

2.2.2. Variaciones y tendencias observadas.

Las variaciones y tendencias de la temperatura en Cuba fue detalladamente analizada en la “*Segunda evaluación de las variaciones y tendencias del clima en Cuba*”, informe elaborado en el marco del proyecto de “*Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*” (Pérez Suárez *et al*, 2009). En dicho informe se señalaron varios aspectos fundamentales relacionados con las variaciones y tendencias de esta variable, entre ellos se destacan los siguientes:

- Se ha observado un incremento en la temperatura superficial del aire (0.9°C) desde mediados del pasado siglo. No obstante dicho incremento, y que las últimas dos décadas han sido las más cálidas observadas, se ha producido un ligero descenso de la temperatura superficial desde comienzos de los años 90, lo que se considera como una estabilización de la temperatura alrededor de un valor medio muy alto.
- El incremento antes descrito está condicionado por el incremento de la temperatura mínima, calculado en alrededor de 1.9°C .
- Se ha producido una disminución en el rango diurno de la temperatura superficial.

Para el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque fueron analizadas las variaciones que se han producido en el comportamiento de la temperatura. La temperatura media anual de la estación de Güira de Melena se ha incrementado significativamente, en 0.8°C desde el año 1965 hasta el presente, sin que se aprecie el ya mencionado ligero descenso observado para de Cuba desde el año 1990 (Figura 2.7). Al igual que en el caso de Cuba, el incremento de la temperatura en Güira de Melena está condicionado por el significativo incremento de la temperatura mínima, calculado en alrededor de 1.1°C (Figura 2.8). El aporte del trimestre diciembre - febrero es el más importante con un valor de 1.6°C . Sin embargo, en esta estación es posible apreciar también un incremento de la temperatura máxima de aproximadamente 0.5°C . Como consecuencia del comportamiento antes descrito, se ha registrado una significativa disminución de la oscilación térmica media diaria de aproximadamente -1.2°C (Figura 2.9).

Como se explicó con anterioridad, el estudio de la serie de temperatura de Batabanó estuvo restringido al período 1986 - 2009. El análisis arrojó como resultado la no existencia de tendencias durante el período observado.

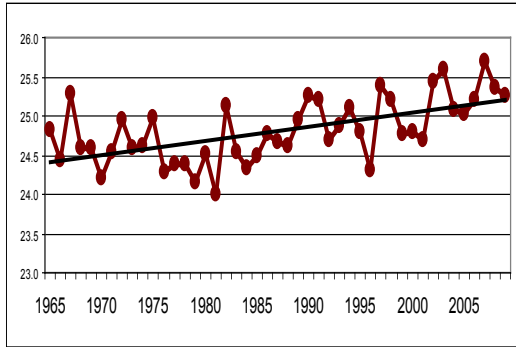


Figura 2.7. Valores de la temperatura media anual en Güira de Melena y su tendencia

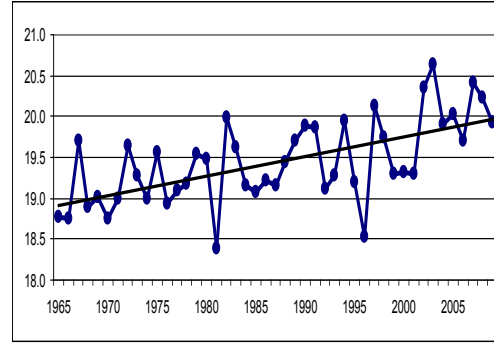


Figura 2.8. Valores de la temperatura mínima media anual en Güira de Melena y su tendencia.

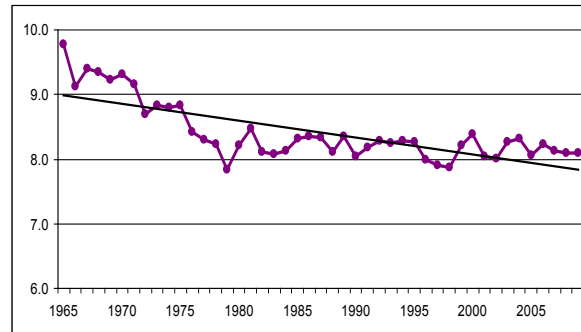


Figura 2.9. Valores de la oscilación diaria media anual de la temperatura en Güira de Melena y su tendencia.

2.2.4. Conclusiones.

Las evidencias observacionales demuestran que desde mediados de los años 60 del siglo XX la temperatura superficial del aire en la región de estudio se ha incrementado en 0.8°C, valor cercano al que se ha producido en la temperatura media anual de Cuba desde 1951, y algo superior al observado en Casablanca desde el año 1971. Tal incremento está condicionado por el ascenso de la temperatura mínima, lo que repercute en una importante disminución de la oscilación diaria de la temperatura.

En general, las variaciones antes descritas son consistentes con las reportadas para Cuba. Es de subrayar que la serie de la temperatura media anual de Casablanca indica que el calentamiento observado en la estación de Güira de Melena se inició desde antes de mediados del siglo XX y se ha mantenido durante los últimos cien años, sólo interrumpido por variaciones de carácter multianual, durante períodos limitados.

2.3. La humedad del aire

La humedad del aire es uno de los principales elementos meteorológicos que caracterizan el estado atmosférico. Es importante el estudio de sus peculiaridades por

sus implicaciones para la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas; la estrecha relación que tiene con procesos vitales e imprescindibles para la vida, así como por su aplicación en diversas ramas de la economía. En los estudios bioclimáticos se presta también especial atención al comportamiento de esta variable, ya que en combinación con otros elementos meteorológicos, incide en la sensación térmica de las personas; y, por otra parte, puede provocar estados desfavorables para la salud humana.(Lecha, et. al. 1988). Si se considera al clima como un recurso natural disponible para su aprovechamiento por el hombre, los recursos de humedad (Davitaya y Trusov, 1965) constituyen uno de los tres identificados como principales para la actividad humana.

La humedad ha sido un elemento siempre presente en las investigaciones climáticas realizadas durante los últimos 40 años en Cuba (Lecha, et. al. 1994; Lecha, et. al. 1988; Tabloide de Meteorología y Climatología, 1996; Instituto de Geografía e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, 1989). Y en los estudios más recientes sobre variabilidad y cambios del clima en Cuba, realizados para la Segunda Comunicación Nacional (Pérez et. al., 2009), este tema se aborda con un novedoso enfoque, orientado hacia la variabilidad climática. En un contexto más específico, el sur de Artemisa y Mayabeque ha sido caracterizado con frecuencia respecto al régimen de humedad del aire. (Guevara, et. al, 2004), encontrándose variaciones en el clima atribuidas a la influencia del Dique Sur.

Para la realización de este trabajo se seleccionó la estación meteorológica de Batabanó como emplazamiento principal. Este emplazamiento está ubicado cerca de la costa y se considera que la estación es representativa de las características climáticas del área de interés. Además, se tomó la estación meteorológica de Casablanca, en La Habana, como referencia general, pues refleja muy bien las variaciones climáticas regionales (Vega et al 1998).

La *tensión del vapor de agua (TVA)* es un indicador del contenido real de humedad y la *humedad relativa (HR)* del grado de saturación de humedad de la atmósfera. Estas variables, a una temperatura dada, pueden variar desde valores muy bajos a altas temperaturas hasta casi la saturación a temperaturas cercanas a 0°C, con la misma cantidad de vapor de agua,.

El análisis se hizo con datos medios mensuales de ambas variables para los años 1980-2009 en la Estación Casablanca y 1987-2009 en la Estación Batabanó. Aunque se había concertado un período de trabajo común, hubo que prescindir de los seis primeros años-datos de Batabanó, debido a que la estación fue reubicada en 1985, motivando la falta de homogeneidad de la serie.

El estudio se desarrolló en dos direcciones fundamentales:

- la descripción de los regímenes diario, anual e interanual de las variables representativas del régimen hídrico de la localidad, apoyado en el cálculo y análisis de los principales estadígrafos de tendencia central y dispersión en las series
- la determinación de anomalías, tendencias y puntos de cambio presentes en las series, con el uso de las pruebas de *Kendall-Mann* (Sneyers, 1975), en sentido directo e inverso. La presencia de puntos de cambio se obtiene con la misma técnica, confirmada luego por la prueba de *Pettitt* (Vannitsen y Demarée, 1991).

2.3.1 Características generales del régimen de humedad.

2.3.2.1 Humedad relativa

La *marcha anual* de la *humedad relativa* guarda relación con el comportamiento estacional de las precipitaciones. Los mayores registros en la zona se ubican entre junio y noviembre, con valores medios entre 80-82 %, mientras que los más bajos se reportan en el primer cuatrimestre del año, donde oscilan entre 72-76 % (Figura 2.10). Con respecto a la *marcha diaria* de la humedad relativa, presenta el máximo diario en horas de la noche, generalmente al final de la madrugada, alcanzando prácticamente el punto de saturación, muy cerca del 100 %. La mínima se registra en horas del mediodía y puede alcanzar valores notablemente bajos entre 30 % y 40 % en los meses finales del período poco lluvioso del año.

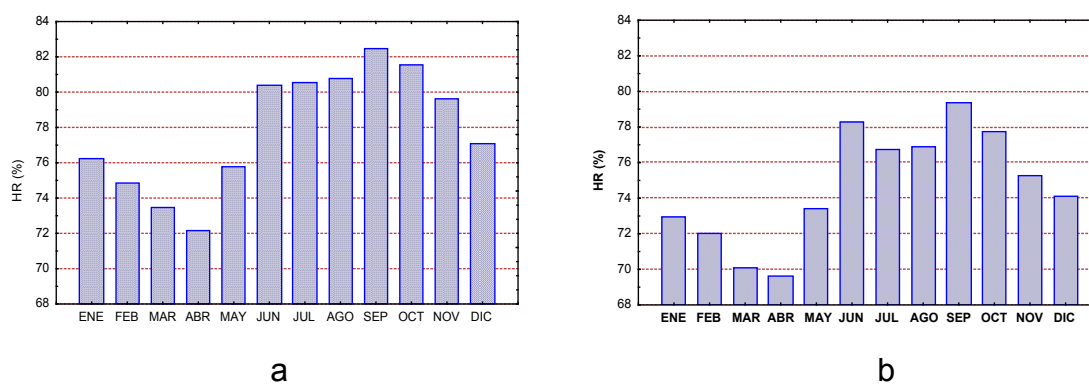


Figura 2.10. Marcha anual de la HR. (a) Batabanó. Período 1987 - 2009. (b) Casablanca. Período 1980 – 2009.

En las tablas 2.1 y 2.2 se destaca la poca variación en los valores de estas variables dentro de cada período estacional. Ambas estaciones presentan similares características, con valores de humedad relativa ligeramente superiores en Batabanó.

Tabla 2.1. Estadística descriptiva de las series de medias de HR (período lluvioso, poco lluvioso y anual). Batabanó 1987-2009.

Período	Media (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Cuartil inferior (%)	Cuartil superior (%)	Ds	CV	CS	K
Lluvioso	80	80	77	85	79	81	2.05	0.03	0.41	0.80
Poco lluvioso	75	75	72	79	74	77	1.73	0.02	0.32	-0.71
Anual	78	78	75	81	77	79	1.50	0.02	-0.12	-0.33

Ds: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación ; CS: Coeficiente de asimetría; K: Curtosis

Tabla 2.2. Estadística descriptiva de las series de medias de HR (período lluvioso, poco lluvioso y anual). Casablanca 1980-2009.

Período	Media (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Cuartil inferior (%)	Cuartil superior (%)	DS	CV	CS	K
Lluvioso	77	77	75	79	76	78	1.18	0.02	0.19	-1.15
Poco lluvioso	72	73	69	77	72	73	1.60	0.02	0.07	0.97
Anual	75	75	72	77	74	75	1.08	0.01	-0.52	-0.02

Ds: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación ; CS: Coeficiente de asimetría; K: Curtosis

La marcha diaria de la humedad relativa tiene sentido inverso respecto a la temperatura del aire; incrementándose en horas de la noche, principalmente en la madrugada, alcanzando valores máximos cercanos a la saturación al amanecer. Con la salida del Sol, disminuye rápidamente hasta alcanzar el mínimo diario después del mediodía. La oscilación diaria de la variable es pronunciada y muy superior a la variación estacional, como también se manifiesta en otros elementos climáticos.

Las anomalías interanuales (Figuras. 2.11, 2.12 y 2.13), en general son de poca magnitud, ratificando las condiciones húmedas del clima en Cuba. Sin embargo, se destaca que las magnitudes son mayores en Batabanó respecto a Casablanca, aunque ambas se encuentran cerca de la costa. Las anomalías son más marcadas en la temporada poco lluviosa, asociadas a la mayor diversidad del origen de las masas de aire que influyen sobre la zona. Resulta interesante la ocurrencia de desviaciones positivas consecutivas en la HR en Batabanó, en los últimos 5 años.

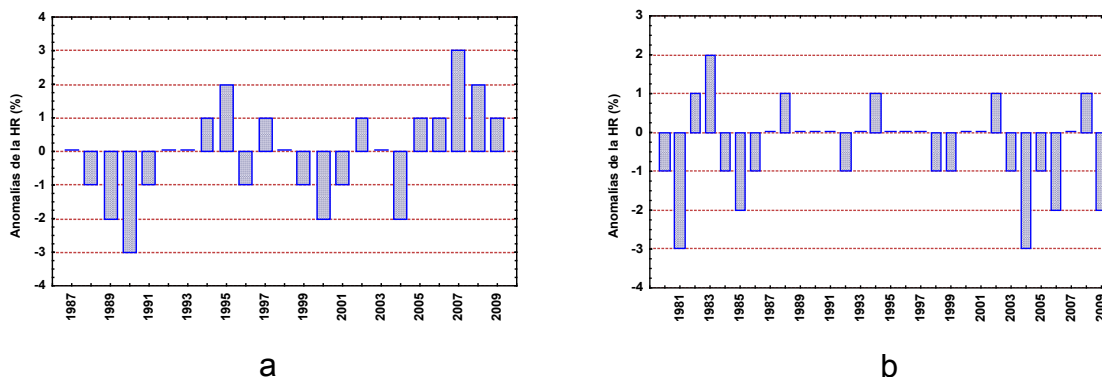


Figura 2.11. Anomalías de la HR anual. (a) Batabanó 1987-2009. (b) Casablanca 1980-2009

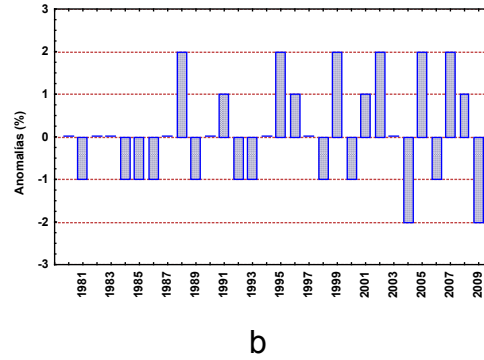
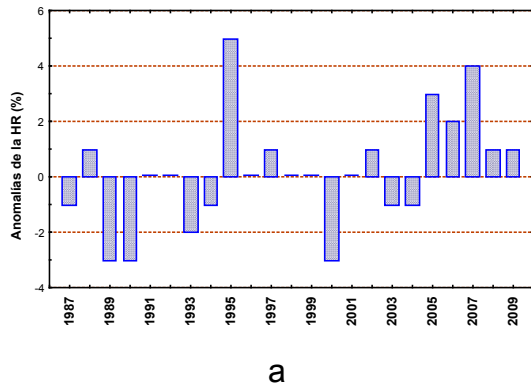


Figura 2.12. Anomalías de la HR Período lluvioso. (a) Batabanó 1987-2009. (b) Casablanca 1980-2009.

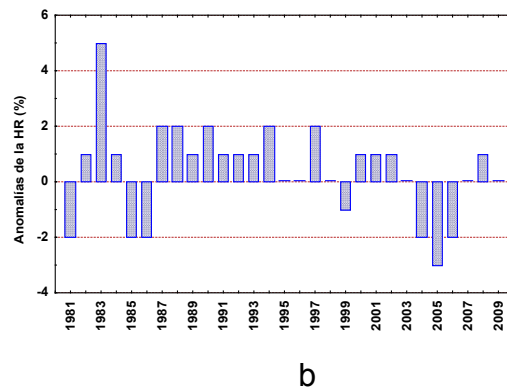
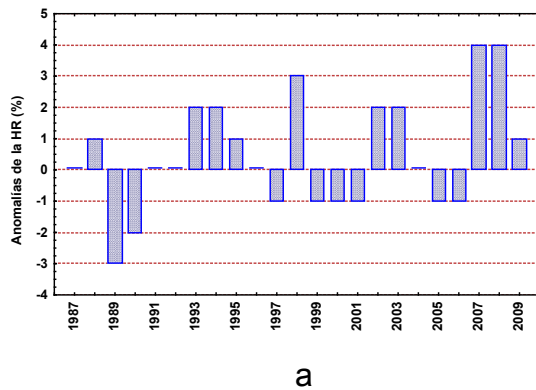


Figura 2.13. Anomalías de la HR. Período poco lluvioso. (a) Batabanó. 1987-2009. (b) Casablanca 1980-2009.

2.3.2.2. Tensión del vapor de agua:

A diferencia del comportamiento de otras variables en la zona tropical, la *tensión de vapor de agua* (TVA) presenta en Cuba una mayor variación anual que diaria, remarcando así su carácter estacional. La marcha anual de la TVA en el área de estudio (Figura 2.14), muestra los mayores valores en los meses más cálidos (alrededor de 21 mm de Hg) y los menores en los meses invernales (14 a 16 mm de Hg). Se manifiesta un comportamiento casi exacto en Batabanó y Casablanca, lo cual muestra la poca variación, en términos de humedad absoluta, dentro de las masas de aire que influyen sobre la Región Occidental del país en las diferentes temporadas del año.

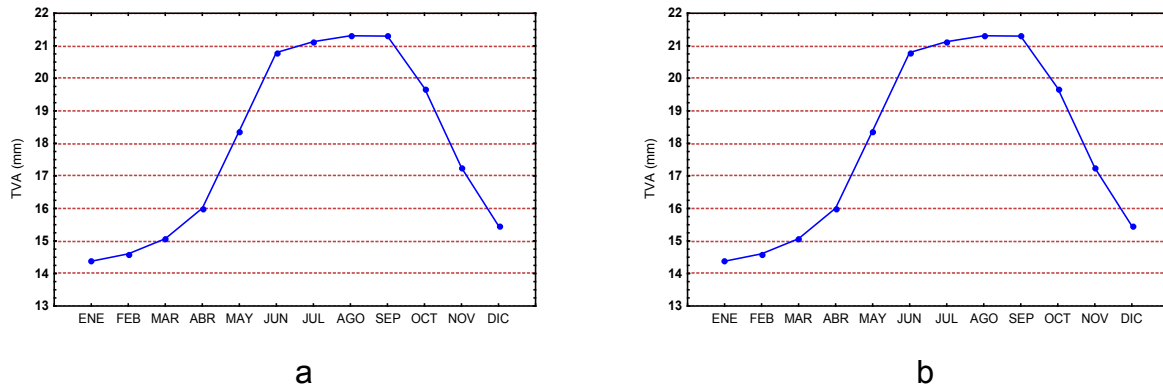


Figura 2.14. Marcha anual de la TVA. (a) Batabanó 1987-2009. (b) Casablanca 1980-2009.

En cambio, en la *marcha diaria* de la TVA se observan valores mínimos en horas de la madrugada y máximos a mediados de la mañana, con un patrón hasta cierto punto independiente de la temperatura y de la humedad relativa. Similar al comportamiento de la HR, la TVA muestra, en ambas estaciones, valores semejantes de la media y la mediana; lo cual ratifica la poca variación de esta variable en el período analizado (Tablas 2.3.y 2.4).

Tabla 2.3. Estadística descriptiva de las series de medias de TVA (período lluvioso, poco lluvioso y anual). Batabanó 1987-2009.

Período	Media (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Cuartil inferior (%)	Cuartil superior (%)	DS	CV	CS
Lluvioso	20.3	20.4		18.6	21.3	0.67	0.03	-0.71	0.69
Poco lluvioso	15.4	15.5		14.5	16.3	0.61	0.04	-0.34	-1.19
Anual	17.9	17.9		16.9	18.7	0.46	0.03	-0.08	-0.51

Ds: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación ; CS: Coeficiente de asimetría; K: Curtosis

Tabla 2.4. Estadística descriptiva de las series de medias de TVA (período lluvioso, poco lluvioso y anual). Casablanca 1980-2009.

Período	Media (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Cuartil inferior (%)	Cuartil superior (%)	DS	CV	CS
Lluvioso	20.4	20.4		19.4	21.3	0.43	0.02	-0.13	-0.19
Poco lluvioso	15.5	15.7		14.3	16.3	0.57	0.04	-0.64	-0.69
Anual	18.0	17.9		17.1	18.5	0.36	0.02	-0.42	-0.20

Ds: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación ; CS: Coeficiente de asimetría; K: Curtosis

En general, el comportamiento de la anomalía interanual de la TVA en la zona (Figuras 2.15, 2.16 y 2.17), muestra poca variación en correspondencia con el de la HR. No obstante, en los últimos años, se destaca el período lluvioso con mayor anomalía

positiva respecto al resto de los plazos considerados, mientras que en el período poco lluvioso resulta interesante la ocurrencia de año máfias negativas en Batabanó, superiores a las de Casablanca.

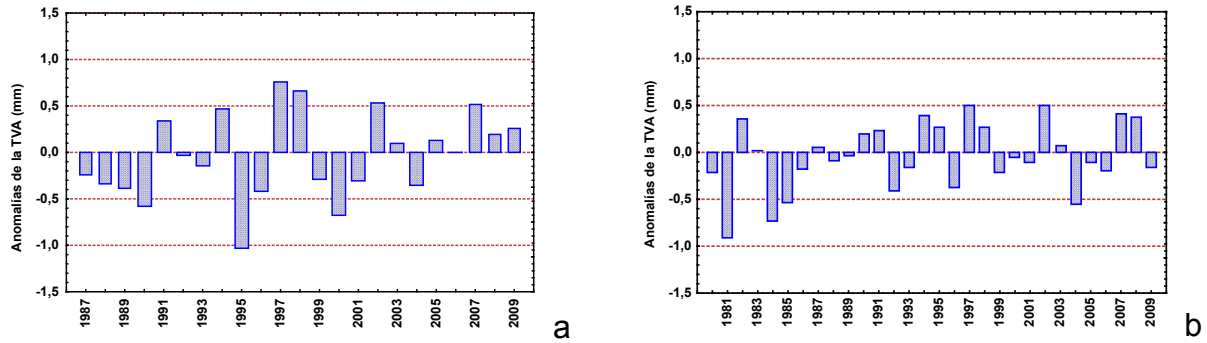


Figura 2.15. Anomalías de la TVA anual. (a) Batabanó 1987-2009. (b) Casablanca 1980-2009.

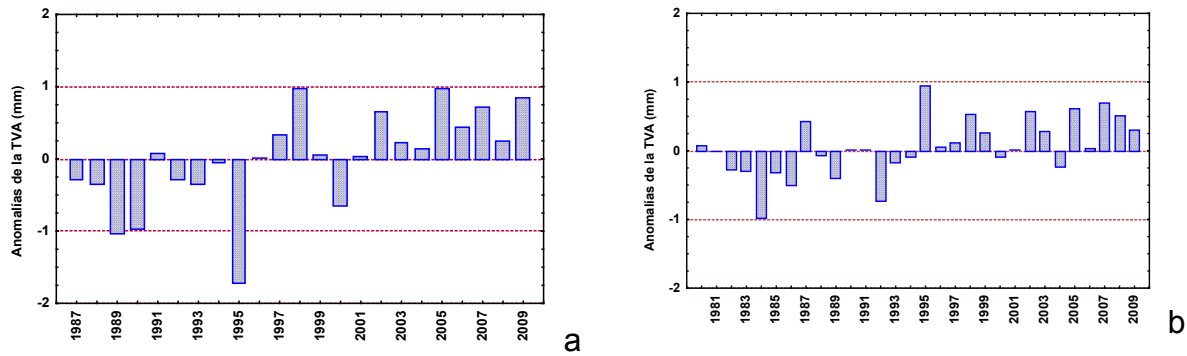


Figura 2.16. Anomalías de la TVA período lluvioso. (a) Batabanó 1987-2009. (b) Casablanca 1980-2009.

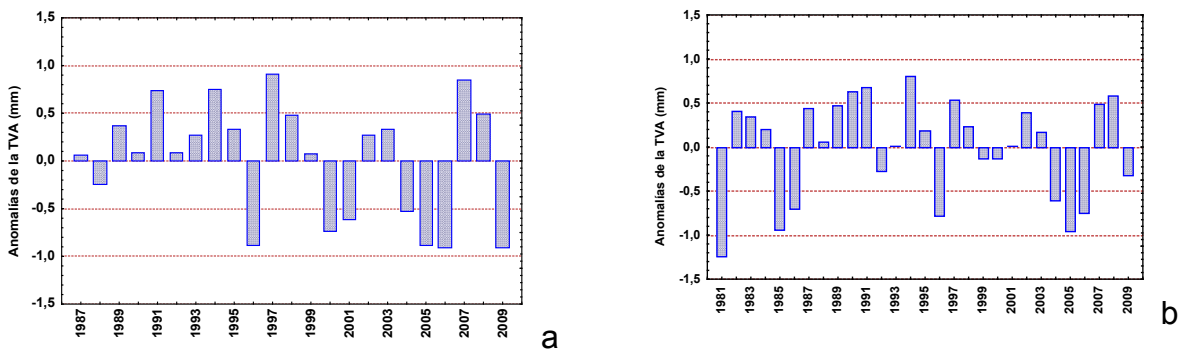


Figura 2.17. Anomalías de la TVA período poco lluvioso. (a) Batabanó 1987-2009. (b) Casablanca 1980-2009.

2.3.3. Variaciones y tendencias observadas.

En los resultados encontrados en el análisis de tendencia de las variables relacionadas con la humedad, se observan diferencias respecto al trabajo del Dique Sur de la Habana (período 1974 - 1997), donde la tendencia de la humedad relativa resultó ser altamente significativa en las tres temporadas analizadas (anual, lluviosa y poco lluviosa) para Batabanó y sólo para la temporada anual en Casablanca, mientras que para la TVA no se observaron diferencias en ninguna de las dos estaciones. Por el contrario, en la caracterización que nos ocupa, período 1980 - 2009 (Casablanca) y 1986 - 2009 (Batabanó), sólo se encontró la presencia de tendencias en las series de la TVA, tanto en la estación de referencia, como en el área de estudio. En ambos casos fueron crecientes y se reportaron en la temporada lluviosa, con puntos de cambio en 1994 -1996 (Figuras 2.18 y 2.19 y Tablas 2.5 y 2.6). Ello refuerza el criterio de que se relacionen con procesos climáticos más allá de la escala local, probablemente en correspondencia con el incremento de la temperatura en los últimos decenios.

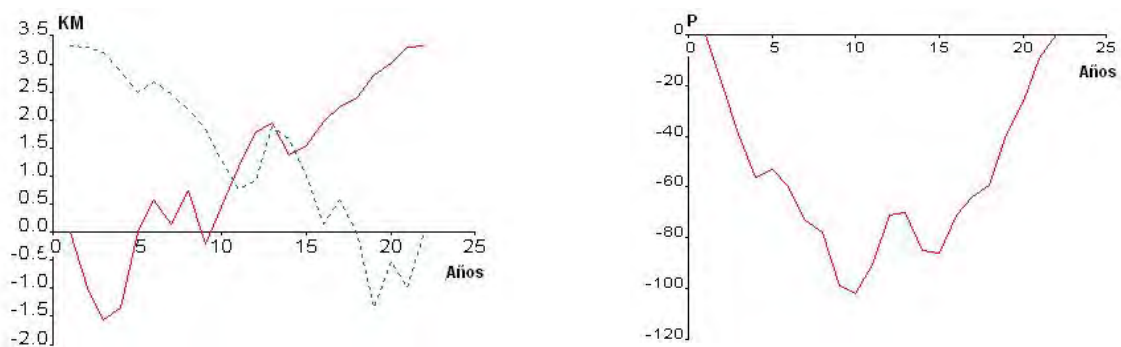


Figura 2.18. Estadígrafo de Kendall-Mann (a) y de Pettitt (b) para la TVA en el período lluvioso. Batabanó 1987-2009.

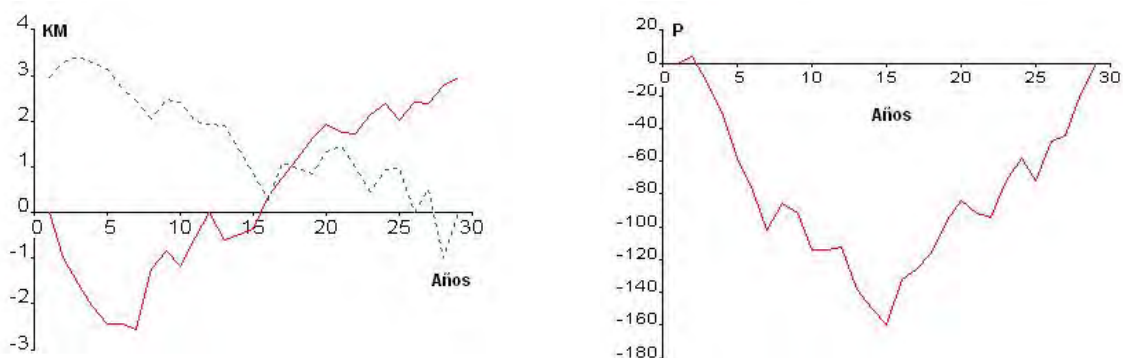


Figura 2.19. Estadígrafo de Kendall-Mann (a) y de Pettitt (b) para la TVA en el período lluvioso. Casablanca 1980-2009.

Tabla 2.5. Tendencias y puntos de cambio de las series de las medias del período lluvioso, poco lluvioso y anual de la HR y TVA. Batabanó. Período 1987-2009.

Característica	HR			TVA		
	Período poco lluvioso	Período lluvioso	Anual	Período poco lluvioso	Período lluvioso	Anual
Tendencia	•	•	•	•	as ↑	•

Punto de cambio	•	•	•	•	1996	•
-----------------	---	---	---	---	------	---

as : tendencia altamente significativa; ↓↑: sentido de la tendencia (creciente o decreciente); •: no hay tendencia ni punto de cambio

Tabla 2.6. Tendencias y puntos de cambio de las series de las medias del período lluvioso, poco lluvioso y anual de la HR y TVA. Casablanca. Período 1980-2009.

Característica	HR			TVA		
	Período poco lluvioso	Período lluvioso	Anual	Período poco lluvioso	Período lluvioso	Anual
Tendencia	•	•	•	•	as ↑	•
Punto de cambio	•	•	•	•	1994	•

as : tendencia altamente significativa; ↓↑: sentido de la tendencia (creciente o decreciente); •: no hay tendencia ni punto de cambio

2.3.4. Conclusiones:

- Los valores de TVA y la HR en el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque se corresponden con los típicos de zonas llanas interiores o cercanas a la costa sur de la porción occidental de Cuba.
- Durante los últimos 30 años, ambas variables han mantenido sus conocidas marchas diaria, anual e interanual en el área, con variaciones relativamente pequeñas en su comportamiento. En consecuencia, las anomalías reportadas han sido pequeñas, aunque se observan desviaciones positivas consecutivas en la HR durante los últimos años en Batabanó.
- La TVA presenta tendencias crecientes significativas en el período lluvioso del año para ambas estaciones meteorológicas. Su génesis pudiera hallarse en fenómenos o procesos actuantes a escala regional o global.

2.4. La precipitación

En la mayor parte del territorio cubano la marcha anual de la precipitación oscila entre una temporada lluviosa, de mayo a octubre, donde como promedio se acumula el 80% del total que se registra en un año y otra menos lluviosa, de noviembre a abril, donde cae aproximadamente el 20% restante. Esta fluctuación depende de la intensificación y debilitamiento de los vientos alisios, cuya variación estacional es provocada por los cambios en posición e intensidad del Anticiclón subtropical del Atlántico Norte de una estación a otra, que incrementa considerablemente el contraste entre los elementos climáticos (Centella *et al.* 1997).

Las provincias Artemisa y Mayabeque, por encontrarse en la Región Occidental de Cuba, está más expuesta a la afectación de sistemas de la circulación atmosférica invernal (frentes fríos, bajas extratropicales). Su cercanía al continente norteamericano implica una mayor influencia extratropical en la época menos lluviosa, con una variabilidad más pronunciada en las condiciones meteorológicas durante esa temporada del año. Por otra parte, según estudios realizados por Guevara, *et al.* 1998, al ser estas provincias mayormente llanas, la brisa marina de ambas costas penetra hacia el interior, conllevando a la formación de una zona de convergencia central (ZCC), que desempeña un papel fundamental en la circulación local y en el desarrollo de la convección profunda, procesos muy vinculados a la presencia de lluvia en el territorio (Lecha *et al.* 1987). Muy cercana

también a este territorio, se encuentra la Ciénaga de Zapata, que es un extenso humedal que constituye una importante fuente de humedad (Guevara, *et al.* 1998).

Para el estudio del comportamiento general de la precipitación, se utilizó la serie de datos de acumulados mensuales del periodo 1971-2000. Para el trabajo se utilizó una rejilla desarrollada sobre la base de 900 estaciones pluviométricas de la red básica del INRH y de la red de estaciones meteorológicas del INSMET. Los análisis de las variaciones y tendencias se efectuaron a partir de las series por municipios.

2.4.1 Línea base 1961 - 2000

El promedio de precipitación anual para el área de estudio a partir de los resultados obtenidos del Mapa Isoyético de Cuba para el período 1961 - 2000 es de 1 360 mm. Caracteriza la distribución espacial de la precipitación en esta área un aumento de las precipitaciones en relación con la distancia desde las costas. El promedio anual en las costas, generalmente puede variar entre 850 mm y 1050 mm, mientras que en la porción nororiental, coincidente con la zona de mayores elevaciones, los valores oscilan entre 1450 mm y 1750 mm (Figura 2.20).

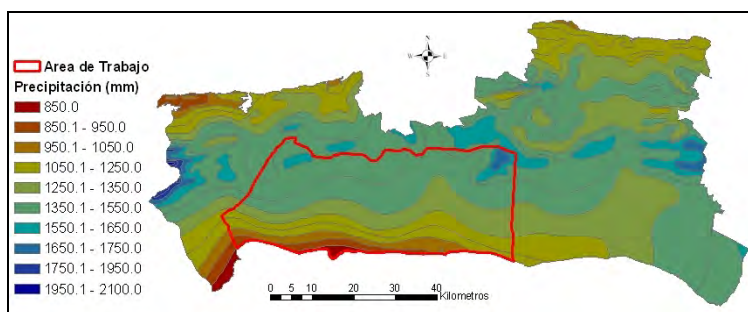


Figura 2.20. Distribución espacial de la precipitación anual en la provincia La Habana y en el área de estudio.

Al igual que para la mayor parte del territorio nacional, para la zona de estudio se identifican dos temporadas fundamentales en la distribución temporal de la precipitación: la temporada lluviosa, de mayo a octubre, en la que cae alrededor del 77% del total de precipitación anual y; la temporada poco lluviosa, de noviembre a abril (Tabla 2.7)

Las características temporales de las sequías en el área fueron analizadas basadas en valores de *Índice de Precipitación Estandarizada (SPI)* para promedios ponderados de valores de precipitación mensual. El análisis de la serie calculada de *SPI* muestra que el área de estudio ha experimentado sequías significativas en términos de severidad y duración en el período enero de 1971 - diciembre de 2005. Una sequía está definida donde quiera que el *SPI* alcance un valor de -1 (identificado en la Figura 2.21 con una línea roja) y continúa hasta que el índice es mayor que el valor indicado. El número de incidencias de sequía junto con sus duraciones se muestra en la Tabla 2.8; donde se aprecia que el número de incidencias de sequía, para el *SPI* 1 es 67 con una duración máxima de 4 meses, para el *SPI* 3 es 42 con una duración máxima de 7 meses, para el *SPI* 6 es 18 con una duración máxima de 14 meses, para el *SPI* 9 es 19 con una duración máxima de 14 meses y para el *SPI* 12 es 14 con una duración máxima de 13 meses (Tabla 2.9).

Tabla 2.7. Promedios mensuales de precipitación para el período 1961 - 2000 de los municipios con mayor representación dentro del área de estudio

Mes	Alquízar	Artemisa	Batabanó	Güira de	Melena del	Quivicán
-----	----------	----------	----------	----------	------------	----------

				Melena	Sur	
Enero	44.4	58.6	43.9	43	49.7	49.8
Febrero	40.8	45.4	36.8	39.5	41.7	42.6
Marzo	61.4	57.7	45.6	59.4	51.6	55.2
Abril	64.8	74.7	51.4	62.7	58.2	61.3
Mayo	118.1	156.1	128.2	114.3	145	142.8
Junio	197.7	210.8	221.5	191.2	250.3	245.3
Julio	159.1	147.3	152.9	154.2	172.9	174.5
Agosto	177.7	180.7	158.2	172	179	183.6
Septiembre	220.5	214.4	184.2	213.4	208.3	216.8
Octubre	107.3	126.1	120.9	103.8	136.8	133.7
Noviembre	57.1	69.3	46.1	55.3	52.1	54.7
Diciembre	29.1	40.9	23.3	28.2	26.4	27.7

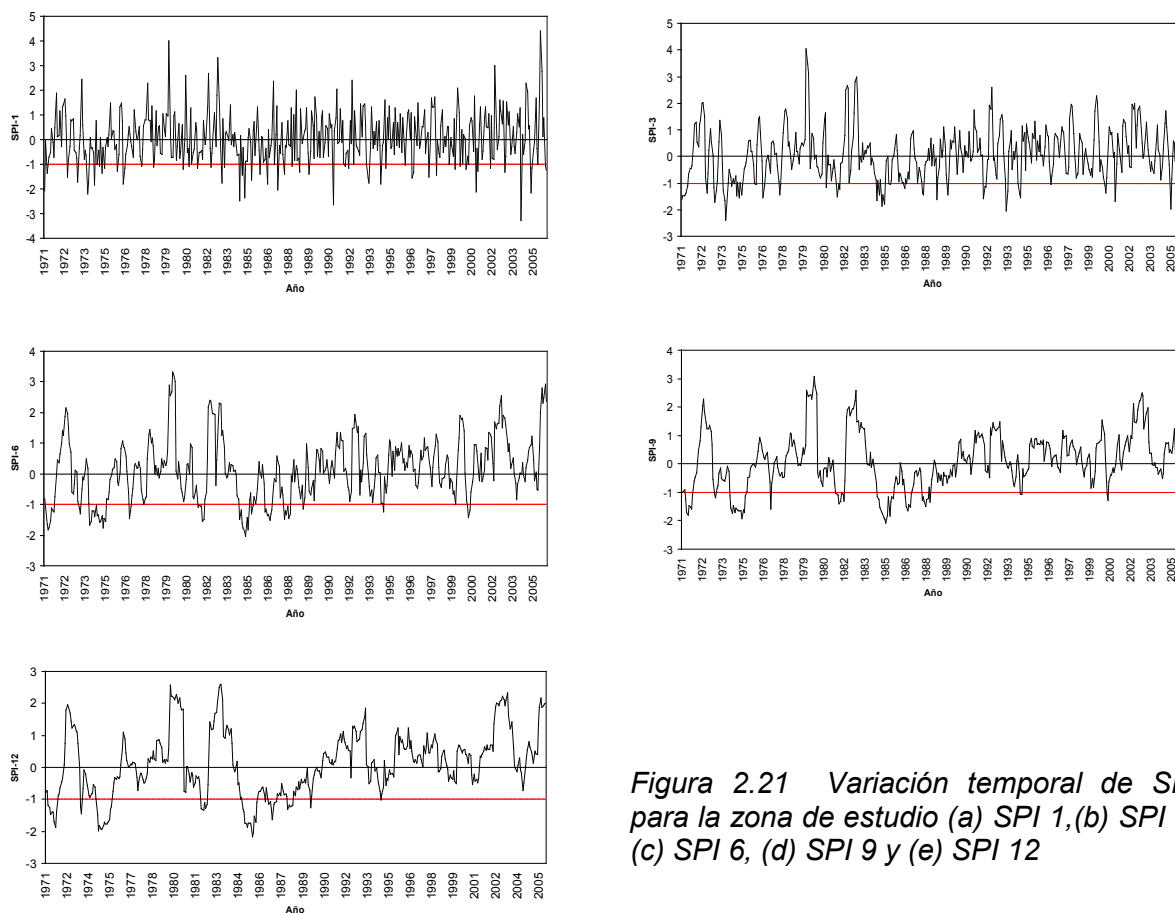


Figura 2.21 Variación temporal de SPI para la zona de estudio (a) SPI 1, (b) SPI 3, (c) SPI 6, (d) SPI 9 y (e) SPI 12

De forma general, como puede apreciarse en la Tabla 2.9, los menores valores del SPI dentro del año, para las diferentes escalas de tiempo se presentan con mayor frecuencia en los meses de enero y diciembre, oscilando entre el 13% y 20% de las veces.

Tabla 2.8. Propiedades de sequía a partir de las series de SPI en el período 1980 – 2009.

Escala de tiempo	Meses con sequía	Incidencias de sequía	Duración mínima	Duración máxima	Duración media
1	82	67	1	4	1.2
3	81	42	1	7	1.9
6	76	18	1	14	4.2
9	83	19	1	14	4.4
12	75	14	1	13	5.4

Tabla 2.9. Frecuencias relativas de ocurrencia (%) de los SPI mínimos anuales para varias escalas de tiempo.

Mes	SPI 1 mes	SPI 3 meses	SPI 6 meses	SPI 9 meses	SPI 12 meses
Enero	17.4	13.0	17.4	17.4	15.2
Febrero	2.2	6.5	4.3	10.9	8.7
Marzo	4.3	6.5	8.7	8.7	2.2
Abril	6.5	6.5	10.9	4.3	4.3
Mayo	10.9	13.0	4.3	10.9	13.0
Junio	8.7	4.3	6.5	6.5	6.5
Julio	6.5	6.5	4.3	2.2	8.7
Agosto	15.2	6.5	8.7	4.3	2.2
Septiembre	4.3	10.9	10.9	8.7	8.7
Octubre	10.9	4.3	0.0	2.2	4.3
Noviembre	8.7	13.0	10.9	4.3	6.5
Diciembre	4.3	8.7	13.0	19.6	19.6

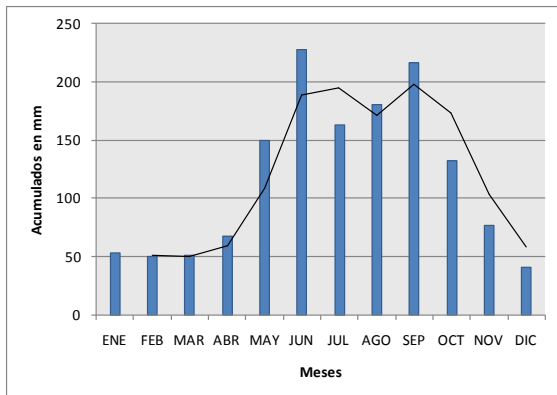
Una inspección a las series temporales de SPI, fundamentalmente a las de 6, 9 y 12 meses (Figura 2.21) revela, entre otros, dos periodos distintivos de sequía prolongada y categorizada como severa. Estos periodos abarcan: desde diciembre de 1973 hasta agosto de 1975 y desde agosto de 1984 hasta octubre de 1985. En el caso de primer evento, el valor mínimo anual de SPI 6 fue de -1.76 y ocurrió en el mes de febrero de 1975, con un período de retorno de 4 años. Para el SPI 9 el valor mínimo en este evento fue de -1.92, registrado en marzo de 1975, con un período de retorno de 8 años; mientras que para el SPI 12 se reportó un valor mínimo de -1.99 en septiembre de 1974, con un período de retorno de 10 años. El valor mínimo anual de SPI 6 en el segundo evento fue de -2.03 y ocurrió en el mes de enero de 1985 con un período de retorno de 9 años. Para el SPI 9 el valor mínimo en este evento fue de -2.07, registrado en marzo de 1985, con un período de retorno de 12 años; mientras que para el SPI 12 se reportó un valor mínimo de -2.17, en junio 1985 con un período de retorno de 19 años. De los dos eventos, fue el de 1984 – 1985 el que presentó los mayores valores de severidad anual, es decir, los mayores acumulados de los valores de SPI menores que -1.00 dentro del año calendario, lo cual identifica este evento como el de mayor severidad.

2.4.2 Línea base 1971-2000.

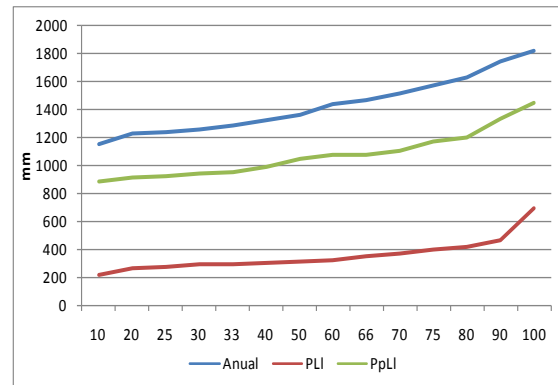
En la provincia La Habana los acumulados anuales medios alcanzan los 1408.7 mm y los extremos mínimo y máximo registrados son 1032.8 mm y 1822.9 mm,

respectivamente. Los acumulados mensuales reflejan una acentuada estacionalidad (Figura 2.4.201a), con un período estacional lluvioso (mayo a octubre), donde se acumula el 76% del total anual con acumulados medios de 1069.3 mm y un período poco lluvioso (noviembre a abril), donde se registran acumulados medios del orden de los 342.3 mm, que representan el 24% restante.

Un mínimo relativo intraestival en los acumulados de la precipitación se produce en los meses de julio y agosto, reflejando el carácter bimodal de la estación lluviosa. Los meses más secos son diciembre, febrero y marzo, mientras que los más lluviosos son junio y septiembre. En el período estudiado un 30% de los totales de precipitación anuales son inferiores a 1265 mm y un 70% inferiores a 1517 mm (Figura 2.22b).



a



b

Figura 2.22. Características generales de la precipitación en las provincias Artemisa y Mayabeque.

La distribución espacial de los acumulados medios de las precipitaciones para los valores anuales (Figura 2.23), para el año hidrológico y el periodo lluvioso muestra una distribución similar, un incremento regular a medida que aumenta la distancia a las costas, hasta alcanzar sus valores máximos en el centro del territorio de ambas provincias. Este comportamiento está condicionado fundamentalmente por la topografía en interacción con el flujo básico y el sistema de vientos locales. Como consecuencia se produce la penetración de la brisa marina de ambas costas hacia el interior del territorio, conllevando a la formación de la zona de convergencia central. Esta zona desempeña un papel fundamental en la circulación local y en el desarrollo de la convección profunda, procesos muy vinculados a la presencia de precipitación en el territorio (Guevara, *et al.* 1998). En el periodo poco lluvioso, por el contrario, se produce un aumento hacia la costa norte, vinculado a la mayor exposición de esta zona a la afectación de frentes fríos y organismos extra tropicales, que son los responsables de los acumulados que se registran en esta época del año.

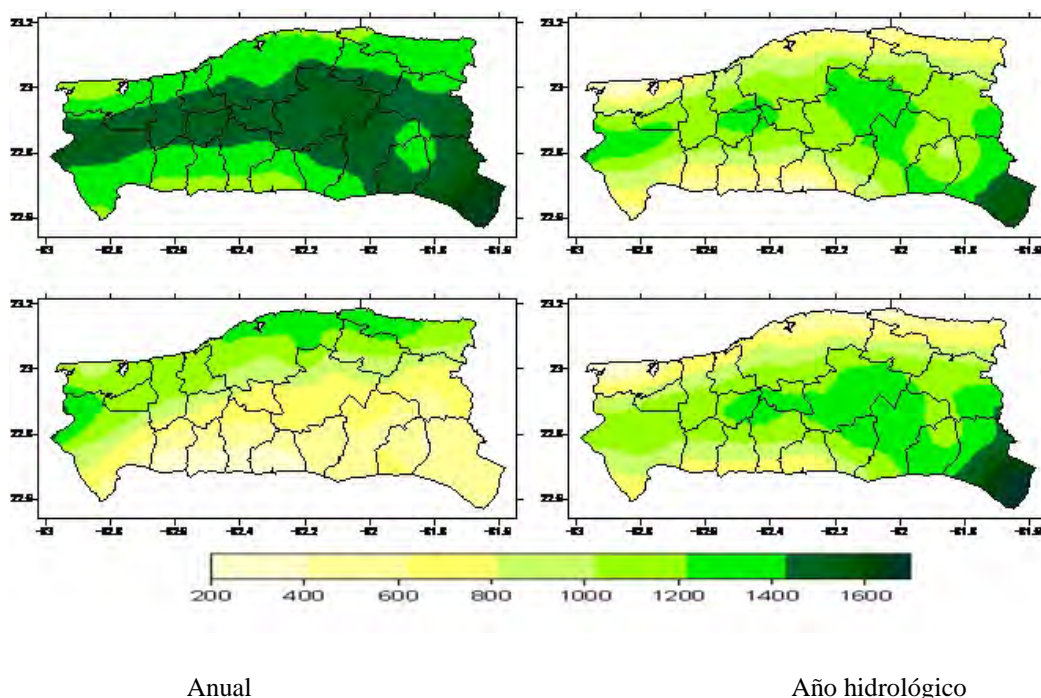


Figura 2.23. Distribución espacial de los acumulados medios de las precipitaciones expresados en milímetros. Norma: 1971-2000.

En los municipios Alquízar, Artemisa, Batabanó, Bejucal, Caimito, Guanajay, Güira de Melena, Quivicán, San Antonio de los Baños y San José de las Lajas, en correspondencia con el comportamiento general de la precipitación en las provincias, los acumulados anuales medios alcanzan valores entre los 1200 y 1500 mm (Figura 2.24). Los acumulados mensuales reflejan la estacionalidad descrita para esta variable, acumulándose del total anual entre el 74 y 78% en el período lluvioso y entre el 27 y 39% en el período poco lluvioso.

Los acumulados máximos mensuales se produjeron en junio de 1982 (547 mm en Guanajay, 661 mm en Artemisa, 793 mm en Alquízar, 694 mm en Guira de Melena y 923 mm en San José) y en septiembre de 1979 (678 mm en Caimito, 609 mm en San Antonio, 757 mm en Bejucal, 923 mm en San José, 788 mm en Batabanó y 694 mm en Quivicán), como consecuencia de la afectación de los ciclones tropicales Alberto (junio, 1982) y Frederick (septiembre, 1979). En los municipios ubicados al sur de la zona de estudio, un 30% de los totales de precipitación anual son inferiores a cifras que oscilan entre los 1080 y 1256 mm y un 70% son inferiores a magnitudes entre 1260 y 1480 mm. Para los municipios ubicados en la zona central de la provincia las magnitudes inferiores a los 1300 y 1364 mm constituyen el 30% de los acumulados anuales mientras que el 70% son inferiores a magnitudes entre 1507 y 1684 mm.

El déficit hiperanual más significativo ocurrió desde el periodo estacional poco lluvioso de 1974 hasta el poco lluvioso de 1975 el cual comprendió 3 periodos estacionales consecutivos con déficit moderados y severos en los acumulados de las precipitaciones y abarcó gran parte de la zona (excepto a los municipios Alquizar y Guira de Melena).

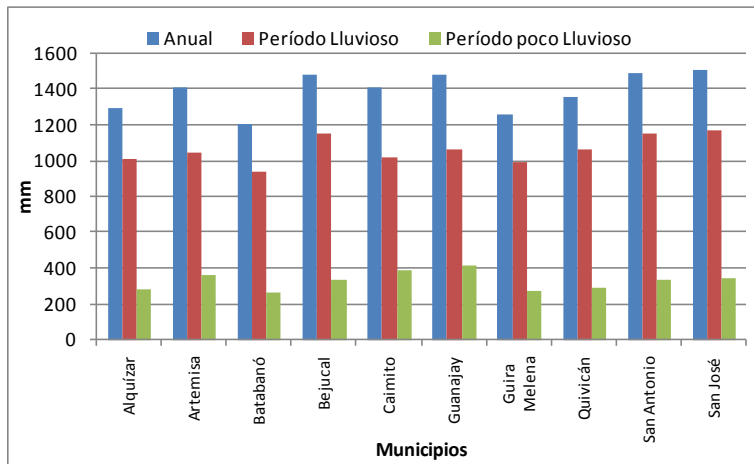


Figura 2.24. Acumulados de las lluvias expresados en milímetros por municipios. Norma: 1971-2000.

2.4.1.1. Variaciones y tendencias

Las recientes evaluaciones realizadas sobre las variaciones y tendencias de las precipitaciones en Cuba, basados en el análisis de las anomalías, han señalado la existencia de un ligero incremento de los valores anuales que está vinculado fundamentalmente con las variaciones ocurridas en el período estacional poco lluvioso en las regiones Occidental y Central del país; aunque los registros anuales se mantienen por debajo de la norma. En la zona objeto de estudio, si bien la tendencia no es homogénea espacialmente, de manera general las anomalías en los acumulados anuales de las lluvias han mostrado una tendencia al incremento coincidente con los resultados antes referidos (Figura 2.25). Solo en los municipios Guanajay y San Antonio esta ha sido hacia la disminución. Estas variaciones, aunque no significativas estadísticamente, han estado vinculadas con la tendencia al incremento en el período poco lluvioso asociada básicamente con la reducción de las magnitudes negativas desde mediados de los años 70, con un cambio significativo en las medias de un periodo a otro y a la ligera tendencia a la reducción en el período lluvioso.

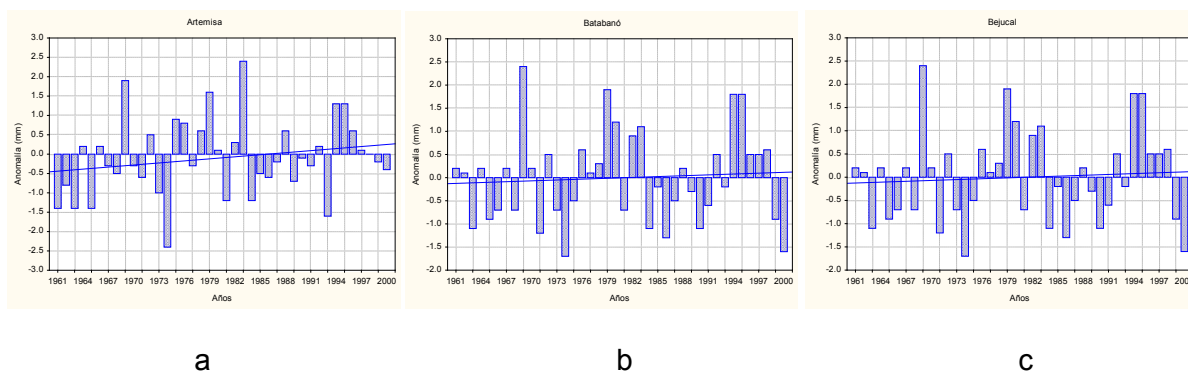


Figura 2.25. Anomalías de los acumulados anuales de precipitación para estaciones seleccionadas. Artemisa (a.), Batabanó (b.) y Bejuical (c.) y su línea de tendencia. Período: 1961-2000.

De manera general, la tendencia en los acumulados del período estacional poco lluvioso ha mostrado el incremento más significativo desde mediados de los años 70, mientras la variación más significativa en el período lluvioso se produjo a partir de los 80. No obstante las variaciones detectadas desde mediados de los 70 y principios de los 80, las evidencias observacionales no indican un incremento en los déficit moderados y severos en la zona de estudio

2.4.3. Conclusiones

En la zona sur de la provincia La Habana el comportamiento de la lluvia es consistente con el comportamiento general de la lluvia en Cuba y las características físico geográficas de la provincia. Los acumulados anuales medios alcanzan valores entre los 1200 y 1500 mm. Los acumulados medios mensuales reflejan la estacionalidad propia de la provincia, acumulándose del total anual entre un 74 y un 78% en el período estacional lluvioso y entre un 27 y un 39 % en el período poco lluvioso.

Los acumulados medios de las lluvias para los valores anuales, año hidrológico y periodo lluvioso muestran una distribución similar con un aumento regular a medida que aumenta la distancia a las costas con valores máximos en el centro del territorio que se corresponde con las características físico-geográfica de la zona.

Las anomalías en los acumulados anuales de las lluvias han mostrado una tendencia al incremento aunque no significativas estadísticamente, vinculadas con la tendencia al incremento en el período poco lluvioso por la reducción de las magnitudes negativas desde mediados de los años 70.

A pesar de la ligera tendencia a la reducción en el periodo lluvioso, esta no indica un incremento en los déficits moderados y severos en la zona de estudio.

De manera general las tendencias en el sur de La Habana son similares a las que se vienen presentando a escala regional, aun cuando son menos marcadas.

2.5. Los Huracanes

La climatología de los ciclones tropicales de Cuba ha sido abordada por diversos autores, desde hace más de 100 años. El desarrollo económico y social de la ciudad de La Habana, como capital del país, y de sus poblaciones vecinas, permitió la existencia de oficinas públicas y comerciales, y de personalidades que contribuyeron grandemente en la realización de mediciones meteorológicas y de descripciones de los sucesos relacionados con el paso de los ciclones tropicales por estos territorios. Los ingenios y centrales azucareros también colaboraron en esta tarea. La creación del Observatorio del Colegio de Belén en 1858 y posteriormente del Observatorio Nacional (1906), hizo posible que esta labor se desarrollara de forma más sistemática y con un mayor nivel científico. Documentos muy valiosos fueron preparados y publicados principalmente desde la primera mitad del pasado siglo. Reconocidas Figuras de la ciencia en Cuba han legado una apreciable cantidad de conocimientos acerca de los huracanes que han afectado este territorio a través de descripciones de casos individuales, cronologías, artículos periodísticos y monografías. Recientemente se confeccionó una cronología de los ciclones tropicales que han afectado a Cuba (Pérez Suárez *et al*, 2000), con la que se actualizaron los conocimientos sobre la climatología de los ciclones tropicales, su variabilidad y los factores que la regulan; esta cronología abarcó el periodo 1799 - 1998.

Posteriormente, se ejecutó un nuevo proyecto denominado “*Climatología de los ciclones tropicales de Cuba*”, el que estuvo dirigido a prolongar hacia el pasado los resultados antes alcanzados.

Las variaciones y tendencias de la actividad de huracanes sobre Cuba fue detalladamente analizada en la “*Segunda Evaluación de las Variaciones y Tendencias del Clima en Cuba*”, (Pérez Suárez *et al*, 2009), informe elaborado en el marco del proyecto de “*Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*”. En dicho informe se señalaron varios aspectos fundamentales relacionados con dicha actividad, entre ellos se destacan los siguientes:

- Desde 1996 se inició un nuevo período muy activo de la actividad de huracanes sobre Cuba, principalmente desde el año 2001, de tal forma que, entre el 2001 y el 2008, el país ha sido afectado por nueve huracanes. Sin embargo, si bien existe una ligera tendencia creciente a largo plazo en la frecuencia de huracanes sobre Cuba (1791 – 2008), esta no es estadísticamente significativa.
- Es de suma importancia la ocurrencia de siete huracanes intensos desde el 2001, cifra que no se había registrado en década alguna desde 1791 hasta el presente. Tal récord se asocia al incremento observado en toda la cuenca del océano Atlántico, incluyendo el Mar Caribe, y puede estar condicionado, ante todo, a los muy altos valores de la temperatura del mar en el Caribe registrados desde 1998. Sin embargo, no se encontró la existencia de una tendencia creciente, estadísticamente significativa, de dicha actividad a lo largo de la serie de más de 200 años. No deja por ello de ser sumamente importante dicho comportamiento, ya que constituye una de las más peligrosas variaciones observadas en el clima de Cuba en los años recientes.

Las provincias de Artemisa y Mayabeque han sufrido extraordinarias y lamentables experiencias relacionadas con el impacto de los ciclones tropicales. En este territorio residen más de medio millón personas, y una gran cantidad de objetivos agrícolas, industriales, comerciales, turísticos y sociales se concentran en dicho territorio, como consecuencia del desarrollo alcanzado durante decenas de años. El presente informe se fundamenta en la cronología de los huracanes que han afectado a Cuba desde 1791 hasta el 2009.

2.5.2. Comportamiento histórico.

Para la clasificación de los huracanes se utilizó la escala *Saffir-Simpson* (tabla 2.10); considerando la categoría del huracán en el momento que afectó directamente al archipiélago cubano y no a la que haya alcanzado en algún otro lugar de su trayectoria antes o después de afectar a Cuba.

Tabla 2.10. Escala de Saffir – Simpson para la clasificación de los Huracanes (Simpson, 1974).

Categoría	Presión central (Hpa)	Viento máximo sostenido (Km/h.)
1	980	118 – 153
2	965 - 979	154 – 177
3	945 - 964	178 – 209
4	920 - 944	210 – 250
5	< 920	> 250

En el período comprendido entre 1791 y 2009 (219 años) un total de 56 huracanes afectaron el territorio de las provincias Artemisa y Mayabeque. El mes de mayor frecuencia de afectación es octubre, con el 46% de todos los casos, seguido por septiembre, con el 21%. No obstante, ocurren azotes desde junio hasta noviembre. La Tabla 2.11 muestra las frecuencias mensuales del impacto de los huracanes en estas provincias.

La distribución por intensidades (Tabla 2.12) muestra que el 25% de los huracanes que han afectado a las provincias objeto de estudio, fueron superiores a la Categoría 3 y que 4 de ellos, los de 1844, 1846, 1926 y 1944 poseen las categorías 4 y 5 de *Saffir-Simpson* durante el período estudiado.

Los huracanes que afectaron al área analizada describieron con mayor frecuencia trayectorias de marcada componente sur-norte (73% de los casos). Otros lo hacen entrando a sus costas, o pasando cerca de ellas, en una dirección este-oeste (23%). La Figura 2.26 muestra los huracanes más intensos que afectaron a la provincia durante el período analizado.

Tabla 2.11. Frecuencia mensual de la afectación de huracanes a Artemisa y Mayabeque (1791-2009).

Mes	Cantidad	%
Junio	3	0,05
Julio	1	0,02
Agosto	11	0,20
Septiembre	12	0,21
Octubre	26	0,46
Noviembre	3	0,05
Total	56	100

Tabla 2.12. Distribución por intensidades de los huracanes de La Habana (1791-2009).14/

Escala Saffir Simpson	Distribución
5	1
4	3
3	10
2	14
1	28