

TIPIFICACIÓN Y ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE EN UNA ESTACION METEOROLÓGICA DE CUBA CON UN LARGO PERÍODO OBSERVACIONAL

AUTORES: RAIMUNDO VEGA GONZÁLEZ
MARÍA DEL R. GARCÉS CANALS
NANCY FERNÁNDEZ MOSQUERA
MARÍA E. SARDIÑAS RODRÍGUEZ

Centro del Clima, Instituto de Meteorología. E-mail: cnc@met.info.cu

RESUMEN

Se presenta una tipificación de datos de la temperatura media del aire correspondiente a 15 clases (series) que se complementa con el cálculo de la magnitud de las anomalías mediante un indicador adimensional simple que tiene buenas propiedades operativas (simetría, ponderación equitativa de valores extremos). En particular, los indicadores generalizados (sumas modulares) permiten cuantificar la magnitud global de las anomalías térmicas en el caso de las series anual y de las temporadas del invierno y del verano. El método propuesto aparece en el Informe Final del Proyecto 0301018 y se aplica a los datos de series largas de la estación meteorológica de Casablanca, Ciudad de La Habana, siendo extensivo local y regionalmente a todo el territorio de la República de Cuba

I. INTRODUCCIÓN

El Archipiélago Cubano se encuentra prácticamente ubicado en la franja latitudinal 20°-25°N, o sea, en la periferia de la Zona Tropical del Hemisferio Norte.

El clima de Cuba es cálido y húmedo, con rasgos de continentalidad en las llanuras del interior del país y la peculiaridad de que la temperatura del aire experimenta un aumento sensible en la dirección oeste (región occidental) – este (región oriental) (Iñíguez y Mateo, 1980; Lecha et al, 1994). Aproximadamente, según se deduce del Resumen Climático de Cuba (1991), la temperatura media anual de Cuba es de 24.8°C con una desviación típica de 0.8°C.

El régimen de la temperatura del aire en Cuba se conforma según las características de la radiación solar incidente, la insularidad y configuración territorial, la ubicación en una vecindad de la gran masa continental de América del Norte, la influencia predominante del anticiclón subtropical oceánico de Azores-Bermuda y el relieve (Iñíguez y Mateo, 1980; Lecha et al, 1994).

La **estacionalidad** es una característica inherente al comportamiento secular del régimen de la temperatura del aire en Cuba: **temporada del «invierno» de noviembre a abril y temporada del «verano» de mayo a octubre** (para la mayor parte del país), coincidentes con las temporadas poco lluviosa y lluviosa, respectivamente. En la costa norte de la región occidental de Cuba (donde se encuentra Casablanca), el período de tránsito del verano

al invierno se inicia en el mes de octubre; el período de tránsito del invierno al verano no puede ser determinado con cierta precisión en muchas regiones del país (Florido y Lecha, 1985; Lecha et al, 1994).

Los **frentes fríos** se originan principalmente en el llamado frente polar y se consideran como el rasgo distintivo de la temporada invernal en Cuba (Iñíguez y Mateo, 1980). Estos sistemas extratropicales afectan principalmente a la región occidental de Cuba (al oeste del meridiano 80°W) y ocurren con la mayor frecuencia durante el período noviembre-abril (González, 1999); las altas presiones continentales asociadas generan (en raras ocasiones) temperaturas mínimas absolutas notables (próximas a 0°C) durante un tiempo muy breve (0.6°C en Baimoa, provincia La Habana, el 18 de febrero de 1996).

Un problema de interés es el de clasificar adecuadamente los datos individuales de temperatura media del aire. El objetivo principal de este trabajo es la presentación de un método simple que se propone para la tipificación de datos y el cálculo de la magnitud de las anomalías en el régimen de la temperatura media del aire en Cuba.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideran 15 clases: las clases 1-12 (series mensuales), la serie anual (clase 13) y las series de la temporada del verano (clase 14) y de la temporada del invierno (clase 15). La **temperatura media de la j-ésima clase en el i-ésimo año** se denota por $t(i,j)$ y la **norma (media) de la j-ésima clase** por $t(j)$ ($i=1,2,\dots,n(j)$; $j=1,2,\dots,15$). La información básica está integrada por los datos de la

temperatura media mensual del aire en grados Celsius (°C) de la estación meteorológica de Casablanca (23° 9.8'N, 82° 20.9'W), Ciudad de La Habana, desde abril de 1908 hasta abril de 1998; el valor del tamaño muestral $n(j)$ es variable (89, 90 ó 91, según la serie). En total, resultan 1350 individuos (meses, años, temporadas) que se clasifican (directamente) mediante el **contraste por diferencia o clasificador** $T(i,j)$:

$$T(i,j) = t(i,j) - t(j) \quad (1)$$

el cual puede ser positivo o **supranormal (anomalía positiva)**, negativo o **subnormal (anomalía negativa)** o prácticamente nulo.

En la Tabla 1 se da el esquema elaborado para la tipificación de los datos:

Tabla 1. Clasificación de los datos de temperatura media del aire utilizando $T(i,j)$ (contraste por diferencia entre el

Intervalo	Denominación (tipo)	Simbología
$T(i,j) \leq -2.5$	Notablemente frío o notablemente poco cálido	5f
$-2.5 < T(i,j) \leq -2.0$	Muy frío o muy poco cálido	4f
$-2.0 < T(i,j) \leq -1.0$	Frío o poco cálido	3f
$-1.0 < T(i,j) \leq -0.5$	Moderadamente frío o moderadamente poco cálido	2f
$-0.5 < T(i,j) \leq -0.3$	Ligeramente frío o ligeramente poco cálido	1f
$-0.3 < T(i,j) < 0$	Subnormal ligero	n-
$0 = T(i,j)$	Normal	n
$0 < T(i,j) < 0.3$	Supranormal ligero	n+
$0.3 \leq T(i,j) < 0.5$	Ligeramente cálido	1c
$0.5 \leq T(i,j) < 1.0$	Moderadamente cálido	2c
$1.0 \leq T(i,j) < 2.0$	Cálido	3c
$2.0 \leq T(i,j) < 2.5$	Muy cálido	4c
$2.5 \leq T(i,j)$	Notablemente cálido	5c

dato y la norma).

En la Tabla 1 se observa que la propiedad de simetría se conserva entre los tipos en oposición.

El indicador (directo) de la anomalía de la temperatura media del aire de la j -ésima clase en el i -ésimo año se define por la fórmula:

$$It(i,j) = 10 \{ (t(i,j) - t(j)) / t(j) \} = 10 \{ T(i,j) / t(j) \} \quad (2)$$

(indicador adimensional; 10 es un factor de ponderación)

En el caso particular de las series anual y de las temporadas del verano y del invierno se proponen **indicadores generalizados** dados por las expresiones:

$$Itg(i,13) = \sum_1^{12} |It(i,j)| \quad (3)$$

(suma modular de los valores del indicador directo de las anomalías de enero a diciembre)

$$Itg(i,14) = \sum_5^{10} |It(i,j)| \quad (4)$$

(suma modular de los valores del indicador directo de las anomalías de mayo a octubre)

$$Itg(i,15) = |It(i-1,11)| + |It(i-1,12)| + \sum_1^4 |It(i,j)| \quad (5)$$

(suma modular de los valores del indicador directo de las anomalías de noviembre y diciembre de un año y de las anomalías de enero a abril del año siguiente).

III. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

III.1. Estructura de los datos

En la marcha anual (ver Tabla 2), la temperatura media del aire en Casablanca, Ciudad de La Habana, oscila entre 21.77°C (enero) y 27.15°C (agosto). En el mes de febrero se alcanza la variabilidad máxima (desviación típica muestral de 1.09°C); la variabilidad mínima corresponde a septiembre (desviación típica muestral de 0.42°C). De acuerdo al procesamiento inicial de los datos, se destacan de forma relevante las siguientes agrupaciones:

El conglomerado (único) de meses secuenciales con anomalías negativas persistentes de julio 1908 a junio 1910 (24 meses);

Los conglomerados de meses secuenciales con anomalías positivas persistentes en 1915 (mayo a noviembre), 1929 (enero a mayo), diciembre 1932 a mayo 1933, diciembre 1974 a junio 1975, 1980 (marzo a noviembre), 1981 (mayo a octubre), septiembre 1986-febrero 1987, septiembre 1988 a junio 1989, enero 1990 a julio 1991 (19 meses), junio 1993 a julio 1994, 1995 (marzo a noviembre) y febrero 1997 a febrero 1998. Se observa que los conglomerados con anomalías positivas son más frecuentes a partir de 1980.

En la evolución del régimen de la temperatura del aire en Casablanca, la existencia de anomalías negativas persistentes al principio y de anomalías positivas persistentes al final sugiere la existencia de una tendencia global creciente durante el período de referencia.

En la evolución del régimen de la temperatura del aire en Casablanca, la existencia de anomalías negativas persistentes al principio y de anomalías positivas persistentes al final sugiere la existencia de una tendencia global creciente durante el período de referencia.

III.2. Tipificación global de la temperatura media del aire

De la Tabla 3 se deduce que, en Casablanca, durante el período abril 1908-abril 1998, **los tipos más frecuentes en el régimen térmico del aire relativos a los 1081 casos mensuales son los de supranormal ligero (17.8%) y subnormal ligero (17.7%), seguidos por los de moderadamente cálido (14.2%) y moderadamente frío (13.1%).** El predominio de tipos supranormales es notable en el mes de diciembre (58.9%).

Los tipos supranormales son predominantes en las series anual (57.3%) y de las temporadas del verano (52.2%) y del invierno (55.6%). Se catalogaron solamente

dos casos del tipo notablemente frío (en febrero de 1958 y enero de 1981); el tipo extremo opuesto (notablemente cálido) no se ha registrado hasta el presente.

Estudiaremos, en particular, las características principales del régimen de la temperatura del aire en tres series importantes: la serie anual y las series de las temporadas del verano y del invierno.

Tabla 2. Estadígrafos principales del régimen de la temperatura media del aire en Casablanca, Ciudad de La Habana (abril 1908-abril 1998): $n(j)$ es el tamaño de la muestra, $t(j)$ es la media o norma, $S(j)$ es la desviación típica muestral, Máx es el valor máximo absoluto, Mín es el valor mínimo absoluto (se adjunta el año o temporada de ocurrencia).

Meses	n(j)	t(j)	S(j)	Máx t(l j)	Min t(l j)
Ene	90	21.77	0.95	23.80 (1937)	18.90 (1981)
Feb	90	21.92	1.09	24.34 (1959)	19.10 (1958)
Mar	90	23.01	0.89	24.92 (1948)	20.53 (1915)
Abr	91	24.33	0.79	26.08 (1912)	22.46 (1915)
May	90	25.50	0.63	27.50 (1995)	24.13 (1921)
Jun	90	26.42	0.47	27.41 (1987)	25.05 (1976)
Jul	90	26.99	0.46	28.29 (1915)	25.85 (1919,1921)
Ago	90	27.15	0.45	28.25 (1997)	25.77 (1908)
Sep	90	26.67	0.42	27.53 (1987)	25.38 (1909)
Oct	90	25.56	0.53	26.88 (1911)	24.40 (1908)
Nov	90	23.77	0.86	25.83 (1986)	21.75 (1917)
Dic	90	22.32	0.88	24.54 (1941)	19.98 (1917)
Anual	89	24.62	0.35	25.43 (1997)	23.70 (1910)
May-Oct	90	26.38	0.35	27.41 (1915)	25.60 (1909)
Nov-Abr	90	22.85	0.57	23.91 (1990/91)	21.57 (1939/40)

Tabla 3. Tipificación de la temperatura media del aire (1081 casos mensuales y 269 casos correspondientes a las series anual y de las temporadas del verano y del invierno). Casablanca, Ciudad de La Habana (abril 1908-abril 1998).

	Tipos (clasificación)													tot
	5f	4f	3f	2f	1f	n-	n	n+	1c	2c	3c	4c	5c	
Ene	1	0	14	11	3	16	1	13	6	9	15	1	0	90
Feb	1	1	16	12	9	5	0	7	6	16	16	1	0	90
Mar	0	1	11	14	9	7	0	9	9	18	12	0	0	90
Abr	0	0	9	18	4	10	1	17	8	11	13	0	0	91
May	0	0	1	18	12	17	1	15	8	11	6	1	0	90
Jun	0	0	1	12	12	17	3	22	11	11	1	0	0	90
Jul	0	0	2	9	11	21	2	23	7	14	1	0	0	90
Ago	0	0	2	5	12	31	0	18	10	9	3	0	0	90
Sep	0	0	1	10	10	23	0	20	12	14	0	0	0	90
Oct	0	0	3	10	10	22	0	23	8	11	3	0	0	90
Nov	0	1	11	13	10	15	0	8	6	11	14	1	0	90
Dic	0	1	13	10	5	7	1	17	8	19	8	1	0	90
Tot	2	4	84	142	107	191	9	192	99	154	92	5	0	1081
Anual	0	0	0	8	7	23	2	34	8	7	0	0	0	89
May-Oct	0	0	0	7	7	29	0	31	10	5	1	0	0	90
Nov-Abr	0	0	4	12	11	13	0	19	11	18	2	0	0	90

III.3. Temperatura media anual del aire.

De acuerdo a un tratamiento por subperíodos de 10 años (excepto el subperíodo 1990-1997, con ocho años) se conforma la Tabla 4:

Tabla 4. Evolución por subperíodos del régimen de la temperatura media anual del aire. Casablanca, Ciudad de La Habana (1910-1997).

Subperíodo	Media	Desv. Típ.	Máx.	Mín.
1910-1919	24.40°C	0.48°C	25.12°C (1912)	23.70°C (1910)
1920-1929	24.54	0.22	25.09 (1929)	24.31 (1923)
1930-1939	24.75	0.16	24.99 (1933)	24.42 (1931)
1940-1949	24.70	0.29	25.10 (1948)	24.04 (1940)
1950-1959	24.44	0.19	24.79 (1959)	24.19 (1954)
1960-1969	24.35	0.30	24.67 (1961, 1964)	23.76 (1968)
1970-1979	24.64	0.24	25.00 (1975)	24.15 (1970)
1980-1989	24.85	0.20	25.15 (1982)	24.58 (1981)
1990-1997	25.05	0.30	25.43 (1997)	24.56 (1996)

Se observa el incremento (2.9%) de la temperatura media anual al pasar sucesivamente del subperíodo 1960-1969 al de 1990-1997. La variabilidad es máxima en el subperíodo 1910-1919 (el menos cálido) y mínima en el subperíodo 1930-1939. **El subperíodo más cálido es 1990-1997, con una media (25.05°C) que supera en 0.43°C a la media general (24.62°C); este subperíodo de ocho años es único dado que contiene cinco medias anuales mayores que 25.0°C.** En el subperíodo 1909-1989 (81 años) solamente aparecen seis casos con medias anuales iguales o mayores que 25.0°C (en 1912, 1929, 1948, 1975, 1982 y 1989).

El año mas cálido es 1997 (25.43°C), tipificado directamente como **moderadamente cálido, con una temperatura media** (25.43°C) **que supera en 0.81°C a la media general** (24.62°C) Este año está integrado por cuatro meses cálidos (febrero, marzo, agosto y noviembre), cuatro meses moderadamente cálidos (abril, mayo, julio y diciembre), un mes ligeramente cálido (junio), dos meses supra-normales ligeros (septiembre y octubre) y un mes subnormal ligero (enero). Cárdenas (1999) cataloga un evento «El Niño» en marzo 1997-agosto 1998 y un evento ENOS en julio 1997-mayo 1998 (que alcanzó la categoría de muy fuerte). **En la temporada invernal 1996/1997 solamente se registraron 11 frentes fríos (mínimo absoluto en 81 temporadas)**. Sin embargo, de octubre a diciembre de 1997 se catalogaron 12 frentes fríos (46.2% del total de la temporada invernal 1997/1998) (González, 1999).

El segundo año mas cálido es 1994 (25.27°C), tipificado directamente como **moderadamente cálido**, estando conformado por dos meses cálidos (febrero y noviembre), siete meses moderadamente cálidos (enero, marzo, abril, mayo, junio, octubre y diciembre), un mes supranormal ligero (julio) y dos meses subnormales ligeros (agosto y septiembre). Cárdenas (1999) cataloga un evento «El Niño» en junio 1994-febrero 1995 y un evento ENOS en mayo 1994-febrero 1995 (el evento ENOS 1994-1995 ha sido clasificado como moderado). En 1994, un total de 17 frentes fríos aparecen catalogados (12 de enero a abril y cinco de noviembre a diciembre) (González, 1999).

El año «mas frío» es 1910, tipificado directamente como **moderadamente frío, con una temperatura media** (23.70°C) **menor que la media general** (24.62°C) **en 0.92°C**. Este año está conformado por seis meses fríos (enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre), dos meses moderadamente «fríos» (septiembre y octubre), tres meses subnormales ligeros (mayo, junio y agosto) y solamente un mes supranormal ligero (julio). No existe una cronología de frentes fríos en ese año: la cronología de frentes fríos se inicia con la temporada 1916/1917 (Rodríguez et al, 1984).

En la publicación del Observatorio de Belén se consignan las siguientes anomalías en 1910: «pocos Ene-ros han sido tan frescos como el de 1910»; la temperatura mínima absoluta anual (10.0°C) se alcanzó el día 7 de febrero a las 05:00 horas; las temperaturas medias de marzo, abril y junio resultaron ser las mas bajas desde 1872 hasta el presente; **«no hemos tenido en La Habana mes de julio mas frío y ni tan frío como el presente»**; «ningún Noviembre...ha sido tan fresco como el presente»; la temperatura media de diciembre es «notablemente inferior a la normal», **«podemos asegurar que no ha habido en La Habana año mas frío que el de 1910...»** (esta afirmación tiene una validez limitada debido a que en Casablanca las observaciones meteorológicas se iniciaron en abril de 1908, mientras que en el Observatorio de Belén ya se contaba con una serie larga de datos desde 1858 para efectuar las comparaciones pertinentes). Cárdenas (1999) cataloga un evento «La Niña» en agosto 1909-julio 1910 y un evento AENOS en diciem-

bre 1909-febrero 1911 (el evento AENOS 1910-1911 ha sido clasificado como moderado).

El segundo año mas frío es 1968 (23.76°C), tipificado directamente como **moderadamente frío**, conformado por cuatro meses fríos (febrero, marzo, noviembre y diciembre), cuatro meses moderadamente «fríos» (enero, mayo, julio y octubre), tres meses ligeramente «fríos» (abril, junio y septiembre) y un mes subnormal ligero (agosto). Cárdenas (1999) cataloga un evento «La Niña» en julio 1967-mayo 1968. Un total (notable) de 27 frentes fríos (17 de enero a abril y 10 de octubre a diciembre) se catalogaron en 1968 (Rodríguez et al, 1984).

III.4. Temperatura media del aire de la temporada del verano

Se elaboró la Tabla 5 con subperíodos de 10 temporadas (excepto la de 1990-1997, que consta de ocho temporadas):

Tabla 5. Evolución por subperíodos del régimen de la temperatura media del aire de la temporada del verano.

Subperíodo	Media	Desv. Típ.	Máx.	Mín.
1910-1919	26.33°C	0.55°C	27.41°C (1915)	25.74°C (1919)
1920-1929	26.15	0.32	26.54 (1927)	25.63 (1921)
1930-1939	26.52	0.15	26.85 (1935)	26.33 (1938)
1940-1949	26.39	0.19	26.72 (1941)	26.10 (1940)
1950-1959	26.24	0.13	26.46 (1958)	26.02 (1954)
1960-1969	26.21	0.22	26.56 (1969)	25.85 (1968)
1970-1979	26.36	0.20	26.71 (1978)	26.11 (1970, 1976)
1980-1989	26.70	0.30	27.11 (1981)	26.17 (1984)
1990-1997	26.76	0.23	27.13 (1995)	26.40 (1992)

Se observa el aumento (2.1%) de la temperatura media de la temporada del verano al pasar sucesivamente del subperíodo 1960-1969 al de 1990-1997. La variabilidad es máxima en el subperíodo 1910-1919 y mínima en el subperíodo 1950-1959.

La temporada del verano mas cálida es la de 1915 (27.41°C), tipificada directamente como **cálida**: tres meses cálidos (mayo, julio y agosto) y tres meses moderadamente cálidos (junio, septiembre y octubre). **Le sigue la de 1995** (27.13°C), tipificada directamente como **moderadamente cálida**, estando integrada por un mes muy cálido (mayo), dos meses moderadamente cálidos (julio y octubre), un mes ligeramente cálido (junio) y dos meses supra-normales ligeros (agosto y septiembre).

En la publicación del Observatorio de Belén se consignan las siguientes anomalías en 1915: la temperatura en Mayo «fue excesiva, casi la misma de Julio»; «hacía años que no habíamos tenido mes de Junio tan caluroso como el actual»; «en los 18 años anteriores el ascenso térmico en Julio no ha sido tan grande como en el actual»; «extraordinario fue el calor» en Agosto (la temperatura media fue la mayor de todos los Agostos anteriores exceptuando el de 1899).

La temporada del verano mas «fría» (o menos cálida) es la de 1909 (25.60°C), tipificada directamente como moderadamente «fría»: dos meses «fríos» (agosto y septiembre), dos meses moderadamente «fríos» (junio y julio), un mes ligeramente «frío» (mayo) y un mes subnormal ligero (octubre) (Esta temporada no está incluida en el primer subperíodo de la Tabla 5). **Le sigue la de 1921** (25.63°C), tipificada directamente como moderadamente fría, integrada por dos meses «fríos» (mayo y julio), dos meses moderadamente «fríos» (junio y agosto), un mes ligeramente «frío» (octubre) y un mes subnormal ligero (septiembre).

III.5. Temperatura media del aire de la temporada del invierno

Se observa una estructura notablemente irregular en la evolución hiperanual de los datos. Mediante la Tabla 6, elaborada con subperíodos de 10 temporadas (excepto la del subperíodo 1989/1990-1997/1998, que consta de nueve temporadas), se deduce que:

Tabla 6. Evolución por subperíodos del régimen de la temperatura media del aire de la temporada del invierno. Casablanca, Ciudad de La Habana (1909/1910-1997/1998).

Subperíodo	Media	Desv. Típ.	Máx.	Mín.
1909/1910-1918/1919	22.45	0.67	23.66°C (1911/1912)	21.70°C (1909/1910)
1919/1920-1928/1929	22.92	0.34	23.59 (1928/1929)	22.42 (1923/1924)
1929/1930-1938/1939	23.04	0.56	23.58 (1936/1937)	21.74 (1930/1931)
1939/1940-1948/1949	22.99	0.64	23.84 (1948/1949)	21.57 (1939/1940)
1949/1950-1958/1959	22.64	0.56	23.72 (1958/1959)	21.66 (1950/1951)
1959/1960-1968/1969	22.52	0.46	23.23 (1961/1962)	21.97 (1968/1969)
1969/1970-1978/1979	22.88	0.54	23.70 (1974/1975)	22.06 (1969/1970)
1979/1980-1988/1989	23.00	0.43	23.57 (1981/1982)	22.22 (1980/1981)
1989/1990-1997/1998	23.33	0.47	23.91 (1990/1991)	22.38 (1995/1996)

La temperatura media de la temporada del invierno aumenta en 3.6% al pasar sucesivamente del subperíodo que se inicia con la temporada invernal 1959/1960 y termina con el subperíodo que contiene la última temporada invernal 1997/1998.

La temporada del invierno mas cálida es la de 1990/1991 (23.91°C), tipificada directamente como cálida, integrada por tres meses cálidos (enero, marzo y abril), dos meses moderadamente cálidos (diciembre y febrero) y un mes ligeramente cálido (noviembre). **Se destaca la ocurrencia de 12 temporadas invernales supranormales desde 1985/1986 hasta 1997/1998** (en las últimas 13 temporadas); la temporada invernal 1995/1996 resultó ser ligeramente fría. Cárdenas (1999) cataloga eventos «El Niño» en julio 1990-diciembre 1990 y marzo 1991-junio 1992, así como un evento ENOS en abril 1991-junio 1992 (el evento ENOS 1991-1992 ha sido catalogado como muy fuerte). En la temporada invernal 1990/1991 se registraron 18 frentes fríos, inferior a lo normal (González, 1999).

La temporada del invierno mas fría es la de 1939/1940 (21.57°C), tipificada directamente como fría, integrada por tres meses fríos (noviembre, enero y febrero) y tres meses moderadamente fríos (diciembre, marzo y abril). En la temporada invernal 1939/1940 se catalogaron 24 frentes fríos (superior a lo normal); el evento ENOS octubre 1939-marzo 1942 ha sido clasificado como muy fuerte (Cárdenas, 1999).

Es conveniente señalar que **un aumento en la ocurrencia de frentes fríos no implica necesariamente un cambio hacia tipos subnormales** en el régimen térmico: en la temporada invernal 1945/1946 se catalogaron 27 frentes fríos (superior a lo normal), pero la temperatura media de dicha temporada (23.02°C) está tipificada directamente como **supranormal ligera**, estando integrada por un mes moderadamente frío (noviembre), un mes ligeramente frío (diciembre), dos meses ligeramente cálidos (enero y abril), un mes moderadamente cálido (marzo) y un mes cálido (febrero).

III.6. Magnitud de las anomalías en el régimen de la temperatura media del aire

Los valores extremos de los indicadores de las anomalías térmicas $It(i,j)$ (directo) y $Itg(i,j)$ (generalizado), asociados a los datos de la temperatura media de Casablanca, se dan en las Tablas 7 y 8.

Tabla 7. Valores extremos de los indicadores directos de las anomalías en el régimen de la temperatura media del aire. Casablanca, Ciudad de La Habana (abril 1908-abril 1998).

Meses	Mín $It(i,j)$	Año o temporada	Tipo	Máx $It(i,j)$	Año o temporada	Tipo
Ene	-1.318	1981	5f	0.932	1937	4c
Feb	-1.286	1958	5f	1.104	1959	4c
Mar	-1.078	1915	4f	0.830	1948	3c
Abr	-0.772	1915	3f	0.715	1912	3c
May	-0.537	1921	3f	0.784	1995	4c
Jun	-0.519	1976	3f	0.375	1987	3e
Jul	-0.422	1919,1921	3f	0.482	1915	3e
Ago	-0.508	1908	3f	0.405	1987	3e
Sep	-0.484	1909	3f	0.322	1997	2c
Oct	-0.446	1940	3f	0.516	1911	3e
Nov	-0.850	1917	4f	0.867	1986	4c
Dic	-1.048	1917	4f	0.995	1941	4c
An	-0.374	1910	2f	0.329	1997	2c
May-Oct	-0.296	1909	2f	0.390	1915	3c
Nov-Abr	-0.560	1939/1940	3f	0.464	1990/1991	3c

Tabla 8. Valores extremos de los indicadores generalizados de las anomalías en el régimen de la temperatura media del aire. Casablanca, Ciudad de La Habana (abril 1908-abril 1998).

	Mín $Itg(i,j)$	Año o temporada	Tipo	Máx $Itg(i,j)$	Año o temporada	Tipo
Anual	1.093	1934	n-	5.060	1915	n+
May-Oct	0.291	1948	n-	2.334	1915	3c
Nov-Abr	0.551	1920/1921	n+	3.422	1939/1940	3f

Se observa que, en Casablanca, de acuerdo a los valores adquiridos por los indicadores generalizados:

El año mas anómalo es 1915 ($Itg = 5.060$), a pesar de estar tipificado directamente como **supranormal ligero** (24.73°C), estando integrado por un mes muy frío

(marzo), un mes frío (abril), un mes moderadamente frío (febrero), un mes ligeramente frío (diciembre), un mes supranormal ligero (enero), cuatro meses moderadamente cálidos (junio, septiembre, octubre y noviembre) y tres meses cálidos (mayo, julio y agosto). **Le sigue el año 1997** (Itg = 4.045), tipificado directamente como **moderadamente cálido** (ver III.3).

La temporada del verano mas anómala es la de 1915 (coincidiendo con el año mas anómalo, Itg = 2.334), estando tipificada directamente como **cálida**, siendo **la mas cálida hasta el presente** (ver III.4). **Le sigue la de 1995** (Itg = 1.765), tipificada directamente como **moderadamente cálida** (ver III.4).

La temporada del invierno mas anómala es la de 1939/1940 (Itg = 3.422), tipificada directamente como **fría**, **la mas fría hasta el presente** (ver III.5). **Le sigue la de 1950/1951** (Itg = 3.180), tipificada directamente como **fría** (21.66°C), conformada por cuatro meses fríos (noviembre, diciembre, enero y febrero), un mes ligeramente frío (marzo) y un mes subnormal ligero (abril). Cárdenas (1999) cataloga un evento «La Niña» en noviembre 1949-febrero 1951 y un evento AENOS (moderado) en febrero 1950-febrero 1951; durante la temporada invernal 1950/1951 se registraron 29 frentes fríos (significativamente superior a lo normal).

Se observa que el año o la temporada mas anómala no tiene que coincidir necesariamente con el año o la temporada mas cálida o mas fría.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la Estación Meteorológica de Casablanca, Ciudad de La Habana, en relación con el régimen de la temperatura media del aire y la metodología propuesta:

IV.1. El mes mas cálido es agosto (temperatura media de 27.15°C en 90 años) y el mes mas frío es enero (temperatura media de 21.77°C en 90 años). La mayor variabilidad en el régimen térmico corresponde al mes de febrero, con una desviación típica de 1.09°C (en 90 años). La temperatura media anual es de 24.62°C (en 89 años) y las temperaturas medias de las temporadas del verano (90 temporadas) y del invierno (90 temporadas) son de 26.38°C y 22.85°C, respectivamente.

IV.2. De acuerdo a la metodología de tipificación de datos, se observa la existencia de un conglomerado (único) de meses secuenciales con anomalías negativas persistentes de julio 1908 a junio 1910 (24 meses consecutivos, 12 en la temporada del invierno y 12 en la temporada del verano). Los conglomerados con anomalías positivas son mas frecuentes a partir del año 1980 (ocho casos que agrupan un total de 86 meses, 39 de la temporada del invierno y 47 de la temporada del verano).

IV.3. Los tipos mas frecuentes en el régimen térmico relativo a 1081 casos mensuales se presentan en oposición: supranormal ligero (17.8%) y subnormal ligero (17.7%), moderadamente cálido (14.2%) y moderada-

mente frío (13.1%). Los tipos supranormales son predominantes en las series anual (57.3%) y de las temporadas del verano (52.2%) y del invierno (55.6%). Se catalogaron solamente dos casos del tipo 5f (notablemente frío) en febrero de 1958 y enero de 1981; el tipo extremo opuesto (notablemente cálido) no se ha registrado hasta el presente.

IV.4. En la evolución del régimen térmico, considerando las series anual y de las temporadas del verano y del invierno, el mayor incremento de la temperatura media (3.6%) corresponde a la temporada del invierno, al pasar sucesivamente del subperíodo de 10 temporadas que se inicia con la temporada invernal 1959/1960 y termina con el subperíodo de nueve temporadas que contiene la última temporada invernal 1997/1998. Se destaca la ocurrencia de 12 temporadas invernales supranormales desde 1985/1986 hasta 1997/1998 (en las últimas 13 temporadas); la temporada invernal mas cálida es la de 1990/1991 (tipificada directamente como cálida, temperatura media de 23.91°C) y la mas fría es la de 1939/1940 (tipificada directamente como fría, temperatura media de 21.57°C).

IV.5. En el tratamiento de los datos de la temperatura media anual, se observa que el subperíodo mas cálido es 1990-1997, con una media que supera en 0.43°C a la media general; este subperíodo de ocho años es único porque contiene cinco medias anuales mayores que 25.0°C (en el subperíodo de 81 años que comienza en 1909 y termina en 1989 solamente aparecen seis casos con media anuales iguales o mayores que 25.0°C).

IV.6. En el problema de determinar la magnitud de las anomalías en las series anual y de las temporadas del verano y del invierno, el indicador generalizado Itg refleja de una manera mas objetiva la magnitud global de las anomalías que se derivan de los grandes contrastes secuenciales que se presentan con cierta frecuencia: el año mas anómalo es 1915 (Itg = 5.060), a pesar de que está tipificado directamente como supranormal ligero (año casi normal, It = 0.045) debido al efecto de compensación por la presencia de una estructura con meses subnormales y supranormales: un mes muy frío (marzo), un mes frío (abril), un mes moderadamente frío (febrero), un mes ligeramente frío (diciembre), un mes supranormal ligero (enero), cuatro meses moderadamente cálidos (junio, septiembre, octubre y noviembre) y tres meses cálidos (mayo, julio y agosto). Además, se observa que el año o temporada mas anómala no tiene que coincidir necesariamente con el año o la temporada mas cálida o mas fría.

IV.7. No es posible inferir una asociación o concordancia estable significativa entre la evolución del régimen térmico y la ocurrencia de eventos ENOS y AENOS. El año 1910 es el mas frío, catalogándose un evento «La Niña» en agosto 1909-julio 1910 y un evento AENOS en diciembre 1909-febrero 1911 (el evento AENOS 1910-1911 ha sido catalogado de moderado y no existe crono-

logía de frentes fríos en ese año). La temporada invernal 1939/1940 es la mas fría, pero un evento ENOS clasificado como fuerte ha sido catalogado en octubre 1939-marzo 1942; en esa temporada invernal se identificaron 24 frentes fríos (superior a lo normal). Además, se observa que un aumento en la ocurrencia de frentes fríos no implica necesariamente un cambio hacia tipos subnormales en el régimen térmico del aire.

IV.8. La metodología propuesta de tipificación y cálculo de la magnitud de las anomalías térmicas de la temperatura media del aire puede ser aplicada local o regionalmente en todo el territorio cubano, con la limitación inherente a resultados obtenidos utilizando series cortas de observaciones.

Se recomienda continuar el estudio de la evolución del régimen de la temperatura media del aire en Cuba con series largas de observaciones para el cálculo objetivo de tendencias y puntos de cambio, con resultados que son de interés en la elaboración de una base para la determinación de los impactos que pueden ser generados por los cambios climáticos regionales y globales pronosticados.

BIBLIOGRAFÍA

Cárdenas, P.A., Naranjo, L. y Centella, A.,(1996): El Niño, la Oscilación del Sur y el ENOS. Papel en la predictibilidad de elementos climáticos. Centro del Clima. Instituto de Meteorología. CITMA. La Habana. 24 págs.

Cárdenas, P.A.,(1999): Cronología de eventos ENOS y AENOS desde 1882 hasta la fecha (1999). Inédito. Centro del Clima. INSMET. CITMA. 7 págs.

Flrido, A. y Lecha, Luís B.,(1985): Regionalización climática de Cuba en base al régimen térmico. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía. ACC. La Habana-Madrid.

González, C.,(1999): Climatología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916-1917 hasta 1996-1997. Revista Cubana de Meteorología. Vol. 6. No. 1. Año 99. Págs 15-19.

Iñiguez, L. y Mateo, J.,(1980): Geografía Física de Cuba. Componentes naturales y paisajes geográficos.

M.E.S. Universidad de La Habana. Facultad de Geografía. 251 págs.

Lecha, Luís B., Paz, Luis R. y Lapinel, B.,(1994): El clima de Cuba. Editorial Academia. La Habana. 186 págs.

Rodríguez, M., González, C. y Valdés, J.(1984): Cronología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde la temporada de 1916-1917 hasta la temporada de 1982-1983 (67 temporadas). Reporte de Investigación No. 9: Instituto de Meteorología. Academia de Ciencias de Cuba. 10 págs.

Vega, R., Garcés, M. del R., Fernández, N. y Sardiñas, M.E.,(1988): Variabilidad, anomalías, tendencias y puntos de cambio en series largas de datos de la temperatura media del aire y de totales de lluvia en Cuba. Informe Final Proyecto 0301018. Centro del Clima. INSMET. CITMA. 105 págs.

Publicaciones del Observatorio de Belén (1908-1925). Archivo del Centro del Clima. INSMET. CITMA.

Tablas de asentamiento de las observaciones meteorológicas del Observatorio Nacional y del Instituto de Meteorología (1908-1998). Archivo del Centro del Clima. INSMET. CITMA.

Resumen Climático de Cuba. ISSN 0864-3733. Academia de Ciencias. Instituto de Meteorología. Editorial Academia. La Habana, 1991. 127 págs.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Cecilia González Pedroso por la revisión crítica del trabajo y sus valiosas recomendaciones.

ABSTRACT

Data of mean temperature corresponding to 15 series are classified in 13 types or categories. Simple adimensional indexes with good operational properties related to the values of air temperature anomalies (direct and generalized forms) are given. The proposed method is applied to long series data belonging to meteorological station of Casablanca (Havana City), but it may be locally and regionally extended to the territory of the Republic of Cuba.

Palabras Clave:

Temperatura Media del Aire, Indicadores directo y generalizado, tipificación, anomalías.