No se encontró información de un número suficiente de años.

4. METODOLOGIA EMPLEADA

El objetivo del siguiente capítulo es describir la metodología empleada en este estudio.

Los modelos empleados fueron ya descritos en el Capítulo 2 de tal manera que lo que se explicará es el esquema metodológico empleado. Como se mencionó ya, la información proviene del HIMAT y de la FAO.

Los programas fueron desarrollados BASIC y corridos en un computador IBM-PC.

4.1 Coeficientes de Angström

En la estimación de la radiación solar global, la mayoría de los autores suelen emplear coeficientes tomados de estudios de carácter muy global (por ejemplo Trewartha /17/). La preferencia suele darse por que generalmente para las regiones objeto del estudio no se tienen estos coeficientes. Sin embargo, nuestro punto de vista es el de determinarlos siempre que esto sea factible y dependiendo obviamente de la información disponible.

Para la determinación de los coeficientes de Angström en las estaciones con información diaria simultánea de brillo y radiación solar, se realizó un ajuste por mínimos cuadrados de los datos a correlacionar. Estos son el cociente entre la radiación solar terrestre medida y la radiación solar extraterrestre, y el cociente entre el brillo solar diario y la duración astronómica del día. Se empleó el paquete estadístico S.A.S (Statistical Analysis System) versión 1982. Los resultados se dan en la sección respectiva en el Capítulo 5.

Los coeficientes determinados no siempre tienen una correlación aceptable. En este caso, no es confiable emplear los resultados y es preciso descartar no solo los coeficientes sino también los datos. De estos datos, los de brillo resultan generalmente ser mas confiables que los de radiación solar, debido a la simplicidad del procesamiento de la información y de la instrumentación empleada en la medición del brillo solar. Por esta razón, como resultado del estudio de los datos de brillo y radiación solar en una estación solo quedan al final los datos de brillo solar como utilizables.

Para la asignación de coeficientes a estaciones con información exclusivamente de brillo se tuvo en cuenta el relieve de la región /17/ (ciertamente, exceptuando tres estaciones, la mayoría de las estaciones consideradas en la Costa Atlántica están por

debajo de los 255 metros) y la zonificación ecológica del país de acuerdo a la clasificación de Holdridge /18/. El valor asignado a cada estación se da en el formato que contiene toda la información (Capítulo 5).

4.2 Radiación Solar Global Mensual

De acuerdo al modelo de Angstrom, para estimar la radiación global en un lugar es necesario conocer la radiación solar extraterrestre y la duración astronómica del día, además de los coeficientes y la información de brillo solar.

RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE

A partir de los datos de localización de la estación (latitud, longitud) se calcularon los valores diarios de la radiación solar extraterrestre de acuerdo con la ecuación (2-16), luego se calcularon los promedios mensuales como el promedio aritmético de los valores diarios. El promedio anual se calculó como el promedio aritmético de los valores mensuales. Se elaboraron tablas para las diferentes latitudes entre las cuales se encuentra la Costa Atlántica y para cada estación específica dentro del formato de resultados elaborado para cada una de ellas.

DURACION ASTRONOMICA DEL DIA

La duración astronómica del día se calcula según la ecuación (2-8). El promedio de la duración astronómica del día para cada mes se calculó como el promedio aritmético de los valores diarios. Se elaboraron tablas para las diferentes latitudes entre las cuales se encuentra la Costa Atlántica y para cada estación específica dentro del formato de resultados elaborado para cada una de ellas.

RADIACION SOLAR GLOBAL

La radiación solar global se calculó empleando como información primaria el brillo solar, los coeficientes de Angstrom de la estación y los valores de la radiación solar extraterrestre y duración astronómica del día en la localidad. Se obtuvieron así valores mensuales y de ellos, el promedio anual.

Para las estaciones venezolanas (información de FAO) la información suministrada es precisamente la radiación global. En este caso, esta fue transcrita.

En el caso de las estaciones colombianas con información de radiación solar se prefirió por simplicidad recalcular la radiación global con la información de brillo y los coeficientes determinados en ellas. Ciertamente se trata tan solo de cuatro estaciones.

RADIACION DIRECTA Y DIFUSA

Para la estimación de las componentes difusa y directa se empleó el modelo de Collares-Pereira-Rabl (Sección 2.4) que utiliza como magnitud fundamental el coeficiente de transparencia de la atmósfera K_t . La radiación directa y difusa se calcularon para cada estación mensualmente. También se calculó el porcentaje de la radiación directa y difusa en la radiación global.

4.3 Distribución Espacial de la Radiación Solar

Se estimó la radiación solar global mensual y el promedio anual para diferentes lugares de la Costa Atlántica que tienen valores enteros de latitud y longitud, siguiendo la técnica de interpolación dada en el Capítulo 2. Estos valores se dan graficados. Igualmente se procedió con las componentes difusa y directa.

4.4 Radiación Sobre Superficies Inclınadas

Para las superficies inclinadas se calcularon los coeficientes que permiten estimar la radiación total sobre la superficie inclinada a partir de la radiación global sobre la superficie horizontal, para diferentes inclinaciones y orientaciones. Como coeficiente de reflexión para la superficie se supuso 0.26 (ver Sección 2.5).

Para superficies orientadas hacia el sur, se determinó la inclinación que recibe el máximo de radiación. También el coeficiente respectivo para la radiación directa y la radiación total. Estos resultados se dan en el formato de cada estación.

5. RESULTADOS

Los listados de computador y las gráficas adjuntas son los resultados para las estaciones y la región estudiada. Se presentan los siguientes resultados:

- * Radiación solar extraterrestre
- * Duración astronómica del día
- * Coeficientes de Amgstron
- * Distribución espacial del brillo solar (mensual y anual)
- * Radiación solar global mensual para las estaciones. Además las componentes directa y difusa de la radiación solar global.
- * Radiación solar global sobre la superficie orientada hacia el sur con inclinación óptima (que recibe el máximos de radiación solar).
- * Distribución espacial de la radiación solar global (mensual y anual)
- * Distribución espacial de la radiación solar directa (mensual y anual)
- * Distribución espacial de la radiación solar difusa (mensual y anual).

5.1 Duración Astronómica del Día

El Cuadro No. 5 muestra los valores de la duración astronómica del día promedio mensual, para los diferentes meses del año.

Los valores se dan en horas y centésimas de hora, para latitudes entre 7 y 14 grados, con un incremento de latitud de 0.25 grados (o sea cada 15 minutos). Para calcular para latitudes intermedias basta con hacer una interpolación lineal o buscar el valor de la latitud mas próximo.

CUADRO NO. 5
DURACION MEDIA DEL DIA (PROMEDIO MENSUAL)
PARA DIFERENTES ESTACIONES DE LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(Horas/Centésimas)

LATIT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTBR	OCTBR	NOVBR	DIBRE
7.00	11.64	11.78	11.96	12.16	12.32	12.40	12.36	12.22	12.03	11.84	11.68	11.60
7.25	11.63	11.77	11.96	12.16	12.33	12.41	12.38	12.23	12.03	11.83	11.66	11.59
7.50	11.62	11.76	11.96	12.17	12.34	12.43	12.39	12.24	12.04	11.82	11.65	11.57
7.75	11.60	11.75	11.96	12.17	12.35	12.44	12.40	12.25	12.04	11.82	11.64	11.56
8.00	11.59	11.75	11.96	12.16	12.37	12.46	12.41	12.25	12.04	11.81	11.63	11.54
8.25	11.58	11.74	11.95	12.19	12.38	12.47	12.43	12.26	12.04	11.81	11.62	11.53
8.50	11.56	11.73	11.95	12.19	12.39	12.49	12.44	12.27	12.04	11.80	11.61	11.51
8.75	11.55	11.72	11.95	12.20	12.40	12.50	12.45	12.28	12.04	11.80	11.59	11.50
9.00	11.54	11.71	11.95	12.20	12.41	12.52	12.47	12.29	12.04	11.79	11.58	11.48
9.25	11.53	11.70	11.95	12.21	12.42	12.53	12.48	12.29	12.04	11.78	11.57	11.47
9.50	11.51	11.70	11.95	12.21	12.44	12.55	12.49	12.30	12.04	11.78	11.56	11.45
9.75	11.50	11.69	11.95	12.22	12.45	12.56	12.51	12.31	12.05	11.77	11.55	11.44
10.00	11.49	11.68	11.94	12.23	12.46	12.57	12.52	12.32	12.05	11.77	11.53	11.42
10.25	11.47	11.67	11.94	12.23	12.47	12.59	12.53	12.33	12.05	11.76	11.52	11.41
10.50	11.46	11.66	11.94	12.24	12.48	12.60	12.55	12.34	12.05	11.75	11.51	11.40
10.75	11.45	11.66	11.94	12.24	12.50	12.62	12.56	12.34	12.05	11.75	11.50	11.38
11.00	11.43	11.65	11.94	12.25	12.51	12.63	12.57	12.35	12.05	11.74	11.49	11.37
11.25	11.42	11.64	11.94	12.25	12.52	12.65	12.59	12.36	12.05	11.74	11.47	11.35
11.50	11.41	11.63	11.93	12.26	12.53	12.66	12.60	12.37	12.05	11.73	11.46	11.34
11.75	11.39	11.62	11.93	12.27	12.54	12.68	12.61	12.38	12.06	11.72	11.45	11.32
12.00	11.38	11.61	11.93	12.27	12.55	12.69	12.63	12.38	12.06	11.72	11.44	11.31
12.25	11.37	11.61	11.93	12.28	12.57	12.71	12.64	12.39	12.06	11.71	11.43	11.29
12.50	11.35	11.60	11.93	12.28	12.58	12.72	12.65	12.40	12.06	11.70	11.41	11.28
12.75	11.34	11.59	11.93	12.29	12.59	12.74	12.67	12.41	12.06	11.70	11.40	11.26
13.00	11.33	11.58	11.93	12.30	12.60	12.75	12.68	12.42	12.06	11.69	11.39	11.25
13.25	11.31	11.57	11.92	12.30	12.61	12.77	12.70	12.43	12.06	11.69	11.38	11.23
13.50	11.30	11.56	11.92	12.31	12.63	12.78	12.71	12.43	12.06	11.68	11.37	11.22
13.75	11.29	11.56	11.92	12.31	12.64	12.80	12.72	12.44	12.07	11.67	11.35	11.20
14.00	11.27	11.55	11.92	12.32	12.65	12.81	12.74	12.45	12.07	11.67	11.34	11.19
LATIT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTBR	OCTBR	NOVBR	DIBRE

5.2 Radiación Solar Extraterrestre

El Cuadro No. 6) presenta los valores de la radiación solar extraterrestre diaria promedio mensual (sobre una superficie horizontal), para los diferentes meses del año.

Los valores se dan en MJ/m²horas, para latitudes entre 7 y 14 grados, con un incremento de latitud de 0.25 grados (o sea cada 15 minutos). Para calcular para latitudes intermedias basta con hacer una interpolación lineal o buscar el valor de la latitud mas próximo.

CUADRO NO. 6
RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE DIARIA (PROMEDIO MENSUAL)
SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ/m²)

LATIT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPBR	OCTBR	NOVBR	DIBRE
7.00	33.01	35.07	36.86	37.26	36.42	35.66	35.88	36.68	36.78	35.42	33.35	32.21
7.25	32.90	34.99	36.83	37.28	36.48	35.74	35.95	36.72	36.76	35.35	33.25	32.09
7.50	32.79	34.91	36.80	37.30	36.54	35.82	36.02	36.76	36.75	35.29	33.15	31.97
7.75	32.68	34.83	36.77	37.32	36.61	35.90	36.09	36.79	36.74	35.23	33.04	31.85
8.00	32.57	34.75	36.73	37.34	36.67	35.98	36.16	36.83	36.73	35.16	32.94	31.73
8.25	32.46	34.67	36.70	37.36	36.73	36.06	36.23	36.87	36.71	35.10	32.84	31.61
8.50	32.35	34.59	36.67	37.38	36.79	36.14	36.30	36.90	36.70	35.03	32.73	31.49
8.75	32.23	34.50	36.63	37.40	36.85	36.22	36.37	36.94	36.68	34.96	32.63	31.37
9.00	32.12	34.42	36.59	37.41	36.91	36.29	36.44	36.97	36.67	34.89	32.52	31.25
9.25	32.01	34.34	36.56	37.43	36.96	36.37	36.51	37.01	36.65	34.83	32.41	31.13
9.50	31.89	34.25	36.52	37.45	37.02	36.45	36.58	37.04	36.63	34.76	32.31	31.01
9.75	31.78	34.17	36.48	37.46	37.08	36.52	36.64	37.07	36.61	34.69	32.20	30.88
10.00	31.66	34.08	36.44	37.48	37.14	36.60	36.71	37.10	36.60	34.62	32.09	30.76
10.25	31.55	34.00	36.41	37.49	37.19	36.67	36.78	37.13	36.58	34.55	31.99	30.64
10.50	31.43	33.91	36.37	37.50	37.25	36.75	36.84	37.16	36.56	34.48	31.88	30.51
10.75	31.31	33.83	36.33	37.52	37.30	36.82	36.91	37.19	36.54	34.40	31.77	30.39
11.00	31.20	33.74	36.28	37.53	37.35	36.89	36.97	37.22	36.51	34.33	31.66	30.26
11.25	31.08	33.65	36.24	37.54	37.41	36.97	37.03	37.25	36.49	34.26	31.55	30.14
11.50	30.96	33.56	36.20	37.55	37.46	37.04	37.10	37.28	36.47	34.19	31.44	30.01
11.75	30.84	33.47	36.16	37.56	37.51	37.11	37.16	37.30	36.44	34.11	31.33	29.89
12.00	30.72	33.38	36.11	37.57	37.56	37.18	37.22	37.33	36.42	34.04	31.22	29.76
12.25	30.60	33.29	36.07	37.58	37.61	37.25	37.28	37.35	36.40	33.96	31.10	29.63
12.50	30.49	33.20	36.02	37.58	37.67	37.32	37.34	37.38	36.37	33.88	30.99	29.50
12.75	30.36	33.11	35.98	37.59	37.71	37.39	37.40	37.40	36.34	33.81	30.88	29.38
13.00	30.24	33.01	35.93	37.60	37.76	37.46	37.46	37.43	36.32	33.73	30.76	29.25
13.25	30.12	32.92	35.88	37.60	37.81	37.52	37.52	37.45	36.29	33.65	30.65	29.12
13.50	30.00	32.83	35.83	37.61	37.86	37.59	37.57	37.47	36.26	33.57	30.54	28.99
13.75	29.88	32.73	35.79	37.61	37.91	37.66	37.63	37.49	36.23	33.49	30.42	28.86
14.00	29.76	32.64	35.74	37.62	37.95	37.72	37.69	37.51	36.20	33.41	30.30	28.73

5.3 Coeficientes de Angström

El Cuadro No. 7 muestra los valores de los coeficientes determinados. No todos los determinados pudieron emplearse debido a que su correlación resultó demasiado baja.

Para las estaciones Repelón, Granja Motilonia, Prado Sevilla y Algarrobo se dan las gráficas que muestran los valores empleados en la correlación (Figuras No. 12 a 15) y los cuadros de análisis de varianza de dichas estaciones (Cuadros No. 8 a 10).

5.4 Distribución Espacial del Brillo Solar

Las Figuras 16 a 28 muestran la distribución espacial del brillo solar en la Costa Atlántica, para cada mes y el promedio anual.

**CUADRO NO. 7
COEFICIENTES DE ANGSTRÖM DETERMINADOS**

NOMBRE ESTACION	NOMBRE MUNICIPIO	LATTUD grad:min	LONGITUD grad:min	ELEVACION metros snm	Coef. A	Coef. B	R ²	Observación
DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO *****								
Repelon	Repelon	1030	7508	10	0.3014	0.4143	0.6904	
DEPARTAMENTO DEL CESAR *****								
Granja Motilonia	Codazzi	1002	7315	180	0.3653	0.3166	0.7422	
Socomba	Becerril	943	7315	170	0.3351	0.3647	0.5675	(1)
Sansaimo	Sansaimo	935	7347	50	0.4843	0.1208	0.0952	(1)
DEPARTAMENTO DE CORDOBA *****								
Unicordoba					0.4631	0.0635	0.0165	(1)
DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA *****								
Manaure	Uribia	1146	7227	1	0.6057	0.1675	0.1439	(1)
DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA *****								
Prado Sevilla	Cienaga	1046	7410	18	0.4218	0.4851	0.7645	
Algarrobo	Fundacion	1009	7404	60	0.3162	0.4614	0.8853	
ESTACIONES DE MAS PROXIMAS DE OTROS DEPARTAMENTOS Y NACIONES *****								
Uniban	Apartado	747	7638	23	0.2672	0.3475	0.6904	
NOMBRE ESTACION	NOMBRE MUNICIPIO	LATTUD grad:min	LONGITUD grad:min	ELEVACION metros snm	Coef. A	Coef. B	R ²	Observación

OBSERVACIONES

(1) No se emplea por b
 Latitud: dos primeras cifras = grados segundas dos cifras = minutos

**CUADRO NO. 8
ANALISIS DE LA VARIANZA PARA REPELON**

REGRESSION								
GENERAL LINEAR MODEL PROCEDURE								
DEPENDENT VARIABLE(S)		SAS DATA/STATISTICS ESTIMATE(S)						
EDUCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	C.V.	
MODEL	1	1.88595597	1.88595597	1721.25	0.0001	0.895435	6.1363	
ERROR	263	0.00217383	0.00000826				ST MEAN	
CORRECTED TOTAL	264	2.39812980					0.8394859	
					0.00310122			
EDUCE	DF	TYPE III SS	F VALUE	PR > F	DF	TYPE III SS	F VALUE	PR > F
ICL	1	1.88595597	1721.25	0.0001	1	1.88595597	1721.25	0.0001
PARAMETER	ESTIMATE	T FOR H0: PARAMETER=0	PR > T	STD ERROR OF ESTIMATE				
INTERCEPT	0.0019556	41.71	0.0001	0.0001696				
ICL	0.00000826	81.45	0.0001	0.00000720				

**CUADRO NO. 9
ANALISIS DE LA VARIANZA PARA MOTILONIA Y SOCOMBA**

CODESTEAGJA MOTILONIA
GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: Y1	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	S.V.
MODEL	1	1.0579927	1.0579927	584.54	0.0001	0.742237	7.6707
ERROR	263	0.4574136	0.0017359				KT MEAN
CORRECTED TOTAL	264	1.5154063				0.04258347	0.55462028

SOURCE	DF	TYPE III SS	F VALUE	PR > F	DF	TYPE III SS	F VALUE	PR > F
ICL	1	1.0579927	584.54	0.0001	1	1.0579927	584.54	0.0001

PARAMETER	ESTIMATE	T FOR H0: PARAMETER=0	PR > T	STD ERROR OF ESTIMATE
INTERCEPT	1.21152577	42.41	0.0001	0.02857771
ICL	1.21152577	24.17	0.0001	0.04929729

SAS
CODESTELOCOMBA
GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: Y1	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	S.V.
MODEL	1	0.6721671	0.6721671	175.82	0.0001	0.567486	10.8673
ERROR	174	0.4126426	0.0023716				KT MEAN
CORRECTED TOTAL	175	1.0848097				0.06183139	0.56377678

SOURCE	DF	TYPE III SS	F VALUE	PR > F	DF	TYPE III SS	F VALUE	PR > F
ICL	1	0.6721671	175.82	0.0001	1	0.6721671	175.82	0.0001

PARAMETER	ESTIMATE	T FOR H0: PARAMETER=0	PR > T	STD ERROR OF ESTIMATE
INTERCEPT	0.32536141	18.57	0.0001	0.01750656
ICL	0.31674322	13.21	0.0001	0.0239791

CUADRO NO. 10
ANALISIS DE LA VARIANZA PARA ALGARROBO Y PRADO SEVILLA

SAS
 GENERAL LINEAR MODEL PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE(S)	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	C.V.
MODEL	1	0.00000000	0.00000000	100.00	0.0001	0.000279	4.5100
ERROR	20	0.00000000	0.00000000		ADJUSTED		ST MEAN
CORRECTED TOTAL	20	0.00000000			0.00713348		0.07025781

SOURCE	DF	TYPE III SS	F VALUE	PR > F	DF	TYPE III SS	F VALUE	PR > F
TEL	1	0.00000000	100.00	0.0001	1	0.00000000	100.00	0.0001

PARAMETER	ESTIMATE	T FOR H0: PARAMETER=0	PR > T	STD ERROR OF ESTIMATE
INTERCEPT	0.00000000	0.0000	0.0001	0.00000000
TEL	0.00000000	0.0000	0.0001	0.00000000

SAS
 GENERAL LINEAR MODEL PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE(S)	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	C.V.
MODEL	1	0.00000000	0.00000000	2735.06	0.0001	0.764455	7.8012
ERROR	198	0.00000000	0.00000000		ADJUSTED		ST MEAN
CORRECTED TOTAL	198	0.00000000			0.00000000		0.71084609

SOURCE	DF	TYPE III SS	F VALUE	PR > F	DF	TYPE III SS	F VALUE	PR > F
TEL	1	0.00000000	2735.06	0.0001	1	0.00000000	2735.06	0.0001

PARAMETER	ESTIMATE	T FOR H0: PARAMETER=0	PR > T	STD ERROR OF ESTIMATE
INTERCEPT	0.00000000	0.0000	0.0001	0.00000000
TEL	0.00000000	0.0000	0.0001	0.00000000

FIGURA NO. 12
COEFICIENTES DE ANGSTRÖM: REPELON

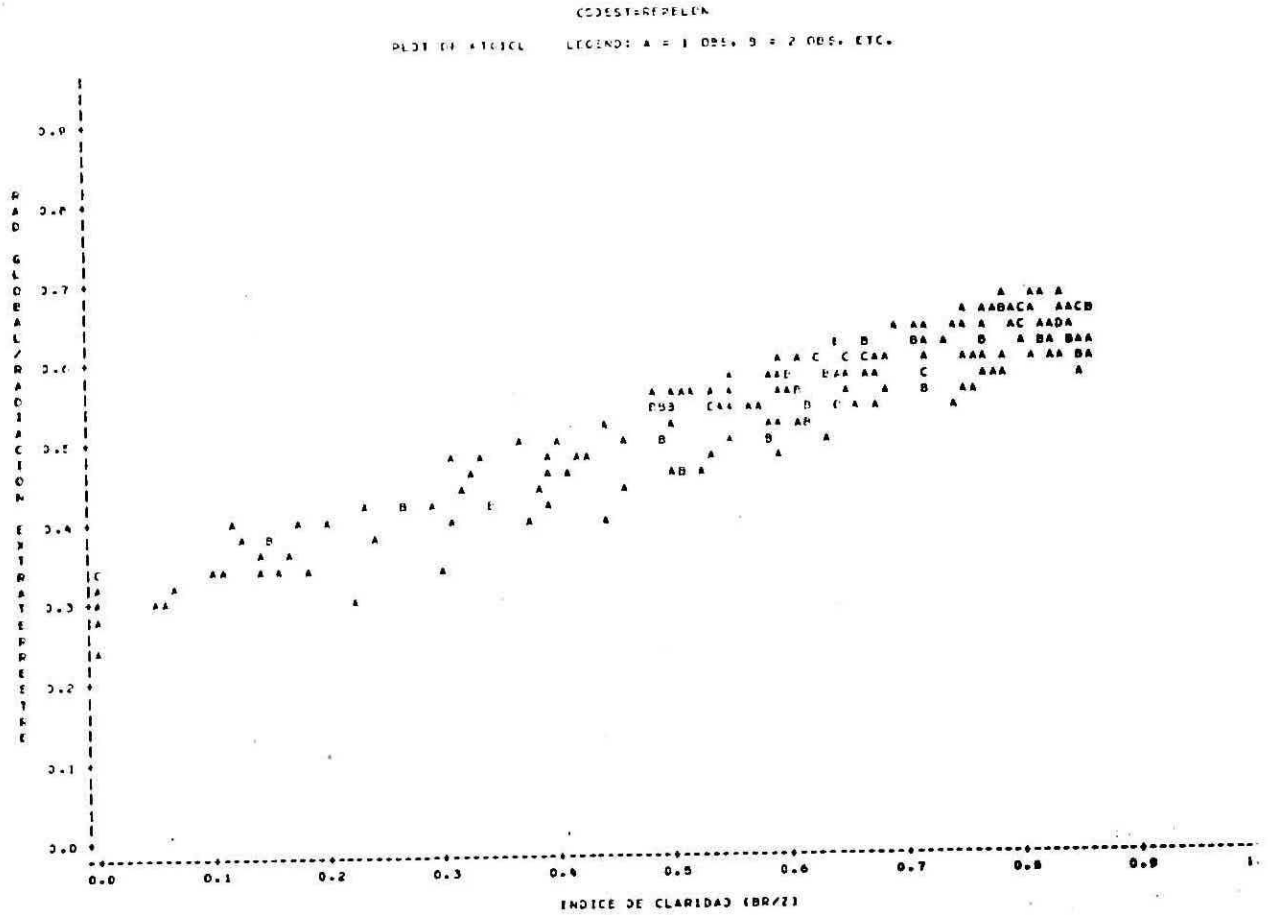


FIGURA NO. 13 COEFICIENTES DE ÅNGSTRÖM: GRANJA MOTILONIA

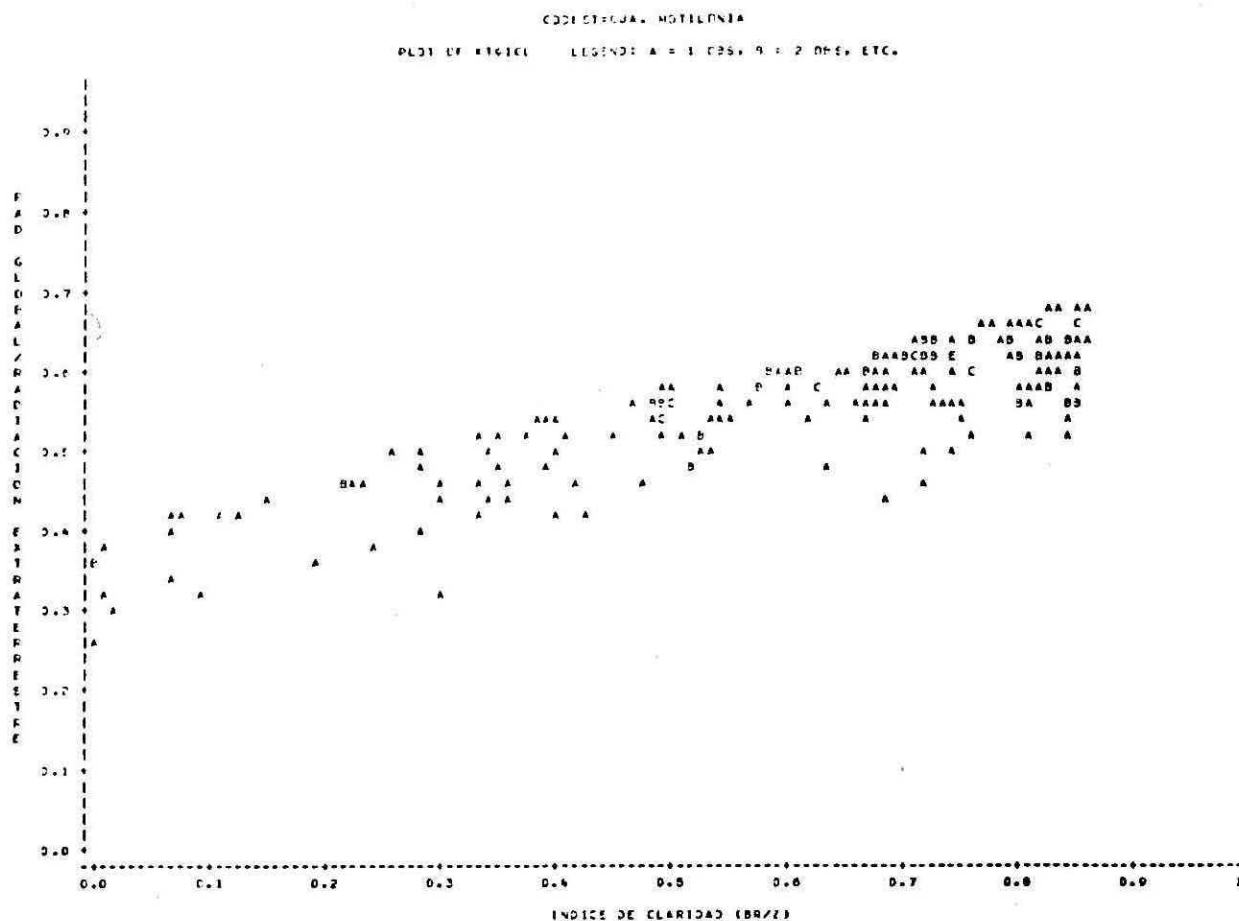
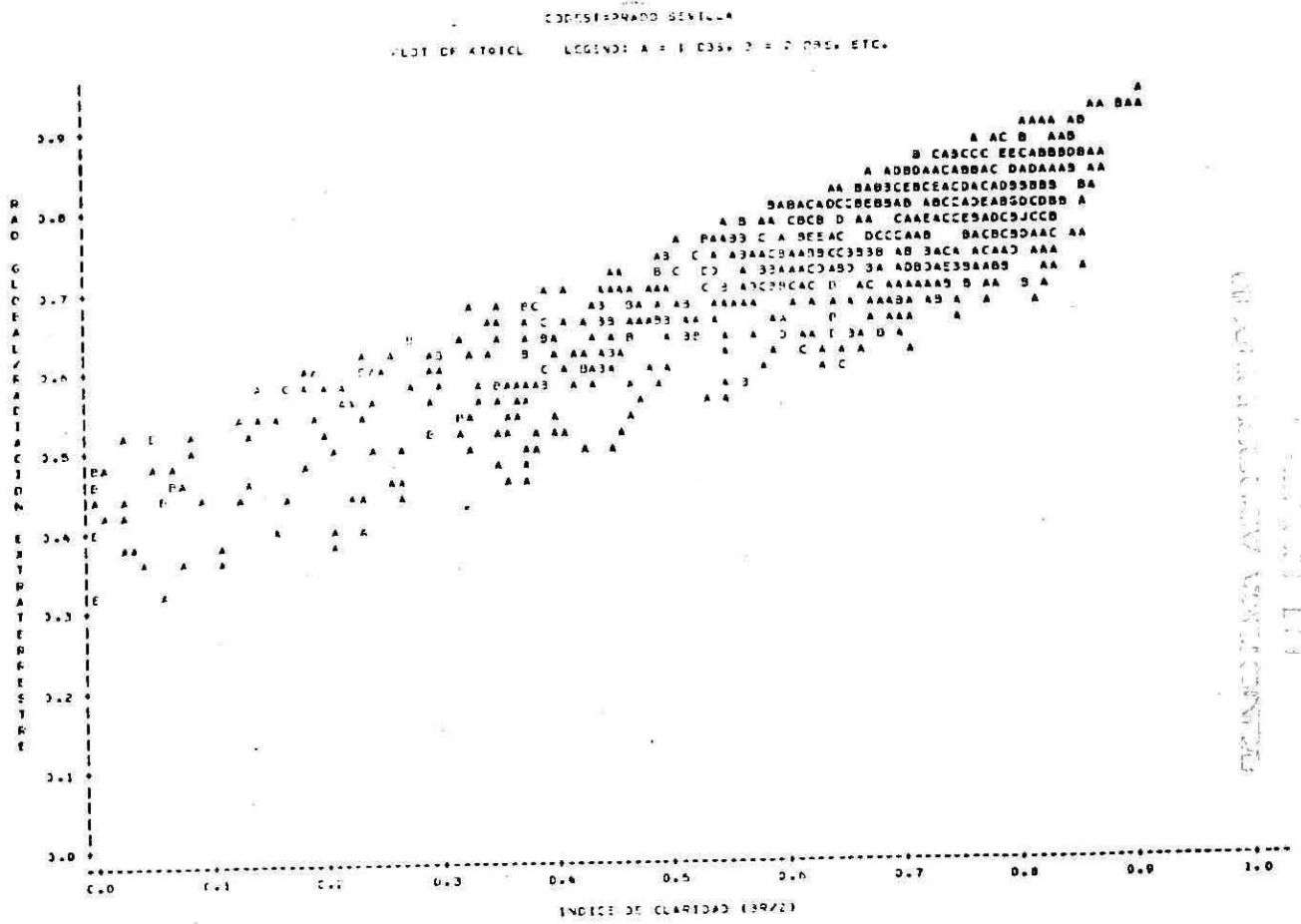


FIGURA NO. 14 COEFICIENTES DE ANGSTRÖM: PRADO SEVILLA



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

FIGURA NO. 15
COEFICIENTES 'DE ANGSTROM: ALGARROBO

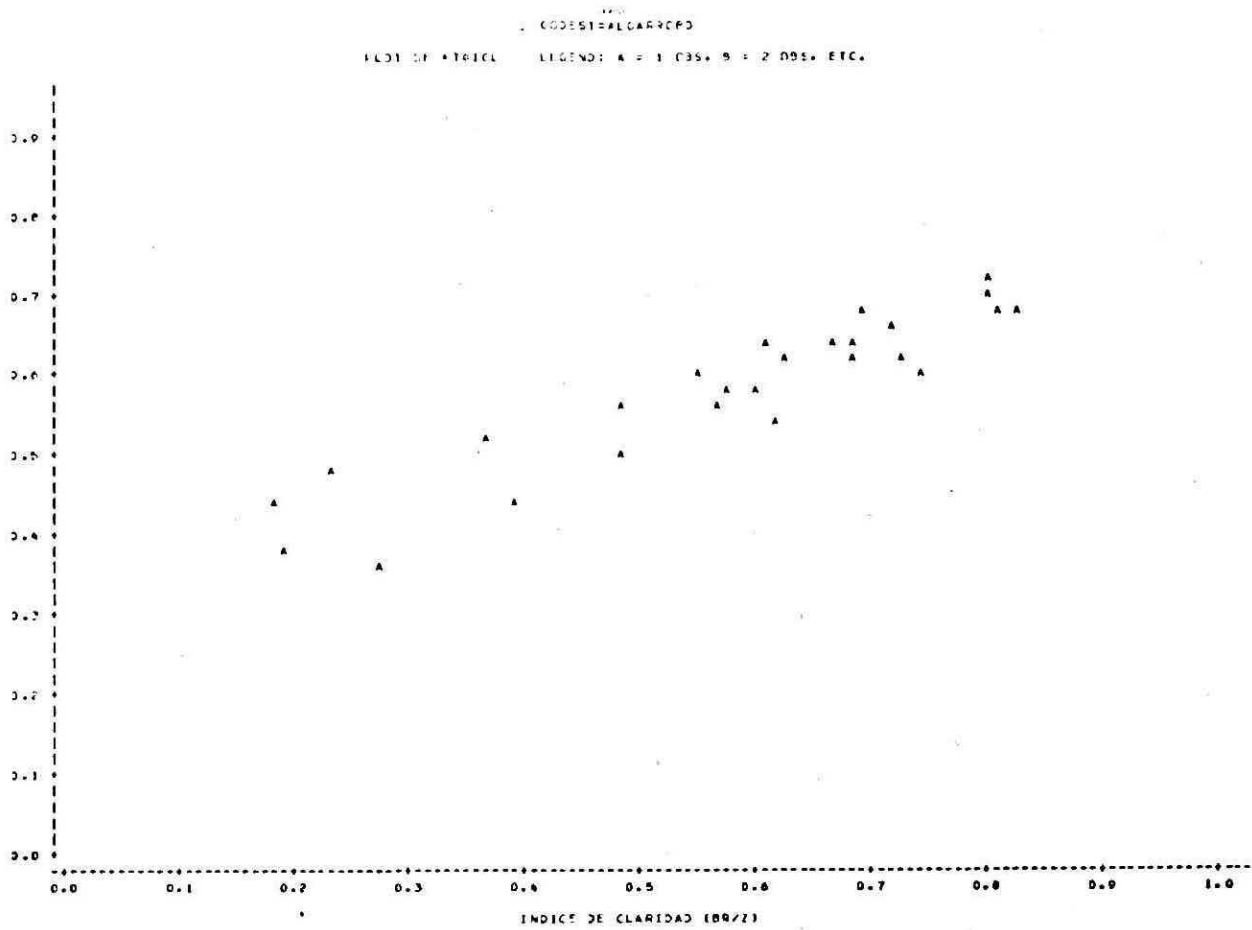


FIGURA NO. 16
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: ENERO

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(Horas, decimas hora/dia)

MES : ENERO

ALON LATN 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				7.6	8.3	8
11		8.8	7.1	8.3	8.3	
10	8	8.3	8.5	8.2		
9	7.4	7.6	7.8	8.1		
8 5.9	5.8	7.1	7.3	7.7		
7 5.4	5.8		7.1			
LATA 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 17
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: FEBRERO

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(Horas, decimas hora/dia)

MES : FEBRERO

LON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				7.8	8.7	8.3
11		8.7	6.9	8.3	8.6	
10	7.8	8.10	8.5	8.39		
9	7.1	7.5	7.8	8.10		
8 5.8	5.6	7	6.9	7.1		
7 5.2	5.4		6.3			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 18
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: MARZO

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(Horas, decimas hora/dia)

MES : MARZO

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				6.9	8	7.8
11		7.3	5.8	7.3	7.9	
10	6.4	6.7	7.3	7.2		
9	5.6	6.1	6.5	6.9		
8 4.4	4.2	5.6	5.6	5.9		
7 4	4.2		4.9			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 19
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: ABRIL

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(Horas, decimas hora/dia)

MES : ABRIL

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				6.1	7.1	6.9
11		6.9	5.5	6.4	6.8	
10	5.9	6.4	6.6	6.1		
9	5.1	5.7	5.9	6.2		
8 4.1	4	5.3	5.3	5.1		
7 3.8	4.1		5.1			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 20
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: MAYO

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(Horas, decimas hora/dia)

MES : MAYO

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				6.3	7.2	6.2
11		6.4	5.1	6.2	6.3	
10	5.1	5.4	5.9	5.5		
9	4.5	4.9	5.4	5.7		
8 4.3	4.4	5.2	5.3	5.1		
7 4.3	4.5		5.4			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 21
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: JUNIO

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(Horas, decimas hora/dia)

MES : JUNIO

ALON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				7.3	7.9	7.5
11		6.2	5.4	7.3	7.4	
10	5.5	5.9	6.4	6		
9	5.1	5.7	6	6.4		
8 4.7	4.6	5.6	5.8	6		
7 4.5	4.8		5.8			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 22
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: JULIO

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(Horas, decimas hora/dia)

MES : JULIO

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				7.8	8.2	8.3
11		7.1	6	7.9	8.2	
10	6.4	6.7	7.1	6.9		
9	6.2	6.7	7	7.3		
8 5.6	5.7	6.8	6.8	7		
7 5.4	5.9		7.1			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 23
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: AGOSTO

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(Horas, decimas hora/dia)

MES : AGOSTO

LONG LAT 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				7.3	8	8.39
11		6.4	5.5	7.1	7.8	
10	5.6	5.9	6.5	6.1		
9	5.4	5.9	6.3	6.6		
8 5	5.1	6.2	6.3	6.4		
7 5	5.4		6.5			
LAT 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 24
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: SEPTIEMBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(Horas, decimas hora/dia)

MES : SEPTIEMBRE

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				6.4	7.2	7.6
11		5.4	4.5	6.1	6.8	
10	4.8	5.1	5.8	5.2		
9	4.8	5.1	5.6	5.8		
8 4.4	4.5	5.4	5.6	5.6		
7 4.3	4.6		5.8			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 25
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: OCTUBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(Horas, decimas hora/dia)

MES :OCTUBRE

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				6.2	6.8	6.9
11		5.6	4.6	6.2	6.4	
10	5	5.1	5.7	5.4		
9	4.9	5	5.4	5.8		
8 4.7	4.9	5.4	5.4	5.4		
7 4.7	4.7		5.4			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 26
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: NOVIEMBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(Horas, decimas hora/dia)

MES :NOVIEMBRE

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				6.7	7.4	7.1
11		6.5	5.5	7.1	7.2	
10	5.6	6	6.5	6.5		
9	5.3	5.6	6	6.5		
8 5.1	5.1	5.5	5.8	6		
7 5	5		5.6			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

BRILLO SOLAR EN LA COSTA ATLANTICA DE COLOMBIA
NOVIEMBRE 1986

FIGURA NO. 27
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: DICIEMBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(Horas, decimas hora/dia)

MES :DICIEMBRE

ALON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				7.2	7.8	7.4
11		8.10	6.6	7.9	7.8	
10	7.4	7.6	8	7.8		
9	6.5	7	7.3	7.6		
8 5.4	5.5	6.3	6.7	7.1		
7 5.1	5.3		6.3			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 28
DISTRIBUCION DEL BRILLO SOLAR: PROMEDIO ANUAL

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL BRILLO SOLAR

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(Horas, decimas hora/dia)

MES : PROMEDIO ANUAL

ALON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				7.1	7.8	7.6
11		7	5.8	7.3	7.6	
10	6.2	6.5	7	6.7		
9	5.7	6.1	6.5	6.9		
8 5	5	6	6.2	6.3		
7 4.8	5		6			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

5.5 Radiación Solar Global Mensual

Los Cuadros No. 11 a 65 muestran los resultados de la radiación solar global para las diferentes estaciones. Las estaciones han sido ordenadas primero por departamentos y luego por latitud, en orden descendente.

RADIACION SOLAR GLOBAL POR ESTACIONES

Para cada estación se dan:

Estación	Nombre de la estación
Longitud	Grados, décimas de grado
Latitud	Grados, décimas de grado

0. INFORMACION DISPONIBLE

BS(H)	Brillo solar en horas/ día (horas/centésimas)
HM	Radiación solar global medida (en MJ/m ² /día)

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angström	Valor de A y B asignados a la estación.
HO	Promedio mensual de la radiación solar extra terrestre (MJ/m ²) diaria
HG	Promedio mensual de la radiación solar global diaria (MJ/m ²). Cuando se ha medido experimentalmente (se da HM), entonces HG= HM
Kt	Coefficiente de transparencia de la atmósfera (en %)
Hb	Promedio mensual de la radiación solar directa diaria (MJ/m ²)
Kb	Fracción de la radiación global que es directa
Hd	Promedio mensual de la radiación solar difusa diaria (MJ/m ²)
Kd	Fracción de la radiación global que es difusa
DD	Promedio mensual de la duración astronómica

del día (en horas/décimas)

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL

RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL

RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL

Promedios anuales de los valores de la radiación diaria (MJ/m^2)

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinación
óptima

Valor de la inclinación de la superficie orientada hacia el sur que recibe la mayor cantidad de radiación (grados, décimas de grado) durante el año.

Coefficiente de
reflectancia del
piso

Valor supuesto para los cálculos.

Rb

Promedio mensual del cuociente entre la radiación solar directa sobre la superficie inclinada y la radiación directa sobre la superficie horizontal.

Ht

Promedio mensual de la radiación solar total diaria sobre la superficie con inclinación óptima (MJ/m^2)

R

Promedio mensual del cuociente entre la radiación total sobre el plano inclinado y la radiación global diaria sobre el plano horizontal (MJ/m^2).

VARIACION ANUAL DE LA RADIACION SOLAR GLOBAL MENSUAL

Las Figuras No. 29 a 42 presentan la variación durante el año de la radiación solar global diaria, para las estaciones consideradas. Las gráficas se han elaborado en MJ/m^2 (en el anexo se presentan las mismas en kWh/m^2).

DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO

CUADRO NO. 11
RADIACION GLOBAL: APTO E. CORTISSOZ (SOLEDAD)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: APTO E CORTISSOZ municipio: SOLEDAD div. politica: ATLANTICO

latitud: 10.9 longitud : 74.8 altitud (m) : 14 pais : COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS (H)	8.94	8.89	7.45	7.03	6.39	6.27	7.00	6.45	5.20	5.71	6.63	8.23
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m ²		ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
VAR.													
HO		31.2	33.8	36.3	37.5	37.3	36.9	36.9	37.2	36.5	34.4	31.7	30.3
HG		25	26.8	26.3	26.3	25	24.4	25.6	25.1	23.1	22.6	22.3	23.4
Kt (%)		80.0	79.4	72.5	70.1	67.0	66.2	69.3	67.5	63.2	65.8	70.3	77.2
Hb		18.2	19.4	18.5	18.1	16.8	16.2	17.4	16.9	15.2	15.3	15.7	16.9
Kb (%)		72.9	72.5	70.2	68.8	67.0	66.4	67.9	67.5	66.0	67.8	70.2	72.4
Hd		6.8	7.4	7.8	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	7.9	7.3	6.6	6.5
Kd (%)		27.1	27.5	29.8	31.2	33.0	33.6	32.1	32.5	34.0	32.2	29.8	27.6
DD (h)		11.4	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.6	12.3	12.1	11.7	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 24.7
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 14.9
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	119	112	104	95	89	86	87	92	100	109	117	121
Ht	28.5	29.2	27.1	25.2	23.3	22.2	23.3	23.6	23.1	24	25	26.9
R (%)	114	109	103	96	93	91	91	94	100	106	112	115
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										25.1		

CUADRO NO. 12
RADIACION GLOBAL: REPELON (REPELON)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:REPELON municipio:REPELON div. politica:ATLANTICO
latitud: 10.5 longitud : 75.1 altitud (m) : 10 pais :COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.87	8.71	7.52	6.87	6.10	6.30	7.13	6.19	5.20	5.10	5.87	8.03
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .3014 B= .4143

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.4	33.9	36.4	37.5	37.2	36.7	36.8	37.2	36.6	34.5	31.9	30.5
HG	19.6	20.7	20.4	20	18.8	18.7	19.8	18.9	17.6	16.6	16.3	18.1
Kt(%)	62.4	61.0	56.1	53.3	50.5	50.9	53.7	50.9	48.1	48.1	51.1	59.3
Hb	13.1	13.6	12.7	11.9	10.7	10.7	11.7	10.9	9.9	9.5	9.8	11.8
Kb(%)	66.8	65.6	62.1	59.6	57.1	57.1	59.2	57.7	56.4	57.1	59.9	65.2
Hd	6.5	7.1	7.7	8.1	8.1	8.0	8.1	8.0	7.7	7.1	6.5	6.3
Kd(%)	33.2	34.4	37.9	40.4	42.9	42.9	40.8	42.3	43.6	42.9	40.1	34.8
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 18.8
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 11.4
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.4

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 12.5
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	116	110	103	96	91	89	90	94	100	108	115	118
Ht	21.8	21.9	20.8	19.4	17.9	17.6	18.6	18.1	17.6	17.3	17.8	20.3
R (%)	111	106	102	97	95	94	94	96	100	104	109	112
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)	19.1											

**CUADRO NO. 13
RADIACION GLOBAL: MANATI (MANATI)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: NORMAL MANATI municipio: MANATI div. politica: ATLANTICO

latitud: 10.5 longitud : 75 altitud (m) : 10 pais : COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.23	8.25	6.68	6.07	5.65	5.53	6.74	6.00	4.77	4.81	5.73	7.35
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.4	33.9	36.4	37.5	37.2	36.7	36.8	37.2	36.6	34.5	31.9	30.5
HG	24.2	25.9	25.2	24.8	23.9	23.3	25.1	24.4	22.4	21.4	21.2	22.4
Kt (%)	77.0	76.4	69.3	66.1	64.2	63.4	68.1	65.7	61.3	62.1	66.5	73.4
Hb	17.5	18.6	17.4	16.6	15.7	15.1	16.9	16.3	14.6	14.1	14.5	16.0
Kb (%)	72.3	71.8	69.0	67.1	65.7	65.0	67.4	66.7	65.0	66.0	68.6	71.4
Hd	6.7	7.3	7.8	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	7.8	7.3	6.7	6.4
Kd (%)	27.7	28.2	31.0	32.9	34.3	35.0	32.6	33.3	35.0	34.0	31.4	28.6
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 23.7
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 16.1
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 14.5
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	118	111	103	95	89	86	88	93	100	109	117	120
Ht	27.3	28	25.7	24.1	22.2	21.2	23.1	23.2	22.4	22.7	23.7	25.5
R (%)	113	108	102	97	93	91	92	95	100	106	112	114
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										24.1		

CUADRO NO. 14
RADIACION GLOBAL: EL LIMON (MANATI)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:EL LIMON municipio:MANATI div. politica:ATLANTICO

latitud: 10.4 longitud : 75.1 altitud (m) : 7 pais :COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.81	9.79	7.42	7.03	5.87	6.13	6.84	6.32	5.37	5.29	6.30	8.06
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.5	33.9	36.4	37.5	37.2	36.7	36.8	37.2	36.6	34.5	31.9	30.6
HG	25	28.1	26.3	26.3	24.2	24.2	25.3	24.9	23.3	22.1	21.9	23.4
Kt (%)	79.4	82.8	72.3	70.1	65.0	65.9	68.7	67.0	63.7	64.0	68.6	76.6
Hb	18.2	20.5	18.4	18.1	16.0	16.0	17.1	16.8	15.4	14.8	15.2	16.9
Kb (%)	72.8	73.0	70.1	68.8	66.1	66.3	67.7	67.3	66.2	67.0	69.5	72.3
Hd	6.8	7.6	7.9	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	7.9	7.3	6.7	6.5
Kd (%)	27.2	27.0	29.9	31.2	33.9	33.7	32.3	32.7	33.8	33.0	30.5	27.7
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 24.6
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 16.9
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 10.4
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	114	109	103	97	93	91	91	95	101	107	112	115
Ht	27.5	30.1	26.8	25.8	23	22.7	23.8	24.2	23.5	23.2	23.7	26
R (%)	110	107	102	98	95	94	94	97	101	105	108	111
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)	25											

**CUADRO NO. 15
RADIACION GLOBAL: STA. LUCIA (STA. LUCIA)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:GRANJA STA LUCIA municipio:STA LUCIA div. politica:ATLANTICO

latitud: 10.3 longitud : 75 altitud (m) : 5 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.68	8.71	7.16	6.67	6.32	6.53	7.45	6.48	5.70	5.35	6.53	7.87
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

H0, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
H0	31.5	34.0	36.4	37.5	37.2	36.7	36.8	37.1	36.6	34.5	32.0	30.6
HG	24.9	26.6	25.9	25.7	24.8	24.7	26.1	25.1	23.8	22.2	22.3	23.2
Kt (%)	79.0	78.3	71.2	68.5	66.7	67.3	70.9	67.6	65.1	64.3	69.8	75.8
Hb	18.1	19.2	18.1	17.5	16.6	16.5	17.9	17.0	15.9	14.9	15.6	16.7
Kb (%)	72.7	72.2	69.7	68.1	66.9	67.0	68.6	67.6	66.9	67.1	69.9	72.0
Hd	6.8	7.4	7.8	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	7.9	7.3	6.7	6.5
Kd (%)	27.3	27.8	30.3	31.9	33.1	33.0	31.4	32.4	33.1	32.9	30.1	28.0
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 24.6
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

11. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 11.3
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	115	110	103	97	92	90	91	94	100	107	113	116
Ht	27.6	28.5	26.4	25.2	23.6	23	24.5	24.1	23.8	23.3	24.3	26
R (%)	111	107	102	98	95	93	94	96	100	105	109	112
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										25		

CUADRO NO. 16
RADIACION GLOBAL: MALAMBITO (SUAN)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: MALAMBITO municipio: SUAN div. politica: ATLANTICO
latitud: 10.3 longitud : 74.9 altitud (m) : 8 pais : COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.32	7.96	6.87	6.97	5.68	6.07	6.10	6.42	5.57	5.48	6.23	7.55
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m ²	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.5	34.0	36.4	37.5	37.2	36.7	36.8	37.1	36.6	34.5	32.0	30.6
HG	24.4	25.6	25.5	26.2	23.9	24.1	24.2	25.1	23.6	22.4	21.9	22.7
Kt(x)	77.4	75.3	70.1	69.9	64.2	65.7	65.8	67.6	64.5	64.9	68.5	74.2
Hb	17.6	18.3	17.7	18.0	15.7	16.0	16.1	17.0	15.7	15.1	15.2	16.3
Kb(x)	72.3	71.5	69.3	68.7	65.7	66.2	66.4	67.6	66.6	67.4	69.4	71.6
Hd	6.8	7.3	7.8	8.2	8.2	8.1	8.1	8.1	7.9	7.3	6.7	6.4
Kd(x)	27.7	28.5	30.7	31.3	34.3	33.8	33.6	32.4	33.4	32.6	30.6	28.4
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

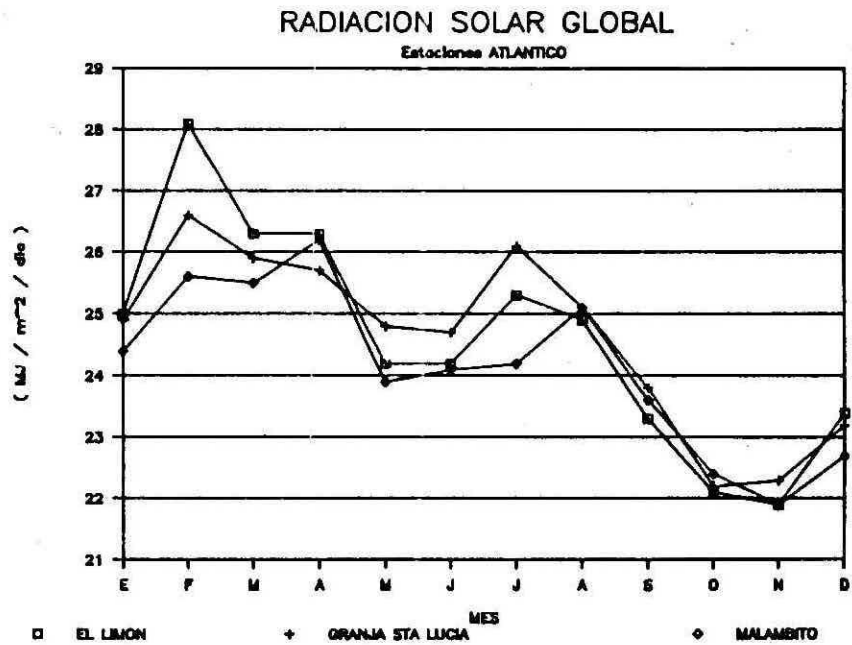
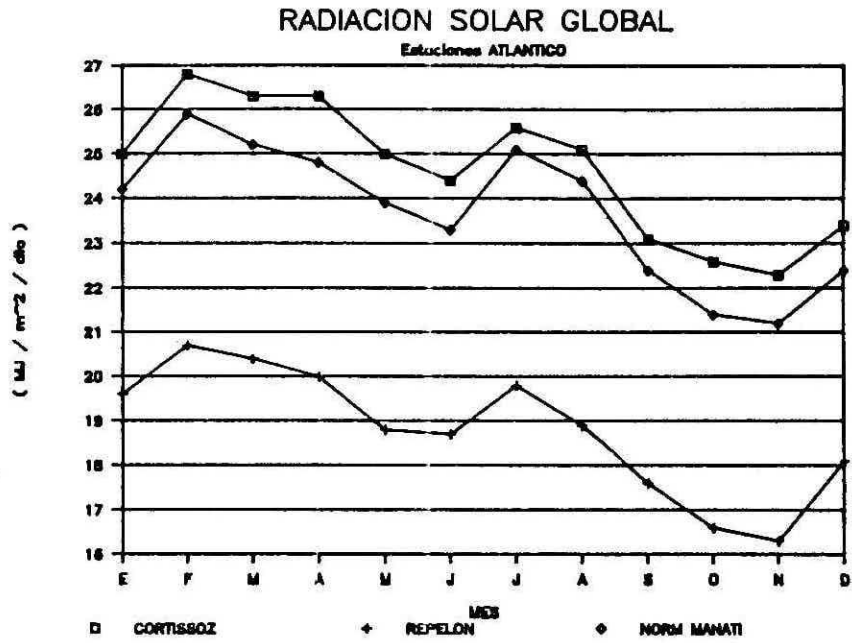
RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 24.1
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 16.6
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 10.3
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m ²	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(x)	114	109	103	97	92	91	92	95	101	107	112	115
Ht	26.8	27.1	26	25.7	22.7	22.7	23	24.3	23.8	23.5	23.7	25.2
R(x)	110	106	102	98	95	94	95	97	101	105	108	111
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)											24.5	

FIGURA NO. 29
RADIACION SOLAR GLOBAL: ESTACIONES DEL ATLANTICO



DEPARTAMENTO DE BOLIVAR

CUADRO NO. 17
RADIACION GLOBAL: GALERAZAMBA (CATALINA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: GALERAZAMBA municipio: STA CATALINA div. politica: BOLIVAR
latitud: 10.8 longitud : 75.3 altitud (m) : 20 pais : COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.45	8.46	7.29	6.80	6.71	6.27	7.16	6.68	5.83	5.94	6.70	8.13
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.3	33.8	36.3	37.5	37.3	36.8	36.9	37.2	36.5	34.4	31.7	30.4
HG	24.4	26.2	26.1	25.9	25.5	24.4	25.8	25.5	24	22.9	22.4	23.3
Kt(%)	78.0	77.5	71.9	69.0	68.3	66.2	69.9	68.6	65.7	66.6	70.6	76.7
Hb	17.7	18.9	18.3	17.7	17.2	16.2	17.6	17.3	16.1	15.6	15.7	16.8
Kb(%)	72.5	72.1	70.0	68.3	67.6	66.4	68.1	68.0	67.2	68.2	70.3	72.3
Hd	6.7	7.3	7.8	8.2	8.3	8.2	8.2	8.2	7.9	7.3	6.7	6.5
Kd(%)	27.5	27.9	30.0	31.7	32.4	33.6	31.9	32.0	32.8	31.8	29.7	27.7
DD(h)	11.4	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.6	12.3	12.1	11.7	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 24.7
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17.1
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 11.8
Coefficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	116	110	103	97	92	89	90	94	101	108	114	117
Ht	27.3	28	26.6	25.4	24.2	22.7	24	24.5	24.2	24	24.6	26.1
R(%)	112	107	102	98	95	93	93	96	101	105	110	112
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										25.1		

CUADRO NO. 18
RADIACION GLOBAL: APTO CRESPO (CARTAGENA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: APTO CRESPO municipio: CARTAGENA div. politica: BOLIVAR
latitud: 10.5 longitud : 75.5 altitud (m) : 2 pais : COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	9.19	8.93	7.81	7.17	6.74	6.80	7.23	6.84	5.80	5.61	6.80	8.81
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

H0, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
H0	31.4	33.9	36.4	37.5	37.2	36.7	36.8	37.2	36.6	34.5	31.9	30.5
HG	25.5	26.9	26.9	26.5	25.5	25.1	25.8	25.7	24	22.5	22.6	24.3
Kt (%)	81.1	79.3	74.0	70.7	68.5	68.3	70.0	69.2	65.7	65.3	70.9	79.6
Hb	18.6	19.5	19.0	18.3	17.3	16.9	17.6	17.6	16.1	15.2	15.9	17.7
Kb (%)	73.1	72.5	70.6	69.0	67.7	67.4	68.2	68.3	67.2	67.6	70.3	72.9
Hd	6.9	7.4	7.9	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	7.9	7.3	6.7	6.6
Kd (%)	26.9	27.5	29.4	31.0	32.3	32.6	31.8	31.7	32.8	32.4	29.7	27.1
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 25.1
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17.5
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 12.5
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	116	110	103	96	91	89	90	94	100	108	115	118
Ht	28.6	28.8	27.4	25.7	24	23.3	24	24.7	24	23.6	25.1	27.5
R (%)	112	107	102	97	94	93	93	96	100	105	111	113
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										25.6		

**CUADRO NO. 19
RADIACION GLOBAL: SAN PABLO (MARIA LA BAJA)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:SAN PABLO municipio:MARIA LA BAJA div. politica:BOLIVAR
latitud: 10.1 longitud : 75.3 altitud (m) : 20 pais :COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.45	8.21	6.77	6.33	4.90	5.53	6.77	5.55	4.60	4.87	5.47	7.65
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .316 B= .461

H0, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
H0	31.6	34.1	36.4	37.5	37.2	36.6	36.7	37.1	36.6	34.6	32.1	30.7
HG	20.7	21.8	21	20.8	18.5	19	20.8	19.4	18	17.5	17.1	19.2
Kt(%)	65.5	64.0	57.6	55.5	49.8	51.9	56.6	52.3	49.2	50.6	53.4	62.5
Hb	14.1	14.6	13.3	12.7	10.5	11.0	12.7	11.4	10.3	10.3	10.5	12.8
Kb(%)	68.2	67.1	63.1	61.1	56.6	57.8	61.2	58.8	57.2	58.9	61.4	66.9
Hd	6.6	7.2	7.7	8.1	8.0	8.0	8.1	8.0	7.7	7.2	6.6	6.4
Kd(%)	31.8	32.9	36.9	38.9	43.4	42.2	38.8	41.2	42.8	41.1	38.6	33.1
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 19.5

RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 12

RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.5

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 10.1

Coefficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	113	109	103	97	93	91	92	95	100	107	112	115
Ht	22.6	23.1	21.4	20.4	17.8	18.1	19.8	18.8	18	18.2	18.3	21.1
R (%)	109	106	102	98	96	95	95	97	100	104	107	110
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)	19.8											

CUADRO NO. 20
RADIACION GLOBAL: NUEVA FLORIDA (MARIA LA BAJA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:NUEVA FLORIDA municipio:MARIA LA BAJA div. politica:BOLIVAR
 latitud: 10 longitud : 75.4 altitud (m) : 13 pais :COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.00	7.82	6.06	5.77	4.52	5.33	6.42	5.35	4.10	4.71	5.10	7.32
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .316 B= .461

H0, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
H0	31.7	34.1	36.4	37.5	37.1	36.6	36.7	37.1	36.6	34.6	32.1	30.8
HG	20.2	21.3	20	20	17.9	18.7	20.3	19.2	17.3	17.3	16.7	18.8
Kt (%)	63.8	62.5	54.9	53.4	48.2	51.1	55.3	51.8	47.3	50.0	52.0	61.1
Hb	13.6	14.1	12.3	11.9	9.9	10.7	12.2	11.2	9.7	10.1	10.1	12.4
Kb (%)	67.4	66.4	61.4	59.7	55.4	57.3	60.3	58.4	55.8	58.5	60.4	66.1
Hd	6.6	7.2	7.7	8.1	8.0	8.0	8.1	8.0	7.6	7.2	6.6	6.4
Kd (%)	32.6	33.6	38.6	40.3	44.6	42.7	39.7	41.6	44.2	41.5	39.6	33.9
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 19
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 11.5
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.5

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 12
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	115	110	103	96	91	89	90	94	100	108	114	117
Ht	22.2	22.8	20.4	19.4	17	17.6	19.1	18.4	17.3	18.2	18	20.9
R (%)	110	107	102	97	95	94	94	96	100	105	108	111
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										19.3		

CUADRO NO. 21
RADIACION GLOBAL: PRESA ARROYO GRANDE (MARIA LA BAJA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: PRESA ARROYO GRANDE municipio: MARIA LA BAJA div. politica:

latitud: 9.899999 longitud : 75.3 altitud (m) : 60 pais : COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.29	7.89	6.48	6.00	4.97	5.20	6.10	5.35	4.77	4.77	5.53	7.45
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .316 B= .461

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.7	34.1	36.5	37.5	37.1	36.6	36.7	37.1	36.6	34.6	32.1	30.8
HG	20.6	21.4	20.6	20.3	18.6	18.5	19.8	19.2	18.2	17.4	17.3	19
Kt (%)	65.0	62.7	56.5	54.2	50.1	50.6	54.0	51.8	49.7	50.2	53.8	61.7
Hb	14.0	14.2	12.9	12.2	10.6	10.5	11.8	11.2	10.5	10.2	10.7	12.6
Kb (%)	67.9	66.5	62.4	60.3	56.8	56.9	59.5	58.4	57.6	58.6	61.6	66.5
Hd	6.6	7.2	7.7	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0	7.7	7.2	6.6	6.4
Kd (%)	32.1	33.5	37.6	39.7	43.2	43.1	40.5	41.6	42.4	41.4	38.4	33.5
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 19.2
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 11.8
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.5

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 10.9
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	114	109	103	97	92	90	91	95	101	107	113	116
Ht	22.5	23.7	21	19.9	17.7	17.4	18.8	18.6	18.2	18.1	18.7	21.1
R (%)	109	106	102	98	95	94	95	97	100	104	108	111
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										19.6		

CUADRO NO. 22
RADIACION GLOBAL: ICA - EL CARMEN (CARMEN DEL BOLIVAR)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: ICA-EL CARMEN municipio: CARMEN DE BOLIVAR div. politica: BOLIVAR
 latitud: 9.7 longitud : 75.1 altitud (m) : 152 pais : COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE
 * * * * *

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.10	7.86	6.26	6.03	4.77	5.97	6.77	5.81	4.50	4.84	5.83	7.52
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL
 * * * * *

Coefficientes de Angstrom: A= .316 B= .461

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.8	34.2	36.5	37.5	37.1	36.5	36.6	37.1	36.6	34.7	32.2	30.9
HG	20.4	21.4	20.3	20.4	18.3	19.5	20.7	19.8	17.9	17.5	17.7	19.1
Kt(%)	64.2	62.6	55.6	54.5	49.4	53.4	56.5	53.4	48.9	50.4	54.9	61.8
Hb	13.8	14.2	12.5	12.3	10.3	11.5	12.7	11.8	10.2	10.3	11.0	12.7
Kb(%)	67.5	66.4	61.8	60.5	56.3	59.0	61.2	59.6	57.0	58.7	62.3	66.5
Hd	6.6	7.2	7.8	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0	7.7	7.2	6.7	6.4
Kd(%)	32.5	33.6	38.2	39.5	43.7	41.0	38.8	40.4	43.0	41.3	37.7	33.5
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.4	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 19.4
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 11.9
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.5

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA
 * * * * *

Inclinacion optima (grados) : 12.7
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	116	110	103	96	90	88	89	94	100	108	114	118
Ht	22.6	22.9	20.7	19.8	17.2	18.1	19.3	19	17.9	18.4	19.3	21.4
R (%)	111	107	102	97	94	93	93	96	100	105	109	112
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										19.7		

**CUADRO NO. 23
RADIACION GLOBAL: APTO BARACOA (MAGANGUE)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: APTO BARACOA municipio: MAGANGUE div. politica: BOLIVAR
 latitud: 9.3 longitud : 74.8 altitud (m) : 18 pais : COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE
 * * * * *

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.74	8.00	6.68	6.20	5.16	6.07	6.97	5.87	5.17	4.97	5.77	7.71
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL
 * * * * *

Coeficientes de Angstrom: A= .316 B= .461

H0, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
H0	32.0	34.3	36.6	37.4	37.0	36.4	36.5	37.0	36.6	34.8	32.4	31.1
HG	20	21.7	21	20.6	18.8	19.6	20.9	19.8	18.8	17.8	17.7	19.5
Kt(%)	62.5	63.2	57.5	55.0	50.8	53.9	57.2	53.5	51.3	51.1	54.6	62.7
Hb	13.3	14.5	13.2	12.5	10.8	11.6	12.9	11.8	11.0	10.5	11.0	13.0
Kb(%)	66.7	66.7	63.0	60.8	57.4	59.4	61.7	59.7	58.7	59.2	62.0	66.9
Hd	6.7	7.2	7.8	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0	7.8	7.3	6.7	6.5
Kd(%)	33.3	33.3	37.0	39.2	42.6	40.6	38.3	40.3	41.3	40.8	38.0	33.1
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.4	12.5	12.5	12.3	12.0	11.8	11.6	11.5

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 19.7
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 12.2
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.5

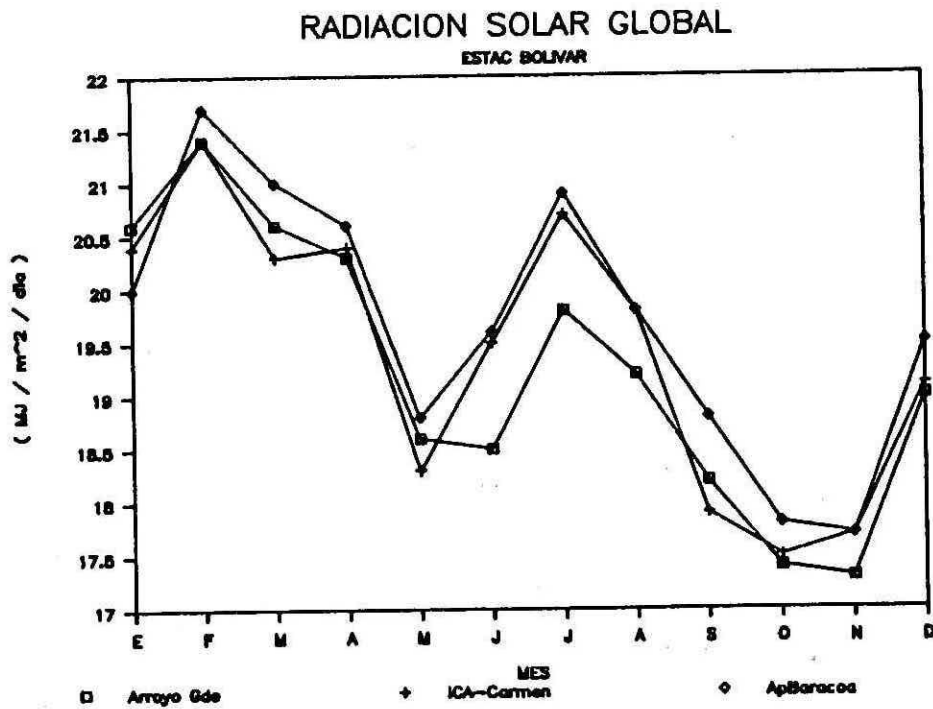
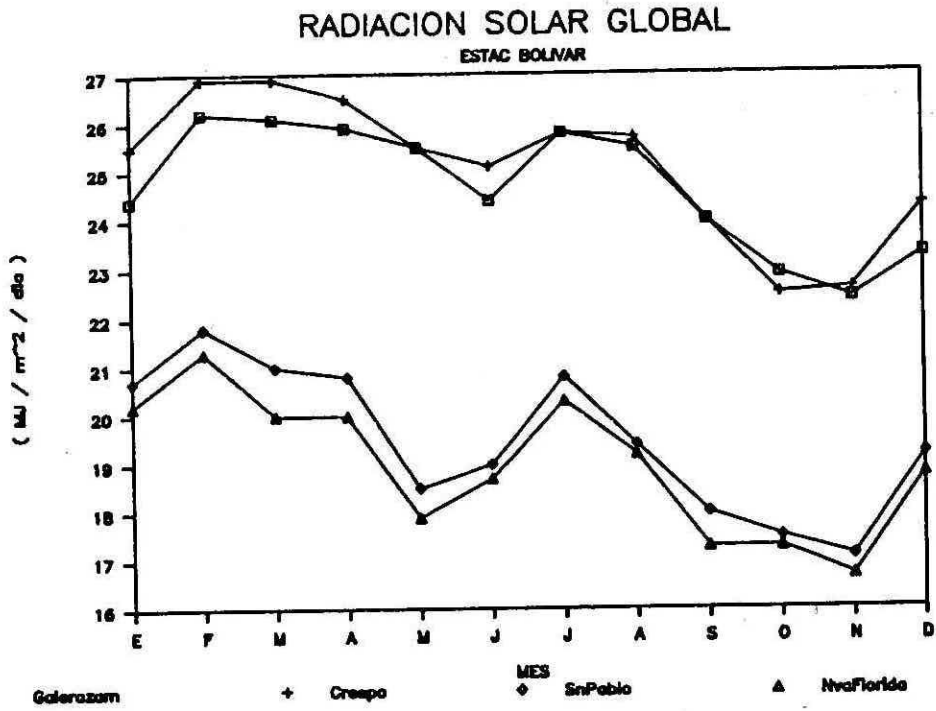
II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA
 * * * * *

Inclinacion optima (grados) : 14.5
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	117	111	103	94	89	86	87	92	100	108	115	119
Ht	22.2	23.2	21.4	19.8	17.5	17.8	19.2	18.8	18.8	18.7	19.3	22
R (%)	111	107	102	96	93	91	92	95	100	105	109	113
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										19.9		

FIGURA NO. 30
RADIACION SOLAR GLOBAL: ESTACIONES DE BOLIVAR



DEPARTAMENTO DEL CESAR

CUADRO NO. 24
RADIACION GLOBAL: EL CALLAO (VALLEDUPAR)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:EL CALLAO municipio:VALLEDUPAR div. politica:CESAR
latitud: 10.4 longitud : 73.2 altitud (m) : 20 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	9.71	9.57	8.10	7.23	6.35	6.57	7.23	6.77	6.07	6.13	7.60	8.81
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.5	33.9	36.4	37.5	37.2	36.7	36.8	37.2	36.6	34.5	31.9	30.6
HG	26.2	27.8	27.3	26.6	24.9	24.8	25.8	25.6	24.4	23.3	23.7	24.3
Kt(x)	83.2	81.9	75.0	70.9	66.9	67.5	70.1	68.9	66.7	67.5	74.2	79.5
Hb	19.2	20.3	19.4	18.4	18.7	16.6	17.6	17.4	16.5	16.0	16.9	17.7
Kb(x)	73.4	72.9	70.9	69.1	67.0	67.0	68.2	68.1	67.7	68.6	71.4	72.9
Hd	7.0	7.5	7.9	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	7.9	7.3	6.8	6.6
Kd(x)	26.6	27.1	29.1	30.9	33.0	33.0	31.8	31.9	32.3	31.4	28.6	27.1
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 25.4
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17.7
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.7

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 10.4
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(x)	114	109	103	97	93	91	91	95	101	107	112	115
Ht	28.8	29.7	27.8	26.1	23.7	23.3	24.3	24.8	24.6	24.5	25.8	27
R(x)	110	107	102	98	95	94	94	97	101	105	109	111
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										25.9		

CUADRO NO. 25
RADIACION GLOBAL: PUEBLO BELLO (PUEBLO BELLO)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:PUEBLO BELLO municipio:PUEBLO BELLO div. politica:CESAR
latitud: 10.4 longitud : 73.6 altitud (m) : 1000 pais :COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.55	8.32	6.81	6.33	5.35	6.23	7.10	6.29	5.63	5.68	6.53	8.10
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .29 B= .45

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.5	33.9	36.4	37.5	37.2	36.7	36.8	37.2	36.6	34.5	31.9	30.6
HG	19.7	20.7	19.9	19.6	18	18.8	20.1	19.3	18.3	17.5	17.4	18.6
Kt(%)	62.6	61.0	54.7	52.3	48.4	51.2	54.6	52.0	50.0	50.7	54.5	60.9
Hb	13.2	13.6	12.2	11.5	10.0	10.8	12.0	11.3	10.6	10.3	10.8	12.3
Kb(%)	66.8	65.6	61.3	58.9	55.5	57.3	59.8	58.5	57.8	59.0	62.1	66.1
Hd	6.5	7.1	7.7	8.1	8.0	8.0	8.1	8.0	7.7	7.2	6.6	6.3
Kd(%)	33.2	34.4	38.7	41.1	44.5	42.7	40.2	41.5	42.2	41.0	37.9	33.9
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 19
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 11.6
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.4

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 14.4
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	118	111	103	95	89	86	87	93	100	109	116	120
Ht	22.1	22.1	20.3	19	16.9	17.3	18.5	18.5	18.3	18.4	19.1	21
R (%)	112	107	102	97	94	92	92	96	100	105	110	113
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										19.3		

CUADRO NO. 26
RADIACION GLOBAL: LA LAGUNA (ROBLES DE LA PAZ)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:LA LAGUNA municipio:ROBLES LA PAZ div. politica:CESAR
latitud: 10.3 longitud : 73.1 altitud (m) : 1500 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	6.84	7.25	6.03	4.87	4.29	4.80	5.61	4.77	3.60	3.94	5.17	6.58
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .29 B= .45

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.5	34.0	36.4	37.5	37.2	36.7	36.8	37.1	36.6	34.5	32.0	30.6
HG	17.6	19.4	18.8	17.6	16.5	16.9	18.1	17.2	15.5	15.2	15.7	16.8
Kt(%)	55.8	57.1	51.7	46.9	44.4	46.1	49.2	46.3	42.4	44.0	49.1	54.9
Hb	11.1	12.3	11.1	9.7	8.6	9.0	10.1	9.3	8.0	8.2	9.2	10.5
Kb(%)	63.0	63.4	59.2	55.0	52.3	53.4	56.0	54.2	51.9	54.0	58.5	62.6
Hd	6.5	7.1	7.7	7.9	7.9	7.9	8.0	7.9	7.5	7.0	6.5	6.3
Kd(%)	37.0	36.6	40.8	45.0	47.7	46.6	44.0	45.8	48.1	46.0	41.5	37.4
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17.1

RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 9.8

RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.4

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 12.3

Coefficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	116	110	103	96	91	89	90	94	100	108	114	117
Ht	19.4	20.6	19.2	17.2	15.7	15.9	17	16.7	15.5	15.8	17	18.6
R (%)	110	106	102	98	95	94	94	97	100	104	108	111
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)												17.4

**CUADRO NO. 27
RADIACION GLOBAL: VILLA ROSA (VALLEDUPAR)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:VILLA ROSA municipio:VALLEDUPAR div. politica:CESAR
latitud: 10.2 longitud : 73.6 altitud (m) : 70 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.84	9.36	7.94	6.83	6.19	6.63	7.42	6.68	6.10	6.16	7.23	8.52
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.6	34.0	36.4	37.5	37.2	36.7	36.8	37.1	36.6	34.6	32.0	30.7
HG	25.1	27.6	27.1	26	24.6	24.8	26.1	25.4	24.4	23.4	23.3	24
Kt(%)	79.5	81.1	74.4	69.4	66.2	67.7	71.0	68.4	66.7	67.7	72.8	78.3
Hb	18.3	20.1	19.2	17.8	16.4	16.7	17.9	17.2	16.5	16.1	16.5	17.4
Kb(%)	72.8	72.8	70.8	68.5	66.7	67.2	68.6	67.9	67.7	68.6	71.0	72.6
Hd	6.8	7.5	7.9	8.2	8.2	8.1	8.2	8.2	7.9	7.3	6.8	6.6
Kd(%)	27.2	27.2	29.2	31.5	33.3	32.8	31.4	32.1	32.3	31.4	29.0	27.4
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 25.2
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17.5
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 11.2
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	114	109	103	97	92	90	91	95	100	107	113	116
Ht	27.6	29.5	27.6	25.5	23.4	23.1	24.5	24.6	24.4	24.6	25.4	26.9
R (%)	110	107	102	98	95	93	94	97	100	105	109	112
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)	25.6											

CUADRO NO. 28
RADIACION GLOBAL: GRANJA MOTILONIA (CODAZZI)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:GRANJA MOTILONIA municipio:CODAZZI div. politica:CESAR
latitud: 10 longitud : 75.5 altitud (m) : 180 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS (H)	8.87	8.79	7.48	6.67	6.00	6.07	7.10	6.29	5.53	5.84	7.13	8.32
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .3653 B= .3166

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.7	34.1	36.4	37.9	37.1	38.6	36.7	37.1	36.6	34.6	32.1	30.8
HG	19.3	20.6	20.5	20.2	19.2	19	20	19.6	18.7	18.1	18	18.3
Kt (%)	61.0	60.4	56.2	53.9	51.7	51.9	54.5	52.8	51.1	52.3	56.1	59.5
Hb	12.7	13.4	12.8	12.1	11.1	11.0	12.0	11.6	11.0	10.9	11.4	11.9
Kb (%)	66.0	65.2	62.2	60.1	58.0	57.9	59.8	59.1	58.6	60.1	63.1	65.3
Hd	6.6	7.2	7.7	8.1	8.1	8.0	8.0	8.0	7.7	7.2	6.6	6.4
Kd (%)	34.0	34.8	37.8	39.9	42.0	42.1	40.2	40.9	41.4	39.9	36.9	34.7
DD (h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 19.3
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 11.8
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.5

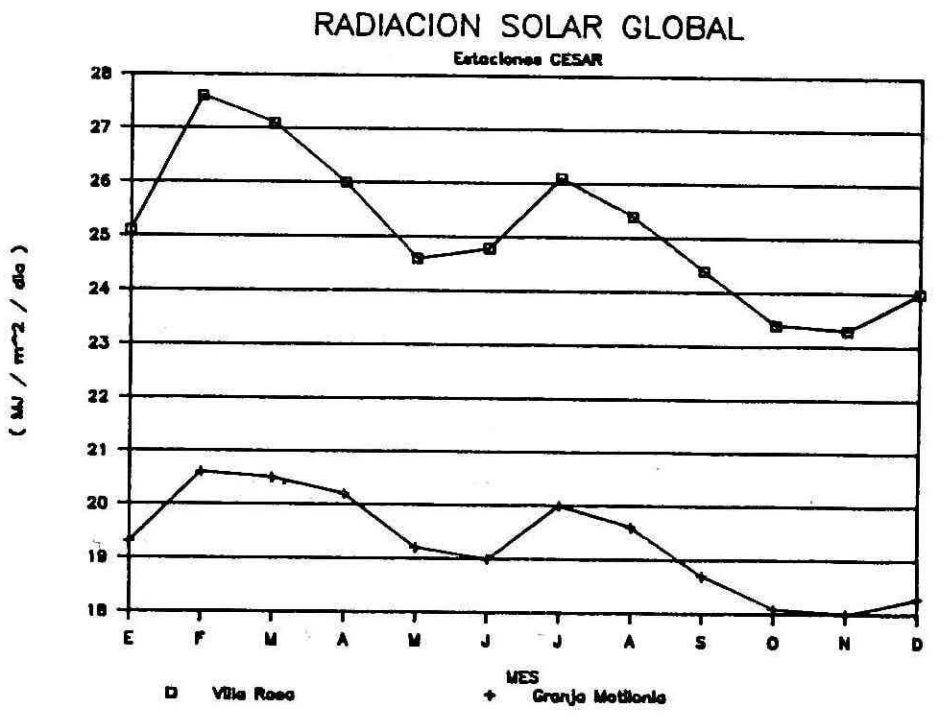
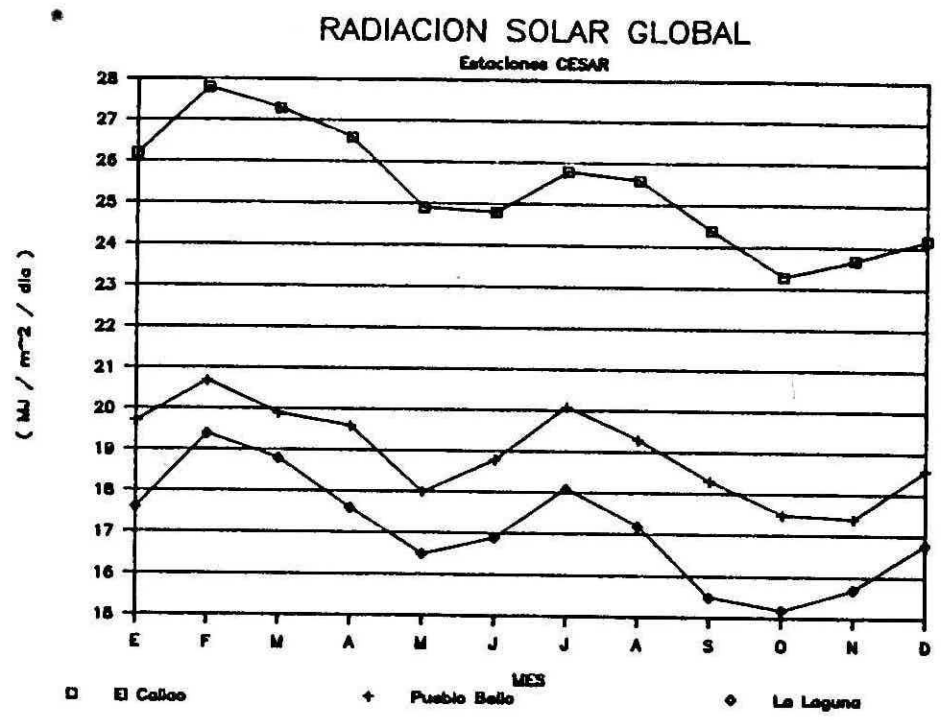
II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 14.5
Coeficiente de reflectancia del piso : 0.26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	118	111	103	95	89	86	87	92	100	109	116	120
Ht	21.6	22	20.9	19.6	17.9	17.5	18.4	18.6	18.7	19	19.8	20.7
R (%)	112	107	102	97	93	92	92	95	100	105	110	113
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)	19.6											

FIGURA NO. 31
RADIACION SOLAR GLOBAL: ESTACIONES DEL CESAR



DEPARTAMENTO DE CORDOBA

CUADRO NO. 29
RADIACION GLOBAL: LA DOCTRINA (LORICA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:LA DOCTRINA municipio:LORICA div. politica:CORDOBA
latitud: 9.3 longitud : 75.9 altitud (m) : 20 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.81	7.86	6.39	5.80	4.58	5.40	6.23	5.35	4.73	4.84	5.40	6.68
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .316 B= .461

H0, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
H0	32.0	34.3	36.6	37.4	37.0	36.4	36.5	37.0	36.6	34.8	32.4	31.1
HG	20.1	21.5	20.6	20	18	18.7	19.9	19.1	18.2	17.6	17.2	18.2
Kt(%)	62.8	62.6	56.4	53.4	48.7	51.4	54.5	51.6	49.7	50.6	53.1	58.5
Hb	13.4	14.3	12.8	12.0	10.0	10.8	11.9	11.1	10.5	10.4	10.5	11.8
Kb(%)	66.8	66.4	62.3	59.8	55.8	57.6	59.9	58.3	57.6	58.9	61.1	64.6
Hd	6.7	7.2	7.8	8.0	8.0	7.9	8.0	8.0	7.7	7.2	6.7	6.4
Kd(%)	33.2	33.6	37.7	40.2	44.2	42.4	40.1	41.7	42.4	41.1	38.9	35.4
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.4	12.5	12.5	12.3	12.0	11.8	11.6	11.5

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 19.1
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 11.6
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.5

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 13.3
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	116	110	103	95	90	87	88	93	100	108	114	118
Ht	22.3	23	21	19.4	16.9	17.2	18.5	18.3	18.2	18.5	18.6	20.4
R (%)	111	107	102	97	94	92	93	96	100	105	108	112
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										19.4		

**CUADRO NO. 31
RADIACION GLOBAL: AYAPEL (AYAPEL)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:AYAPEL municipio:AYAPEL div. politica:CORDOBA
latitud: 8.3 longitud : 75.1 altitud (m) : 22 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	6.26	6.32	5.16	4.73	4.48	4.93	6.19	5.55	5.07	4.84	4.83	5.61
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .27 B= .35

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	32.4	34.7	36.7	37.4	36.7	36.1	36.2	36.9	36.7	35.1	32.8	31.6
HG	14.9	15.9	15.5	15.2	14.6	14.7	16.1	15.8	15.3	14.5	13.6	13.9
Kt (%)	45.9	45.9	42.2	40.7	39.7	40.7	44.4	42.8	41.7	41.3	41.4	44.0
Hb	8.3	8.8	8.1	7.6	7.1	7.2	8.4	8.2	7.8	7.5	7.1	7.6
Kb (%)	56.0	55.5	52.0	50.0	48.6	49.2	52.4	51.6	51.3	51.7	52.3	54.7
Hd	6.6	7.1	7.4	7.6	7.5	7.5	7.7	7.6	7.5	7.0	6.5	6.3
Kd (%)	44.0	44.5	48.0	50.0	51.4	50.8	47.6	48.4	48.7	48.3	47.7	45.3
DD(h)	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12.0	11.8	11.6	11.5

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 15
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.8
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.2

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 10
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(x)	112	108	102	97	92	90	91	95	100	106	111	114
Ht	15.9	16.5	15.7	14.9	14	14	15.3	15.3	15.3	14.9	14.4	15
R (%)	107	104	101	98	96	95	95	97	100	103	106	108
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										15.1		

BIBLIOTECA AGRICOLA DE COLOMBIA

**CUADRO NO. 32
RADIACION GLOBAL: JARAGUAY (VALENCIA)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:JARAGUAY municipio:VALENCIA div. politica:CORDOBA
latitud: 8.3 longitud : 76.1 altitud (m) : 70 pais :COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS (H)	5.26	5.18	3.74	3.63	4.23	4.30	5.39	5.00	4.27	4.90	5.17	5.39
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coeficientes de Angstrom: A= .27 B= .35

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	32.4	34.7	36.7	37.4	36.7	36.1	36.2	36.9	36.7	35.1	32.8	31.6
HG	13.9	14.7	13.9	14	14.3	14.1	15.3	15.2	14.5	14.6	14	13.7
Kt (%)	42.9	42.4	37.9	37.5	38.9	39.1	42.2	41.2	39.5	41.6	42.7	43.4
Hb	7.5	7.8	6.7	6.6	6.8	6.7	7.7	7.6	7.2	7.6	7.5	7.4
Kb (%)	53.6	52.8	48.4	47.3	47.9	47.8	50.6	50.2	49.5	51.9	53.4	54.2
Hd	6.4	6.9	7.2	7.4	7.5	7.4	7.6	7.6	7.3	7.0	6.5	6.3
Kd (%)	46.4	47.2	51.6	52.7	52.1	52.2	49.4	49.8	50.5	48.1	46.6	45.8
DD (h)	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12.0	11.8	11.6	11.5

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 14.4
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.3
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.1

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 7.3
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	109	106	102	98	94	93	94	96	100	105	108	110
Ht	14.6	15.1	14	13.9	13.9	13.7	14.8	14.9	14.5	15	14.6	14.4
R (%)	105	103	101	99	97	97	97	98	100	103	104	105
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)	14.5											

CUADRO NO. 33
RADIACION GLOBAL: PUERTO NUEVO (TIERRALTA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:PUERTO NUEVO municipio:TIERRALTA div. politica:CORDOBA
 latitud: 8 longitud : 76.3 altitud (m) : 145 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE
 * * * * *

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS (H)	5.00	5.00	3.52	3.27	4.13	4.30	5.19	4.74	4.23	4.71	5.07	4.87
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL
 * * * * *

Coefficientes de Angstrom: A= .27 B= .35

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	32.6	34.7	36.7	37.3	36.7	36.0	36.2	36.8	36.7	35.2	32.9	31.7
HG	13.7	14.6	13.7	13.6	14.2	14.1	15.1	14.9	14.4	14.4	13.9	13.3
Kt (%)	42.1	42.0	37.3	36.4	38.7	39.2	41.8	40.5	39.2	41.0	42.2	41.9
Hb	7.3	7.7	6.5	6.3	6.8	6.8	7.6	7.4	7.1	7.4	7.4	7.0
Kb (%)	53.0	52.4	47.8	46.3	47.8	47.9	50.3	49.7	49.2	51.4	52.9	52.9
Hd	6.4	6.9	7.2	7.3	7.4	7.3	7.5	7.5	7.3	7.0	6.5	6.3
Kd (%)	47.0	47.6	52.2	53.7	52.2	52.1	49.7	50.3	50.8	48.6	47.1	47.1
DD (h)	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12.0	11.8	11.6	11.5

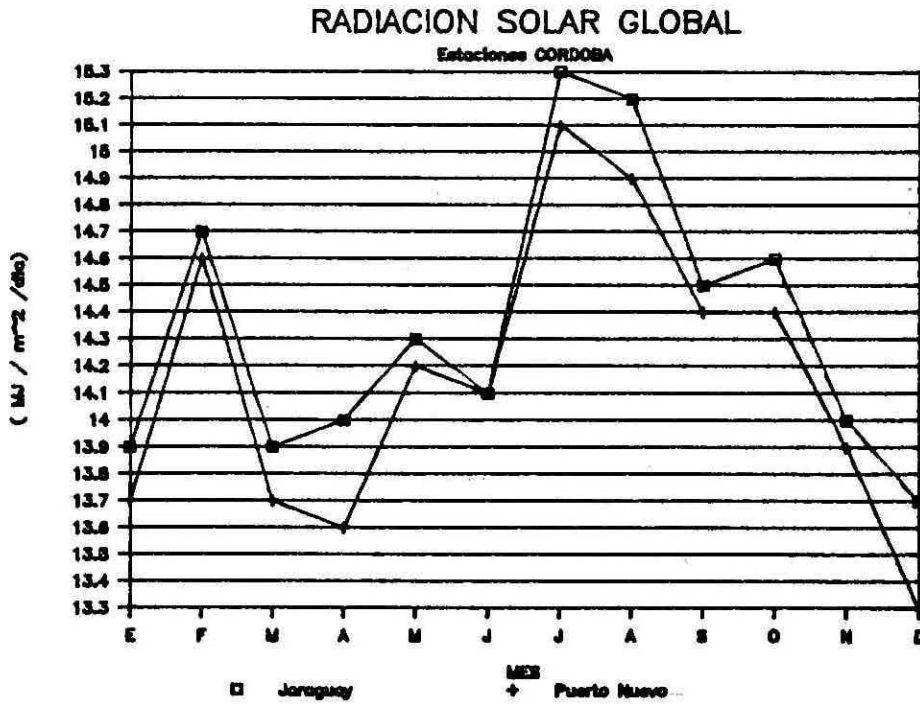
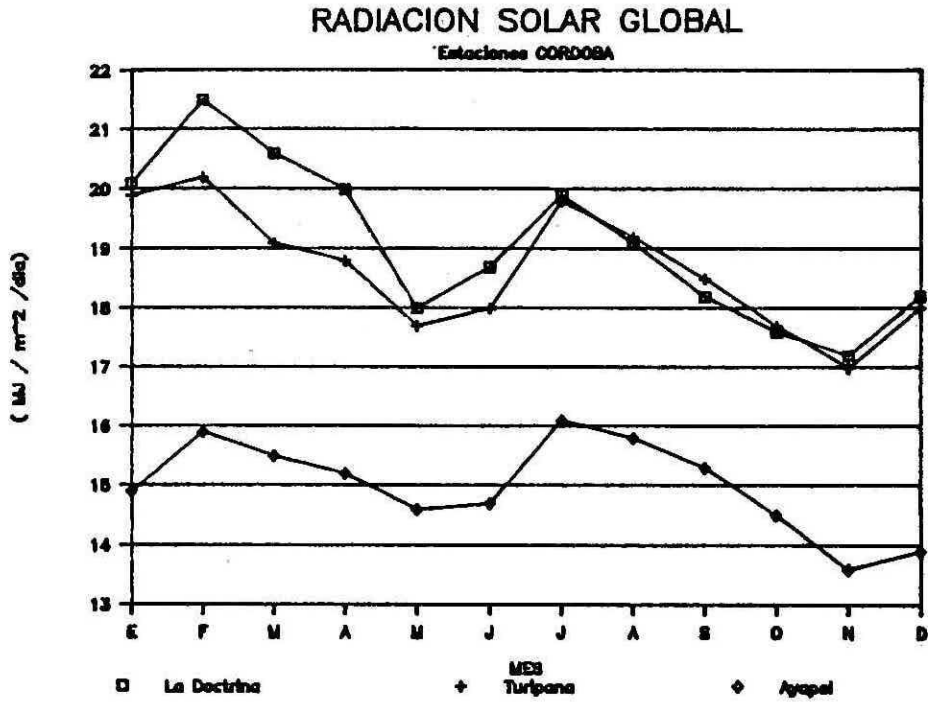
RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 14.2
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.1
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.1

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA
 * * * * *

Inclinacion optima (grados) : 7
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	109	106	102	98	95	93	94	97	100	104	108	110
Ht	14.4	15	13.8	13.5	13.9	13.7	14.6	14.6	14.4	14.7	14.5	14
R (%)	105	103	101	99	98	97	97	98	100	102	104	105
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										14.3		

FIGURA NO. 32
RADIACION SOLAR GLOBAL: ESTACIONES DE CORDOBA



DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

CUADRO NO. 34
RADIACION GLOBAL: BAHIA HONDA (URIBIA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:BAHIA HONDA municipio:URIBIA div. politica:GUAJIRA
latitud: 12.3 longitud : 71.8 altitud (m) : 10 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.68	8.93	7.71	7.33	7.68	7.80	7.74	7.90	7.13	7.19	7.80	8.16
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	30.6	33.3	36.1	37.6	37.6	37.3	37.3	37.4	36.4	33.9	31.1	29.6
HG	24.2	26.5	26.5	26.7	27	26.8	26.8	27.3	25.8	24.4	23.4	22.9
Kt(%)	79.1	79.6	73.5	71.1	71.8	71.9	71.9	73.1	70.9	71.9	75.3	77.3
Hb	17.6	19.2	18.7	18.4	18.6	18.4	18.4	19.0	17.9	17.2	16.8	16.6
Kb(%)	72.9	72.6	70.5	69.1	68.8	68.7	68.8	69.6	69.4	70.4	71.9	72.6
Hd	6.6	7.3	7.8	8.3	8.4	8.4	8.4	8.3	7.9	7.2	6.6	6.3
Kd(%)	27.1	27.4	29.5	30.9	31.2	31.3	31.2	30.4	30.6	29.6	28.1	27.4
DD(h)	11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 25.7
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 18.1
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 13.3
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	118	112	104	96	91	88	90	94	101	109	116	120
Ht	27.3	28.9	27.3	25.9	25.4	24.7	24.9	26.2	26.1	25.9	26	26.3
R(%)	113	109	103	97	94	92	93	96	101	106	111	115
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										26.2		

ESTADISTICA AGRICOLA
PESENA 08/86 DE COLOMBIA

**CUADRO NO. 35
RADIACION GLOBAL: CABO DE LA VELA (URIBIA)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: CABO DE LA VELA municipio: URIBIA div. politica: GUAJIRA
latitud: 12.2 longitud : 72.2 altitud (m) : 5 pais : COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.45	8.11	7.45	6.23	7.10	7.33	7.77	7.06	6.80	6.61	6.60	7.32
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	30.6	33.3	36.1	37.6	37.6	37.2	37.3	37.3	36.4	34.0	31.1	29.7
HG	22.7	25.3	26.2	25.1	26.2	26.1	26.8	26.1	25.3	23.6	21.9	21.8
Kt(x)	74.1	76.0	72.6	66.8	69.7	70.1	71.9	69.9	69.5	69.5	70.4	73.5
Hb	16.3	18.2	18.4	16.9	17.8	17.7	18.4	17.9	17.4	16.4	15.4	15.6
Kb(x)	71.6	71.8	70.2	67.3	68.1	68.0	68.8	68.4	68.9	69.5	70.3	71.6
Hd	6.4	7.1	7.8	8.2	8.4	8.4	8.4	8.2	7.9	7.2	6.5	6.2
Kd(x)	28.4	28.2	29.8	32.7	31.9	32.0	31.2	31.6	31.1	30.5	29.7	28.4
DD(h)	11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 24.8
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17.2
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 14.2
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(x)	119	112	104	96	90	87	89	94	101	110	117	121
Ht	25.9	27.6	27	24.3	24.4	23.8	24.7	25.1	25.6	25.3	24.5	25.1
R(x)	114	109	103	97	93	91	92	96	101	107	112	115
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										25.3		

**CUADRO NO. 36
RADIACION GLOBAL: NAZARETH (URIBIA)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:NAZARETH municipio:URIBIA div. politica:GUAJIRA
latitud: 12.2 longitud : 71.3 altitud (m) : 85 pais :COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.16	7.21	6.77	5.67	5.32	6.77	7.55	7.65	6.90	6.23	6.37	6.55
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	30.6	33.3	36.1	37.6	37.6	37.2	37.3	37.3	36.4	34.0	31.1	29.7
HG	22.3	24.1	25.2	24.3	23.6	25.3	26.5	26.9	25.5	23.1	21.5	20.9
Kt(%)	72.8	72.4	69.9	64.7	62.8	67.9	71.1	72.0	70.1	68.0	69.1	70.5
Hb	15.9	17.0	17.4	16.1	15.3	17.0	18.2	18.6	17.6	15.9	15.0	14.8
Kb(%)	71.2	70.7	69.2	66.3	64.8	67.0	68.5	69.2	69.1	68.9	69.8	70.6
Hd	6.4	7.1	7.8	8.2	8.3	8.3	8.3	8.3	7.9	7.2	6.5	6.1
Kd(%)	28.8	29.3	30.8	33.7	35.2	33.0	31.5	30.8	30.9	31.1	30.2	29.4
DD(h)	11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 24.1

RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 16.6

RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.5

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 15.2

Coefficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	120	113	104	95	89	86	88	93	101	110	118	122
Ht	25.4	26.3	26	23.6	21.9	22.8	24.4	25.6	25.8	24.7	24.1	24
R (%)	114	109	103	97	93	90	92	95	101	107	112	115
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)											24.6	

**CUADRO NO. 37
RADIACION GLOBAL: MANAURE (URIBIA)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:MANAURE municipio:URIBIA div. politica:GUAJIRA
latitud: 11.8 longitud : 72.5 altitud (m) : 1 pais :COLOMBIA

O: INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.16	8.50	7.90	7.20	7.29	7.73	8.45	8.23	7.27	6.77	7.27	7.48
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HD, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HD	30.8	33.5	36.1	37.6	37.5	37.1	37.2	37.3	36.4	34.1	31.3	29.9
HG	23.7	26	26.9	26.5	26.4	26.6	27.8	27.8	26	23.9	22.8	22.2
Kt(%)	76.9	77.7	74.4	70.6	70.4	71.7	74.8	74.5	71.3	70.1	72.8	74.3
Hb	17.2	18.8	19.0	18.3	18.1	18.2	19.4	19.5	18.1	16.7	16.2	15.9
Kb(%)	72.4	72.2	70.8	68.9	68.4	68.6	69.8	70.1	69.6	69.7	71.1	71.8
Hd	6.5	7.2	7.9	8.2	8.3	8.4	8.4	8.3	7.9	7.2	6.6	6.3
Kd(%)	27.6	27.8	29.2	31.1	31.6	31.4	30.2	29.9	30.4	30.3	28.9	28.2
DD(h)	11.4	11.6	11.9	12.3	12.5	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 25.5
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 18
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 14
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	119	112	104	96	90	87	89	93	101	109	117	121
Ht	27	28.3	27.7	25.7	24.6	24.2	25.6	26.4	26.3	25.3	25.5	25.5
R (%)	114	109	103	97	93	91	92	95	101	106	112	115
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										26		

**CUADRO NO. 38
RADIACION GLOBAL: URIBIA (URIBIA)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:URIBIA municipio:URIBIA div. politica:GUAJIRA
latitud: 11.7 longitud : 72.3 altitud (m) : 18 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.84	9.07	8.39	7.57	8.06	8.93	9.03	8.32	7.30	6.81	7.73	8.32
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	30.9	33.5	36.2	37.6	37.5	37.1	37.1	37.3	36.4	34.1	31.3	29.9
HG	24.6	26.8	27.6	27.1	27.5	28.3	28.6	27.9	26.1	24	23.5	23.3
Kt(%)	79.7	80.0	76.3	72.2	73.3	76.3	77.0	74.8	71.6	70.3	75.0	77.9
Hb	17.9	19.5	19.7	18.8	19.1	19.8	20.1	19.6	18.2	16.8	16.8	16.9
Kb(%)	72.9	72.6	71.3	69.5	69.4	70.1	70.4	70.2	69.7	69.8	71.7	72.7
Hd	6.7	7.3	7.9	8.3	8.4	8.5	8.5	8.3	7.9	7.2	6.7	6.4
Kd(%)	27.1	27.4	28.7	30.5	30.6	29.9	29.6	29.8	30.3	30.2	28.3	27.3
DD(h)	11.4	11.6	11.9	12.3	12.5	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.5	11.3

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 26.3
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 18.6
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.7

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 14.7
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	119	112	104	95	89	87	88	93	101	110	117	121
Ht	28	29.2	28.4	26	25.3	25.8	26	26.5	26.4	25.7	26.3	26.8
R (%)	114	109	103	96	92	91	91	95	101	107	112	115
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)												26.7

CUADRO NO. 39
RADIACION GLOBAL: RANCHO GRANDE (URIBIA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: RANCHO GRANDE municipio: URIBIA div. politica: GUAJIRA
latitud: 11.7 longitud : 71.8 altitud (m) : 50 pais : COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS (H)	9.26	9.64	9.06	8.27	7.77	8.43	8.90	9.13	7.80	6.97	8.07	8.65
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	30.9	33.5	36.2	37.6	37.5	37.1	37.1	37.3	36.4	34.1	31.3	29.9
HG	25.2	27.6	28.6	28.1	27.1	27.6	28.4	29.1	26.8	24.2	23.9	23.7
Kt (x)	81.6	82.4	79.1	74.8	72.3	74.4	76.5	78.0	73.5	70.9	76.2	79.2
Hb	18.5	20.1	20.6	19.8	18.7	19.2	20.0	20.7	18.8	16.9	17.2	17.3
Kb (x)	73.3	73.0	72.0	70.4	69.1	69.6	70.3	71.1	70.3	70.0	72.1	73.0
Hd	6.7	7.5	8.0	8.3	8.4	8.4	8.4	8.4	8.0	7.3	6.7	6.4
Kd (x)	26.7	27.0	28.0	29.6	30.9	30.4	29.7	28.9	29.7	30.0	27.9	27.0
DD (h)	11.4	11.6	11.9	12.3	12.5	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.5	11.3

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 26.7
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 19
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.7

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 13.7
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (x)	118	112	104	96	90	88	89	94	101	109	116	120
Ht	28.5	30.1	29.5	27.3	25.2	25.4	26.1	27.9	27.1	25.7	26.8	27.3
R (x)	113	109	103	97	93	92	92	96	101	106	112	115
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										27.2		

CUADRO NO. 40
RADIACION GLOBAL: APTO ALMIRANTE PADILLA (RIOHACHA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: APTO ALMIR. PADILLA municipio: RIOHACHA

div. politica: GUAJIRA

latitud: 11.5 longitud : 72.9 altitud (m) : 4

pais : COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS (H)	8.26	8.50	7.52	6.73	6.52	7.83	8.29	7.84	6.80	6.77	7.27	7.84
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A = .422 B = .485

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HD	31.0	33.6	36.2	37.5	37.5	37.0	37.1	37.3	36.5	34.2	31.4	30.0
HG	23.9	26.1	26.3	25.8	25.3	26.7	27.5	27.2	25.4	24	22.9	22.7
Kt (%)	77.2	77.8	72.7	68.7	67.5	72.1	74.1	73.0	69.6	70.2	72.8	75.6
Hb	17.3	18.8	18.5	17.6	17.0	18.4	19.1	18.9	17.5	16.7	16.3	16.4
Kb (%)	72.4	72.2	70.2	68.2	67.2	68.8	69.6	69.6	68.9	69.7	71.1	72.1
Hd	6.6	7.3	7.8	8.2	8.3	8.3	8.4	8.3	7.9	7.3	6.6	6.3
Kd (%)	27.6	27.8	29.8	31.8	32.8	31.2	30.4	30.4	31.1	30.3	28.9	27.9
DD (h)	11.4	11.6	11.9	12.3	12.5	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.5	11.3

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 25.3
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17.7
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 13

Coefficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	117	111	104	96	91	88	89	94	101	109	115	119
Ht	26.8	28.2	27.1	25	23.8	24.6	25.3	26.1	25.7	25.4	25.4	25.9
R (%)	112	108	103	97	94	92	92	96	101	106	111	114
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)											25.8	

**CUADRO NO. 41
RADIACION GLOBAL: APTO MAICAO (MAICAO)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: APTO MAICAO municipio: MAICAO div. politica: GUAJIRA
latitud: 11.4 longitud : 72.3 altitud (m) : 53 pais : COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.94	8.50	7.81	6.60	6.16	7.40	7.94	7.42	6.43	6.29	7.00	7.35
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.0	33.6	36.2	37.5	37.4	37.0	37.1	37.3	36.5	34.2	31.5	30.1
HG	23.5	26.1	26.8	25.6	24.7	26.1	27	26.6	24.8	23.3	22.6	22.1
Kt(%)	75.8	77.7	74.0	68.2	66.0	70.5	72.8	71.4	68.0	68.1	71.8	73.5
Hb	16.9	18.8	18.9	17.4	16.4	17.8	18.7	18.4	16.9	16.1	16.0	15.8
Kb(%)	72.0	72.1	70.7	68.0	66.5	68.2	69.2	69.1	68.2	68.9	70.7	71.5
Hd	6.6	7.3	7.9	8.2	8.3	8.3	8.3	8.2	7.9	7.2	6.6	6.3
Kd(%)	28.0	27.9	29.3	32.0	33.5	31.8	30.8	30.9	31.8	31.1	29.3	28.5
DD(h)	11.4	11.6	11.9	12.3	12.5	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.5	11.3

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 24.9
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17.3
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 14.4
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	119	112	104	96	90	87	88	93	100	109	117	121
Ht	26.8	28.4	27.6	24.8	23	23.8	24.8	25.3	24.8	24.7	25.3	25.4
R(%)	114	109	103	97	93	91	92	95	100	106	112	115
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										25.4		

**CUADRO NO. 42
RADIACION GLOBAL: MATITAS (RIOHACHA)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:MATITAS municipio:RIOHACHA div. politica:GUAJIRA
latitud: 11.3 longitud : 73.1 altitud (m) : 20 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.87	7.61	6.06	5.23	5.77	7.80	8.29	7.45	6.27	6.35	7.23	7.61
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.1	33.6	36.2	37.5	37.4	37.0	37.0	37.3	36.5	34.2	31.5	30.1
HG	21.5	24.9	24.2	23.6	24.2	26.7	27.5	26.6	24.6	23.4	22.9	22.5
Kt(%)	75.7	74.0	66.8	62.9	64.7	72.2	74.2	71.4	67.4	68.3	72.6	74.7
Hb	16.9	17.7	16.4	15.4	15.9	18.4	19.2	18.4	16.7	16.1	16.3	16.2
Kb(%)	72.0	71.1	67.9	65.4	65.9	68.9	69.7	69.1	68.0	68.9	71.0	71.8
Hd	6.6	7.2	7.8	8.2	8.3	8.3	8.3	8.2	7.9	7.3	6.6	6.3
Kd(%)	28.0	28.9	32.1	34.6	34.1	31.1	30.3	30.9	32.0	31.1	29.0	28.2
DD(h)	11.4	11.6	11.9	12.3	12.5	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.5	11.3

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 24.5
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 14.3
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	119	112	104	96	90	87	88	93	100	109	117	121
Ht	26.8	26.9	24.9	22.9	22.5	24.3	25.3	25.3	24.6	24.8	25.6	25.9
R (%)	114	108	103	97	93	91	92	95	100	106	112	115
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										25		

CUADRO NO. 43
RADIACION GLOBAL: ESCUELA AGROPECUARIA CARRAIPIA (MAICAO)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:ESC.AGROP.CARRAIPIAMunicipio:MAICAO

div. politica:GUAJIRA

latitud: 11.2 longitud : 72.4 altitud (m) : 118

pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.26	7.50	6.81	5.73	5.48	7.13	7.90	7.23	6.20	5.74	6.63	7.19
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.1	33.7	36.3	37.5	37.4	37.0	37.0	37.2	36.5	34.3	31.6	30.2
HG	22.7	24.7	25.3	24.4	23.7	25.7	26.9	26.3	24.5	22.6	22.2	22
Kt(%)	73.0	73.4	69.8	65.0	63.4	69.6	72.7	70.6	67.1	65.9	70.3	72.9
Hb	16.2	17.5	17.5	16.2	15.5	17.5	18.6	18.1	16.6	15.3	15.6	15.7
Kb(%)	71.2	71.0	69.2	66.5	65.2	67.9	69.1	68.8	67.9	67.9	70.2	71.3
Hd	6.5	7.2	7.8	8.2	8.2	8.2	8.3	8.2	7.9	7.3	6.6	6.3
Kd(%)	28.8	29.0	30.8	33.5	34.8	32.1	30.9	31.2	32.1	32.1	29.8	28.7
DD(h)	11.4	11.6	11.9	12.3	12.5	12.6	12.6	12.4	12.1	11.7	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 24.3
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 16.7
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 14

Coefficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	118	112	104	96	90	87	88	93	100	109	116	120
Ht	25.7	26.7	26.1	23.7	22	23.4	24.7	25	24.5	24	24.6	25.1
R (%)	113	108	103	97	93	91	92	95	100	106	111	114
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)											24.6	

CUADRO NO. 44
RADIACION GLOBAL: LA PAULINA (FONSECA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:LA PAULINA municipio:FONSECA div. politica:GUAJIRA
latitud: 10.9 longitud : 72.8 altitud (m) : 179 pais :COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	9.48	9.64	8.65	7.53	6.90	7.70	8.48	7.39	6.43	6.71	7.80	8.77
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.2	33.8	36.3	37.5	37.3	36.9	36.9	37.2	36.5	34.4	31.7	30.3
HG	25.7	27.8	28.1	27	25.8	26.5	27.7	26.5	24.9	24	23.8	24.1
Kt(%)	82.3	82.3	77.4	72.0	69.1	71.9	75.0	71.2	68.2	69.8	75.1	79.5
Hb	18.8	20.3	20.1	18.8	17.5	18.2	19.4	18.3	17.0	16.7	17.1	17.6
Kb(%)	73.3	73.0	71.6	69.5	67.9	68.8	69.9	69.0	68.3	69.5	71.7	72.9
Hd	6.9	7.5	8.0	8.2	8.3	8.3	8.3	8.2	7.9	7.3	6.7	6.5
Kd(%)	26.7	27.0	28.4	30.5	32.1	31.2	30.1	31.0	31.7	30.5	28.3	27.1
DD(h)	11.4	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.6	12.3	12.1	11.7	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 26
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 18.3
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.7

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 13
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	117	111	103	96	90	88	89	94	100	108	115	119
Ht	28.8	30	28.7	26.2	24	24.4	25.5	25.4	24.9	25.4	26.4	27.5
R (%)	112	108	102	97	93	92	92	96	100	106	111	114
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										26.4		

**CUADRO NO. 45
RADIACION GLOBAL: LA DORADA (VILLANUEVA)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:LA DORADA municipio:VILLANUEVA div. politica:GUAJIRA
latitud: 10.5 longitud : 73.1 altitud (m) : 255 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.77	8.64	7.90	6.97	6.42	6.93	7.61	6.97	5.93	6.19	7.40	8.29
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.4	33.9	36.4	37.5	37.2	36.7	36.8	37.2	36.6	34.5	31.9	30.5
HG	24.9	26.5	27	26.2	25	25.3	26.4	25.9	24.2	23.4	23.4	23.6
Kt(x)	79.2	78.1	74.2	69.9	67.1	68.8	71.7	69.7	66.2	67.9	73.4	77.3
Hb	18.1	19.1	19.1	18.0	16.8	17.1	18.2	17.7	16.3	16.1	16.7	17.1
Kb(x)	72.8	72.2	70.7	68.7	67.1	67.6	68.9	68.5	67.4	68.7	71.2	72.4
Hd	6.8	7.4	7.9	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	7.9	7.3	6.7	6.5
Kd(x)	27.2	27.8	29.3	31.3	32.9	32.4	31.1	31.5	32.6	31.3	28.8	27.6
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 25.1
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17.5
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 12.5
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(x)	116	110	103	96	91	89	90	94	100	108	115	118
Ht	27.9	28.4	27.5	25.4	23.5	23.3	24.6	24.9	24.2	24.6	26	26.7
R(x)	112	107	102	97	94	92	93	96	100	105	111	113
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										25.6		

FIGURA NO. 33
RADIACION SOLAR GLOBAL: ESTACIONES DE LA GUAJIRA

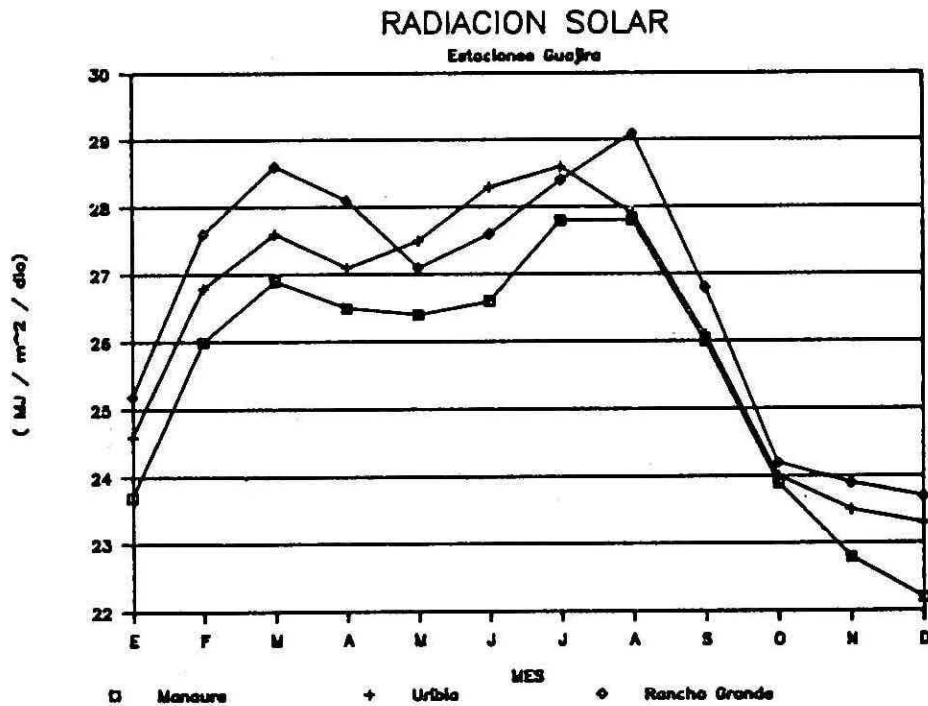
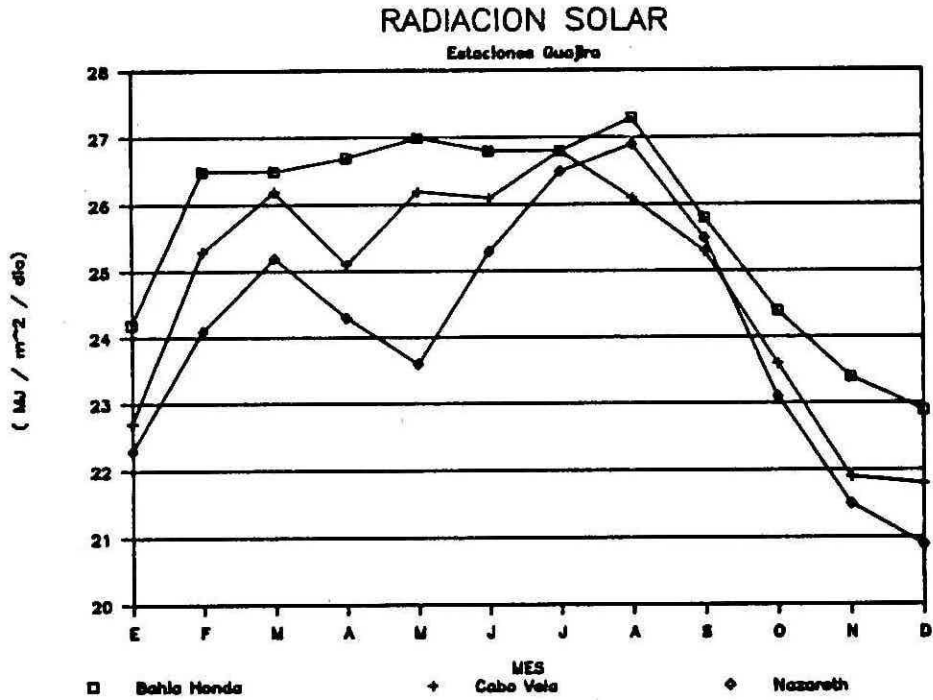
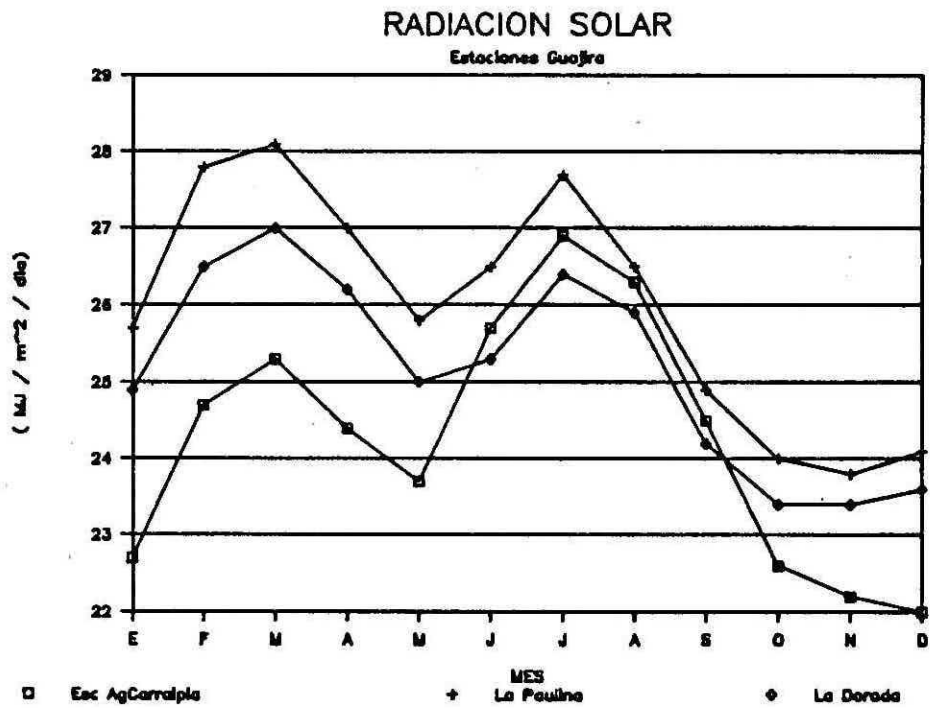
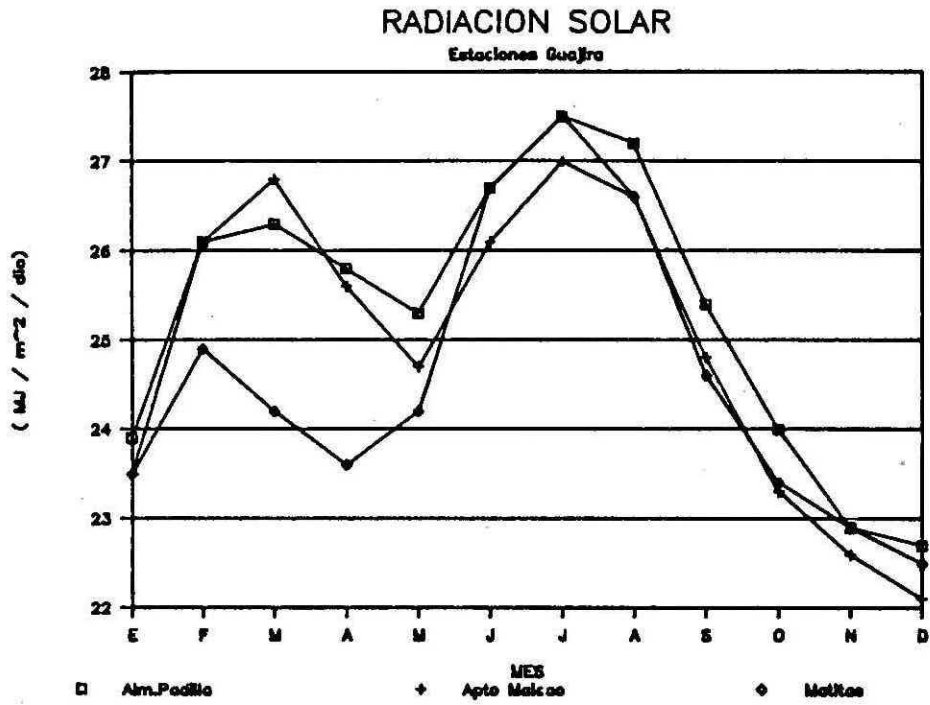


FIGURA NO. 33 (continuada)



DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

CUADRO NO. 46
RADIACION GLOBAL: SAN LORENZO (SANTA MARTA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:SAN LORENZO municipio:SANTA MARTA div. politica:MAGDALENA

latitud: 11.1 longitud : 74.1 altitud (m) : 2200 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	3.97	3.57	3.42	2.97	2.77	3.13	4.00	3.52	2.40	2.16	2.37	3.42
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .29 B= .45

H0, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
H0	31.2	33.7	36.3	37.5	37.4	36.9	37.0	37.2	36.5	34.3	31.6	30.2
HG	13.9	14.4	15.2	15	14.6	14.8	16	15.6	13.9	12.8	12.1	12.9
Kt(%)	44.6	42.7	41.9	40.0	39.1	40.1	43.2	41.9	38.1	37.3	38.3	42.7
Hb	7.7	7.7	7.9	7.4	7.0	7.1	8.2	7.9	6.7	6.2	6.1	7.0
Kb(%)	55.4	53.3	51.8	49.2	47.7	48.1	51.0	50.5	48.2	48.5	50.2	54.1
Hd	6.2	6.7	7.3	7.6	7.6	7.7	7.8	7.7	7.2	6.6	6.0	5.9
Kd(%)	44.6	46.7	48.2	50.8	52.3	51.9	49.0	49.5	51.8	51.5	49.8	45.9
DD(h)	11.4	11.6	11.9	12.3	12.5	12.6	12.6	12.4	12.1	11.7	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 14.3

RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.2

RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 14

Coefficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	118	112	104	95	90	87	88	93	100	109	116	120
Ht	15.3	15.3	15.5	14.6	13.9	13.8	15	15	13.9	13.3	13.1	14.3
R (%)	110	106	102	97	95	93	94	96	100	104	108	111
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)											14.4	

CUADRO NO. 48
RADIACION GLOBAL: SEVILLA (CIENAGA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:PRADO SEVILLA municipio:CIENAGA div. politica:MAGDALENA

latitud: 10.8 longitud : 74.2 altitud (m) : 18 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.48	8.32	6.42	6.87	6.19	6.07	6.84	6.06	5.30	5.55	6.83	7.94
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .4218 B= .4851

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.3	33.8	36.3	37.5	37.3	36.8	36.9	37.2	36.5	34.4	31.7	30.4
HG	24.5	26	24.8	26	24.7	24.1	25.3	24.6	23.2	22.4	22.5	23.1
Kt(%)	78.3	76.9	68.3	69.3	66.2	65.4	68.5	66.1	63.5	65.1	70.9	76.1
Hb	17.8	18.7	17.0	17.8	16.5	15.9	17.1	16.5	15.3	15.1	15.8	16.7
Kb(%)	72.6	71.9	68.6	68.5	66.6	66.0	67.6	66.9	66.1	67.5	70.4	72.2
Hd	6.7	7.3	7.8	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	7.9	7.3	6.7	6.4
Kd(%)	27.4	28.1	31.4	31.5	33.4	34.0	32.4	33.1	33.9	32.5	29.6	27.8
DD(h)	11.4	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.6	12.3	12.1	11.7	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 24.3
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 16.7
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 11.8
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	116	110	103	97	92	89	90	94	101	108	114	117
Ht	27.4	27.8	25.3	25.5	23.5	22.4	23.5	23.6	23.4	23.5	24.8	25.9
R (%)	112	107	102	98	95	93	93	96	101	105	110	112
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										24.7		

**CUADRO NO. 49
RADIACION GLOBAL: PATUCA (CIENAGA)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: PATUCA municipio: CIENAGA div. politica: MAGDALENA
latitud: 10.7 longitud : 74.2 altitud (m) : 20. pais : COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.84	8.54	7.26	6.93	9.52	6.30	6.87	6.19	5.67	5.87	6.83	8.35
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= 485

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.3	33.8	36.3	37.5	37.3	36.8	36.9	37.2	36.5	34.4	31.8	30.4
HG	25	26.3	26	26.1	29.5	24.4	25.4	24.7	23.8	22.9	22.6	23.7
Kt(%)	79.8	77.7	71.6	69.6	79.1	66.3	68.8	66.4	65.1	66.5	71.1	77.9
Hb	18.2	19.0	18.2	17.9	21.0	16.2	17.2	16.5	15.9	15.6	15.9	17.2
Kb(%)	72.9	72.1	69.9	68.6	71.1	66.5	67.7	67.0	66.9	68.2	70.4	72.6
Hd	6.8	7.3	7.8	8.2	8.5	8.2	8.2	8.2	7.9	7.3	6.7	6.5
Kd(%)	27.1	27.9	30.1	31.4	28.9	33.5	32.3	33.0	33.1	31.8	29.6	27.4
DD(h)	11.4	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.6	12.3	12.1	11.7	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 25
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 17.4
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 12
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	115	110	103	96	91	89	90	94	101	108	114	117
Ht	27.8	28.1	26.5	25.3	27.7	22.7	23.6	23.7	24	24	24.9	26.5
R (%)	111	107	102	97	94	93	93	96	101	105	110	112
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										25.4		

**CUADRO NO. 50
RADIACION GLOBAL: ZACAPA (ARACATACA)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:ZACAPA municipio:ARACATACA div. politica:MAGDALENA

latitud: 10.6 longitud : 74.3 altitud (m) : 30 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	8.23	8.14	6.74	6.17	6.32	6.37	6.97	6.26	5.30	5.32	6.53	7.74
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .422 B= .485

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.4	33.9	36.3	37.5	37.3	36.8	36.9	37.2	36.5	34.4	31.8	30.5
HG	24.2	25.8	25.3	25	24.9	24.5	25.5	24.8	23.2	22.1	22.2	22.9
Kt (%)	77.1	76.2	69.6	66.7	66.8	66.6	69.2	66.7	63.5	64.2	69.7	75.2
Hb	17.5	18.5	17.5	16.8	16.7	16.3	17.3	16.7	15.3	14.8	15.5	16.5
Kb (%)	72.3	71.7	69.1	67.3	66.9	66.6	67.9	67.2	66.1	67.1	69.9	71.9
Hd	6.7	7.3	7.8	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	7.9	7.3	6.7	6.4
Kd (%)	27.7	28.3	30.9	32.7	33.1	33.4	32.1	32.8	33.9	32.9	30.1	28.1
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.6	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 24.2
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 16.6
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 11.6
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	115	110	103	97	92	89	91	95	101	108	114	117
Ht	26.9	27.6	25.8	24.5	23.7	22.8	24	24.1	23.4	23.2	24.4	25.6
R (%)	111	107	102	98	95	93	94	97	101	105	110	112
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										24.7		

**CUADRO NO. 51
RADIACION GLOBAL: ALGARROBO (FUNDACION)**

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:ALGARRUBO municipio:FUNDACION div. politica:MAGDALENA

latitud: 10.2 longitud : 74.1 altitud (m) : 60 pais :COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	9.10	8.82	7.71	7.00	6.29	6.47	7.16	6.52	5.97	5.84	6.60	8.26
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .3162 B= .4614

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	31.6	34.0	36.4	37.5	37.2	36.7	36.8	37.1	36.6	34.6	32.0	30.7
HG	21.5	22.6	22.4	21.8	20.4	20.3	21.3	20.8	19.9	18.8	18.6	19.9
Kt(%)	68.1	66.4	61.5	58.2	54.9	55.4	57.9	56.0	54.4	54.4	58.1	64.9
Hb	14.9	15.4	14.6	13.7	12.3	12.2	13.2	12.8	12.1	11.6	12.0	13.5
Kb(%)	69.3	68.2	65.3	62.8	60.2	60.3	62.0	61.3	60.8	61.5	64.3	68.0
Hd	6.6	7.2	7.8	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	7.8	7.2	6.8	6.4
Kd(%)	30.7	31.8	34.7	37.2	39.8	39.7	38.0	38.7	39.2	38.5	35.7	32.0
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 20.7
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 13.2
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.5

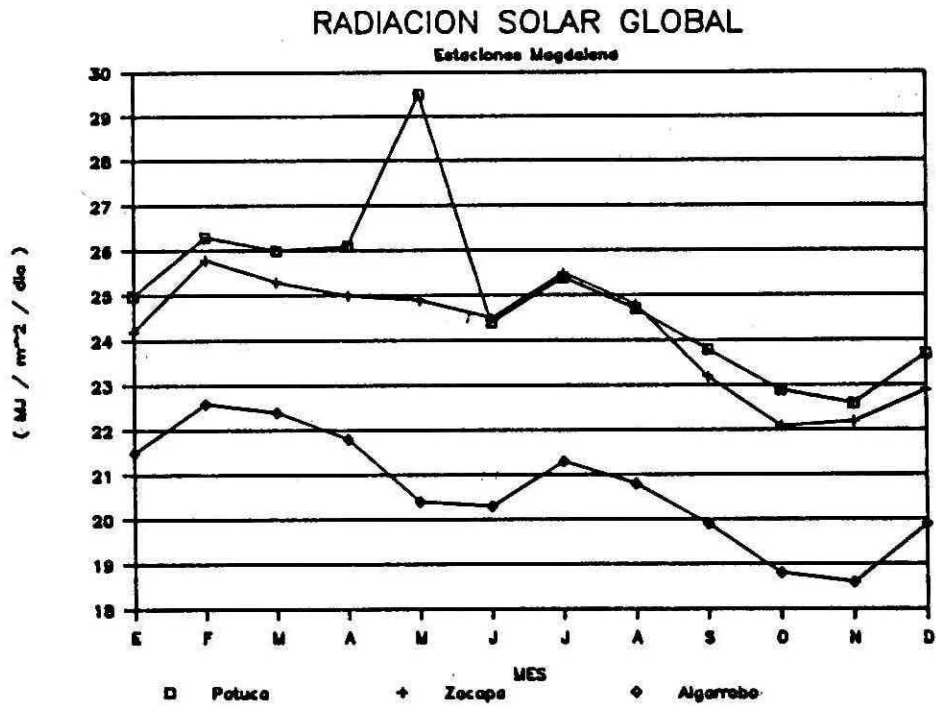
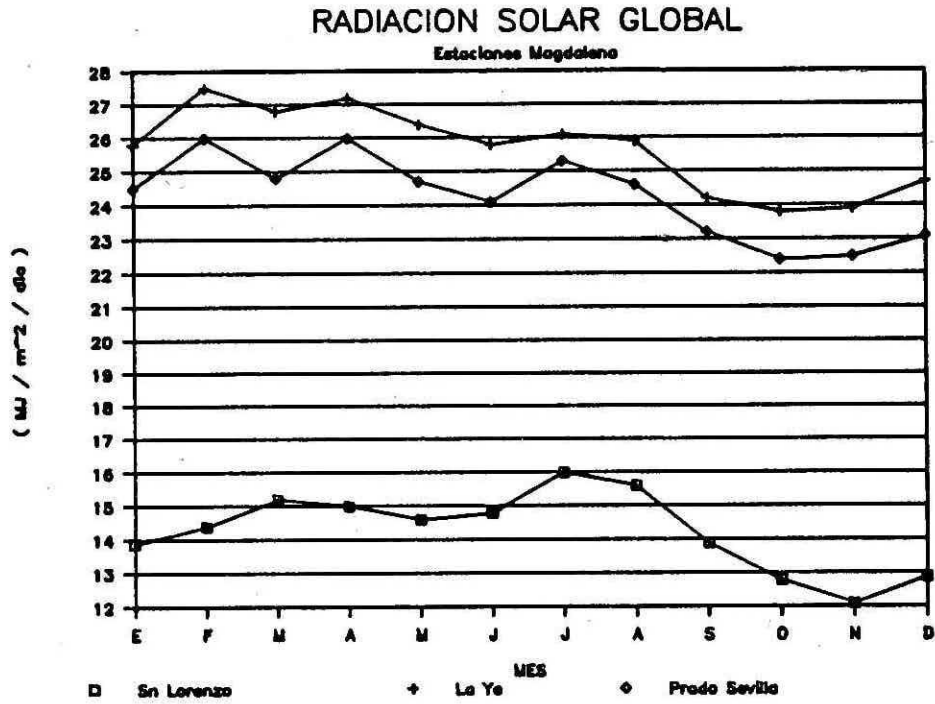
II: SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 10.2
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	113	109	103	97	93	91	92	95	101	107	112	115
Ht	23.4	24	22.8	21.4	19.6	19.1	20.2	20.2	20.1	19.6	20.1	21.9
R (%)	109	106	102	98	96	94	95	97	101	104	108	110
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										21		

FIGURA NO. 34
RADIACION SOLAR GLOBAL: ESTACIONES DEL MAGDALENA



OTRAS ESTACIONES

CUADRO NO. 52
RADIACION GLOBAL: CENTRO ADMINISTRATIVO (ABREGO, NORTE SANTANDER)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:CENTRO ADMINIST. municipio:ABREGO div. politica:
NORTE SANTANDER
latitud: 8.100001
longitud : 73.2 altitud (m) : 1430 pais :COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.45	6.93	5.87	4.80	4.81	5.83	6.90	6.26	5.33	5.19	5.83	6.97
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .37 B= .41

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	32.5	34.7	36.7	37.3	36.7	36.0	36.2	36.8	36.7	35.1	32.9	31.7
HG	20.6	21.2	21	19.9	19.4	20.2	21.6	21.3	20.3	19.3	18.9	19.6
Kt(%)	63.3	61.1	57.2	53.3	52.9	56.1	59.7	57.8	55.3	54.9	57.5	61.9
Hb	13.8	13.9	13.2	11.9	11.4	12.3	13.7	13.3	12.5	11.9	12.0	13.0
Kb(%)	66.9	65.5	62.8	59.8	59.0	61.0	63.3	62.5	61.4	61.7	63.7	66.3
Hd	6.8	7.3	7.8	8.0	8.0	7.9	7.9	8.0	7.8	7.4	6.9	6.6
Kd(%)	33.1	34.5	37.2	40.2	41.0	39.0	36.7	37.5	38.6	38.3	36.3	33.7
DD(h)	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12.0	11.8	11.6	11.5

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 20.3
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 12.7
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.5

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 11
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	113	108	102	96	91	89	90	94	100	106	112	115
Ht	22.5	22.3	21.2	19.3	18.4	18.8	20.3	20.4	20.3	20.1	20.4	21.6
R (%)	109	105	101	97	95	93	94	96	100	104	108	110
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)	20.5											

CUADRO NO. 53
RADIACION GLOBAL: VILLA LEYVA (SABANA DE TORRES, SANTANDER)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:VILLA LEYVA municipio:SABAN DE TORRES div. politica:SANTANDER

latitud: 7.4 longitud : 73.5 altitud (m) : 328 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.68	6.29	4.97	5.23	5.52	6.07	6.97	6.71	6.07	5.61	5.63	6.71
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .47 B= .39

H0, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
H0	32.8	34.9	36.8	37.3	36.5	35.8	36.0	36.7	36.8	35.3	33.2	32.0
HG	23.9	23.7	23.3	23.8	23.5	23.6	24.8	25.1	24.5	23.1	21.9	22.3
Kt(%)	72.8	67.8	63.3	63.8	64.4	65.9	68.9	68.3	66.7	65.4	66.0	69.6
Hb	16.9	16.3	15.4	15.7	15.5	15.7	16.9	17.1	16.6	15.6	14.9	15.5
Kb(%)	70.8	68.7	66.2	66.1	66.1	66.6	68.0	68.0	67.7	67.5	68.1	69.7
Hd	7.0	7.4	7.9	8.1	8.0	7.9	7.9	8.0	7.9	7.5	7.0	6.8
Kd(%)	29.2	31.3	33.8	33.9	33.9	33.4	32.0	32.0	32.3	32.5	31.9	30.3
DD(h)	11.6	11.8	12.0	12.2	12.3	12.4	12.4	12.2	12.0	11.8	11.7	11.6

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 23.6
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 16
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 9
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	111	107	102	97	93	91	92	95	100	105	110	112
Ht	25.8	24.9	23.5	23.3	22.3	22.2	23.6	24.3	24.5	23.8	23.4	24.1
R (%)	108	105	101	98	95	94	95	97	100	103	107	108
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)											23.8	

COPIA DE LA ORIGINAL
 DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

CUADRO NO. 54
RADIACION GLOBAL: APTO YARIGUIES (BARRANCABERMEJA, SANTANDER)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:APTO YARIGUIES municipio:BARRANCABERMEJA div. politica:SANTANDER

latitud: 7 longitud : 73.8 altitud (m) : 126 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.58	6.25	4.87	5.30	5.74	6.13	7.32	6.71	6.13	5.77	5.73	6.48
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .33 B= .36

H0, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
H0	33.0	35.1	36.9	37.3	36.4	35.7	35.9	36.7	36.8	35.4	33.3	32.2
HG	18.6	18.3	17.6	18.1	18.1	18.1	19.5	19.4	18.9	17.9	16.9	17.1
Kt(%)	56.3	52.2	47.7	48.6	49.7	50.8	54.4	52.9	51.4	50.5	50.7	53.1
Hb	11.7	11.0	9.9	10.2	10.3	10.4	11.7	11.5	11.1	10.5	10.0	10.4
Kb(%)	63.0	60.0	56.3	56.5	56.9	57.5	60.1	59.4	58.8	58.7	59.2	61.0
Hd	6.9	7.3	7.7	7.9	7.8	7.7	7.8	7.9	7.8	7.4	6.9	6.7
Kd(%)	37.0	40.0	43.7	43.5	43.1	42.5	39.9	40.6	41.2	41.3	40.8	39.0
DD(h)	11.6	11.8	12.0	12.2	12.3	12.4	12.4	12.2	12.0	11.8	11.7	11.6

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 18.2
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 10.7
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.5

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 8
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	110	106	102	97	94	92	93	96	100	105	109	111
Ht	19.7	19	17.8	17.7	17.6	17.2	18.7	19	18.9	18.4	17.7	18.3
R (%)	106	104	101	98	97	95	96	98	100	103	105	107
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										18.3		

CUADRO NO. 55
RADIACION GLOBAL: EL BOQUETE (SEGOVIA, ANTIOQUIA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:EL BOQUETE municipio:SEGOVIA div. politica:ANTIOQUIA

latitud: 7.1 longitud : 74.7 altitud (m) : 450 pais :COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	6.16	5.93	4.55	4.70	5.00	5.23	6.48	6.13	5.47	5.03	5.37	5.77
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .29 B= .41

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	33.0	35.0	36.8	37.3	36.4	35.7	35.9	36.7	36.8	35.4	33.3	32.2
HG	16.7	17.4	16.4	16.7	16.6	16.5	18.1	18.2	17.5	16.4	15.9	15.9
Kt(x)	50.7	49.7	44.5	44.8	45.6	46.2	50.4	49.6	47.6	46.3	47.7	49.4
Hb	9.9	10.1	8.8	8.9	8.9	8.9	10.4	10.4	9.8	9.1	9.1	9.3
Kb(x)	59.3	58.2	53.8	53.5	53.7	54.0	57.3	57.0	56.1	55.6	57.1	58.5
Hd	6.8	7.3	7.6	7.8	7.7	7.6	7.7	7.8	7.7	7.3	6.8	6.6
Kd(x)	40.7	41.8	46.2	46.5	46.3	46.0	42.7	43.0	43.9	44.4	42.9	41.5
DD(h)	11.6	11.8	12.0	12.2	12.3	12.4	12.4	12.2	12.0	11.8	11.7	11.6

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 16.9
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 9.5
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.4

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 9.100001
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(x)	111	107	102	97	93	91	92	95	100	105	110	112
Ht	17.7	18.1	16.6	16.4	15.9	15.7	17.2	17.7	17.5	16.9	16.9	17
R (%)	106	104	101	98	96	95	95	97	100	103	106	107
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)	17											

CUADRO NO. 56
RADIACION GLOBAL: APTO OTU (REMEDIOS, ANTIOQUIA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:APTO OTU municipio:REMEDIOS div. politica:ANTIOQUIA

latitud: 7 longitud : 74.7 altitud (m) : 630 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	6.29	5.89	4.39	4.40	4.74	5.40	6.97	6.32	5.20	4.55	5.13	5.65
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .29 B= .41

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	33.0	35.1	36.9	37.3	36.4	35.7	35.9	36.7	36.8	35.4	33.3	32.2
HG	16.9	17.4	16.2	16.3	16.3	16.7	18.7	18.4	17.2	15.9	15.7	15.8
Kt(x)	51.2	49.6	43.9	43.8	44.8	46.8	52.1	50.2	46.8	44.9	47.1	49.1
Hb	10.1	10.1	8.6	8.6	8.7	9.1	10.9	10.6	9.5	8.7	8.9	9.2
Kb(x)	59.6	58.2	53.3	52.7	53.1	54.4	58.5	57.5	55.4	54.5	56.6	58.3
Hd	6.8	7.3	7.6	7.7	7.6	7.6	7.8	7.8	7.7	7.2	6.8	6.6
Kd(x)	40.4	41.8	46.7	47.3	46.9	45.6	41.5	42.5	44.6	45.5	43.4	41.7
DD(h)	11.6	11.8	12.0	12.2	12.3	12.4	12.4	12.2	12.0	11.8	11.7	11.6

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 16.8
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 9.399999
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.4

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 8
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(x)	110	106	102	97	94	92	93	96	100	105	109	111
Ht	17.9	17.9	16.4	16	15.8	16	18	18	17.2	16.4	16.5	16.7
R (x)	106	103	101	98	97	96	96	98	100	103	105	106
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										16.9		

CUADRO NO. 57
RADIACION GLOBAL: SANTA MARGARITA (EL BAGRE, ANTIOQUIA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:SANTA MARGARITA municipio:EL BAGRE div. politica:ANTIOQUIA

latitud: 7.7 longitud : 74.8 altitud (m) : 179 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE
 * * * * *

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.00	6.82	5.52	4.80	5.19	5.47	6.48	6.00	5.60	5.61	5.80	6.39
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL
 * * * * *

Coefficientes de Angstrom: A= .27 B= .35

HD, HG, Hb, Hd en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HD	32.7	34.8	36.8	37.3	36.6	35.9	36.1	36.8	36.7	35.2	33.1	31.9
HG	15.7	16.5	15.9	15.2	15.3	15.2	16.3	16.2	15.9	15.4	14.7	14.8
Kt(%)	48.0	47.4	43.2	40.7	41.8	42.4	45.2	44.0	43.3	43.7	44.5	46.4
Hb	9.0	9.3	8.4	7.6	7.7	7.7	8.7	8.5	8.4	8.3	8.0	8.3
Kb(%)	57.5	56.6	52.8	50.1	50.5	50.7	53.2	52.6	52.6	53.6	54.7	56.4
Hd	6.7	7.2	7.5	7.6	7.6	7.5	7.6	7.7	7.5	7.1	6.7	6.5
Kd(%)	42.5	43.4	47.2	49.9	49.5	49.3	46.8	47.4	47.4	46.4	45.3	43.6
DD(h)	11.6	11.8	12.0	12.2	12.4	12.4	12.4	12.2	12.0	11.8	11.6	11.6

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 15.6
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 8.3
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.3

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA
 * * * * *

Inclinacion optima (grados) : 9.7
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m ²												
VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	112	107	102	97	92	90	91	95	100	105	111	113
Ht	16.8	17.2	16.1	14.9	14.7	14.4	15.5	15.7	15.9	15.9	15.6	15.8
R (%)	107	104	101	98	96	95	95	97	100	103	106	107
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										15.7		

CUADRO NO. 58
RADIACION GLOBAL: NECHI (CAUCASIA, ANTIOQUIA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:NECHI municipio:CAUCASIA div. politica:ANTIOQUIA

latitud: 8.100001
 longitud : 74.8 altitud (m) : 200 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.16	7.18	5.61	5.73	5.58	5.93	6.97	6.81	5.73	5.55	5.67	6.39
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .47 B= .39

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	32.5	34.7	36.7	37.3	36.7	36.0	36.2	36.8	36.7	35.1	32.9	31.7
HG	23.1	24.6	24	24.4	23.7	23.6	24.9	25.3	24.1	23	21.7	21.7
Kt(%)	71.0	70.9	65.4	65.3	64.6	65.5	68.8	68.7	65.6	65.5	66.0	68.5
Hb	16.2	17.2	16.2	16.3	15.7	15.6	16.9	17.3	16.2	15.5	14.8	15.1
Kb(%)	70.2	69.9	67.3	66.8	66.1	66.3	67.9	68.2	67.2	67.6	68.2	69.4
Hd	6.9	7.4	7.8	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9	7.5	6.9	6.6
Kd(%)	29.8	30.1	32.7	33.2	33.9	33.7	32.1	31.8	32.8	32.4	31.8	30.6
DD(h)	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12.0	11.8	11.6	11.5

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 23.7
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 16.1
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 9
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	111	107	102	97	93	91	92	95	100	105	110	112
Ht	24.9	25.8	24.2	23.9	22.5	22.2	23.7	24.5	24.1	23.7	23.2	23.4
R (%)	108	105	101	98	95	94	95	97	100	103	107	108
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										23.8		

CUADRO NO. 59
RADIACION GLOBAL: CACAOTERAS DEL DIQUE (CAUCASIA, ANTIOQUIA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: CACAOTERAS DEL DIQUE

municipio: CAUCASIA

div. politica: ANTIOQUIA

latitud: 8

longitud: 75.1

altitud (m): 55

pais: COLOMBIA

O. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	7.42	7.25	5.87	5.50	5.42	5.93	7.10	6.19	5.37	5.58	5.57	6.39
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .47 B= .39

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	32.6	34.7	36.7	37.3	36.7	36.0	36.2	36.8	36.7	35.2	32.9	31.7
HG	23.4	24.7	24.3	24.1	23.5	23.6	25.1	24.6	23.6	23	21.6	21.8
Kt(%)	71.8	71.1	66.2	64.5	64.1	65.6	69.4	66.8	64.3	65.4	65.6	68.7
Hb	16.5	17.3	16.4	16.0	15.5	15.7	17.1	16.6	15.7	15.5	14.7	15.1
Kb(%)	70.5	70.0	67.6	66.4	65.9	66.4	68.2	67.4	66.6	67.5	68.0	69.4
Hd	6.9	7.4	7.9	8.1	8.0	7.9	8.0	8.0	7.9	7.5	6.9	6.7
Kd(%)	29.5	30.0	32.4	33.6	34.1	33.6	31.8	32.6	33.4	32.5	32.0	30.6
DD(h)	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12.0	11.8	11.6	11.5

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 23.6

RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 16

RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 7

Coefficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	109	106	102	98	95	93	94	97	100	104	108	110
Ht	24.8	25.7	24.5	23.9	22.8	22.4	24.1	24.1	23.6	23.7	22.7	23.3
R (%)	106	104	101	99	97	95	96	98	100	103	105	107
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										23.8		

CUADRO NO. 60
RADIACION GLOBAL: TÁRAZA (CACERES, ANTIOQUIA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:TARAZA municipio:CACERES div. politica:ANTIOQUIA

latitud: 7.6 longitud : 75.4 altitud (m) : 95 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)	6.03	5.50	4.65	4.47	4.61	4.80	5.81	5.35	4.47	4.71	4.90	5.45
HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Coefficientes de Angstrom: A= .47 B= .39

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	32.7	34.9	36.8	37.3	36.6	35.9	36.1	36.8	36.7	35.3	33.1	31.9
HG	22	22.8	22.9	22.9	22.5	22.2	23.5	23.6	22.6	22.1	21	20.9
Kt(%)	67.2	65.4	62.3	61.4	61.5	61.9	65.2	64.2	61.5	62.7	63.4	65.5
Hb	15.1	15.4	15.0	14.8	14.5	14.3	15.6	15.6	14.7	14.6	14.0	14.2
Kb(%)	68.7	67.6	65.7	64.8	64.5	64.5	66.3	66.1	65.1	66.2	66.9	68.0
Hd	6.9	7.4	7.9	8.1	8.0	7.9	7.9	8.0	7.9	7.5	7.0	6.7
Kd(%)	31.3	32.4	34.3	35.2	35.5	35.5	33.7	33.9	34.9	33.8	33.1	32.0
DD(h)	11.6	11.8	12.0	12.2	12.3	12.4	12.4	12.2	12.0	11.8	11.6	11.6

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 22.4
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 14.8
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.6

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 6.6
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(%)	108	105	102	98	95	94	94	97	100	104	107	109
Ht	23.1	23.5	23.1	22.7	21.8	21.3	22.6	23.1	22.6	22.8	22.1	22.2
R (%)	105	103	101	99	97	96	96	98	100	103	105	106
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)										22.6		

CUADRO NO. 61
RADIACION GLOBAL: UNIBAN (APARTADO, ANTIOQUIA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:UNIBAN municipio:APARTADO div. politica:ANTIOQUIA

latitud: 7.8 longitud : 76.6 altitud (m) : 23 pais :COLOMBIA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)												
HM	15.3	16.1	14.6	14.2	13.1	12.5	13.6	12.6	13.2	13.7	12.9	12.4

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

H0, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
H0	32.7	34.8	36.8	37.3	36.6	35.9	36.1	36.8	36.7	35.2	33.0	31.8
HG#HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Kt (%)	46.9	46.2	39.7	38.0	35.8	34.8	37.7	34.2	35.9	38.9	39.1	39.0
Hb	8.7	9.0	7.3	6.8	5.9	5.5	6.4	5.5	6.1	6.8	6.5	6.3
Kb (%)	56.7	55.7	49.9	47.7	45.2	44.0	46.8	44.0	46.3	49.6	50.3	50.5
Hd	6.6	7.1	7.3	7.4	7.2	7.0	7.2	7.1	7.1	6.9	6.4	6.1
Kd (%)	43.3	44.3	50.1	52.3	54.8	56.0	53.2	56.0	53.7	50.4	49.7	49.5
DD(h)	11.6	11.8	12.0	12.2	12.4	12.4	12.4	12.2	12.0	11.8	11.6	11.6

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 13.7

RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 6.7

RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 10.8

Coficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	113	108	102	96	91	89	90	94	100	106	112	114
Ht	16.4	16.7	14.7	13.9	12.6	11.9	12.9	12.2	13.2	14.1	13.7	13.3
R (%)	107	104	101	98	96	95	95	97	100	103	106	107
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)	13.8											

VENEZUELA

CUADRO NO. 62
RADIACION GLOBAL: LAS PIEDRAS (LAS PIEDRAS, VENEZUELA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion: LAS PIEDRAS municipio: LAS PIEDRAS div. politica: -
latitud: 11.7 longitud : 70.2 altitud (m) : 15 pais : VENEZUELA

0. INFORMACION DISPONIBLE

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)												
HM	18.1	21.1	21.6	21.5	18.9	21	21.9	22.4	21.9	20.3	18.2	16.8

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

HO, HG, Hb, Hd en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HO	30.9	33.5	36.2	37.6	37.5	37.1	37.1	37.3	36.4	34.1	31.3	29.9
HG=HM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Kt(x)	58.6	63.0	59.7	57.2	50.4	56.6	59.0	60.1	60.1	59.5	58.1	56.2
Hb	11.7	14.1	13.9	13.4	10.7	12.8	13.7	14.3	14.1	13.1	11.7	10.7
Kb(x)	64.8	66.7	64.3	62.1	56.8	60.8	62.5	63.7	64.3	64.7	64.4	63.6
Hd	6.4	7.0	7.7	8.1	8.2	8.2	8.2	8.1	7.8	7.2	6.5	6.1
Kd(x)	35.2	33.3	35.7	37.9	43.2	39.2	37.5	36.3	35.7	35.3	35.6	36.4
DD(h)	11.4	11.6	11.9	12.3	12.5	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.5	11.3

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 20.3
RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 12.9
RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.5

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA

Inclinacion optima (grados) : 13.7
Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb(x)	118	112	104	96	90	88	89	94	101	109	116	120
Ht	20.3	22.8	22	20.9	17.8	19.5	20.4	21.5	22.1	21.5	20	19
R(x)	112	108	102	97	94	93	93	96	101	106	110	113
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)	20.7											

CUADRO NO. 64
RADIACION GLOBAL: MARACAIBO (MARACAIBO, VENEZUELA)

*** ANALISIS DE LA RADIACION SOLAR ***

estacion:MARACAIBO municipio:MARACAIBO div. politica:-
 latitud: 10.6 longitud : 71.7 altitud (m) : 66 pais :VENEZUELA

0. INFORMACION DISPONIBLE
 * * * * *

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
BS(H)												
HM	18.8	20.1	20.2	18.8	17.6	18.3	20.2	20.4	19	17	17	17.2

I. SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL
 * * * * *

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
HD	31.4	33.9	36.3	37.5	37.3	36.8	36.9	37.2	36.5	34.4	31.8	30.5
HG (%)	59.9	59.3	55.6	50.1	47.2	49.8	54.8	54.9	52.0	49.3	53.4	56.5
Hb	12.3	13.0	12.5	10.8	9.6	10.3	12.1	12.3	11.2	9.9	10.4	10.9
Kb (%)	65.4	64.7	61.8	57.4	54.5	56.2	59.9	60.5	59.2	58.0	61.4	63.6
Hd	6.5	7.1	7.7	8.0	8.0	8.0	8.1	8.1	7.8	7.1	6.6	6.3
Kd (%)	34.6	35.3	38.2	42.6	45.5	43.8	40.1	39.5	40.8	42.0	38.6	38.4
DD(h)	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.5	12.6	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

RADIACION GLOBAL MEDIA ANUAL (MJ/m²) 18.7
 RADIACION DIRECTA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 11.3
 RADIACION DIFUSA MEDIA ANUAL (MJ/m²) 7.4

II. SOBRE SUPERFICIE CON INCLINACION OPTIMA
 * * * * *

Inclinacion optima (grados) : 14.6
 Coeficiente de reflectancia del piso : .26

Ht en MJ/m²

VAR.	ENE	FEB	MZO	ABL	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBR
Rb (%)	118	111	103	95	89	86	88	93	100	109	117	120
Ht	21.1	21.5	20.6	18.2	16.5	16.8	18.8	19.6	19	17.9	18.7	19.4
R (%)	112	107	102	97	94	92	93	96	100	105	110	113
RADIACION TOTAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE (MJ/m ²)	19											

5.6 Distribución Espacial de la Radiación Solar

Las Gráficas No. 35 a 73 muestran la distribución espacial de la radiación solar global diaria promedio mensual y anual, de la difusa y directa.

FIGURA NO. 35
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: ENERO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES :ENERO

LON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				22.6	23.6	21.6
11		24	20.6	23.9	22.5	
10	20.8	22.2	22.2	20.4		
9	19.4	20	19.9	21		
8 15.4	16.6	20.6	20.2	21		
7 17.6	18.4		18.6			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 36
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: FEBRERO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL
 EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
 (MJ / m² / dia)
 MES : FEBRERO

ALON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				24.5	26	23.8
11		25.6	21.7	25.6	24.5	
10	22	23.4	23.7	22		
9	20.3	21.2	21.1	22.4		
8 16.3	17.5	21.8	21	21.6		
7 18.4	19.1		18.8			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 37
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: MARZO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES : MARZO

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				24.9	26.7	24.6
11		25.2	21.5	25.7	25	
10	21.2	22.7	23.3	21.8		
9	19.3	20.5	20.8	22.3		
8 15.1	16.8	21.3	20.5	21.3		
7 17.5	18.3		18			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 38
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: ABRIL

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL
 EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
 (MJ / m² / dia)
 MES : MARZO

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				24.9	26.7	24.6
11		25.2	21.5	25.7	25	
10	21.2	22.7	23.3	21.8		
9	19.3	20.5	20.8	22.3		
8 15.1	16.8	21.3	20.5	21.3		
7 17.5	18.3		18			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 39
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: MAYO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES :MAYO

ALON LATN 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				24.5	26.1	22.7
11		24.1	20.9	24.4	23	
10	19.4	20.9	21.4	19.8		
9	17.8	18.8	19.3	20.7		
8	14.1	16.8	20.6	19.8	20.1	
7	16.3	17.7	18.1			
LATA 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 40
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: JUNIO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES : JUNIO

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				25.4	26.6	24.1
11		23.5	20.9	25.6	24.2	
10	19.6	21.3	21.7	20		
9	18.2	19.3	19.5	21.2		
8 13.9	16.7	20.7	20	20.6		
7 15.8	17.5		18.2			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 41
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: JULIO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES : JULIO

LONG LAT ^N 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				26.3	27.2	25.3
11		24.7	21.8	26.6	25.4	
10	20.8	22.4	22.7	21.2		
9	19.7	20.7	20.8	22.4		
8 15	17.9	22.1	21.3	22		
7 17	18.9		19.8			
LAT ^N 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 42
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: AGOSTO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES AGOSTO

LONG LATN 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				25.9	27.2	25.7
11		24.2	21.4	25.8	25.2	
10	20.2	21.8	22.3	20.6		
9	19.1	20.1	20.4	22		
8 14.3	17.7	21.8	21.2	21.7		
7 16.4	18.5		19.7			
LATN 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 43
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: SEPTIEMBRE
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES :SEPTIEMBRE

ALON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				24.2	25.6	24.3
11		22.4	19.8	24.1	23.5	
10	18.9	20.4	21.2	19.3		
9	18.2	19	19.5	20.9		
8 14.3	17	21	20.4	20.8		
7 16.4	18		18.9			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 44
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: OCTUBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES :OCTUBRE

LONG LATN 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				22.7	23.7	22.1
11		21.6	18.9	23	21.8	
10	18.3	19.5	20.2	18.6		
9	17.6	18.2	18.5	20		
8 14.5	16.8	20.2	19.4	19.8		
7 16.6	17.6		17.9			
LATN 77	76	75	74	73	72	71

REPRODUCCION AUTOMATICA
DEL INSTITUTO
DE INVESTIGACIONES
Y ESTADISTICAS
AGRICOLAS
DEL CENTRO
DE INVESTIGACIONES
AGRICOLAS
DEL CENTRO

FIGURA NO. 45
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: NOVIEMBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL
 EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
 (MJ / m² / dia)
 MES :NOVIEMBRE

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				21.6	22.7	20.8
11		21.4	18.7	22.6	21.3	
10	18	19.3	19.9	18.7		
9	17	17.8	18	19.5		
8 13.8	16.1	19.1	18.7	19.3		
7 15.7	16.9		17.1			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 46
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: DICIEMBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES :DICIEMBRE

LON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				21.4	22.4	20.2
11		22.5	19.4	22.6	21.2	
10	19.4	20.7	20.9	19.3		
9	17.8	18.8	18.8	20		
8 13.5	15.9	19.3	19.1	19.8		
7 15.3	16.7		17.3			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 47
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL: PROMEDIO ANUAL

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION GLOBAL
 EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
 (MJ / m² / dia)
 MES : PROMEDIO ANUAL

LONG LATN 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				24	25.3	23.3
11		23.7	20.6	24.6	23.5	
10	20	21.4	21.9	20.2		
9	18.6	19.6	19.8	21.2		
8 14.6	16.9	20.8	20.2	20.7		
7 16.7	18		18.4			
LATN 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 48
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: ENERO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA
 EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES :ENERO

LONG LATN 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				16.1	17.1	15.2
11		17.2	14	17.2	15.9	
10	14.2	15.5	15.5	13.7		
9	12.8	13.3	13.2	14.3		
8 8.89	10.1	13.8	13.4	14.2		
7 10.9	11.6		11.7			
LATN 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 49
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: FEBRERO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA
 EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES : FEBRERO

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				17.4	18.7	16.6
11		18.3	14.6	18.3	17.3	
10	14.8	16.2	16.4	14.8		
9	13.1	14	13.9	15.2		
8 9.3	10.4	14.5	13.7	14.3		
7 11.2	11.8		11.4			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 50
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: MARZO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA
 EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
 (MJ / m² / dia)
 MES : MARZO

LONG LATN 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				17.2	18.9	16.8
11		17.4	13.9	17.9	17.2	
10	13.5	15	15.5	14		
9	11.6	12.8	13.1	14.5		
8 7.8	9.39	13.6	12.7	13.5		
7 9.89	10.7		10.3			
LATA 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 51
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: ABRIL

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES : ABRIL

LONG LAT 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				16.2	17.9	15.7
11		16.9	13.7	16.8	15.9	
10	12.9	14.5	14.6	12.8		
9	11.1	12.2	12.3	13.6		
8 7.4	9.1	13.2	12.4	12.6		
7 9.5	10.5		10.4			
LAT 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 52
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: MAYO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES : MAYO

LONG LATN 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				16.2	17.7	14.4
11		15.9	12.9	16.2	14.8	
10	11.4	12.9	13.3	11.7		
9	9.89	10.9	11.3	12.6		
8	6.8	9.1	12.8	11.9	12.1	
7	8.89	10.1		10.4		
LATN 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 53
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: JUNIO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES : JUNIO

ALON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				17.1	18.2	15.8
11		15.3	12.9	17.3	16	
10	11.7	13.2	13.7	12		
9	10.4	11.4	11.6	13.1		
8 6.7	9.10	12.9	12.2	12.8		
7 8.5	10		10.5			
LATA 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 54
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: JULIO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA
 EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
 (MJ / m² / dia)
 MES : JULIO

LONG LATN 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				18	18.8	17
11		16.5	13.8	18.3	17.2	
10	12.8	14.4	14.6	13.2		
9	11.8	12.8	12.9	14.3		
8 7.6	10.2	14.2	13.4	14		
7 9.60	11.3		11.9			
LATN 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 55
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: AGOSTO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES : AGOSTO

ALON LATN 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				17.7	18.9	17.5
11		16	13.4	17.6	17	
10	12.2	13.7	14.2	12.6		
9	11.2	12.1	12.5	13.9		
8 6.9	10	13.9	13.3	13.7		
7 9	10.9		11.8			
LATN 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 56
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: SEPTIEMBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES :SEPTIEMBRE

LONG LATN 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				16.4	17.7	16.4
11		14.6	12.2	16.2	15.6	
10	11.2	12.6	13.4	11.6		
9	10.5	11.3	11.7	13.1		
8 7	9.5	13.2	12.6	13		
7 9.10	10.4		11.2			
LATN 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 57
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: OCTUBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES :OCTUBRE

LONG LATN 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				15.5	16.5	14.9
11		14.4	11.9	15.7	14.5	
10	11.1	12.2	12.9	11.5		
9	10.4	10.9	11.2	12.6		
8 7.5	9.7	12.9	12.1	12.4		
7 9.5	10.4		10.5			
LATN 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 58
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: NOVIEMBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES :NOVIEMBRE

ALON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				15.1	16.1	14.3
11		14.7	12.3	15.9	14.7	
10	11.3	12.7	13.2	12.1		
9	10.4	11.1	11.3	12.7		
8 7.4	9.5	12.3	11.9	12.4		
7 9.10	10.1		10.2			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 59
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: DICIEMBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA
 EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
 (MJ / m² / dia)
 MES : DICIEMBRE

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				15.2	16.1	14
11		16.1	13.2	16.3	14.8	
10	13	14.3	14.4	12.9		
9	11.4	12.3	12.4	13.5		
8 7.3	9.5	12.7	12.5	13.2		
7 9	10.2		10.6			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 60
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA: PROMEDIO ANUAL

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIRECTA
 EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
 (MJ / m² / dia)
 MES : PROMEDIO ANUAL

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				16.5	17.7	15.7
11		16.1	13.2	17	15.9	
10	12.5	13.9	14.3	12.7		
9	11.2	12.1	12.3	13.6		
8 7.5	9.60	13.3	12.7	13.2		
7 9.5	10.6		10.9			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 61
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: ENERO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES :ENERO

ALON LATA 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				6.5	6.6	6.5
11		6.7	6.6	6.7	6.6	
10	6.7	6.7	6.7	6.6		
9	6.7	6.7	6.7	6.7		
8 6.5	6.6	6.8	6.8	6.8		
7 6.7	6.8		6.9			
LATA 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 62
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: FEBRERO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES : FEBRERO

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				7.2	7.3	7.2
11		7.3	7.1	7.3	7.3	
10	7.2	7.3	7.3	7.2		
9	7.2	7.2	7.2	7.3		
8 7	7.1	7.3	7.3	7.3		
7 7.2	7.3		7.3			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 63
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: MARZO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA
 EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
 (MJ / m² / dia)
 MES : MARZO

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				7.8	7.9	7.8
11		7.8	7.6	7.8	7.8	
10	7.7	7.8	7.8	7.8		
9	7.7	7.7	7.7	7.8		
8 7.3	7.4	7.7	7.7	7.8		
7 7.5	7.6		7.7			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 64
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: ABRIL

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES : ABRIL

ALON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				8.1	8.2	8.2
11		8.2	8	8.2	8.2	
10	8	8.1	8.1	8.1		
9	7.9	8	8	8.1		
8 7.4	7.6	7.9	8	8		
7 7.6	7.8		7.9			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 65
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: MAYO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES : MAYO

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				8.2	8.39	8.3
11		8.2	8	8.2	8.2	
10	8	8.1	8.1	8.1		
9	7.9	7.9	8	8.10		
8 7.4	7.6	7.9	7.9	8		
7 7.5	7.6		7.8			
LATA 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 66
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: JUNIO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA
 EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
 (MJ / m² / dia)
 MES : JUNIO

ALON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				8.3	8.39	8.3
11		8.2	8	8.2	8.2	
10	8	8.1	8.1	8		
9	7.8	7.9	7.9	8		
8 7.2	7.5	7.8	7.8	7.9		
7 7.3	7.5		7.7			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 67
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: JULIO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES : JULIO

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				8.3	8.39	8.3
11		8.2	8	8.3	8.3	
10	8	8.1	8.1	8.1		
9	7.9	8	8	8		
8 7.4	7.7	7.9	7.9	7.9		
7 7.4	7.6		7.8			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 68
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: AGOSTO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES : AGOSTO

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				8.2	8.3	8.3
11		8.2	8	8.2	8.2	
10	8	8	8	8		
9	7.9	7.9	8	8		
8 7.4	7.7	7.9	7.9	8		
7 7.4	7.6		7.9			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 69
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: SEPTIEMBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES :SEPTIEMBRE

\LON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				7.8	7.9	7.9
11		7.9	7.6	7.9	7.9	
10	7.7	7.8	7.8	7.7		
9	7.7	7.7	7.8	7.8		
8 7.3	7.5	7.8	7.8	7.8		
7 7.4	7.6		7.8			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 70
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: OCTUBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES :OCTUBRE

VLON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				7.2	7.2	7.2
11		7.3	7	7.3	7.2	
10	7.2	7.2	7.2	7.2		
9	7.2	7.3	7.3	7.3		
8 7	7.2	7.4	7.4	7.4		
7 7.1	7.2		7.4			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 71
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: NOVIEMBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA
EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA
(MJ / m² / dia)
MES :NOVIEMBRE

\LON LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				6.5	6.6	6.6
11		6.6	6.4	6.6	6.6	
10	6.6	6.7	6.7	6.6		
9	6.7	6.7	6.7	6.7		
8 6.5	6.6	6.8	6.8	6.9		
7 6.6	6.7		6.9			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 72
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: DICIEMBRE

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES : DICIEMBRE

LONG LATX 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				6.2	6.3	6.2
11		6.5	6.3	6.4	6.3	
10	6.4	6.4	6.5	6.4		
9	6.4	6.5	6.5	6.5		
8 6.2	6.4	6.6	6.6	6.6		
7 6.3	6.5		6.7			
LATX 77	76	75	74	73	72	71

FIGURA NO. 73
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA: PROMEDIO ANUAL

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RADIACION DIFUSA

EN LA COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

(MJ / m² / dia)

MES : PROMEDIO ANUAL

LONG LAT\ 77	76	75	74	73	72	71
13						
12				7.5	7.6	7.5
11		7.6	7.4	7.6	7.6	
10	7.5	7.5	7.5	7.5		
9	7.5	7.5	7.5	7.5		
8 7.1	7.3	7.5	7.5	7.5		
7 7.2	7.3		7.5			
LAT\ 77	76	75	74	73	72	71

6. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La información primaria de brillo y radiación solar para las estaciones de la Costa Atlántica fué suministrada por el HIMAT, mientras que la de las estaciones venezolanas vecinas al país en la región de la Guajira, fué suministrada por la FAO (Roma). De acuerdo al HIMAT, en la Costa Atlántica hay 46 estaciones en las cuales se registra el Brillo y en siete de ellas, también radiación solar. La calidad de la información de brillo y la extensión de las series es en algunas de ellas insuficiente. La información suministrada por el HIMAT consistió en los promedios multianuales sobre un periodo de 10 años (1970-1980) de los promedios mensuales del brillo solar diario. Esta información se considera confiable, aun cuando no fué proporcionada su estadística. La información de radiación solar es mas escasa, a la vez que menos confiable por los problemas inherentes a la calibración y estado del equipo de medición así como también por la longitud de las series. Las series en seis estaciones (para la séptima existente inicialmente, no se encontró efectivamente información), para las cuales debería tenerse simultáneamente también el brillo solar, no superan los cuatro años y la menor serie es de 2.

Se determinaron los coeficientes de Angström en las estaciones con información simultánea de brillo y radiación solar. En la mitad de los casos, la correlación fue muy mala, debido principalmente a problemas en la información de radiación solar. Finalmente, los coeficientes para las estaciones fueron:

Estacion	A	B	Correlación
Repelon	0.30104	0.4143	69.04 %
Granja Motilonia	0.3653	0.3166	74.22 %
Prado Sevilla	0.4218	0.4851	76.45 %
Algarrobo	0.3162	0.4614	88.53 %

La extensión del uso de estos coeficientes a otras regiones se hizo teniendo en cuenta el relieve de la región (en todos los cálculos no se consideró la región de la Sierra Nevada, por su complejidad e inadecuación de los modelos aquí empleados para describir regiones como esta) y el tipo de zona vegetal.

Con ayuda del modelo de Angström se calculó la radiación global para las estaciones de la región (41 estaciones de la región, 10 colombianas vecinas a la región y 3 venezolanas). Empleando el modelo de Collares-Pereira-Rabl se estimaron también las fracciones de la radiación difusa y directa en la global.

La información que se presenta puede considerarse aproximada en por lo menos $\pm 10\%$, proveniente de la precisión de los heliógrafos.

Los resultados de la radiación solar diaria promedio anual, por departamentos son los siguientes:

DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO

Estación	Municipio	MJ/m ²
El Limon	Manati	24.6
Granja Sta Lucia	Sta Lucia	24.6
Malambito	Suan	24.1
Normal Manati	Manati	23.7
Cortissoz	Soledad	24.7
Repelón	Repelón	18.8

La mayor radiación se presenta en el mes de febrero, y un segundo máximo menor que el anterior en julio. La radiación solar es mínima durante el mes de noviembre. Las variaciones del máximo y el mínimo con relación a la media anual son del orden de $\pm 15\%$.

Los niveles de radiación directa son elevados (superior a 60 % y en muchas estaciones y meses, hasta del 70 %), lo cual es favorable para aplicaciones con dispositivos que empleen radiación directa.

DEPARTAMENTO DE BOLIVAR

Estación	Municipio	MJ/m ²
Apto Crespo	Cartagena	25.1
Galerazamba	Sta Catalina	24.7
San Pablo	Maria La Baja	19.5
Apto Baracoa	Magangue	19.7
ICA El Carmen	Carmen de Bol	19.4
Presa Arroyo Grande	Maria La Baja	19.2
Nueva Florida	Maria La Baja	19

Hay esencialmente dos grupos de estaciones de acuerdo al nivel de radiación solar media anual: Aeropuerto Crespo y Galerazamba, y las demás. Las dos primeras tienen niveles de radiación superiores a las demás en 20 a 25 %.

En todas las estaciones los máximos se presentan en Febrero y en Julio (este segundo, menor que el de Febrero), y dos mínimos relativos en Junio y en Noviembre en Galerazamba y Crespo, y en Mayo y Noviembre en las demás estaciones.

Las variaciones durante el año son de $\pm 10\%$ con relación a la media para las estaciones de Galerazamba y Crespo, mientras que para las demás son mayores y alcanzan hasta $\pm 15\%$.

DEPARTAMENTO DEL CESAR

Estación	Municipio	MJ/m ²
El Callao	Valledupar	25.4
Villa Rosa	Valledupar	25.2
Granja Motilonia	Codazzi	19.3
Pueblo Bello	Pueblo Bello	19
La Laguna	Robles	17.1

Hay esencialmente dos grupos de estaciones de acuerdo al nivel de radiación solar media anual: El Callao y Villa Rosa, ambas en Valledupar y las demás. Las dos primeras tienen niveles de radiación superiores a las demás en hasta 30 %.

En todas las estaciones los máximos se presentan en Febrero y en Julio (este segundo, menor que el de febrero), y dos mínimos relativos en Mayo-Junio y en Octubre-Noviembre.

Las variaciones durante los distintos meses son de $\leq \pm 10$ % con relación a la media.

DEPARTAMENTO DE CORDOBA

Estación	Municipio	MJ/m ²
La Doctrina	Lorica	19.1
Turipana	Cerete	18.7
Ayapel	Ayapel	15
Jaraguay	Valencia	14.4
Puerto Nuevo	Tierralta	14.2

Handwritten notes: 16.92 and 4.7 kWh/m²/d

Hay esencialmente dos grupos de estaciones en relación con la estacionalidad de la radiación solar: En las tres primeras el máximo absoluto se presenta en febrero (un segundo máximo relativo en julio) mientras que los mínimos en mayo y en noviembre (este último absoluto). En las dos últimas estaciones, el máximo absoluto se presenta en julio (un segundo relativo en febrero) y los mínimos en diciembre (absoluto) y marzo-abril.

Las variaciones durante el año en relación con la media anual están comprendidas entre máximo +13 % y - 10% para las tres primeras estaciones. Para las dos últimas estaciones las variaciones son $\leq \pm 6$ %.

DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

Estación	Municipio	MJ/m ²
Rancho Grande	Uribia	26.7
Uribia	Uribia	26.3
La Paulina	Fonseca	26
Bahia Honda	Uribia	25.7
Manaure	Uribia	25.5
Apto Al Padilla	Riohacha	25.3
La Dorada	Villanueva	25.1
Apto Maicao	Maicao	24.9
Cabo de la Vela	Uribia	24.8
Matitas	Riohacha	24.5
Esc Carraipia	Maicao	24.3
Nazareth	Uribia	24.1

La radiación solar en la Guajira es la mayor de la región y del país, con un promedio sobre todas las estaciones de 25.3 MJ/m², cifra realmente elevada y que corresponde a 7 kWh/m²!

La variación mensual de las estaciones es siempre la misma: Los máximos se presentan en marzo y en agosto (absoluto) y los mínimos en mayo y en diciembre (absoluto).

Las variaciones durante en año son menores de $\pm 13\%$ en relación con la media anual.

Los niveles de radiación directa son elevadísimos, muy cercanos a 70 % y con valores máximos en diciembre en algunas estaciones hasta de 79 %! De acuerdo a lo anterior, se trata de una región supremamente atractiva no solo para la energía solar sino también para equipos con concentradores.

DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

Estación	Municipio	MJ/m ²
Ciénaga	La Ye	25.7
Patuca	Ciénaga	25
Prado Sevilla	Ciénaga	24.3
Zacapa	Aracataca	24.2
Algarrobo	Fundación	20.7
San Lorenzo	Santa Marta	14

En la estación de San Lorenzo en la Sierra Nevada de Santa Marta (región excluida de este estudio) se encuentra la mas baja radiación del Magdalena (y de todas las estaciones estudiadas), mientras que muy cerca (La Ye) se tienen niveles elevadísimos de radiación. Las características de las estaciones son similares a

las del Atlántico aunque las variaciones mensuales mas suaves: máximos en febrero y mínimos en noviembre, exceptuando San Lorenzo que presenta máximo en julio, mínimo en noviembre y Patuca, cuyo máximo se presenta en mayo.

Las variaciones mensuales son como en los casos anteriores del orden de $\pm 10\%$ en relación con la media anual, exceptuando Patuca en donde en mayo se presenta un aumento del 18% en relación con la media.

Como una conclusión muy general, se observa que el potencial de la energía solar en la Costa es muy alto (comparado con otros lugares del mundo de reconocido alto potencial), principalmente la Guajira, el litoral de la Costa desde Bolivar hasta la Guajira y la región vecina a Valledupar, con un nivel de mas de 23 MJ/m^2 (energía solar diaria promedio anual). Hacia el interior del país, el nivel de radiación desciende hasta los 18 MJ/m^2 , como es el caso de todas las estaciones de Bolivar, la mayor parte de Córdoba (exceptuando Puerto Nuevo y Jaraguay), las estaciones del Cesar (exceptuando la zona vecina a Valledupar). Por debajo de 18 MJ/m^2 se tienen la zona sur de Córdoba, hacia la frontera con Antioquia (Jaraguay y Puerto Nuevo).

Los aumentos de radiación recibida sobre la superficie con inclinación óptima no son efectivamente muy importantes. Se puede considerar que la orientación de los dispositivos puede ser la misma de la latitud o aún pueden llegar a colocarse horizontalmente. Estas inclinaciones son a veces desfavorables por razones técnicas pero ofrecen también ventajas de instalación.

En general, la variación de la energía solar durante los diferentes meses del año es pequeña (del orden de aproximadamente $\pm 10\%$) en relación con la media anual. Esto es supremamente importante para el diseño de sistemas de acumulación, ya que la permite la reducción significativa de estos sistema y con ello sus costos.

Los niveles de radiación directa son elevados en toda la región de la costa desde Bolivar hasta la Guajira, la Guajira en su totalidad y la zona de Valledupar. Esto es importante para el diseño de sistemas con concentradores, por ejemplo.

(Las mejores posibilidades para la utilización de la energía solar, en términos de recurso, se tienen entonces en orden decreciente, en la Guajira, costa desde Bolivar hasta la Guajira, Valledupar, en primer lugar; el resto de los departamentos en segundo lugar y en tercer lugar, con el recurso mas bajo, la zona sur de Córdoba, si bien la energía solar se pude utilizar en toda la Costa.)

En este estudio también se calculó la distribución espacial y temporal de la radiación global, directa y difusa, para toda la Costa Atlántica. Este método, permite establecer tendencias estacionales en diferentes lugares. Es importante hacer resaltar que los valores se calcularon en valores enteros de latitud y longitud y que la técnica de interpolación de información esta todavía sujeta a futuros desarrollos, como efectivamente está toda la técnica de elaboración de mapas de radiación.

RECOMENDACIONES

Se recomiendan diferentes acciones:

- * Recuperar información de estaciones en la costa, que podría emplearse en el futuro para mejorar los presentes resultados.
- * Recalibrar los actinógrafos disponibles e instalar equipo de medición de radiación solar de una clase mejor que los actinógrafos Robitzch (que posee el HIMAT), especialmente en lugares que puedan ser representativos para las zonas donde se adelantarán los proyectos. Este recurso será ciertamente cada vez mas importante y una evluación cada vez mas refinada del recurso requerirá de mejor información y de series mas largas.
- * Desarrollar proyectos específicos para las diversas aplicaciones en que sea factible tecnico-económicamente el uso de la energía solar.
- * Implementar la prueba de equipo solar en diversas aplicaciones y procurar la evaluación del rendimiento de los sistemas para periodos superiores a un año de operación.

7. REFERENCIAS

- /1/ J.A. Duffie y W. Beckman
SOLAR ENGINEERING THERMAL PROCESSES
J. Wiley (1980) New York
- /2/ S. Wieder
AN INTRODUCTION TO SOLAR ENERGY FOR SCIENTISTS AND EN-
GINEERS
J. Wiley (1982) New York
- /3/ M. P. Thekaekara y A. J. Drummond
Nat. Phys. Sci. 229 (1971) 6
- /4/ M. P. Thekaekara
" Data on Incident Solar Energy"
Suppl. Proc. 20 th Ann Meeting Inst for Environmental
Sci, 21 (1974)
- /5/ C. Froehlich y R. W. Brusa
Sol. Phys. 74 (1981) 209
- /6/ J.A. Duffie y W.A. Beckman
SOLAR ENERGY THERMAL RPOCESSES
J. Wiley (1974) New York
- /7/ K. Coulson e Y. Howell
"Solar Radiation Instruments"
Sunworld 4, Nr 3 (1980) 87
- /8/ World Meteorological Organization (WMO)
METERELOGICAL ASPECTS OF THE UTILIZATION OF SOLAR ENERGY
AS AN ENERGY RESOURCE
WMO (1981) Ginebra
- /9/ G. T. Trewartha
"Zonas Climáticas en relación con los coeficientes
empleados en la fórmula de Angstrom para el cálculo de la
radiación" citado en M. Frere y G. F. Popov
PRONOSTICO DE COSECHAS BASADO EN DATOS AGROMETEREOLOGICOS
FAO(1980) Roma
- /10/ B. Liu y R. Jordan
"Daily Insolation on Surfaces Tilted Toward the Equator"
Trans. ASHRAE, pp 526-541 (1962)
- /11/ M. Collares-Pereira y A. Rabl
Solar Energy 22 (1979) 155

- /12/ S. A. Klein
Solar Energy 19 (1977) 325
- /13/ F. Kreith y J.F. Kreider
PRINCIPLES OF SOLAR ENGINEERING
McGraw Hill (1978) New York
- /14/ J. C. Davis
STATISTICS AND DATA ANALYSIS IN GEOLOGY
J. Wiley (1973) New York
- /15/ Información de brillo solar
HIMAT (1985) Bogotá
- /16/ Food and Agricultural Organization
"Climatological Data collected by the Crop Ecology and
Genetic Resources Unit"
FAO (1982) Roma
- /17/ Instituto Geográfico Agustín Codazzi
MAPA EN RELIEVE DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA
IGAC (1980) Bogotá
- /18/ Instituto Geográfico Agustín Codazzi
ZONAS DE VIDA O FORMACIONES VEGETALES EN COLOMBIA
IGAC (1977) Bogotá

ANEXO NO. 1
UNIDADES

1 HP	=	0.7457 kW
1 Cal/(cm ² *min)	=	0.6978 kW/m ²
1 kWh	=	3.6 MJ
1 Cal/cm ²	=	41.87 kJ/m ²
	=	3.6867 Btu/ft ²
1 kWh/m ²	=	85.9845 Cal/cm ²
1 MJ/m ²	=	28.88459 Cal/cm ²

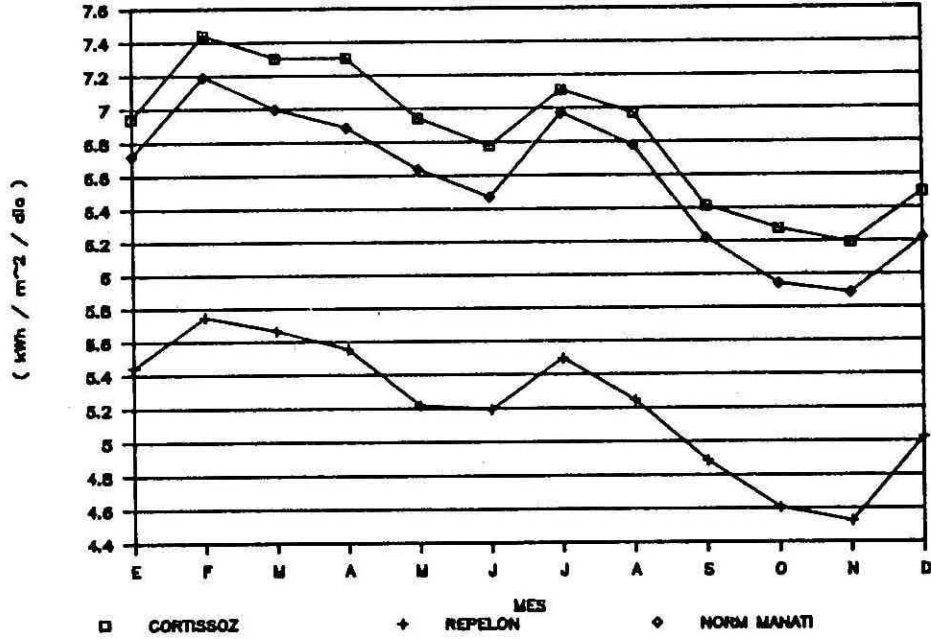
ANEXO NO. 2

**CURVAS DE ENERGIA SOLAR
PARA ESTACIONES DE LA COSTA ATLANTICA
COLOMBIANA**

(en kWh/m²)

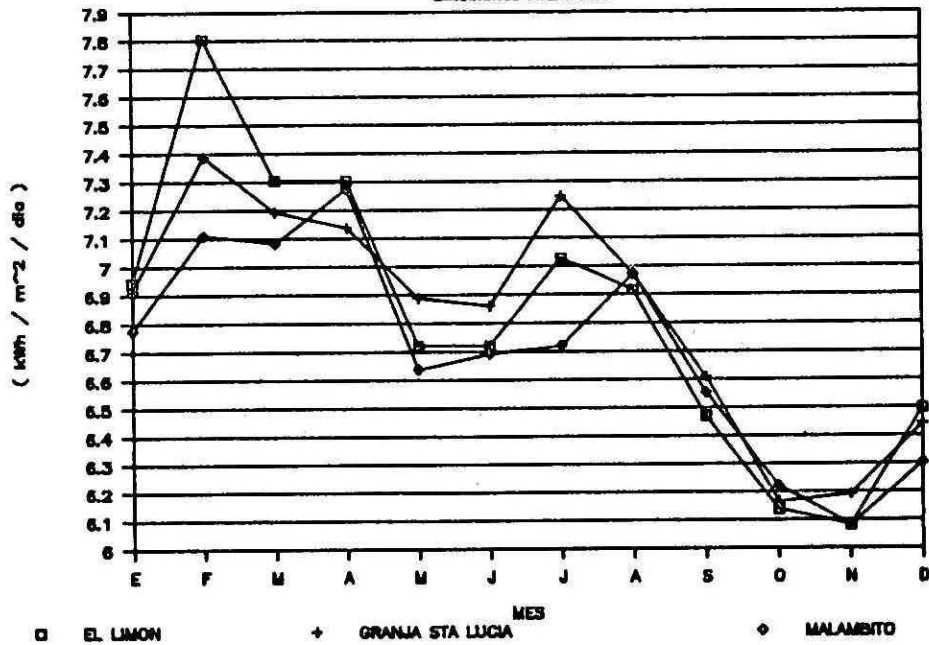
RADIACION SOLAR GLOBAL

Estaciones ATLANTICO



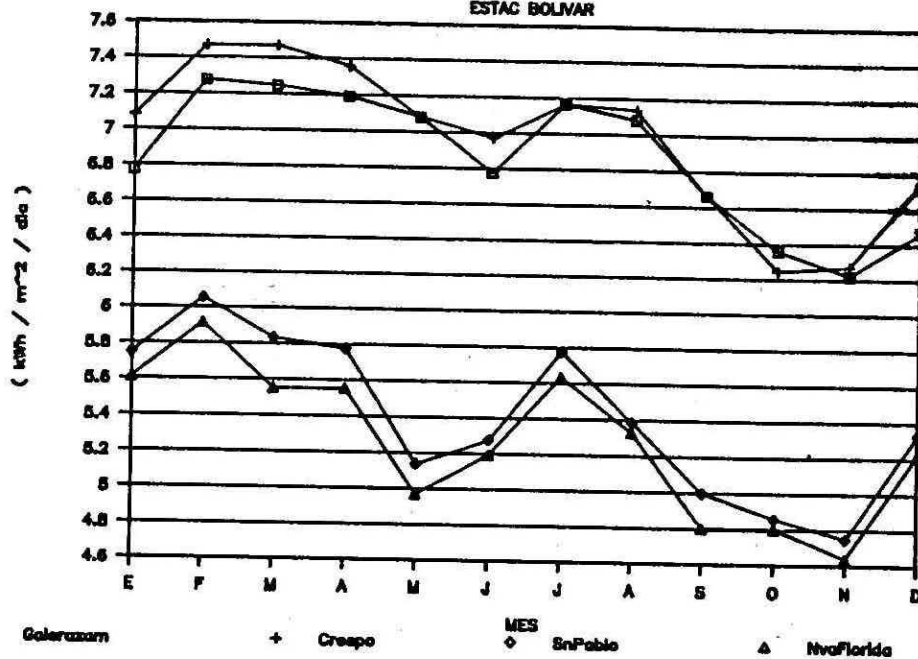
RADIACION SOLAR GLOBAL

Estaciones ATLANTICO



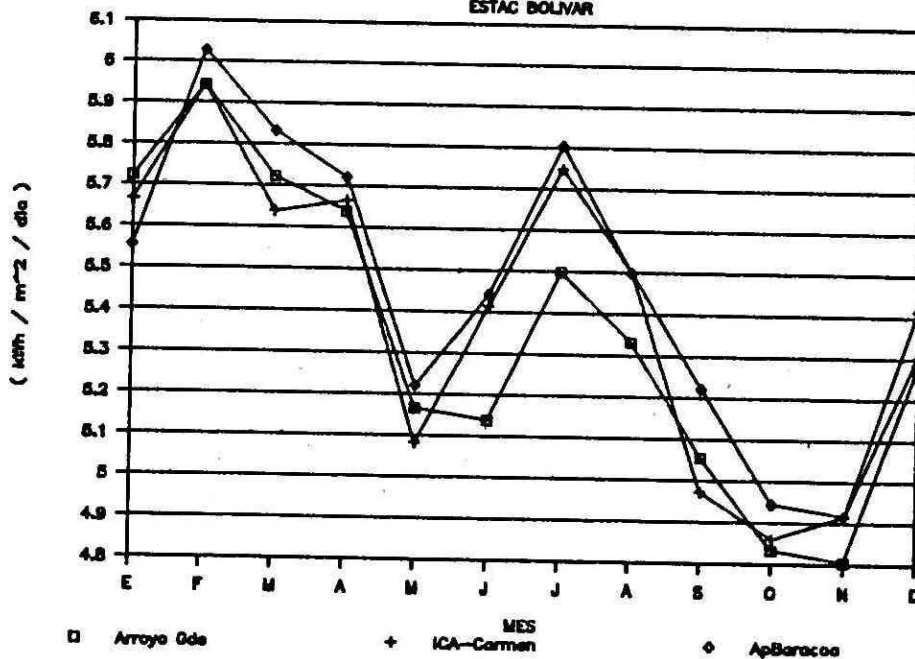
RADIACION SOLAR GLOBAL

ESTAC BOLIVAR



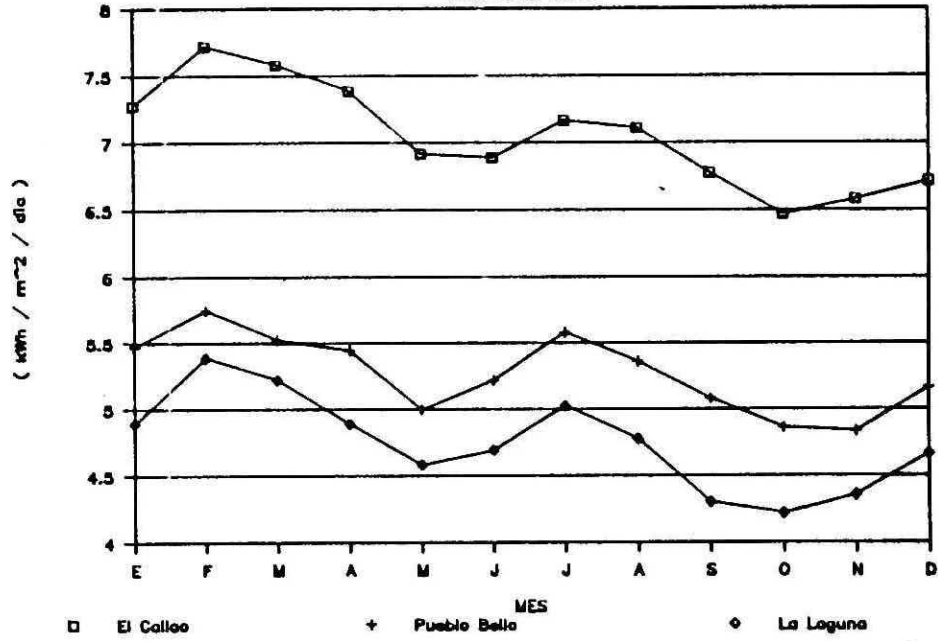
RADIACION SOLAR GLOBAL

ESTAC BOLIVAR



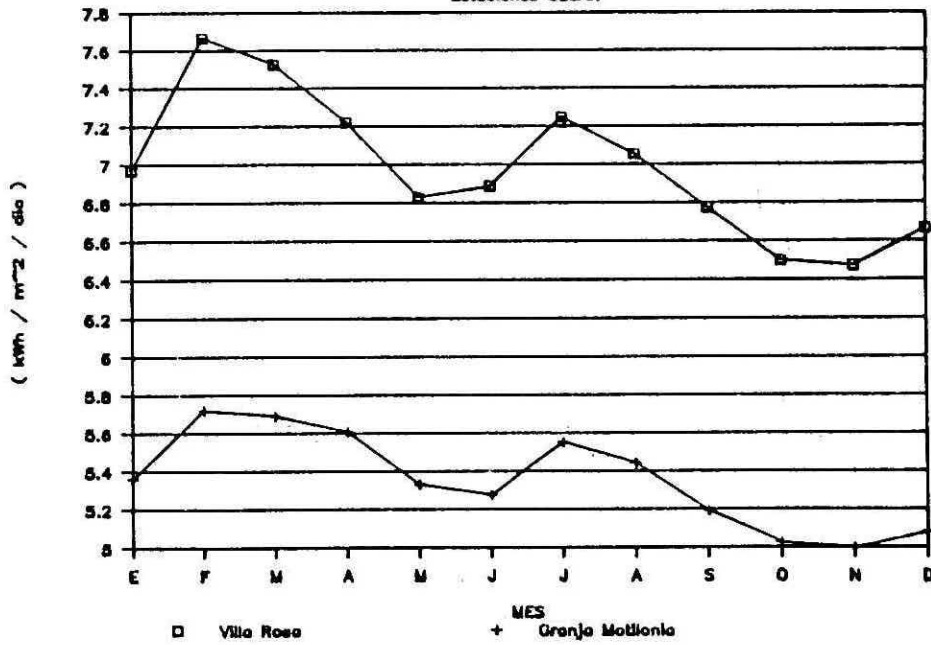
RADIACION SOLAR GLOBAL

Estaciones CESAR



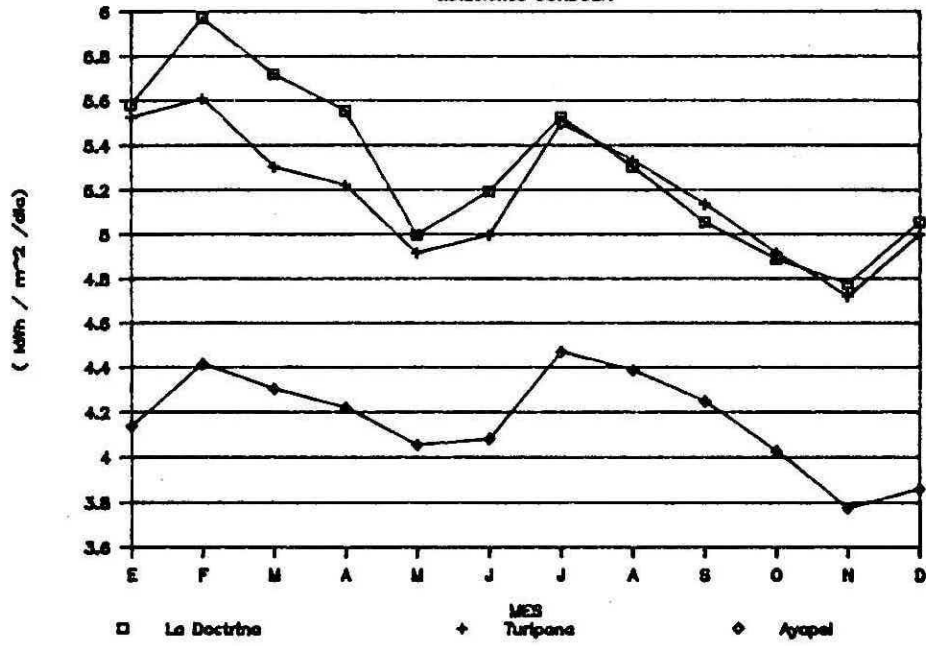
RADIACION SOLAR GLOBAL

Estaciones CESAR



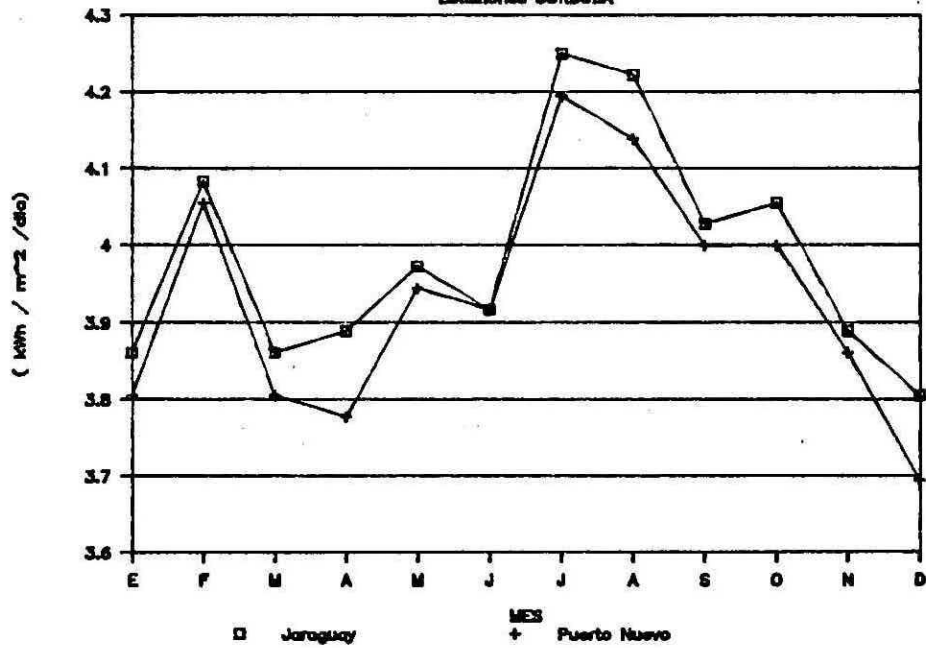
RADIACION SOLAR GLOBAL

Estaciones CORDOBA



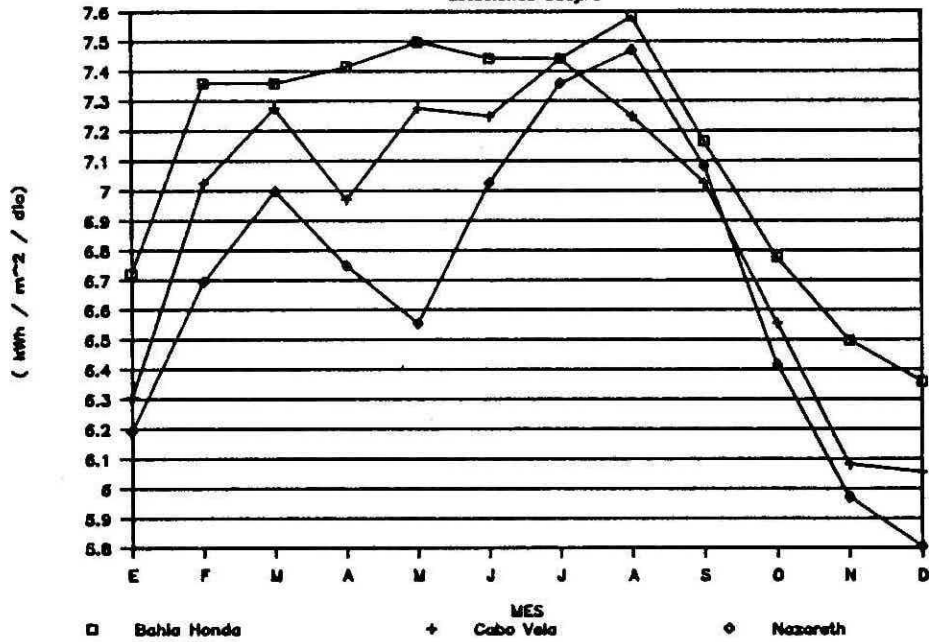
RADIACION SOLAR GLOBAL

Estaciones CORDOBA



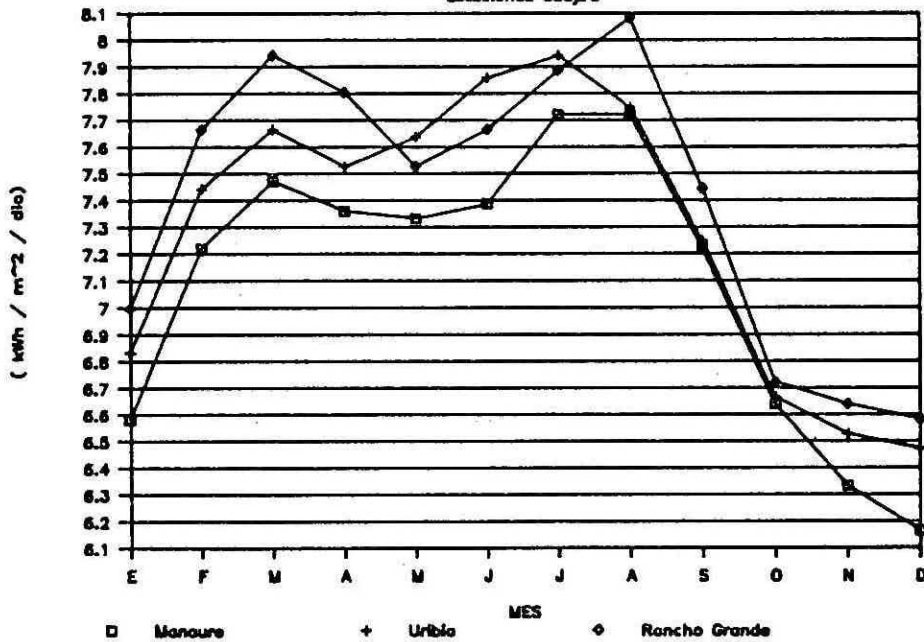
RADIACION SOLAR

Estaciones Guajira



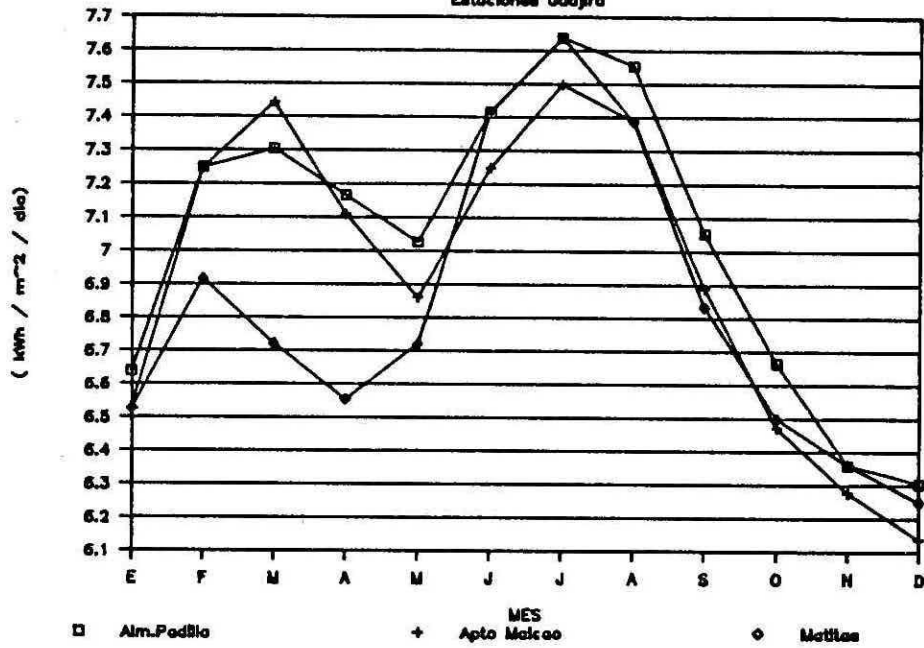
RADIACION SOLAR

Estaciones Guajira



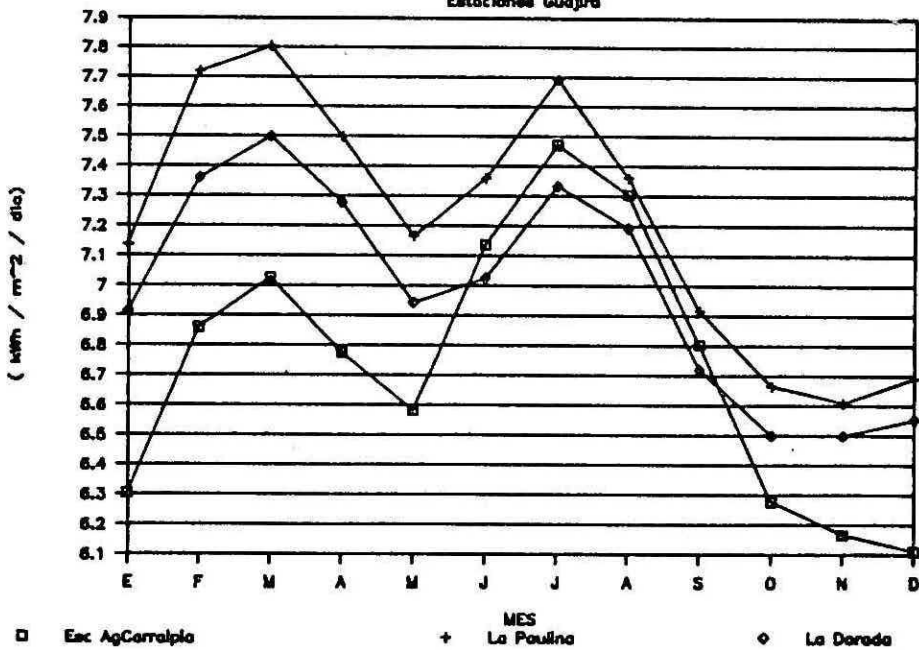
RADIACION SOLAR

Estaciones Guajira



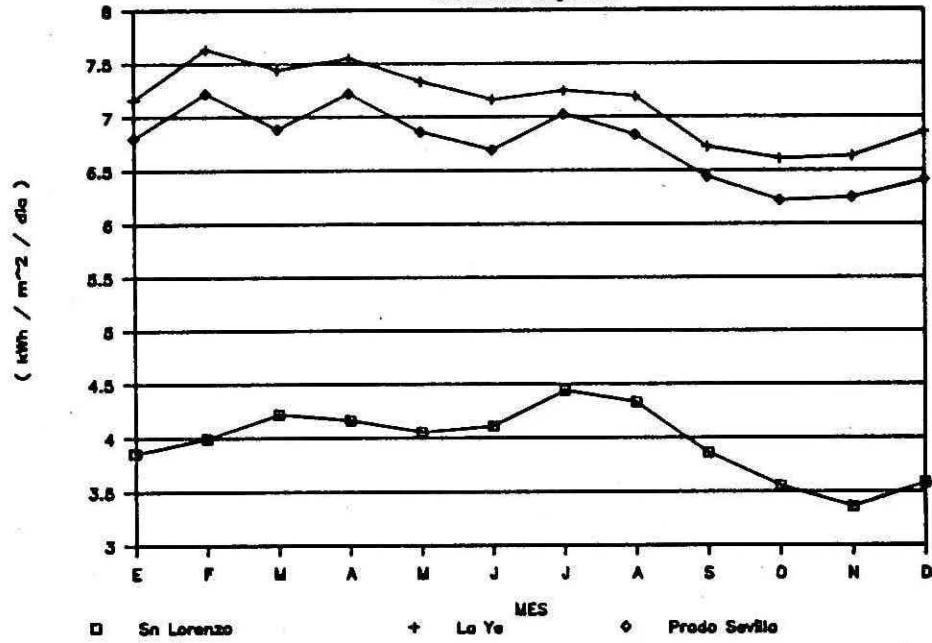
RADIACION SOLAR

Estaciones Guajira



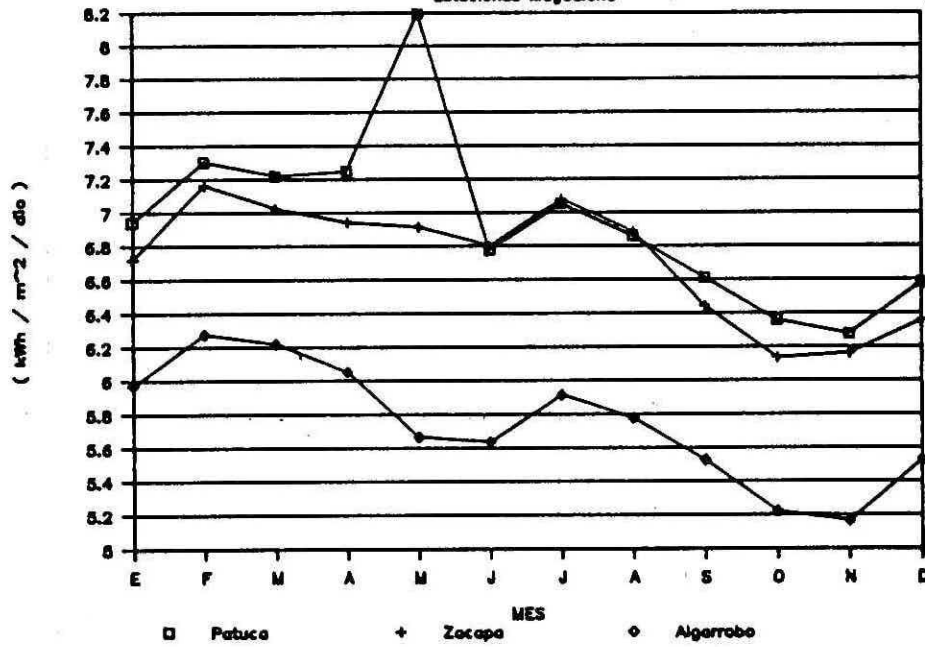
RADIACION SOLAR GLOBAL

Estaciones Magdalena



RADIACION SOLAR GLOBAL

Estaciones Magdalena



ANEXO NO. 3
INFORMACION SOBRE TEMPERATURAS EN LA COSTA ATLANTICA

Los cuadros y gráficas siguientes presentan en las localidades de Barranquilla, Cartagena, Cereté, Corozal, Riohacha, San Andrés, Santa Marta y Valledupar, información sobre

	En las gráficas como
Temperatura media mensual	av mens
Promedio anual de medias mensuales	av
Temperatura máxima media	av max
Promedio anual de máximas medias	av
Temperatura máxima absoluta.	max abs

Las definiciones son:

Temperatura media:

Promedio de las temperaturas medias diarias, las cuales se calculan a partir de los datos tomados a las 07, 13 y 19 horas, mediante la siguiente fórmula:

$$T_{\text{media diaria}} = (T_{07} + T_{13} + 2 * T_{19}) / 4$$

Temperatura máxima media

Promedio aritmético de las temperaturas máximas diarias presentadas durante el número de años considerados.

Temperatura máxima absoluta

Es la mayor temperatura registrada durante el periodo considerado.

Temperaturas ENRIQUETA

	a n o a l ----)								
	Temp media	Max media	Min media	Max Abs	Min Abs	humedad Relativa	Temp med anual	Media max med	Max abs
E	26.6	31.2	23.3	36.2	18.0	75.0	27.6	32.3	41.0
F	26.5	31.3	23.1	41.0	18.5	74.0	27.6	32.3	41.0
M	26.8	31.6	23.2	37.0	18.0	74.0	27.6	32.3	41.0
A	27.4	32.6	24.0	41.0	18.8	75.0	27.6	32.3	41.0
M	28.0	33.3	24.4	39.3	18.0	76.0	27.6	32.3	41.0
J	28.1	33.0	24.2	39.8	18.0	77.0	27.6	32.3	41.0
J	29.9	33.8	24.3	38.6	17.0	78.0	27.6	32.3	41.0
A	27.9	33.0	24.1	38.9	20.9	77.0	27.6	32.3	41.0
S	27.8	32.8	23.9	36.8	18.0	74.0	27.6	32.3	41.0
O	27.4	32.4	23.6	37.7	18.5	73.0	27.6	32.3	41.0
N	27.4	32.1	23.8	38.0	18.5	73.0	27.6	32.3	41.0
D	27.1	31.4	23.6	35.2	18.5	76.0	27.6	32.3	41.0

Temperaturas CHARLETON

	a n o a l ----)								
	Temp media	Max media	Min media	Max Abs	Min Abs	humedad Relativa	Temp med anual	Media max med	Max abs
E	26.9	31.8	22.3	40.0	17.5	78.0	27.7	31.8	40.0
F	26.9	31.5	22.3	38.0	18.0	77.0	27.7	31.8	40.0
M	27.1	31.5	22.9	38.0	18.0	78.0	27.7	31.8	40.0
A	27.7	31.9	23.8	38.0	18.5	78.0	27.7	31.8	40.0
M	28.1	31.9	24.2	40.0	15.0	80.0	27.7	31.8	40.0
J	28.2	32.0	24.2	38.0	15.0	78.0	27.7	31.8	40.0
J	28.2	32.1	23.9	39.0	13.0	80.0	27.7	31.8	40.0
A	28.1	32.1	24.2	38.0	12.5	81.0	27.7	31.8	40.0
S	28.0	31.8	24.0	38.0	14.0	81.0	27.7	31.8	40.0
O	27.6	31.6	23.7	39.0	14.0	82.0	27.7	31.8	40.0
N	27.7	31.8	23.7	40.0	16.0	81.0	27.7	31.8	40.0
D	27.4	32.0	22.9	39.0	18.0	79.0	27.7	31.8	40.0

Temperaturas DEHETE

	a n o a l ----)								
	Temp media	Max media	Min media	Max Abs	Min Abs	humedad Relativa	Temp med anual	Media max med	Max abs
E	27.0	33.9	21.6	38.8	16.2	81.0	27.1	33.2	41.0
F	27.2	34.4	21.8	40.7	16.8	78.0	27.1	33.2	41.0
M	27.4	34.5	21.9	41.0	16.0	78.0	27.1	33.2	41.0
A	27.6	34.1	23.0	40.5	19.0	79.0	27.1	33.2	41.0
M	27.4	33.1	22.9	38.7	19.0	83.0	27.1	33.2	41.0
J	27.1	32.9	22.5	37.8	16.5	85.0	27.1	33.2	41.0
J	27.4	33.2	22.2	37.2	16.0	83.0	27.1	33.2	41.0
A	27.1	32.6	22.0	37.4	18.0	85.0	27.1	33.2	41.0
S	26.8	32.3	22.2	37.0	17.0	85.0	27.1	33.2	41.0
O	26.6	32.2	22.0	35.0	17.0	85.0	27.1	33.2	41.0
N	26.8	33.0	21.9	35.2	18.2	84.0	27.1	33.2	41.0
D	26.7	32.7	21.8	36.0	18.0	83.0	27.1	33.2	41.0

Temperaturas COBOSZAL

	a n o a l ----)								
	Temp media	Max media	Min media	Max Abs	Min Abs	humedad relativa	Temp med anual	Media max med	Max abs
E	27.6	34.2	19.9	40.0	13.0	72.0	27.5	33.1	43.0
F	27.8	34.5	20.2	40.0	14.0	72.0	27.5	33.1	43.0
M	27.2	34.8	21.0	40.0	16.6	72.0	27.5	33.1	43.0
A	28.0	34.1	21.8	41.0	16.0	75.0	27.5	33.1	43.0
M	27.6	32.6	21.9	40.0	16.0	75.0	27.5	33.1	43.0
J	27.6	32.4	21.7	40.0	15.0	80.0	27.5	33.1	43.0
J	28.0	33.3	21.3	35.0	14.0	77.0	27.5	33.1	43.0
A	27.6	32.6	21.2	38.0	15.0	80.0	27.5	33.1	43.0
S	27.4	32.1	21.1	38.0	13.0	80.0	27.5	33.1	43.0
O	26.7	31.3	20.9	40.0	13.0	82.0	27.5	33.1	43.0
N	26.7	31.7	21.0	38.0	15.5	81.0	27.5	33.1	43.0
D	27.3	33.1	20.3	43.0	14.0	76.0	27.5	33.1	43.0

Temperaturas RIQUIMACH

	a n o a l ----)								
	Temp media	Max media	Min media	Max Abs	Min Abs	humedad relativa	Temp med anual	Media max med	Max abs
E	27.0	33.7	18.4	35.0	17.4	70.0	28.2	35.2	38.2
F	27.4	34.9	19.1	36.7	17.2	68.0	28.2	35.2	38.2
M	27.4	34.4	19.1	36.2	17.0	69.0	28.2	35.2	38.2
A	27.6	33.5	19.5	36.2	17.2	75.0	28.2	35.2	38.2
M	28.8	35.9	23.1	38.0	21.8	67.0	28.2	35.2	38.2
J	30.2	36.4	21.9	37.5	20.0	62.0	28.2	35.2	38.2
J	29.6	36.5	22.0	37.4	17.2	63.0	28.2	35.2	38.2
A	29.2	37.4	21.7	38.2	19.8	70.0	28.2	35.2	38.2
S	28.6	35.9	22.0	38.0	21.0	75.0	28.2	35.2	38.2
O	28.0	34.3	22.1	36.0	21.0	80.0	28.2	35.2	38.2
N	27.5	34.0	20.5	35.0	20.0	78.0	28.2	35.2	38.2
D	27.1	33.4	18.9	34.7	16.8	74.0	28.2	35.2	38.2

Temperaturas SAN RAFAEL

	a n o a l ----)								
	Temp media	Max media	Min media	Max Abs	Min Abs	humedad relativa	Temp med anual	Media max med	Max abs
E	26.6	29.1	24.0	31.5	18.9	81.0	27.2	29.9	34.4
F	26.5	29.2	24.1	32.4	17.8	79.0	27.2	29.9	34.4
M	26.9	29.7	24.0	32.5	11.8	78.0	27.2	29.9	34.4
A	27.4	30.2	24.4	32.5	15.4	78.0	27.2	29.9	34.4
M	27.8	30.5	24.8	33.3	17.4	81.0	27.2	29.9	34.4
J	28.2	30.4	24.6	33.2	18.2	83.0	27.2	29.9	34.4
J	27.8	30.1	24.8	34.4	16.2	83.0	27.2	29.9	34.4
A	27.8	30.4	24.8	33.3	17.2	83.0	27.2	29.9	34.4
S	27.7	30.5	24.6	33.3	20.8	83.0	27.2	29.9	34.4
O	27.4	30.3	24.4	32.6	17.6	84.0	27.2	29.9	34.4
N	27.2	29.7	24.4	32.4	17.4	84.0	27.2	29.9	34.4
D	26.9	29.2	24.3	32.1	15.4	82.0	27.2	29.9	34.4

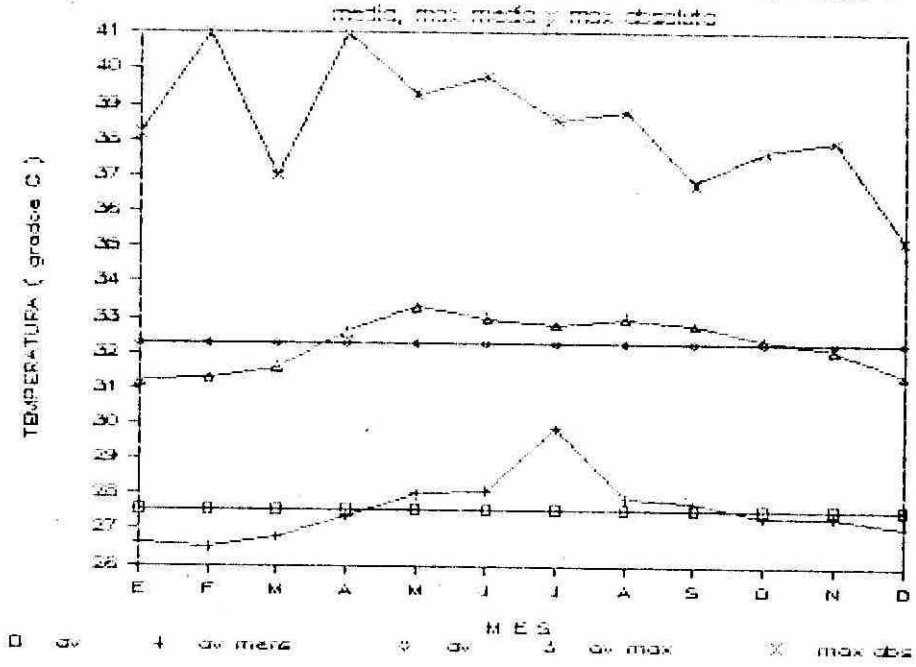
Temperaturas SANTA MARÍA

	año 1986									
	Temp media	Max Media	Min Media	Max Abs	Min Abs	humedad relativa	Temp med anual	Media max med	Max abs	
E	27.0	33.3	21.5	37.0	18.0	65.0	27.6	32.0	37.7	
F	27.2	33.5	21.8	37.0	18.3	66.0	27.6	32.0	37.7	
M	27.6	33.6	22.6	36.5	20.0	68.0	27.6	32.0	37.7	
A	28.8	33.9	24.1	37.4	17.2	68.0	27.6	32.0	37.7	
M	28.8	32.2	24.3	37.0	18.8	74.0	27.6	32.0	37.7	
J	28.4	31.9	24.1	36.8	19.0	74.0	27.6	32.0	37.7	
J	28.1	31.9	23.4	37.7	20.0	75.0	27.6	32.0	37.7	
A	27.9	31.4	23.5	36.5	18.0	77.0	27.6	32.0	37.7	
S	26.9	30.7	23.4	36.0	18.0	80.0	27.6	32.0	37.7	
O	26.9	30.6	23.1	36.0	17.0	79.0	27.6	32.0	37.7	
N	26.8	30.4	22.7	36.6	15.0	75.0	27.6	32.0	37.7	
D	26.2	31.1	21.1	36.4	14.8	74.0	27.6	32.0	37.7	

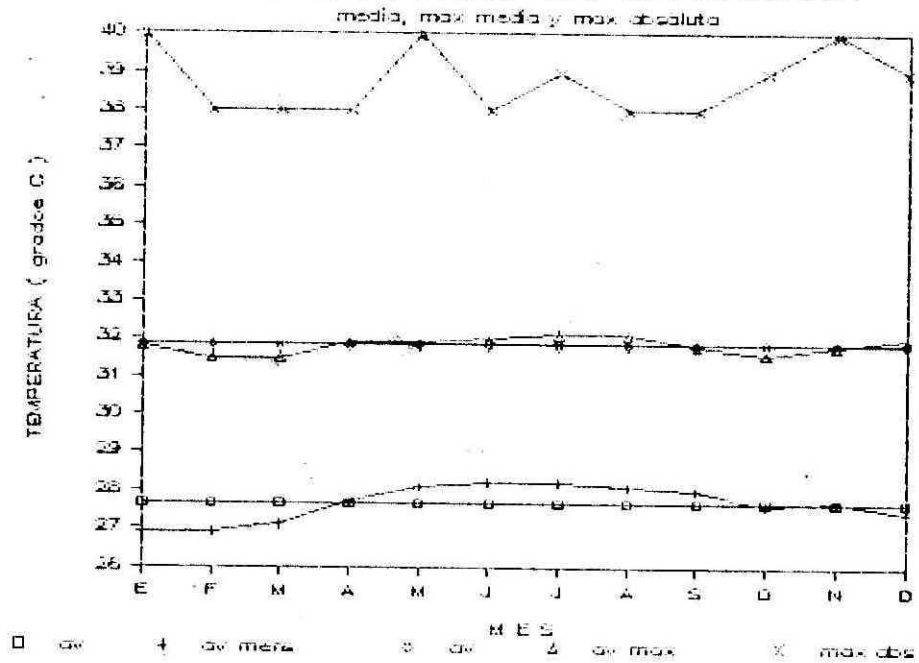
Temperaturas VALLECUPAR

	año 1986									
	Temp media	Max Media	Min Media	Max Abs	Min Abs	humedad relativa	Temp med anual	Media max med	Max abs	
E	28.1	36.6	18.7	38.4	17.0	61.0	28.1	36.6	39.8	
F	29.0	37.6	19.0	38.8	17.0	59.0	28.1	36.6	39.8	
M	29.5	38.3	19.6	39.8	17.2	59.0	28.1	36.6	39.8	
A	29.1	38.4	20.0	39.0	18.2	66.0	28.1	36.6	39.8	
M	27.8	36.5	19.7	37.2	17.0	76.0	28.1	36.6	39.8	
J	28.1	36.5	20.0	38.0	17.8	74.0	28.1	36.6	39.8	
J	29.1	38.1	21.1	39.6	17.6	67.0	28.1	36.6	39.8	
A	28.3	37.5	20.5	39.4	18.6	72.0	28.1	36.6	39.8	
S	27.1	36.3	20.2	39.0	18.0	78.0	28.1	36.6	39.8	
O	26.8	34.6	20.7	35.6	19.0	81.0	28.1	36.6	39.8	
N	27.0	34.2	20.3	37.2	19.2	77.0	28.1	36.6	39.8	
D	27.5	35.1	19.4	36.8	18.0	68.0	28.1	36.6	39.8	

TEMPERATURAS EN BARRANQUILLA

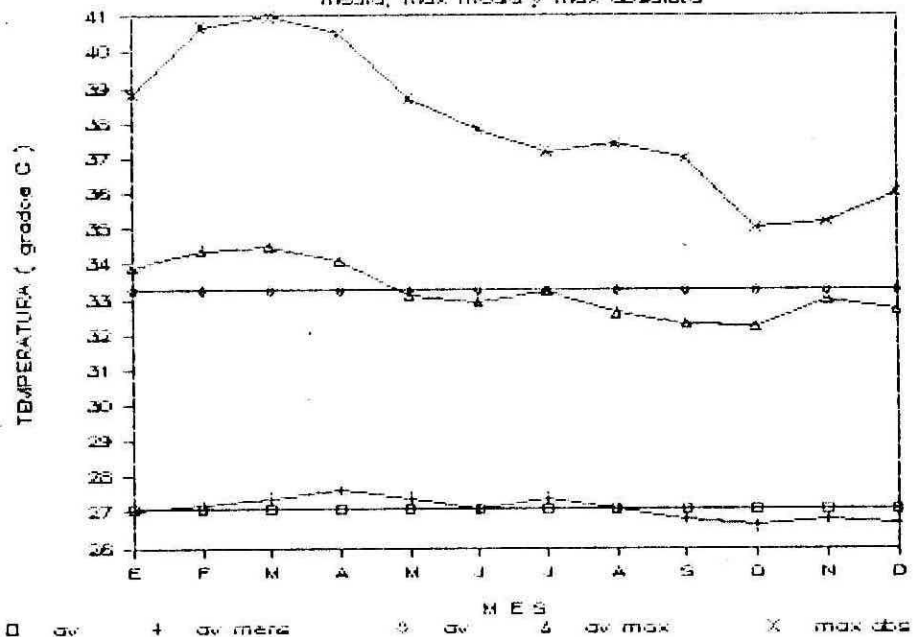


TEMPERATURAS EN CARTAGENA



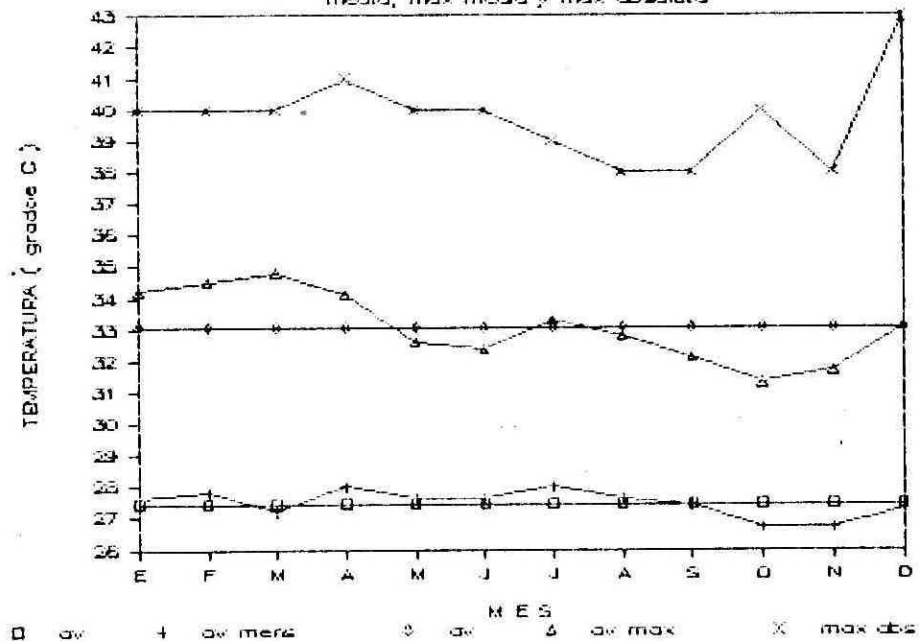
TEMPERATURAS EN CERETE

media, max media y max absoluta



TEMPERATURAS EN COROZAL

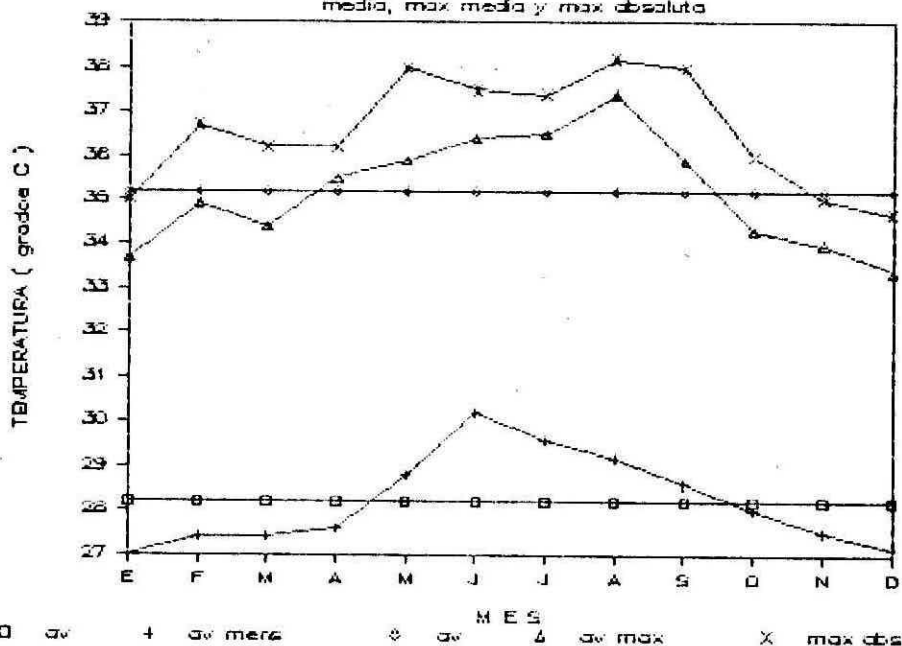
media, max media y max absoluta



INSTITUTO AGROPECUARIO
 1987

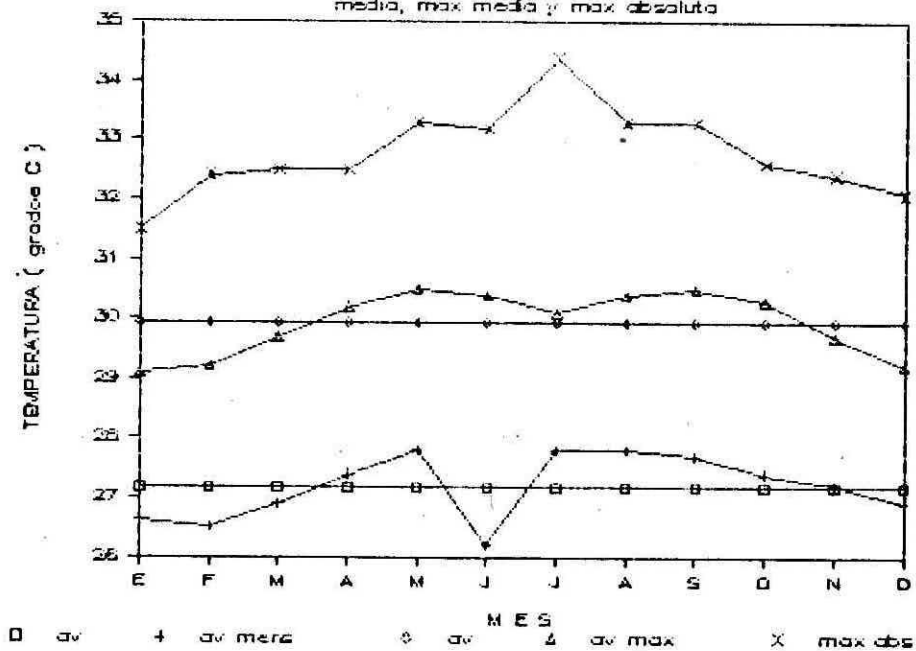
TEMPERATURAS EN RIOHACHA

media, max media y max absoluta



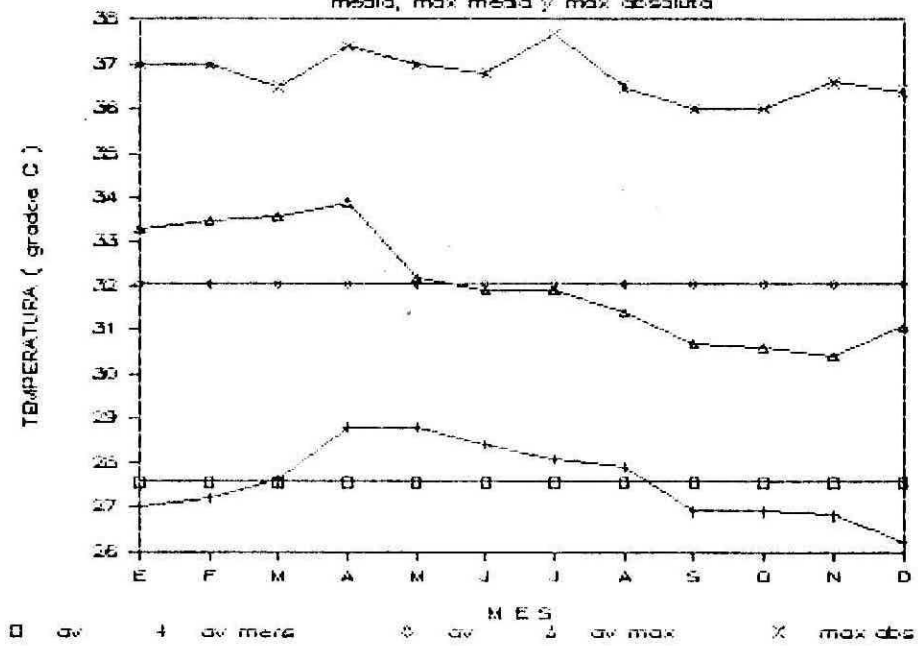
TEMPERATURAS EN SAN ANDRES

media, max media y max absoluta



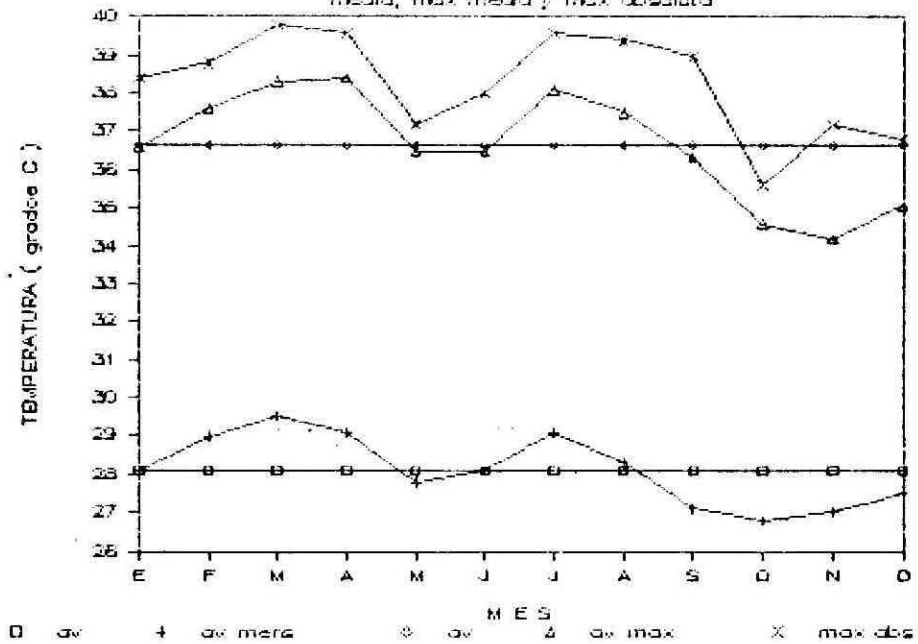
TEMPERATURAS EN SANTA MARTA

media, max media y max absoluta



TEMPERATURAS EN VALLEDUPAR

media, max media y max absoluta



Biblioteca Agropecuaria
de Colombia - BAC



010100008599

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

SITUACION ENERGETICA DE LA COSTA ATLANTICA

Tomo I	Carbón
Tomo II	Petróleo
Tomo III	Gas
Tomo IV	Electricidad
Tomo V	Potencial Hidroeléctrico
Tomo VI	Maremotriz
Tomo VII	Geotermia
Tomo VIII	Leña
Tomo IX	Carbón Vegetal
Tomo X	Residuos Agropecuarios
Tomo XI	Combustible a partir de productos Agrícolas
Tomo XII	Energía Solar
Tomo XIII	Energía Eólica
Tomo XIV	Resumen. Conclusiones y Recomendaciones



Corporación Eléctrica de la Costa Atlántica - CORELCA
Instituto Colombiano Agropecuario - ICA
Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit - GTZ