

Características de la nubosidad y de la radiación solar sobre Camagüey.

Ismael Pomares Ponce

Centro Meteorológico de Camagüey

Carretera a Nuevitas Km 71/2

E-mail ismael@met.cmw.inf.cu

Resumen

Un factor que modula la cantidad de radiación que alcanza la superficie terrestre lo constituye la nubosidad. El normal crecimiento de las plantas, la producción de electricidad de los paneles solares, la iluminación disponible en las construcciones son algunos de los procesos que se ven afectados por esta variable. A partir de las mediciones de la radiación global realizadas en la estación actinométrica del Centro Meteorológico de Camagüey y empleando los datos de cobertura nubosa y tipo de nubes, obtenidas como resultado de las observaciones complementarias a las actinométricas, se efectúa un análisis del comportamiento de la nubosidad y el efecto que la misma produce sobre la radiación solar. Se analiza un período de 4 años (1998-2001), durante el cual se observa el predominio de cielos parcialmente nublados con mayor frecuencia de 6/10 de cielo cubierto, principalmente en horas del mediodía. Las nubes cúmulos, estratocúmulos y cirros son los tipos de nubes reportados con mayor frecuencia con un 34.84, 19.86 y 16.79 % respectivamente. Se observa que cada tipo de nubes presenta un comportamiento estacional y diurno característico.

El efecto de la nubosidad sobre la radiación solar es analizado teniendo en cuenta el estado del disco solar, la altura del Sol y la altura de las nubes clasificadas en altas, medias y bajas.

Introducción

Las nubes juegan un papel importante en el sistema climático debido a sus efectos sobre la radiación global (IPCC, 2001). La gran variedad de tipos de nubes y la variabilidad de la cobertura nubosa, unido a la falta de métodos cuantitativos de medición de la cantidad de cielo cubierto, hacen necesario la búsqueda de

relaciones entre la radiación solar y la nubosidad que disminuyan la incertidumbre en los modelos de radiación solar o de circulación general.

Para estimaciones cuantitativas del balance de energía en la superficie de la tierra y para la utilización de la energía solar el conocimiento de la nubosidad sobre el régimen radiativo superficial es importante. Debido a la gran variedad de nubes y a su variabilidad por una parte y a la ausencia de métodos cuantitativos de medición de la nubosidad por otra, la dependencia de los flujos de radiación de la cantidad de cielo cubierto y del tipo de nubes han tratado de ser parametrizados por muchos autores en el pasado y en la actualidad. Una de las investigaciones más detalladas fue llevada a cabo por Haurwitz en 1946 y 1948 que evaluó 11 años de sumas horarias de radiación global en Blue Hill cerca de Boston, Massachussets. La radiación global se presentó versus la masa óptica relativa (m) para diferentes cantidades de cielo cubierto, tipos y densidades de nubes, una dependencia funcional de m fue propuesta. Otra investigación detallada en este aspecto fue llevada a cabo por Kasten y Czeplak en 1980, en cuya investigación empleo 10 años de mediciones horarias, a partir de las cuales y de observaciones de la cantidad y tipo de nubes obtuvo relaciones funcionales entre estas variables.

Estudios realizados en la actualidad muestran una tendencia al incremento de la nubosidad en muchas partes del mundo. Tendencias positivas se han hallado en Europa, Estados Unidos, Canadá, Australia y en la antigua URSS (Dai et al., 1999, Karl et al., 1995). Sin embargo, en otros lugares la tendencia reportada es negativa, como en el caso de China (Kaiser, 1998). Estas tendencias sin dudas incide en el comportamiento de la radiación global y es una razón para estudiar su variabilidad y su interacción con la nubosidad, sobre todo por las implicaciones que tiene para el clima y su utilización como recurso energético. El impacto de la nubosidad sobre el balance de radiación y sobre el clima aún es desconocido (Liepert, 1997).

Por su parte Davies y McKay (1989) realizan una evaluación de modelos para la estimación de la radiación global, los modelos considerados hacían uso de las observaciones meteorológicas estándar como la cantidad de capas de nubes, su tipo, el uso de la cantidad de cielo cubierto y la insolación. En el presente trabajo pretende obtener algunas parametrizaciones de la radiación global a partir de la cantidad de cielo cubierto.

Materiales y métodos

Para la confección del presente trabajo se empleo una base de datos creada a partir de las observaciones realizadas en la Estación Actinométrica, adjunta a la Estación Meteorológica de Camagüey (21° 24'N, 77° 51'W), la misma se extiende de enero de 1998 a diciembre del 2001. Las mediciones se realizan a la hora y 12 minutos (hora local) en el intervalo de tiempo comprendido entre la salida y la puesta del sol. En un día, en dependencia del mes, se realizan entre 11 y 13 observaciones, pero solo se tomaron aquellas realizadas entre las 7:12 y las 17:12. Se emplearon las mediciones de radiación global, tipo de nube, cantidad de cielo cubierto y estado del disco solar, cuyas categorías aparecen en la Tabla 1.

La nubosidad fue agrupada según la cantidad de cielo cubierto y del tipo de nubes. La frecuencia de ocurrencia fue calculada para ambos casos. En el caso de los tipos de nubes se calcula la frecuencia de ocurrencia y se analiza su comportamiento para los tipos de nubes más frecuentes en el período lluvioso (mayo-octubre) y poco lluvioso (noviembre-abril).

Tabla 1. Categorías del estado del disco solar.

Categoría	Significado
I	Indica que en una zona de 5° alrededor del Sol no hay nubes ni rastros de nubes.
II	El Sol pasa a través de las nubes y proyecta sombras claras.
III	Los rayos solares pasan débilmente a través de las nubes, se ve el disco solar pero no proyecta sombra.
IV	El disco solar no se ve, no se proyectan sombras.

Los datos de radiación global se normalizaron utilizando la expresión:

$$Q_o = 0.026h_o^{.87} \quad (1)$$

donde Q_o es la radiación global en kW/m^2 calculada para cielo despejado y estado del disco solar con categoría I, h_o es la altura del Sol en grados. Luego, los valores de Q y Q/Q_o fueron agrupados a alturas del sol constantes y por la cantidad total de nubosidad N medida en décimos. Para determinar la influencia del tipo de nube en Q y Q/Q_o , los datos fueron agrupados según la cantidad de cielo cubierto, el tipo de nubes y la altura del Sol. En ambos casos se hace una diferenciación entre el período lluvioso y el poco lluvioso, además, se tiene en cuenta el comportamiento anual.

Análisis y resultados

Análisis de la nubosidad

Comenzaremos analizando la cantidad de cielo cubierto. En la Figura 1 se muestra el por ciento de ocurrencia de la cobertura nubosa, como se observa, la misma presenta una distribución unimodal, con un máximo en los 6/10 que representa el 17.3% de los casos. Cantidades de cielo cubierto de 5 a 9/10 predominan sobre la Estación Meteorológica de Camagüey, esto constituye más del 68.4% de los casos.

Las ocasiones en que el cielo está despejado o prácticamente despejado (de 0/10 a

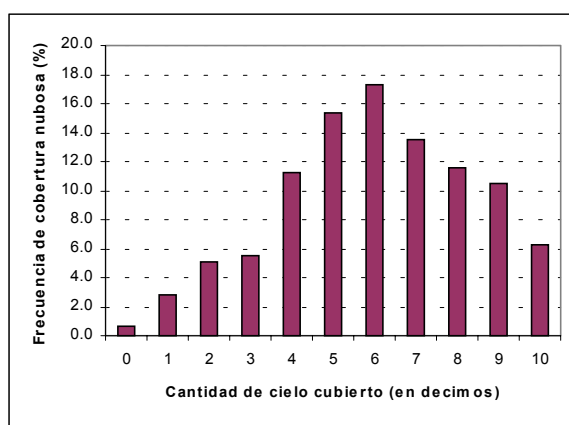


Figura 1. Distribución de frecuencias de la cobertura nubosa (%)

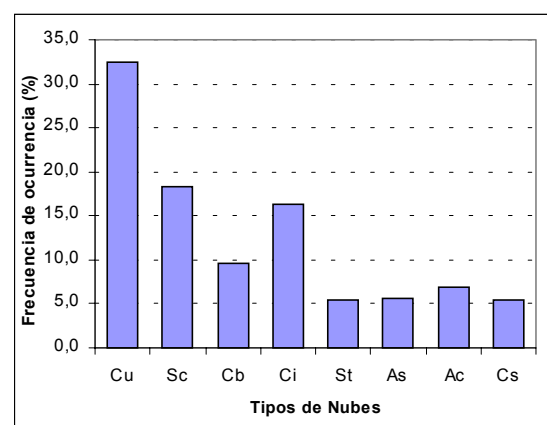


Figura 2. Por ciento de ocurrencia de los diferentes tipos de nubes.

3/10) ocurre en menos de un 14.2% y en el caso particular de cielo totalmente despejado no llega al 1%. Significa que un observador ve el cielo prácticamente despejado en pocas ocasiones sobre la Estación y que es un hecho sumamente raro observarlo completamente despejado. En el caso del cielo totalmente cubierto ocurre en poco más de un 6% de las veces, que tampoco es una situación muy común. Los cielos totalmente despejados aparecen con mayor frecuencia en horas tempranas de la mañana y es en el mes de febrero donde con mayor probabilidad aparecen (Pomares et., al. 2004). Los cielos cubiertos con 6 décimos son más frecuentes al mediodía, hecho que se explica por la intensificación de los procesos convectivos a estas horas.

En la Figura 2 se muestran los tipos de nubes reportados, donde claramente se distingue un predominio de los cúmulos, estratocúmulos, cirros y cúmulonimbos. Estas nubes en su conjunto representan el 76.6% de los casos por lo que en lo sucesivo los análisis se realizarán solamente para las nubes antes mencionadas.

Las nubes cúmulos prácticamente presentan poca variabilidad de sus reportes durante el día, su presencia es casi permanente sobre el territorio, tal es así que durante los 4 años de observaciones actinométricas se reportaron 60 combinaciones de tipos de nubes y en la mitad de ellas esta presente este genero. Se observan con mayor frecuencia en horas del mediodía, lo cual esta en correspondencia con el desarrollo de fenómenos convectivos que tienen lugar a esas horas debido al calentamiento diurno. A medida que transcurre la tarde se distingue un ligero decrecimiento en el por ciento de ocurrencia.

Con respecto a los estratocúmulos, el mayor por ciento se reporta al inicio de la mañana (11.22%) para luego alcanzar el mínimo principal a las 10:12 horas. La presencia de este tipo de nubes se incrementa posteriormente hasta alcanzar el segundo máximo al finalizar la tarde (17:12 hora local), pero una hora antes aparece un mínimo no trascendente. El máximo secundario debe estar dado por la formación de estratocúmulos a partir de los cúmulos a ultimas horas del atardecer cuando la corrección cesa y, en consecuencia, las cimas redondeadas de los cúmulos se achatan formándose los estratocúmulos.

Los estratocúmulos se forman producto de procesos convectivos a partir de los cúmulos y los cumulonimbos, también se pueden formar a partir de otros tipos de nubes como el altocúmulo, altoestrato o estratos, su presencia también esta asociada al paso de sistemas tropicales por el territorio, están presentes, por ejemplo; luego del paso de frentes fríos o de las ondas del este.

Las nubes cirros muestran un suave descenso en el por ciento de ocurrencia desde la mañana hasta las 15:12 horas, un pequeño máximo se observa a la hora siguiente, los reportes de cirros disminuyen nuevamente al finalizar la tarde. La presencia de cirros está condicionada en el territorio a las diversas situaciones sinópticas que influyen sobre el mismo. Sistemas tropicales como los frentes fríos, huracanes, las bajas frías superiores o las ondas del este traen aparejados la presencia de cirros que se extienden en grandes áreas durante cierto tiempo. La presencia del chorro subtropical es otro factor generador de cirros. La influencia de fenómenos mencionados condicionan la marcha diurna de este tipo de nubes y en ella también influyen los fenómenos de mesoescala como la formación de cirros a partir de los cumulonimbos.

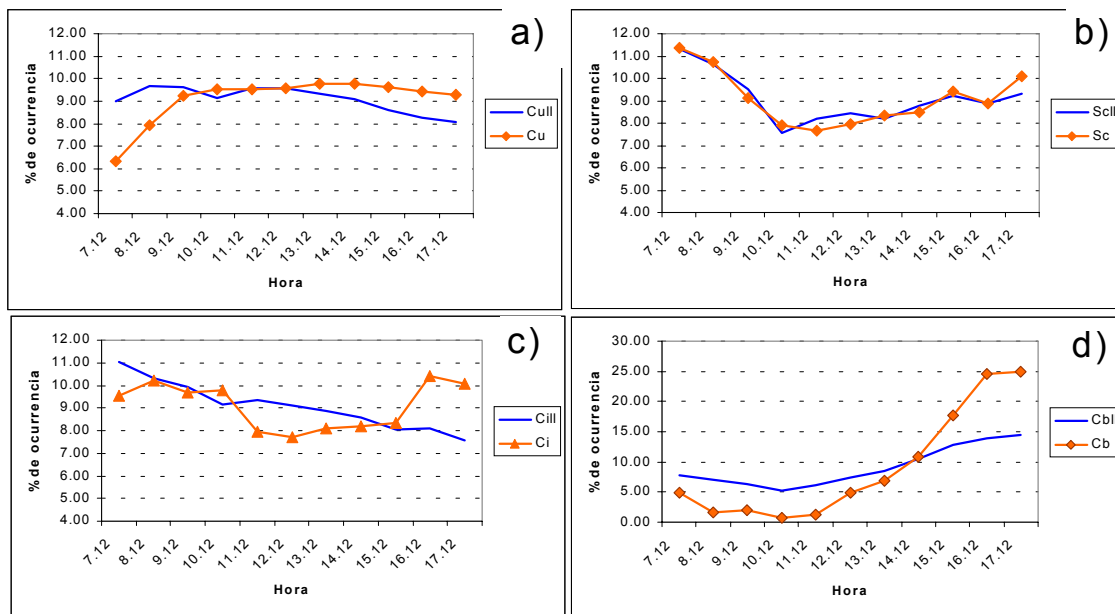


Figura 3. Marcha diurna durante el período lluvioso (línea) y poco lluvioso (línea con rombos) de las nubes cúmulos (a), estratocúmulos (b), cirros (c) y cumulonimbos (d).

Las nubes cumulonimbos, al igual que en los casos mencionados anteriormente, presenta un mínimo absoluto a las 10:12 horas. Los máximos se encuentran en los extremos de la curva y al finalizar la tarde es donde se alcanza el máximo principal. El alcanzan su máxima expresión precisamente en las horas finales de la tarde, como mayor por ciento de cumulonimbos detectados en horas de la tarde esta asociado al desarrollo de fuertes fenómenos convectivos generadores de tormentas que se detectó en estudios realizados con el radar meteorológico (Aroche, 2003).

Los mínimos en el por ciento de ocurrencia, reportados a las 10:12, están asociados a los máximos de presión que tienen lugar durante la marcha diaria de esta variable y que inhiben el proceso de formación de las nubes.

La marcha diurna de los tipos de nubes durante el período lluvioso y poco lluvioso se muestran en la Figura 3, lo que permite hacer una comparación de su comportamiento en ambos períodos. Se observa que los cúmulos presentan menor variabilidad en el por ciento de ocurrencia durante el período lluvioso (Figura 3a), se distingue el mínimo a las 10:12 horas, los valores mayores de ocurrencia tienen lugar en horas de la mañana, mientras que en el período poco lluvioso los valores máximos de ocurrencia se dan en la tarde, hay una mayor variabilidad sobre todo en horas tempranas de la mañana y no aparece el mínimo a las 10:12 horas.

Los estratocúmulos en ambos períodos muestra un comportamiento similar (Figura 3b), se destaca el mínimo a las 10:12 que aparece durante el período lluvioso, sin embargo; durante el poco lluvioso no ocurre así. Al finalizar la tarde tiene lugar un ligero incremento en la frecuencia de ocurrencia durante el período poco lluvioso.

En el caso de los cirros también aparece un mínimo ligero durante el período lluvioso a las 10:12 horas, se observa, además, un decrecimiento estable en la frecuencia de ocurrencia, no ocurre lo mismo durante el poco lluvioso en que este comportamiento es menos estable. En este último período se observan dos máximos que ocurre uno a las 8:12 horas y el otro a las 16:12 horas, otro máximo poco notable aparece a las

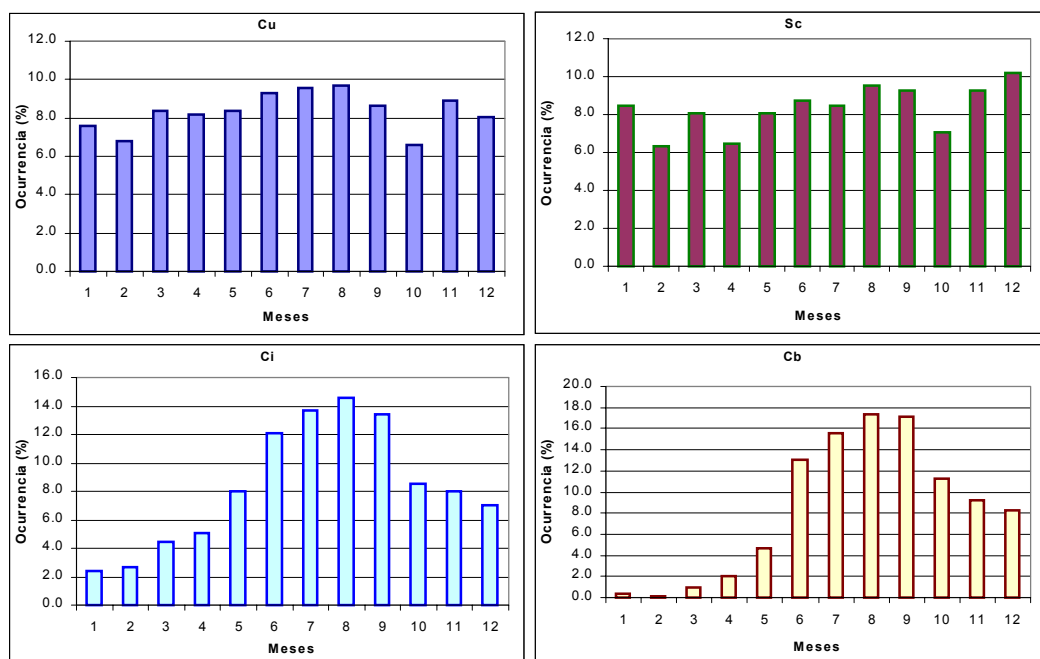


Figura 4. Comportamiento anual de los diferentes tipos de nubes.

10:12 horas en contraposición con lo expresado anteriormente, pero que debe estar dado por la advección de este tipo de nubes a causas de otros fenómenos y puede estar dado muy particularmente por la influencia del chorro subtropical que en estos meses se encuentra sobre o en las cercanías de Cuba.

Las nubes cumulonimbos, al igual que en los casos anteriores, presenta un mínimo a las 10:12 horas, pero con la particularidad de que aparece tanto en el período lluvioso como en el poco lluvioso. Se observa en ambos casos un incremento de frecuencia de ocurrencia en la tarde, lo que indica la existencia de procesos convectivos intensos como se expresó anteriormente. Durante el período poco lluvioso la ocurrencia de cumulonimbos en horas de la mañana es mínima y crece rápidamente después de las 10:12 de la mañana.

En la Figura 4 se muestra el comportamiento anual de los tipos de nubes objeto de análisis. Los cirros y cúmulonimbos se presentan con mayor frecuencia durante el verano y tienen un comportamiento unimodal con máximos en el mes de agosto para ambos casos. Los cúmulos aparecen de manera estable durante todo el año y al igual que en los casos anteriores, agosto es el mes en que se alcanza el máximo aunque no significativo. En el curso anual de este tipo de nube aparecen varios máximos secundarios. En el caso de los estratocúmulos se muestran con mayor frecuencia en diciembre y también exhiben varios máximos secundarios en su curso anual, se presentan de manera bastante estable en el transcurso del año.

Los cirros y los cumulonimbus son poco frecuentes en los primeros meses del año, el mínimo aparece en el mes de enero. Semejante comportamiento se explica por los fenómenos que dan origen a estos tipos de nubes y que durante estos meses no alcanzan gran desarrollo, como en el caso de los fenómenos convectivos que son más frecuentes durante el verano.

Análisis de la radiación global

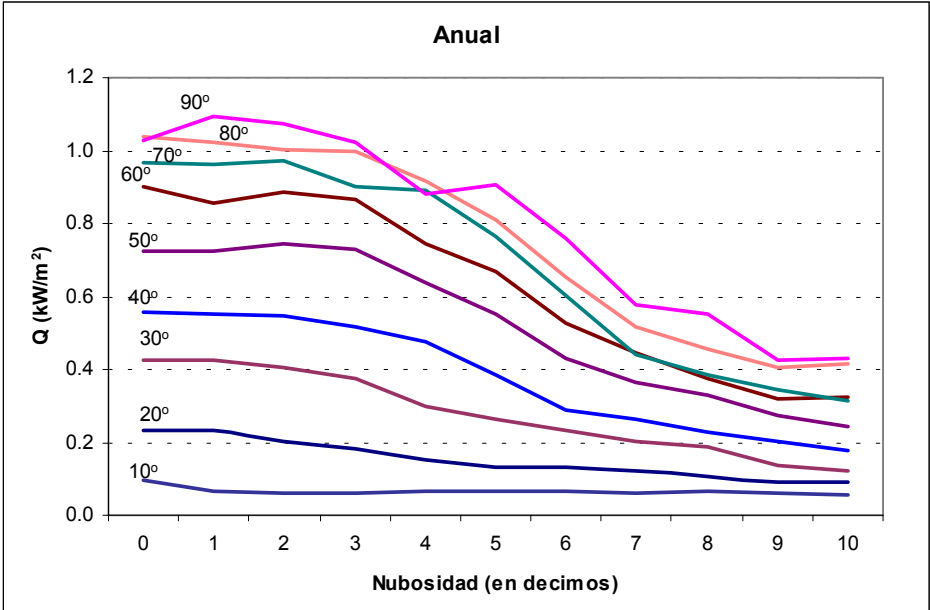


Figura 5. Radiación global en función de la cantidad de cielo cubierto N para diferentes alturas del Sol durante el año.

Se han realizado numerosos estudios acerca del comportamiento de la radiación global en dependencia (Davies y McKay, 1989, Kasten y Czeplak, 1980)) de la

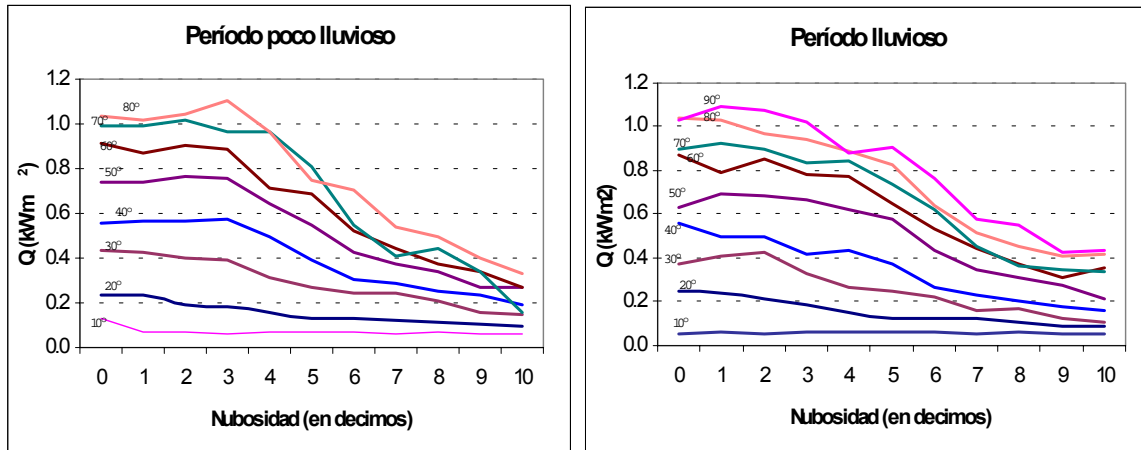


Figura 6. Radiación global en función de la cantidad de cielo cubierto N para diferentes alturas del Sol para los períodos poco lluvioso y lluvioso.

cantidad de cielo cubierto, muy útiles para determinar los niveles de radiación que alcanzan la superficie terrestre. En este trabajo se pretende mostrar brevemente como se comporta semejante dependencia para la radiación global medida en la Estación Actinométrica de Camagüey. La radiación global en función de la cantidad de cielo cubierto para diferentes alturas del Sol se muestra en la Figura 5, donde puede apreciarse un paulatino decrecimiento de Q a medida que se incrementa la

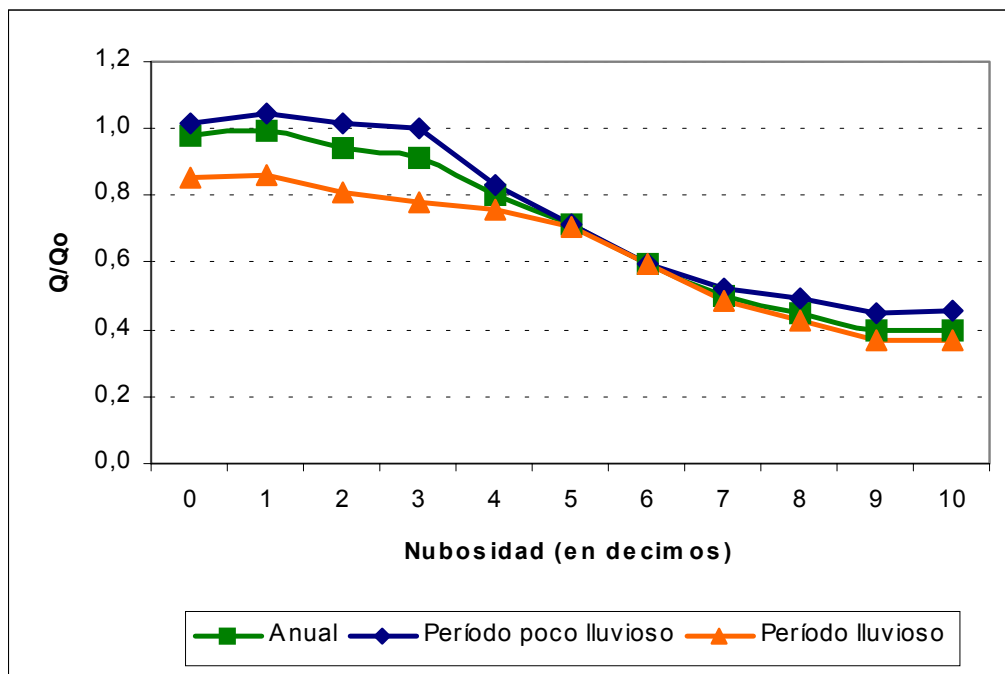


Figura 7. Razón Q/Q_0 en función de la cantidad de cielo cubierto para el año, y los períodos poco lluvioso y lluvioso.

nubosidad. En la Figura 6 aparece la misma información pero para los períodos lluvioso y poco lluvioso, en ambos presenta un comportamiento similar, pero por lo general, durante el período poco lluvioso la radiación global alcanza valores más altos y llega a ser hasta un 29% superior que la radiación global en el período lluvioso. Con respecto al curso anual, la radiación global del período lluvioso es superior a esta para alturas del Sol menores a 50° , para alturas mayores ocurre lo contrario, la radiación global del período poco lluvioso es mayor que el promedio anual superándolo hasta en un 16%.

La razón Q/Q_0 (Figura 7) tiene un suave incremento para cielos cubiertos con 1 décimo, luego decrece ligeramente hasta 3 décimos para tener una caída más abrupta hasta $N=8$ décimos, y mantenerse casi constante en un valor cercano a 0.4 hasta los 10 décimos. Durante el período lluvioso la *transparencia atmosférica es menor*, una mayor turbidez y contenido de vapor de agua en la atmósfera deben ser los responsables de tal comportamiento. Para cielos comprendidos entre los 7 y los 10 decimos las nubes permiten el paso de entre un 40 y un 50% de la radiación global.

La relación Q/Q_0 tiende a ser independiente de la altura solar por lo que se pueden obtener dependencias funcionales con la cantidad de cielo cubierto. *En* el caso analizado se obtuvieron parametrizaciones para el cálculo de la transparencia en dependencia de la cantidad de cielo cubierto.

Para el caso anual:

$$\frac{Q}{Q_0} = 1 - 0.728 \left(\frac{N}{10} \right)^{.684} \quad (2)$$

$$R=0.88$$

Para el período lluvioso:

$$\frac{Q}{Q_0} = 1 - 0.708 \left(\frac{N}{10} \right)^{.451} \quad (3)$$

$$R=0.63$$

Para el período poco lluvioso:

$$\frac{Q}{Q_0} = 1 - 0.702 \left(\frac{N}{10} \right)^{0.765} \quad (4)$$

$$R=0.88$$

La influencia del tipo de nube y la cantidad de cielo cubierto, clasificado en Parcialmente Nublado (N de 3 a 7) y Nublado (N mayor que 8) sobre la relación Q/Q₀ puede observarse en la Tabla 2, donde además, los valores de Q/Q₀ están agrupados por la altura del Sol y para Estados del Disco Solar (EDS) pertenecientes a las categorías III y IV, que significan que el Sol está cubierto totalmente por las nubes. Las combinaciones de los tipos de nubes que aparecen en la Tabla se seleccionaron por ser las que más frecuentemente fueron reportadas.

Como puede apreciarse la nubosidad reduce grandemente la cantidad de radiación global en cerca de un 70% como promedio, las reducciones mayores ocurren con cielo nublado y estado del disco solar IV para las combinaciones de nubes en las que aparecen los Cu y los Cb solos o acompañados de otros tipos de nubes, en este caso Ci o Sc. Los mayores promedios se obtienen para las combinaciones de nubes, Cu, Sc, Ac; Cu, Ac, Ci y Cu, Sc, Ac, Ci que permiten el paso de cerca del 29% de la radiación global.

Conclusiones

Sobre la Estación Meteorológica de Camagüey predomina una cobertura nubosa de 6 décimos, los cielos totalmente despejados son una rareza y ocurren principalmente en horas tempranas de la mañana.

Los tipos de nubes predominantes son los cúmulos, estratocúmulos y los cirros con un con un 34.84, 19.86 y 16.79 % respectivamente. Estas nubes presentan un comportamiento diurno característico durante el período lluvioso y poco lluvioso. En el período lluvioso donde se destaca un mínimo a las 10:12 de la mañana, asociada a un máximo diurno de la onda barométrica.

Los cúmulos y estratocúmulos presentan un comportamiento estable durante el año, mientras que en la marcha anual de los cirros y cumulonimbos se observa un incremento durante el verano, mientras que aparecen con menor frecuencia en los meses iniciales del año.

Durante los períodos lluvioso y poco lluvioso, la dependencia de la radiación global de la cobertura nubosa presenta un comportamiento similar, pero se destaca que,

durante el período poco lluvioso la radiación global alcanza valores más altos y llega a ser hasta un 29% superior que la radiación global en el período lluvioso.

Durante el período lluvioso la transparencia atmosférica es menor

La nubosidad reduce en cerca de un 70% como promedio la cantidad de radiación global que incide sobre la superficie. Las reducciones mayores ocurren con cielo nublado y estado del disco solar IV para las combinaciones de nubes en las que aparecen los Cu y los Cb solos o acompañados de otros tipos de nubes, en este caso Ci o Sc.

Bibliografía

Aroche, R., (2003), Comunicación Personal

Dai, A.; Trenberth, K. E.; Karl, T. R. (1999) Effects of clouds, soil moisture, precipitation and water vapor on diurnal temperature range. *J. Climate*, 12, 2452-2473.

Davies, J. A. y McKay, (1989) Evaluation of selected models for estimating solar radiation on horizontal surfaces. *Solar Energy*, Vol. 43, No. 3, pp. 153-168.

IPCC (2001). *Climate Change 2001. The Scientific Basis. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Isaac, G. A.; Stuart, R. A.(1996) Relationships between cloud type and amount, precipitation, and surface temperature in the Mackenzie River Valley-Beaufort Sea Area. *J. Climate*, Vol. 9, No.8, 1921-1941.

Karl, T. R.; Knight, R. W.; Easterling, D. E.; Quayle, R. G. (1995) Trends in U.S. Climate during the twentieth century. *Consequences*, Vol.1, No. 1, 2-12.

Kasten F. y Czeplak (1980) Solar and Terrestrial radiation dependent on the amount and type of cloud. *Solar Energy*, Vol 24, pp 177-189.

Liepert, B. G. (1997) Recent changes in solar radiation under cloudy conditions in Germany, *Int. Journal of Climatol.*, Vol 17, pp. 1581-1593.

Pomares I, Castellanos, M. J. y Lachicott J. R. (2004) características de la nubosidad sobre Camagüey (inédito).

Tabla 2. Dependencia de Q/Qo del tipo de nubes, estado del disco solar (EDS), Cantidad de cielo cubierto y altura del Sol.

Tipos de Nube	EDS	Pnub	20	30	40	50	60	70	80	90	Promedio
Cu	3	2	0,27	0,26	0,24	0,24	0,22	0,22	0,22	0,22	0,25
		3	0,33	0,31	0,30	0,27	0,24	0,24	0,23	0,23	0,27
	4	3	0,25	0,21	0,25	0,15	0,24	0,19	0,25		0,22
Cu Ac Ci	3	2	0,24	0,24	0,26	0,27	0,26	0,25	0,21	0,26	0,25
		3	0,28	0,37	0,31	0,31	0,26	0,26	0,26	0,26	0,28
Cu Cb	3	2	0,26	0,19	0,21	0,22	0,21	0,20	0,23	0,22	0,23
		4	3	0,20	0,19	0,21	0,19	0,21	0,22	0,22	0,21
	4	2	0,14	0,10	0,14	0,21	0,18	0,19			0,17
		3	0,22	0,15	0,12	0,14	0,12	0,14		0,11	0,17
Cu Cb Sc	3	2	0,24	0,25	0,20	0,20	0,18	0,21	0,23	0,21	0,24
		3	0,29	0,24	0,20	0,21	0,20	0,23	0,21		0,22
	4	2	0,22	0,15	0,14	0,15	0,20			0,25	0,22
		3	0,18	0,15	0,15	0,14	0,16	0,15	0,19	0,16	0,16
Ci	3	2	0,26	0,20	0,24	0,20	0,23	0,21	0,30	0,22	0,25
		3	0,30	0,39	0,33	0,28		0,22	0,24	0,23	0,27
Cu Sc Ac Ci	3	2	0,28	0,23	0,25	0,30	0,25	0,23	0,23	0,21	0,27
		3	0,28	0,26	0,33	0,30	0,29	0,25	0,27	0,32	0,29
	4	2	0,26	0,17			0,27				0,27
3		0,24	0,29	0,24	0,24	0,22	0,22	0,24		0,24	

Tabla 2 (Continuación)

Tipos de Nube	EDS	Pnub	20	30	40	50	60	70	80	90	Promedio	
Cu Cb Sc Ci	3	2	0,32	0,20	0,21	0,26	0,24	0,24	0,20	0,18	0,25	
		3	0,32	0,25	0,22	0,24	0,23	0,24	0,24	0,18	0,25	
	4	2	0,22	0,21	0,18	0,15	0,18	0,17	0,17	0,19		0,23
		3	0,21	0,16	0,17	0,20	0,17	0,16	0,16	0,14	0,12	0,18
Cu Ci	3	2	0,26	0,24	0,22	0,25	0,21	0,22	0,21	0,22	0,25	
		3	0,34	0,30	0,27	0,26	0,24	0,23	0,23	0,25	0,25	0,26
	4	2	0,24	0,24	0,20	0,28	0,17	0,17	0,17	0,21	0,19	0,27
		3	0,22	0,26	0,27	0,19	0,16	0,21	0,21	0,21	0,23	0,21
Cu Sc	3	2	0,28	0,26	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,24	0,27	
		3	0,27	0,28	0,29	0,27	0,26	0,23	0,23	0,24	0,20	0,27
	4	2	0,22	0,22	0,20	0,22	0,24	0,30	0,30	0,22		0,27
		3	0,21	0,19	0,21	0,21	0,19	0,19	0,19	0,24	0,24	0,23
Cu Sc Ac	3	2	0,24	0,22	0,23	0,18	0,23	0,28	0,39		0,24	
		3	0,24	0,28	0,27	0,25	0,28	0,24	0,36	0,30	0,29	
	4	2	0,24	0,18	0,19	0,26						0,22
		3	0,22	0,19	0,24	0,28	0,25	0,32				0,25