

# **Tendencia y Cambios en la Cantidad Total de Nubosidad Diurna en la estación Casa Blanca, La Habana, en el período 1964 - 2002.**

***Eudimio Martínez Chapman, Evelio García Valdés***

**Resumen.** En el trabajo se analizan las series temporales (anual y estacional) de la cantidad total de nubosidad diurna observada visualmente en la estación Casablanca, La Habana, entre 1964-2002, en plazos trihorarios entre las 7 y las 19 horas local. Se emplea el estadígrafo de prueba de Mann-Kendall para el examen de la tendencia complementado con el procedimiento de búsqueda de puntos de cambio según el criterio del valor de la dócima de Pettitt ; se adoptó un nivel de significación de 95% para interpretar los resultados. Se obtuvo que las tendencias (globales) de la cobertura nubosa media diurna son decrecientes altamente significativas. Se encontraron puntos de cambio altamente significativos localizados en el año 1984, tanto para la cobertura nubosa media anual como para la cobertura nubosa media de la temporada de invierno (nov-abr); el punto de cambio altamente significativo para la cobertura nubosa media de la temporada de verano (may-oct) se halló situado en el año 1979. El mismo método de análisis aplicado a la serie anual correspondiente al plazo de las 13 horas reveló que la tendencia global de la cantidad total de nubosidad es decreciente altamente significativa también en las horas del medio día en que la radiación solar es máxima.

## **Introducción.**

La cobertura nubosa es la principal barrera natural que en la troposfera intercede el paso a la superficie de la radiación ultravioleta y otros tipos de radiación solar; afecta por absorción y reflexión a las componentes de onda corta y por absorción, reflexión y reemisión a los flujos de onda larga. De ahí que sus cambios a largo plazo encuentran expresión en dos importantes áreas de impacto que se relacionan entre sí: la ambiental, mediante los efectos que provocan en la radiación ultravioleta (UV) y climática por las modificaciones que producen en los balances hídricos y radiativos de la tierra. Las alteraciones provocadas en el balance de radiación pueden conducir al enfriamiento de la superficie o causar su calentamiento por aumento del efecto greenhouse, en tanto que las variaciones inducidas en la UV pueden potenciar o atenuar el efecto de sus destructivos rayos sobre la salud humana, los materiales, los ecosistemas y la calidad del aire. El impacto resultante

en cualquier caso dependerá del cambio en la cantidad, tipo, espesor, altura y composición de las nubes. Las variaciones de la nubosidad han sido estudiadas en distintas regiones del mundo mediante las observaciones visuales desde superficie y datos de reflectividad medidos por satélite. Se reportan incrementos a largo plazo en la cobertura nubosa total en Estados Unidos y algunas localidades de Europa; mientras en otras áreas de este continente, así como en China y Australia se verifican decrecimientos.(Mc Kanzie et al, 1998, Kaiser 1999, Angell 1990, Wibig 2002). Reportes más recientes dan cuenta de un decrecimiento también en los trópicos. El presente trabajo tiene como objetivo examinar el comportamiento en el tiempo de la cobertura nubosa total en La Ciudad de La Habana en el período 1964 al 2002, empleando la información disponible de la estación de Casa Blanca,

### **Materiales y métodos.**

Para el estudio se emplearon los datos de las observaciones sinópticas de la cantidad total de nubosidad de la estación meteorológica de Casa Blanca del Instituto de Meteorología. En el período seleccionado, 1964 al 2002, se utilizaron los datos de las observaciones visuales de nubosidad, realizadas ininterrumpidamente en los plazos trihorarios durante al día, entre las 7 y la 19 hora local. De los mismos se obtuvieron los valores medios: diarios, mensuales, estacionales y anuales de cobertura nubosa total, los cuales fueron expresados en decimos. Para caracterizar la tendencia se aplicó a las series cronológicas climatológicas construidas una conocida metodología estadística que explora la estructura interna de las series. La aleatoriedad simple de las series es probada contra la correlación serial y contra la tendencia y el análisis es complementado por un procedimiento de búsqueda de puntos de cambios. Para esos propósitos se aplicaron las pruebas no paramétricas sugeridas por Sneyers: la de Wald – Wolfowitz(WW) para correlación de serie y la de Mann-Kendall(MK) para la tendencia progresiva y global (estadígrafo bidireccional) (Sneyers1990,1992). La prueba de Pettit (P) completó el análisis confirmatorio de la existencia de puntos de cambios significativos. El nivel de significación  $\alpha_0 = 5 \%$  se seleccionó para interpretar los resultados. Bajo esta condición la hipótesis nula (homogeneidad para las pruebas de Mann–Kendal y Wald– Wolfowitz y diferencias no significativas para la prueba de Pettit) es aceptada o rechazada al nivel de 95% en dependencia de si la probabilidad  $\alpha$  es  $>$  ó  $<$   $\alpha_0 = 5 \%$ . Adicionalmente y para cuantificar el valor de la tendencia, se aplicó un análisis de regresión lineal. El valor

de la tendencia fue estimado por el valor del coeficiente de la pendiente de la línea de ajuste mínimo cuadrático.

### Resultados.

Las series cronológicas de la nubosidad se muestran en las figuras 1, 2 y 3, y los resultados de los cálculos de los estadígrafos de tendencia se dan en las tablas 1 y 2 para el período anual, el plazo de las 13 horas y los períodos estacionales considerados.

**Tabla 1 Valores de los estadígrafos de tendencia y puntos de cambio para la cantidad total de nubosidad media diurna anual y del plazo de las 13 horas, en Casa Blanca, La Habana, 1964 al 2002.**

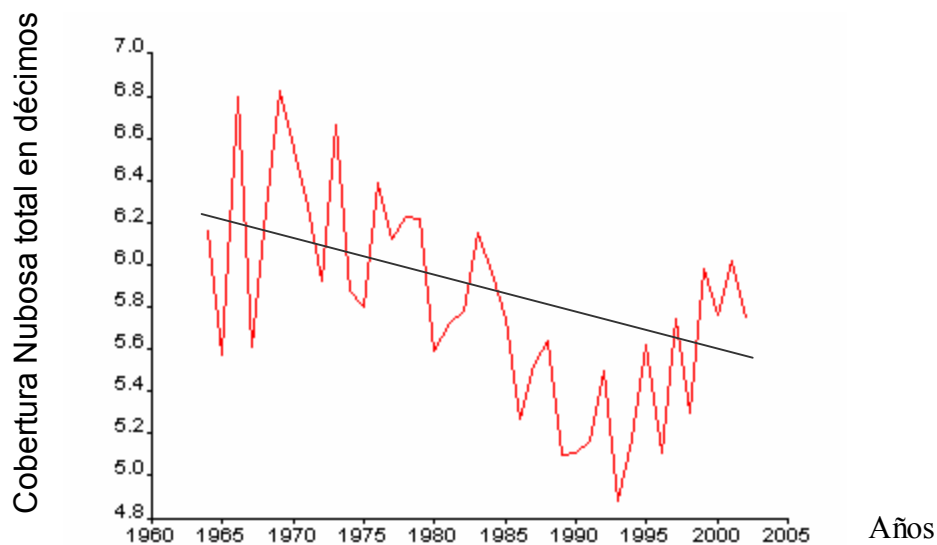
Serie	Anual		Anual 13	
	Estadígrafo	Probabilidad	Estadígrafo	Probabilidad
Kendall - Mann	-3.633280	0.0002<0.05	-3.060509	0.0022<0.05
Wald – Wolfowitz	3.369889	0.0004<0.05	3.059291	0.0011<0.05
Pettit, valor máximo	285(21)	0.0002<0.05	286(21)	0.0003<0.05
Punto de cambio significativo	1984		1984	

**Tabla 2 Valores de los estadígrafos de tendencia y puntos de cambio para la cantidad total de nubosidad diurna en las temporadas de verano (mayo – octubre) e invierno (noviembre – abril). Casa Blanca, La Habana, 1964 al 2002**

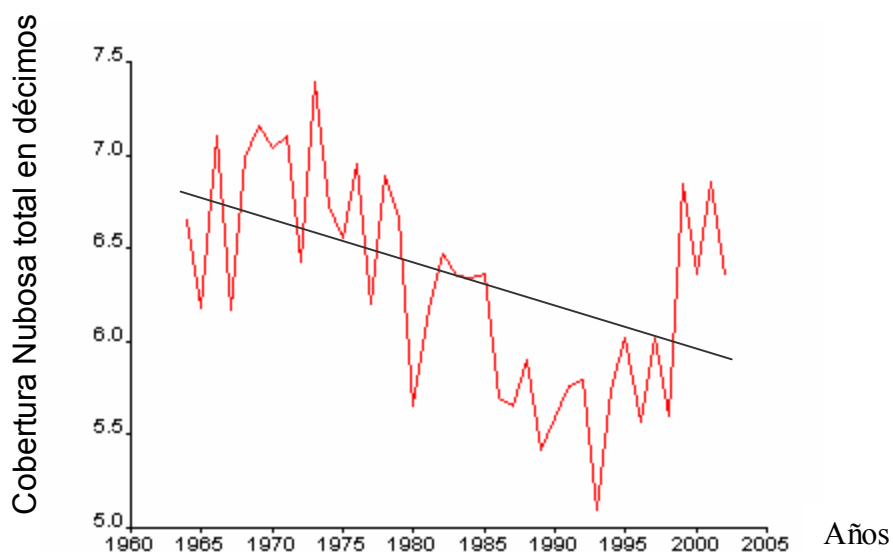
Serie	Verano (mayo - octubre)		Invierno (noviembre - abril)	
	Estadígrafo	Probabilidad	Estadígrafo	Probabilidad
Kendall - Mann	-3.557849	0.0004<0.05	-3.23098	0.0012<0.05
Wald – Wolfowitz	3.409568	0.0003<0.05	1.697780	0.0448<0.05
Pettit, valor máximo	296(16)	0.0004<0.05	255(21)	0.0010<0.05
Punto de cambio significativo	1979		1984	

Por los valores de los estadígrafos WW y KM se evidencia que todas las series tienen persistencia corta (correlación interna) y persistencia larga (tendencia global) altamente significativas. La tendencia global es decreciente altamente significativa. De lo que se deduce que la cantidad total de nubosidad diurna tiende a disminuir en todas las escalas temporales analizadas. De acuerdo con los valores del estadígrafo de Pettitt el proceso del cambio climático en la nubosidad se inició al final de la década del 70 para la cobertura nubosa media de la temporada de verano. El

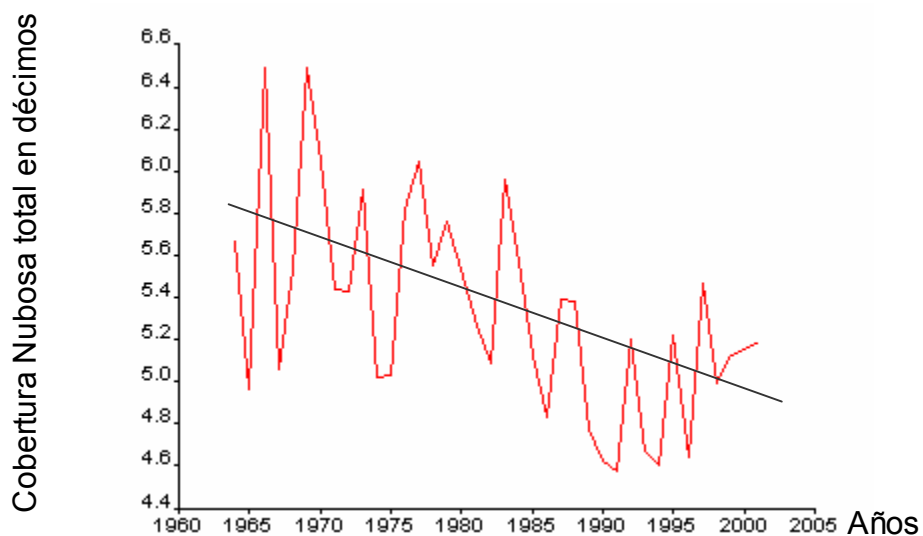
cambio significativo para la cobertura nubosa media anual y del plazo de las 13 horas así como para la cobertura nubosa media de la temporada invernal comenzó en 1984. La declinación global observada en las series de nubosidad es consistente con el aumento de la frecuencia de los eventos de sequía reportados a partir de la década del 70. (Lapinet, comunicación personal). Las series cronológicas mostradas en las figuras 1, 2 y 3 contienen además las pendientes de las rectas del ajuste mínimo cuadrático obtenidas para cuantificar las tendencias a largo plazo. Los coeficientes de tendencias calculados se dan en la tabla 3 que contiene además los valores medios anuales y estacionales de la nubosidad diurna observada en el período 1964 al 2002. Con estos datos se hallaron los porcentos relativos de cambio o decrecimientos a largo plazo de la cantidad total de nubosidad que se muestran en la tabla 4. Así por ejemplo si en el verano el valor de la tendencia es de 2.7 % por decenio y la nubosidad media 63 %, el decrecimiento acumulado en el período asciende a 10.5 % y es equivalente a casi un 17 % de la cantidad total de nubosidad observada en la temporada verano.



**Fig. 1 Serie cronológica para cobertura nubosa total media diurna anual. Casa Blanca, La Habana período 1964 – 2002.**



**Fig. 2 Serie cronológica para la cobertura nubosa total media diaria de la temporada de verano. Casa Blanca, La Habana período 1964 – 2002.**



**Fig. 3 Serie cronológica para la cobertura nubosa total media diaria de la temporada de invierno. Casa Blanca, La Habana período 1964 – 2002.**

**Tabla 3 Valores medios anual y estacional de la cobertura nubosa diaria y estadígrafos de tendencia definidos por el coeficiente regresión (b) y el error**

$\sigma_b$  asociado. Casa Blanca, La Habana período 1964 - 2002.  $\sigma$ : desviación standard

Series	Media $\pm \sigma$ (%)	Tendencia $\pm \sigma_b$ (% por decenio)	prueba t student, nivel de significación en (%)
Anual	58.2 $\pm$ 4.9	-2.5 $\pm$ 0.6	99
Anual 13	59.4 $\pm$ 5.0	-2.4 $\pm$ 0.6	99
Invierno	53.3 $\pm$ 4.9	- 2.3 $\pm$ 0.6	99
Verano	63.0 $\pm$ 5.7	-2.7 $\pm$ 0.7	99

**Tabla 4 Decrecimiento porcentual de la cobertura nubosa diurna en la estación Casa Blanca en el período de 1964 - 2002.**

Series	Decrecimiento acumulado período 1964 al 2002 (%)	Decrecimiento en relación a la media del período (%)
Anual	9.8	17
Anual 13	9.4	16
Invierno	9.0	17
Verano	10.5	17

### Conclusiones

En la estación meteorológica de Casa Blanca, C.Habana , la cobertura nubosa total diurna experimenta una tendencia decreciente altamente significativa que se expresa tanto en la escala anual como en las escalas estacionales consideradas: temporada de verano ó lluviosa(may-oct),temporada de invierno ó poco lluviosa(nov-abr).Puntos de cambio climático en dicha variable altamente significativos se localizaron en 1979 para la cobertura nubosa media de la temporada de verano y en 1984 para la cobertura nubosa media anual y la cobertura nubosa media de la temporada de invierno respectivamente. El decrecimiento porcentual estimado en todo el periodo fluctúa alrededor de 10% y es equivalente a casi un 17% con relación a los valores medios históricos de la cantidad total de nubosidad de las escalas temporales consideradas.

### Referencias Bibliográficas.

- 1- Angell J. K ( 1990): Variation in U S Cloudiness and Sunshine 1950 - 1982. J Climat App Meteorol 1984 23, 752-761
- 2- Kaiser, D. P (1999) Trends in total Clouds amount over China. In trends: A Compendium of Data on Global Changes. Carbon Dioxide information AnalysisCenter , Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy , Oak Ridge, Tenn, USA.
- 3-Mc Kenzie, R. L et al (1988): Cloud cover measured by satellite and from the ground : relationship to uv radiation at the surface In: International Journal Remote Sens. 19, 2969-2985.
- 4- Sneyers, R: 1990: On the Statistical Analysis of series of Observation. Technical Note No. 43 WMO No. 45.
- 5- Sneyers. R(1992) . "On the use of statistical analysis for the objective determination of climate change " Meteorol. Zeitschrift 1, 247-256
- 6- Wibig, J: 2002: Variability and trends in cloud characteristics in Lodz in the period 1951 - 2000. In: Proceeding International Conference Man and Climate in the 20 th Century .