

Caracterización de las precipitaciones en la estación meteorológica de Casablanca y su tendencia

Autor: LOURDES ÁLVAREZ ESCUDERO, ROSENDO ÁLVAREZ MORALES, ISRAEL BORRAJERO MONTEJO

Centro de Física de la Atmósfera. Instituto de Meteorología. E-mail: lulu@met.inf.cu

Resumen.

Se hace una breve caracterización de la serie de acumulados anuales de precipitación para el periodo 1909 - 2000. Se analiza la tendencia de los acumulados y cantidad de días con lluvia anuales, mensuales y por hora del día en el periodo de estudio. Se calcula la moda anual de la lluvia diaria, su tendencia y la representatividad de la misma, la cantidad de días consecutivos con lluvia considerando clases de lluvia y "no lluvia" para límites variables y su tendencia. Se determina la probabilidad de lluvia diaria y los puntos de comienzo y fin de la temporada lluviosa a partir de ajustar una curva a esta distribución. Se realiza un análisis de la relación entre la permanencia de días lluviosos y los casos de años clasificados como de sequía y de "no sequía" para los pronósticos de sequía meteorológica. En general se concluye que la mayoría de las series estudiadas son homogéneas, que la permanencia de la lluvia no influye sobre la clasificación de los años lluviosos o secos, que el comienzo de la temporada lluviosa es sobre el 18 de mayo y el final sobre el 7 de noviembre. Se brindan también parámetros útiles para cálculos de remoción de contaminantes en la atmósfera.

Introducción

La lluvia es un fenómeno fundamental en la vida del hombre ya que interviene de una forma u otra en todos los sectores en que este se desempeña; por esta razón reviste gran importancia el estudio de todas las variables relacionadas con la precipitación, tanto los valores acumulados en diferentes periodos de tiempo, como el cambio de ellos para largas series temporales.

En Cuba se han realizado muchos estudios sobre el tema de la lluvia, desde caracterizaciones (Vega et al., 1990; Pérez et al., 1992; Lecha et al., 1994), análisis de persistencia (Alonso et al., 1991) y modelos de pronóstico (Cárdenas, 1999), hasta modos de variación durante el periodo instrumental disponible (León et al., 1991; Instituto de Meteorología, 1997; Vega et al., 2000), pero por lo general las muestras abarcan periodos de estudio de alrededor de 30 años o las variables usadas son acumulados mensuales o anuales, o los análisis que se hacen suelen ser específicos del objetivo que se buscaba en cada una de las tareas que se perseguían.

El objetivo de este trabajo es caracterizar las precipitaciones en la estación Casablanca y determinar si hubo cambios apreciables en el comportamiento climático de dicha variable en los 92 años que constituyen el periodo de estudio. Los resultados del trabajo serán aplicados al análisis de cuales son las condiciones más favorables para la remoción de sustancias contaminantes en la atmósfera.

Materiales y Métodos

Aquí se trabajará con los acumulados de precipitación diaria en la estación meteorológica de Casablanca en el periodo comprendido entre 1909 y el 2000 y con las series de acumulados 6 horarios (horarios 01, 07, 13, 19 hora local) en el periodo 1971 - 2000. Estos valores fueron rectificadas hasta garantizar su semejanza con los valores asentados en los libros de registro y se acudió a los registros de pluviógrafos cuando los datos no existían o eran dudosos. Los acumulados de lluvia diaria del periodo 1971 a 2000 fueron calculados a partir de la suma de los valores de los acumulados seis horarios, sumados desde las 07 de un día hasta las 01 del siguiente para lograr una homogeneidad con los valores referenciados de 1909 a 1970 donde se reportaba acumulado diario hasta las 12 de la noche. Los análisis de homogeneidad de la series se realizaron utilizando la metodología descrita por Sneyers (1990).

Para fijar el comienzo y final de la temporada lluviosa se diseñó el siguiente método: se calculó la probabilidad de ocurrencia de lluvia (mayor o igual a 0.1 mm) para cada uno de los 365 días del año para el periodo 1909 - 2000 (92 años). A esta distribución se le ajustó una curva de la forma:

$$Y = C_0 + \sum_{i=1}^n C_1(i) \sin \left[\frac{2\pi}{365} iX \right]^2 + \sum_{i=1}^n C_2(i) \cos \left[\frac{2\pi}{365} iX \right]^2$$

donde "Y" es la probabilidad de lluvia, "X" el día del año e "i" es el número de armónicos que se va a

usar para el ajuste ($i = 1, \dots, n$). A esta curva se le calcula la primera y segunda derivada de forma analítica y se determinan los puntos de inflexión para su posterior análisis.

La clasificación de los años en de "no sequía", de "sequía débil", de "sequía moderada" y de "sequía severa" fue hecha con la ayuda del programa MONITOR 7 del Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía del Centro del Clima del Instituto de Meteorología (B. Lapinel, comun. pers.).

Análisis de los resultados

Primero se realizó un análisis de tendencia a varias series. La primera serie analizada fue la de los acumulados anuales de lluvia en el periodo 1909 - 2000. Esta serie presenta persistencia corta altamente significativa, pero las pruebas de tendencia global muestran resultados distintos; la prueba de Spearman muestra una serie creciente significativa, mientras la de Mann - Kendall (más exigente) muestra una serie homogénea, la prueba global de Fisher no descarta los resultados dados por los demás estadígrafos y entre las curvas de los estadígrafos directo e inverso de Mann - Kendall hay 5 cortes con lo que se descarta la existencia de un punto de cambio único. En estas condiciones es difícil arribar a una conclusión. Un

análisis parecido para una serie más corta mostró que aunque no había tendencia significativa, desde mediados de la década del 70 se apreciaba un importante aumento de las anomalías positivas (Instituto de Meteorología, 1997).

El análisis realizado para las 12 series de acumulados mensuales mostró que excepto en enero, donde se encontró persistencia corta altamente significativa y febrero, donde se encontró tendencia global creciente altamente significativa, aunque no persistencia corta, los restantes meses presentan series marcadamente homogéneas.

Si consideramos como días con lluvia, aquellos con acumulado mayor o igual que 0.1 mm, la serie de días con lluvia anual en el periodo 1909 - 2000 es homogénea y el análisis de las 12 series mensuales arroja 11 series homogéneas, constituyendo la excepción diciembre, donde a pesar de no haber correlación interna hay tendencia global creciente altamente significativa y se sugiere un punto de cambio entre los años 1970 y 1971. El gráfico de las series directa y retrógrada del estadígrafo de Mann Kendall para la cantidad de días lluviosos en el mes de diciembre entre los años 1909 y 2000 está representado en la figura 1, donde puede observarse un único corte entre las curvas alrededor de los años 1970 y 1971.

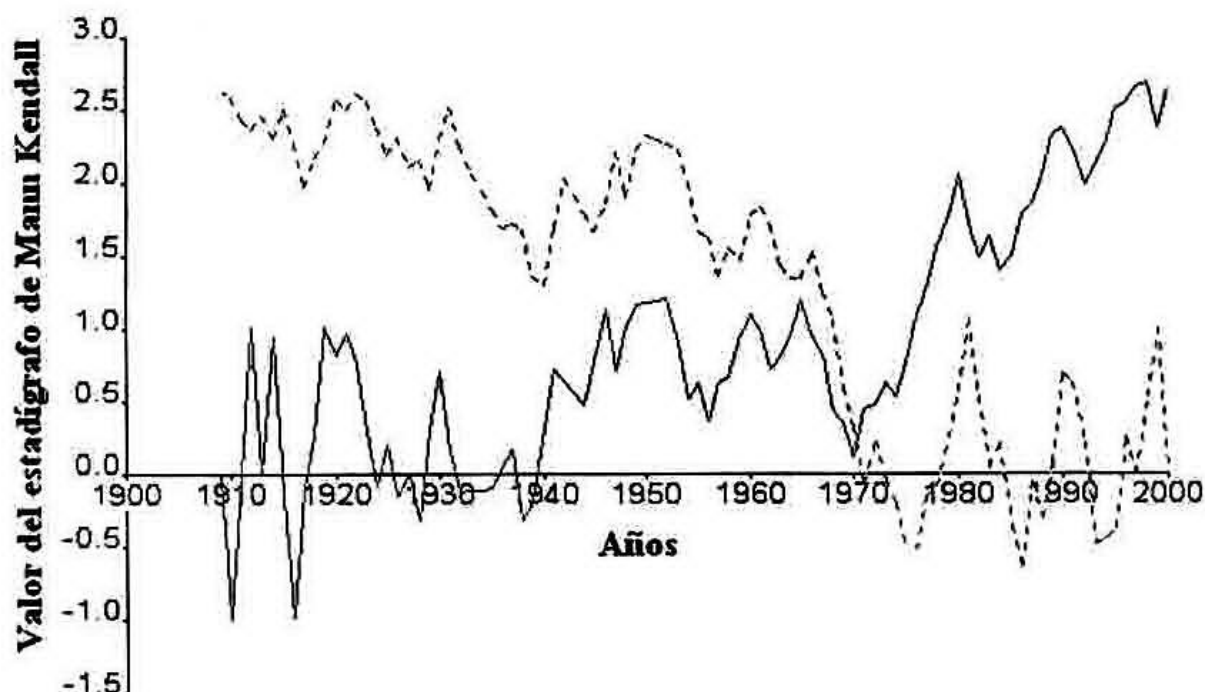


Figura 1. Series directa (línea continua) y retrógrada (línea discontinua) del estadígrafo de Mann Kendall para la sucesión de días lluviosos en el mes de diciembre en el periodo 1909 - 2000 en la estación Casablanca.

Además se realizó un análisis de tendencia de casos de lluvia anuales para varios rangos de acumulados. El valor menor y mayor de número de casos para un año por rangos es el siguiente:

Rangos (en mm)	número de casos menor para un año	número de casos mayor para un año
cero	174	274
cantidades no medibles de lluvia (trazas y lloviznas)	7	63
entre 0.1 y 4.9	36	83
entre 5.0 y 9.9	6	28
entre 10.0 y 29.9	11	35
entre 30.0 y 49.9	1	15
entre 50.0 y 99.9	0	9
mayores o iguales que 100	0	4

El valor de los estadígrafos, niveles de significación, valores extremos y posibles puntos de cambio para todas las pruebas realizadas se resumen como sigue:

Rango (mm)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
cero	3.23	0.0006	-5.04	0.0000	-5.12	0.0000	1	1942	1462.0	0.0000	1945
cantidades no medibles de lluvia	6.75	0.0000	-4.74	0.0000	4.68	0.0000	1	1941	-1699.0	0.0000	1942
cero y cantidades no medibles de lluvia	0.88	0.1892	-1.43	0.1523	-1.39	0.1626	5	---	563.0	0.0893	1982
entre 0.1 y 4.9	1.44	0.07	-1.73	0.08	1.55	0.1208	9	---	-610.0	0.0586	1987
entre 5.0 y 9.9	-0.64	0.7415	0.15	0.8771	0.09	0.9248	11	---	302.0	0.4990	1941
entre 10.0 y 29.9	-0.32	0.6288	-0.03	0.9757	0.07	0.9382	9	---	267.0	0.5808	1937
entre 30.0 y 49.9	-0.45	0.6767	0.83	0.4038	0.69	0.4872	9	---	-345.0	0.4036	1928
entre 50.0 y 99.9	0.59	0.2768	0.26	0.7898	0.26	0.7873	13	---	-321.0	0.4559	1965

Donde:

- I - Valor del estadígrafo de Wald Wolfowitz.
- II - Nivel de significación calculado para el estadígrafo de Wald Wolfowitz.
- III - Valor del estadígrafo de Spearman.
- IV - Nivel de significación calculado para el estadígrafo de Spearman.
- V - Valor del estadígrafo de Mann Kendall.
- VI - Nivel de significación calculado para el estadígrafo de Mann Kendall.
- VII - Número de cortes entre las series directa y retrógrada del estadígrafo de Mann Kendall.
- VIII - Valor de la abscisa correspondiente al corte entre las series directa y retrógrada del estadígrafo de Mann Kendall (en caso de ser uno).
- IX - Valor extremo del estadígrafo de Pettitt.
- X - Nivel de significación calculado para el estadígrafo de Pettitt.
- XI - Valor de la abscisa correspondiente al valor extremo del estadígrafo de Pettitt.

El resultado de este análisis se resume en la Tabla 1. De aquí puede inferirse que han disminuido los casos de "no lluvia" a costa de los casos de cantidades no medibles de lluvia; sin embargo, por el análisis de los datos, puede intuirse que estas cantidades expresadas como trazas o lloviznas no siem-

pre son determinadas con la misma precisión, por lo que se recomienda no considerar a las trazas como casos de lluvia sino como de "no lluvia". La serie de los rangos cero y cantidades no medibles en conjunto es homogénea, con un comportamiento similar a las series de los restantes rangos.

Tabla 1. Análisis de tendencia del número de días con lluvia anual para diferentes rangos de acumulados de lluvia en la estación Casablanca para el periodo 1909 - 2000.

Rangos (en mm)	Conclusión
cero	decreciente altamente significativa con un punto de cambio significativo alrededor de 1945
cantidades no medibles de lluvia (trazas y lloviznas)	creciente altamente significativa con un punto de cambio significativo alrededor del año 1942.
cero y cantidades no medibles de lluvia	homogénea
entre 0.1 y 4.9	tiene persistencia corta, pero no tendencia global
entre 5.0 y 9.9	homogénea
entre 10.0 y 29.9	homogénea
entre 30.0 y 49.9	homogénea
entre 50.0 y 99.9	homogénea
mayores o iguales que 100	el número de casos por año es cero o valores muy bajos por lo que no se realizó el análisis.

La representación de la marcha diaria de los acumulados de lluvia extraídos de los datos 6 horarios para el periodo 1971 - 2000 se observa en

la figura 2. La marcha presenta un máximo absoluto en las 19 horas (hora local) y uno relativo a las 01.

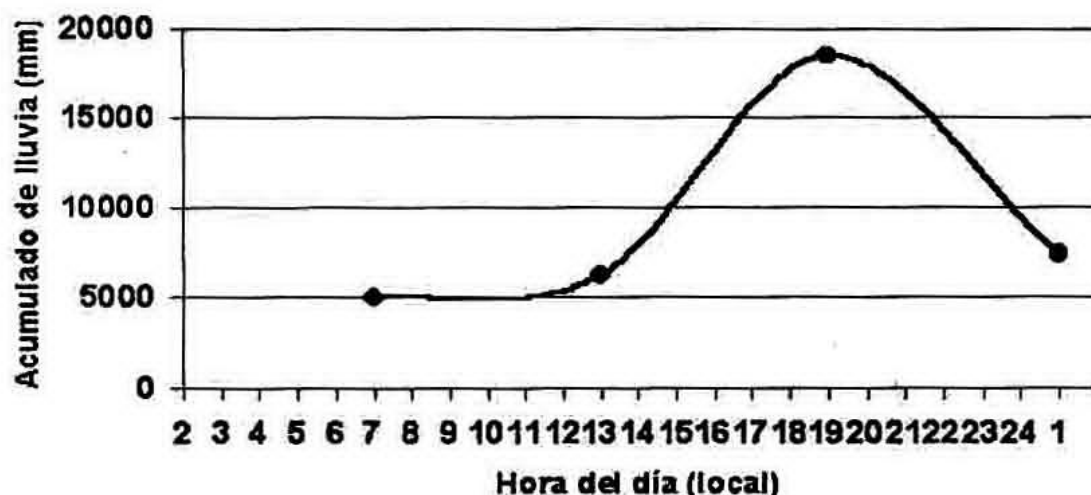


Figura 2. Marcha diaria de la lluvia a partir de los valores acumulados seis horarios en la estación Casablanca para todo el periodo 1971 - 2000.

El análisis de tendencia por horas del día se resume en la Tabla 2.

Horario (hora)	Conclusión
07	homogénea
13	homogénea
19	creciente significativa con un punto de cambio en 1987
01	creciente altamente significativa con un punto de cambio entre 1986 y 1987

Tabla 2. Análisis de la tendencia del número de días con lluvia (mayor o igual que 0.1 mm) por año para la estación Casablanca en el periodo 1971 - 2000 por horarios.

Este análisis sugiere un crecimiento del número de días lluviosos por año, en los horarios de medición correspondientes a las últimas horas de la tarde y la noche.

El análisis de la tendencia de los acumulados anuales de lluvia para los cuatro horarios estudiados, arrojó que todas las series son marcadamente homogéneas a lo largo del periodo 1971 - 2000.

Un valor interesante es el acumulado diario de la lluvia más frecuente para cada año (moda), por esto se determinó este valor y su representatividad para una precisión de 0.1 mm y se calculó la tendencia de estas series. En caso de algunos años con curvas multimodales, se tomó el valor en donde tanto el acumulado con mayor número de casos, como los acumulados en la vecindad de este acumularan el ma-

yor número de casos. La serie de la moda de acumulado de lluvia diaria para Casablanca en el periodo 1909 - 2000 (figura 3), resultó decreciente altamente significativa, con un punto de cambio algo difícil de precisar ya que hay contradicción entre las pruebas de Mann Kendall (punto de cambio alrededor de 1983) y la de Pettitt (punto de cambio en 1971). El decrecimiento de la serie significa que el valor más frecuente de acumulado diario tiende a ser menor con el paso de los años. La serie de representatividad de la moda es homogénea lo que refleja que las mediciones se han realizado con una precisión bastante regular. El análisis de la tendencia de las series de moda mensual no se amerita pues estos valores por meses presentan distribuciones multimodales con muy poca representatividad.

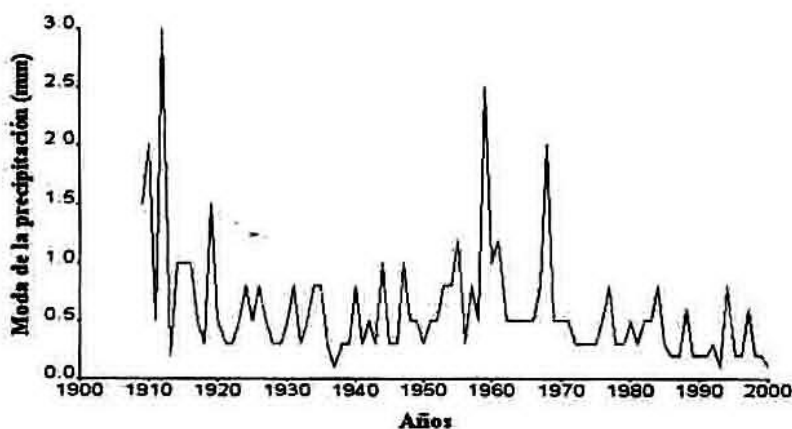


Figura 3. Serie de la moda de lluvia anual para la estación Casablanca en el periodo 1909 - 2000.

Un aspecto importante en los análisis de los parámetros relacionados con la precipitación es la cantidad de días consecutivos con lluvia a lo que se llamará permanencia según los conceptos dados por Álvarez et al. (1992). Aunque las curvas para un año y una cota dada a partir de cual se considere un acumulado en la clase lluvia o "no lluvia", son algo disímiles (ver figuras 4 y 5) para el conjunto de todos los años en análisis (figura 6) el comportamiento es

regular: siempre hay un máximo para un día de permanencia y después disminuye abruptamente a medida que aumentan el número de días consecutivos con lluvia.

Un análisis de tendencia de la clase "no lluvia" considerada para varias cotas (hasta 30.0 mm) y para cada uno de los días consecutivos de permanencia (120 series) arrojó que todas las series fueron marcadamente homogéneas.

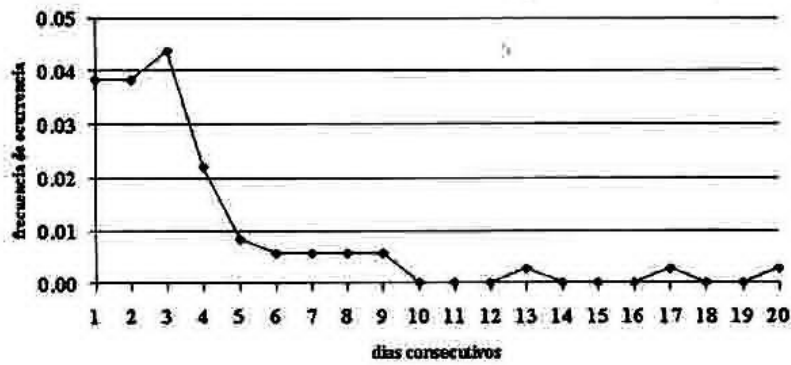


Figura 4. Frecuencia de ocurrencia de "no lluvia" para la cota 0.0 mm por días consecutivos de permanencia en la estación Casablanca en el año 1970.

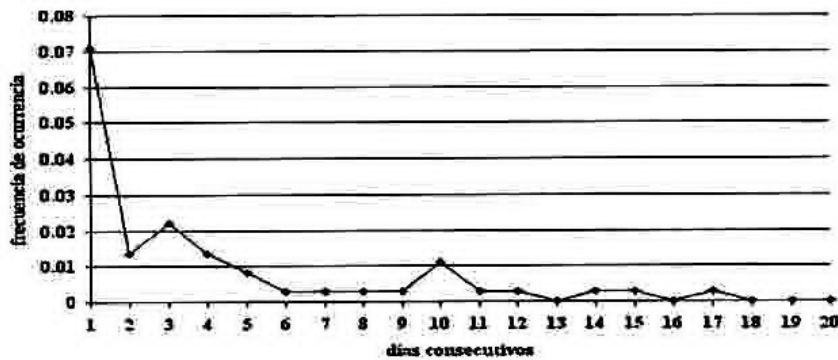


Figura 5. Frecuencia de ocurrencia de "no lluvia" para la cota 0.0 mm por días consecutivos de permanencia para el año 2000 en Casablanca.

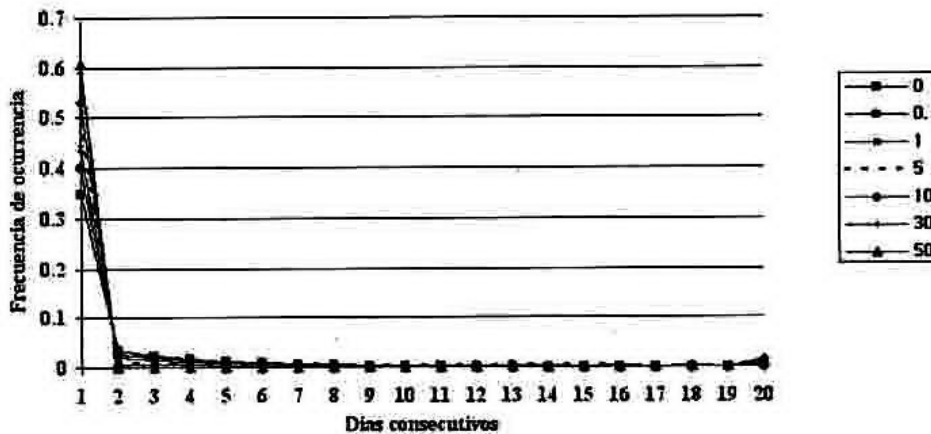


Figura 6. Frecuencia de ocurrencia contra días de permanencia de "no lluvia" en Casablanca en el periodo 1909 - 2000 para diferentes cotas de dicotomía.

Pasando a otro tópico, se trató de agrupar los años por grupos de diferentes características en lluviosos, secos y con valores intermedios. Para ello, los acumulados de los días 29 de febrero se sumaban al día 28 para que todos los años tuvieran el mismo número de días y se agruparon los datos de los 365 días en grupos de 5 días (73 valores). Se

realizó un análisis de cluster que arrojó que no había grupos bien definidos, sino que se iba de años lluviosos a años secos pasando por años intermedios y viceversa.

Del análisis de extremo realizado a la curva ajustada a la distribución de probabilidad de lluvia diaria (ver figura 7), se obtuvieron 8 puntos de inflexión

y se analizó su posición, encontrando que el comienzo de la temporada lluviosa es el día 18 de mayo y el final el 7 de noviembre. La curva se ajustó para $n=5$ y se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.91 y un error estándar de 0.05 por lo que puede considerarse una buena aproximación. Este procedimiento no pudo realizarse para grupos de años,

con lo que se conseguiría determinar la tendencia del comienzo y fin de la temporada lluviosa, porque al disminuir el número de años las curvas de probabilidad no tienen dependencia definida, al menos para lograr 10 grupos, que es el mínimo de puntos que se requieren para realizar el análisis de tendencia.

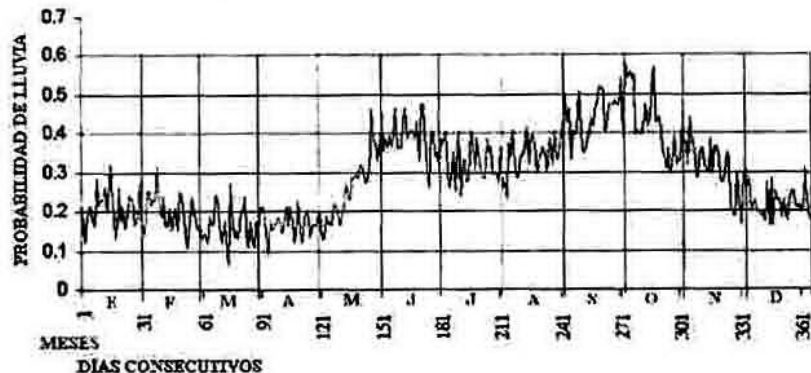


Figura 7. Probabilidad de lluvia diaria en Casablanca en el periodo 1909 - 2000.

Desde el punto de vista agrometeorológico (R. Álvarez, comun. pers.) se podrían definir otros rangos de lluvia tales como:

- R1: de 0.1 a 0.5 mm,
- R2: de 0.6 a 1.0 mm,
- R3: de 1.1 a 5.0 mm,
- R4: de 5.1 a 10.0 mm,
- R5: de 10.1 a 30.0 mm.,
- R6: de 31.1 a 50.0 mm y
- R7: mayores de 50 mm.

Con esta clasificación es posible calcular la frecuencia de ocurrencia de días lluviosos por rangos contra meses del año (figura 8), como una especie

de marcha anual por rangos. De la figura 8 se ve que el máximo está entre los meses de septiembre y octubre para el rango entre 1.1 y 5.0 mm, aunque existen máximos secundarios en esos mismos meses pero para el rango entre 10.1 y 30.0 y en ese mismo rango en los meses de junio y julio. Se observa que el rango de 5.1 a 10.0 mm tiene menor frecuencia de ocurrencia que sus rangos vecinos.

Si analizamos la frecuencia de ocurrencia de casos de días con lluvia por meses del año y hora del día, obtenemos lo que se observa en la figura 9. Aquí los máximos absolutos son en los meses de junio y septiembre a las 19 horas.

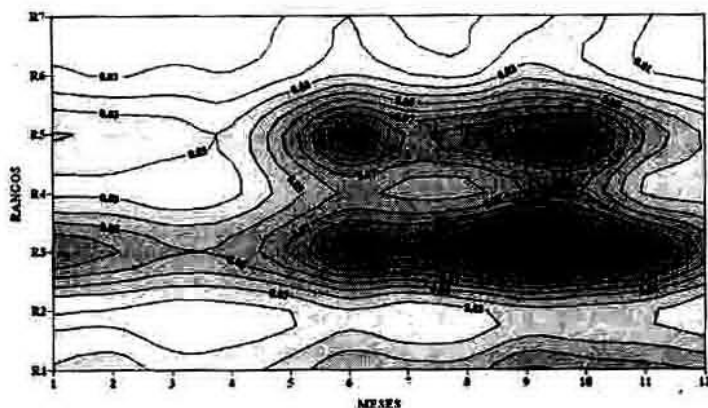


Figura 8. Frecuencia de ocurrencia de días lluviosos por rangos y por meses para la estación Casablanca en el periodo 1909 - 2000.

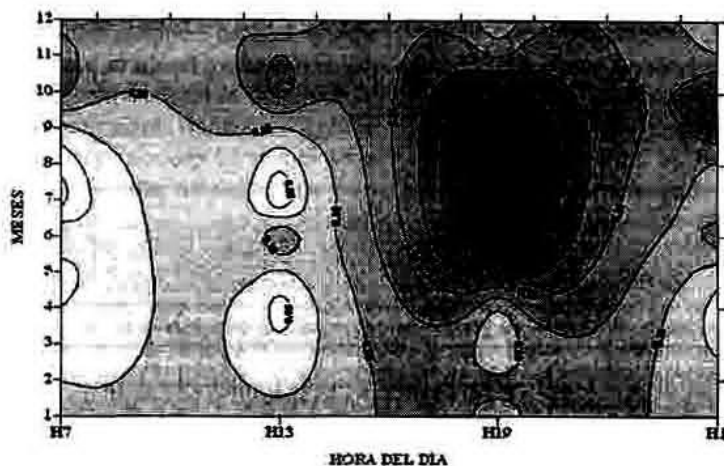


Figura 9. Frecuencia de ocurrencia de días lluviosos por meses del año y horas del día (6 horarios) para la estación Casablanca para el periodo 1971 - 2000.

Tomando como norma todos los años disponibles de la serie se clasificaron en años de "no sequía", de sequía débil, de sequía moderada y de sequía severa con el objetivo de analizarlos por grupos y estudiar como se comporta la permanencia de días con lluvia para cada conjunto. La

muestra de las curvas de ocurrencia de días de permanencia, considerando lluvia valores mayores o iguales que 0.1 mm para algunos años considerados de "no sequía" y para todos los considerados de sequía severa se muestran en las figuras 10 y 11.

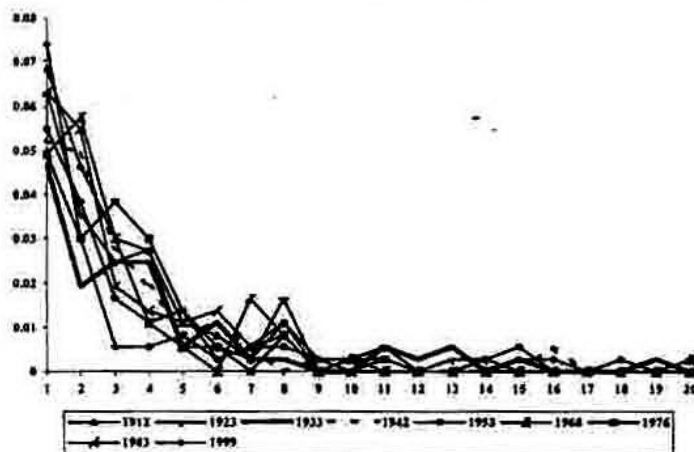


Figura 10. Frecuencia de ocurrencia de días de permanencia para algunos años considerados de "no sequía" en la estación Casablanca.

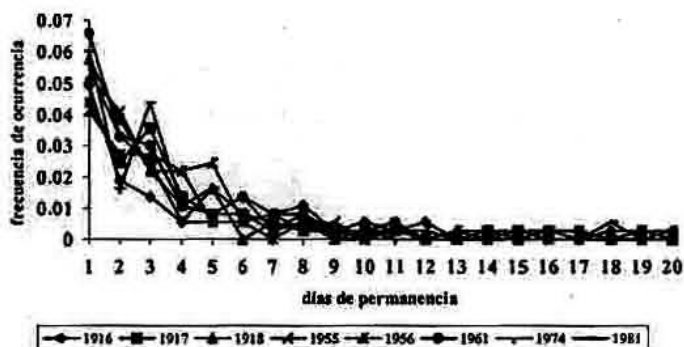


Figura 11. Frecuencia de ocurrencia de días de permanencia para los años considerados de sequía severa en la estación Casablanca.

Aquí se observa que no existe ninguna regularidad específica de los grupos de "no sequía" y de sequía severa; aunque los años difieren en la forma de la curva, el comportamiento tiende a ser de un máximo absoluto para un día de permanencia y a disminuir abruptamente a medida que aumenta el número de días consecutivos con lluvia. Se realizó un ajuste de la curva de permanencia (Álvarez et al., 1992) de la forma:

$$\text{frecuencia de ocurrencia} = a \exp(-b \cdot (\text{días de permanencia}))$$

Para ambos grupos, el de "no sequía" y el de sequía severa, los coeficientes a y b, el coeficiente de correlación y el error estándar son bastante aproximados entre sí.

Los análisis realizados para los grupos que no se ilustraron, es decir los de sequía débil y moderada, arrojaron resultados similares. En general, puede entonces decirse que los sucesos de sequía y "no sequía" no están relacionados con un aumento o disminución de los días consecutivos con lluvia.

Como parte de este trabajo, pueden también ofrecerse valores de utilidad en los cálculos de remoción, como por ejemplo la determinación del tiempo de vida medio de un contaminante en la atmósfera tal y como lo calcula Junge et al. (1957). Estos parámetros son: la cantidad de días con lluvia en el mes y el acumulado medio en el mes. En la Tabla 3 se dan estos parámetros por meses para la estación Casablanca.

meses	cantidad de días que llueve en el mes (promedio)	acumulado promedio de lluvia (en mm)
enero	6.5	2.06
febrero	5.9	1.76
marzo	5.1	1.50
abril	5.3	1.80
mayo	8.4	3.10
junio	11.6	5.28
julio	10.0	3.24
agosto	10.9	3.37
septiembre	13.2	4.97
octubre	13.1	5.57
noviembre	9.1	2.83
diciembre	6.9	1.68

Tabla 3. Parámetros de lluvia asociados al cálculo del tiempo de vida media de un contaminante en la atmósfera según Junge et al. (1957) para la estación Casablanca.

Conclusiones

Tanto las series de acumulados de lluvia anuales y por meses como las de cantidad de días lluviosos o no lluviosos por años y para cada mes, son por lo general homogéneas a excepción de la serie de días con 0 mm por año y la de cantidades no medibles de lluvia, donde la primera decrece y la segunda crece, aunque este efecto se atribuye a errores en las mediciones.

La marcha diaria de los acumulados de lluvia dada por las observaciones 6 horarias para la estación Casablanca en el periodo 1909 - 2000 presenta un máximo absoluto a las 19 horas y uno relativo a las 01. El análisis de tendencia de los acumulados anuales de lluvia para los cuatro plazos de observación analizados, arroja series marcadamente homogéneas a diferencia de las de cantidad de días lluviosos, donde se encuentra tendencia creciente significativa en horas finales de la tarde y la noche.

El valor más frecuente (moda) del acumulado diario de lluvia tiende a ser menor con el paso de los años, durante el periodo de estudio.

La frecuencia de ocurrencia de cantidad de días consecutivos de lluvia tiene una forma regular para todas las series estudiadas, tanto por plazos como por rangos, presentando un máximo absoluto para un día con lluvia y disminuyendo abruptamente a medida que aumentan los días consecutivos con lluvia. Del análisis de tendencia de las series de "no lluvia" para diferentes cotas y diferentes clases de permanencia se obtuvo que todas son homogéneas.

Aplicando un análisis de extremo a la probabilidad diaria de ocurrencia de lluvia, se puede apreciar que la temporada lluviosa comienza sobre el 18 de mayo y termina sobre el 7 de noviembre.

Los sucesos de años de sequía y "no sequía", no están relacionados con un aumento o disminución de los días consecutivos con lluvia.

Referencias

- Alonso C., Y. Gort, A. Rivero (1991): Análisis de la persistencia de días con y sin precipitaciones en algunas estaciones de la provincia La Habana. *Revista Cubana de Meteorología*, 4(1): 23 - 31.
- Álvarez, L., R. Álvarez (1992): La permanencia como propiedad general de las variables meteorológicas I. Resultados preliminares. *Revista Cubana de Física*, 12(2): 115-120.
- Cárdenas P. (1999): Pronósticos de totales mensuales de lluvia en Cuba. Un modelo con varios meses de adelanto. *Revista Cubana de Meteorología*, 6(1):47 - 51.

Instituto de Meteorología. Centro Nacional del Clima (1997): Variaciones y cambios del clima en Cuba. Centella A.; L. R. Naranjo; L. R. Paz (eds.), 59 pp.

Junge E.; P. E. Gustafson (1957): On the distribution of sea salt over the United States and its removal by precipitation. *Tellus* 9(2): 164 - 173.

Lecha L. B.; L. R. Paz y B. Lapinel, eds. (1994): El Clima de Cuba. Editorial Academia, La Habana, 186 pp.

León E., P. Cárdenas (1991): Homogeneidad de las series anuales de precipitación. *Revista Cubana de Meteorología*, 4(1): 5 - 9.

Pérez J. A., J. Vidallet (1992): La variable precipitación en la zona minera de Moa. *Revista Cubana de Meteorología*, 5(1): 59 - 66.

Sneyers, R. (1990): On the statistical analysis of series of observations. Technical Note No. 143, WMO-No. 415, 192 pp.

Vega R., M. L. Núñez, P. Cárdenas (1990): Caracterización estadística de la precipitación total máxima en 24 horas. *Revista Cubana de Meteorología*, 3(1): 62 - 69.

Vega R., M. Garcés, M. Sardñas, N. Fernández (2000): Tipificación de datos de totales de lluvia para el cálculo de la magnitud de las anomalías en una estación meteorológica periodo observacional de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 7(1): 18 - 23.

Abstract

A brief characterization of the annual accumulated precipitation series is made for the period 1909-2000. The trend of those accumulates is analyzed, as well as the quantity of days with rain per year, per month and by hour in the period of study. The annual mode of the daily rain is calculated, its trend and the representativeness of it. The quantity of serial days with rain is calculated considering rain and non-rain classes with variable limits and its trend is calculated. The probability of daily rain is calculated and the beginning and ending dates of the rainy season are determined by adjusting a curve to this distribution. An analysis is carried out of the relationship between the permanence of rainy days and the cases of years classified as dry and humid by the forecast of meteorological drought. In general it is concluded that most of the studied series are homogeneous, that the permanence of the rain doesn't influence on the classification of the humid and dry years and that the beginning of the rainy season is on May 18 and the end on November 7. There are also offered useful parameters for calculation of pollutant removal from the atmosphere.