

COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y TENDENCIAS CLIMÁTICAS EN LA CIUDAD DE MAR DEL PLATA (período 1971-2010)

GARCÍA, Mónica Cristina y VENEZIANO, Marcelo Francisco

Universidad Nacional de Mar del Plata; Fac. Humanidades, Dpto. Geografía. Centro de Investigaciones Geográficas y Socio- Ambientales- CIGSA-, Grupo de Estudios de Ordenación Territorial-GEOT-,
E-mail: mcgarcia@mdp.edu.ar

RESUMEN

Las condiciones climáticas de Mar del Plata, por su localización en el sudeste bonaerense, resultan representativas del clima templado con influencia oceánica. Los objetivos de esta investigación pretenden analizar el comportamiento temporal y tendencias de tres parámetros meteorológicos (temperatura, precipitación y viento) en el período 1971-2010; determinar sus condiciones típicas estacionales y verificar si existen evidencias de variabilidad climática. El método seguido para analizar climáticamente el área, consistió tanto en el análisis de sus valores medios como extremos mensuales, anuales y decenales, el procesamiento estadístico estándar de la información meteorológica y la determinación de variaciones temporales, oscilaciones y tendencias de los elementos climáticos considerados. Los principales resultados obtenidos ponen de manifiesto que el lapso 2001-2010 no muestra grandes variaciones respecto de los anteriores; no obstante, se observan diferencias en el monto anual y distribución estacional de precipitaciones y en la intensidad del viento, entre otros.-

Palabras Clave: clima – evolución y tendencias – Mar del Plata – variabilidad climática.

TEMPORAL BEHAVIOR AND CLIMATE TRENDS IN THE CITY OF MAR DEL PLATA (period 1971-2010)

ABSTRACT

The climatic conditions of Mar del Plata, by its location in the southeast of Buenos Aires, are representative of temperate climate with oceanic influences. The objectives of this research aim to analyze the temporal behavior and trends three meteorological parameters (temperature, precipitation and wind) in the period 1971-2010; determine its typical seasonal conditions and check for evidence of climate variability. The method used to analyze the area climatically consisted in the analysis of their mean values and extreme monthly, annual and decadal standard statistical processing of meteorological information and the determination of temporal variations, fluctuations and trends of climate elements considered. The main results show that the period

2001-2010 does not show large variations thereof; however, differences are observed in the annual amount and seasonal distribution of precipitation in the wind intensity, etc.

Keywords: climate - evolution and trends - Mar del Plata - climate variability

Introducción

La localización geográfica de la ciudad de Mar del Plata (aproximadamente 38° S y 57°W) en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, determina su inserción en un *clima templado pampeano, con influencia oceánica* (Chiozza, 1975) o *Subtropical marítimo sin verano térmico y con precipitaciones máximas en primavera y otoño* (Capitanelli, 1992). La interacción y alternancia de masas de aire de distinto origen, ya sea tropical, polar, continental y/o marítimo sobre el área de estudio, son generadoras de cambios de tiempo, en ocasiones repentinos o bruscos, lo que la identifican como un área de gran variabilidad en sus condiciones meteorológicas (Capitanelli, 1956, 1992; Bruniard, 1981; Martos, 1998). Por otro lado, es la zona del Frente Polar (Strahler y Strahler, 1994).

Entre los meses de diciembre y marzo, se producen las denominadas *situaciones meteorológicas de verano*. En ellas pueden ocurrir olas de calor, pasaje de línea de inestabilidad y/o tormentas, proceso de ciclogénesis, sudestada, etc. (Celemín, 1984; García, 2009) y cualquiera de ellas se caracteriza por el brusco cambio de tiempo con el paso de un frente frío y el avance del viento pampero.

De mayo a setiembre, se suceden las llamadas *situaciones de invierno*. Entre las posibles, se destacan la presencia de un frente cálido que se transforma en onda frontal y antecede a un frente frío. Otras situaciones frecuentes son las sudestadas y anticiclones de invierno. Esta última manifestación puede estar acompañada de, al menos, una ola de frío al año (Celemín, 1984; García, 2009). La intensidad de estas situaciones invernales suelen ser mayor que en las de verano y por lo general, provocan perjuicios en áreas urbanas y costeras del sudeste bonaerense.

Los meses de abril y octubre, actúan como nexos entre las situaciones estacionales antes citadas. En ellos predominan el pasaje de frentes fríos, procesos de ciclogénesis, temporales y sudestadas, estos dos últimos con mayor intensidad que en el resto del año. Por tal motivo, se los identifica como períodos de gran inestabilidad atmosférica y de eventos meteorológicos de magnitud, vinculados con una mayor interacción mar-atmósfera (Martos, 1998; García, 2009).

Por otro lado, Mar del Plata con la creciente urbanización y litoralización de actividades humanas generan un conjunto de alteraciones inducidas que da lugar al clima urbano. Su influencia se manifiesta en mayor o menor medida, sobre casi todos los parámetros meteorológicos. Las características y modificaciones climáticas que en ella se presentan pueden también servir de modelo para evaluar los impactos del cambio climático y el grado de preparación de la sociedad para predecir y prevenir sus efectos (García, 2009).

A partir de lo expuesto, los objetivos de esta investigación pretenden: a) Analizar el comportamiento temporal y tendencias de tres parámetros meteorológicos (Temperatura, Precipitación y Viento) en el período 1971-2010; b) Determinar sus condiciones típicas estacionales y c) Verificar si existen evidencias de variabilidad climática.

Método de trabajo

El período estudiado comprende desde enero de 1971 a diciembre de 2010. Los datos provienen de la información estadística decádica suministrada por el Servicio Meteorológico Nacional para el lapso considerado. Para caracterizar climáticamente el área de estudio, se analizaron tanto valores medios como extremos de tres parámetros meteorológicos seleccionados (temperatura, precipitaciones y vientos), mediante el procesamiento estadístico estándar, tendiente a la determinación de variaciones temporales (anuales y/o estacionales) y tendencias de los mismos. Se consideraron las estaciones del año de acuerdo con los meses completos (por ejemplo (*verano* de enero a marzo; *otoño* de abril a junio; *invierno* de julio a setiembre y *primavera* de octubre a diciembre), teniendo en cuenta la disponibilidad y presentación de los datos estadísticos.

El análisis del comportamiento de las variables consideradas, su variabilidad y tendencias,

permitieron ahondar el conocimiento de las manifestaciones climáticas en el área de estudio y constituyen un avance de una investigación mayor. Los resultados contribuirán con la previsión futura de su influencia en el clima urbano y por ende, en la sociedad y en sus actividades económico-productivas.

Resultados y discusión

La localización geográfica de la ciudad de Mar del Plata determina sus condiciones térmicas y pluviométricas propias del clima templado con influencia oceánica propio del sudeste de la provincia de Buenos Aires. En el diagrama ombrotérmico (figura 1) se observó la marcha anual media de temperaturas y precipitaciones en el período 1971-2010). El promedio térmico anual fue de $14,0^{\circ}\text{C}$ y el monto pluviométrico medio totalizó 934,1 mm, respectivamente.

Si se considera la temperatura media mensual en el lapso considerado (figura 1), ésta osciló entre $20,4^{\circ}\text{C}$ en enero y $7,8^{\circ}\text{C}$ en julio. Por este motivo y según Capitannelli (1999), se verificó que esta ciudad prácticamente no tiene verano térmico, ya que sólo el mes de enero presentó una temperatura media superior a 20°C . Entre junio, julio y agosto, las temperaturas medias resultaron inferiores a 10°C .

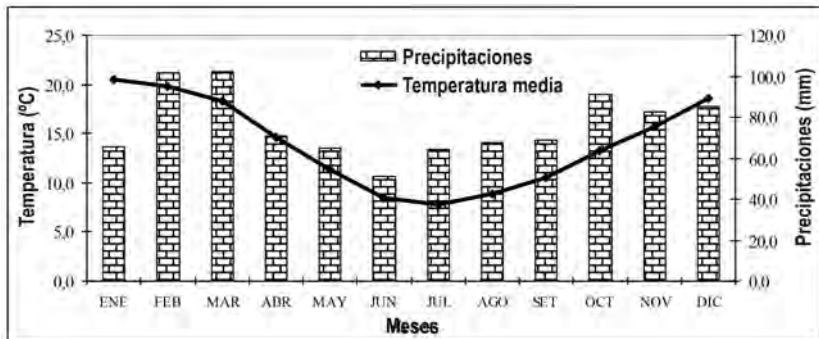


Figura 1. Diagrama ombrotérmico de la ciudad de Mar del Plata (período 1971-2010)
Fuente: Datos del SMN (1971-2010).

Un 2,7 % de días al año presentaron temperaturas superiores a 32° C, concentrándose obviamente en los meses estivales. Las temperaturas máximas absolutas resultaron superiores a 28,0° C en todas las estaciones, llegando a superar los 39,0° C en verano y primavera¹ (tabla 1). La temperatura máxima media anual fue de 31,1° C.

Las temperaturas inferiores a 0° C predominaron entre mayo a setiembre, con un 4,1 % de los días del año, determinando el período de heladas. Tres de cada cinco temperaturas inferiores a 0° C se presentaron en los meses de julio y agosto (García, 2009). El valor mínimo absoluto del período estudiado alcanzó -9,3° C, aunque en otoño y primavera se presentaron temperaturas mínimas inferiores a -3,0° C (tabla 1). La temperatura mínima media anual fue de -1,5° C. Se produjo una media de 24,6 días con heladas al año, con la siguiente distribución: en invierno (15,7 días), otoño (7,8 días) y primavera (1,2 días). En años fríos, la cantidad de días con heladas se duplicó y hasta triplicó en otoño y primavera, al extenderse el período habitual con heladas tempranas y tardías.

Tabla 1. Temperatura y precipitación medias en Mar del Plata (período 1971-2010)

Parámetros meteorológicos	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Media /monto anual
Temperatura Media (en ° C)	19,5	11,4	9,0	15,9	14,0
Temperatura Mínima Absoluta (en ° C)	1,2	-5,5	-9,3	-3,0	-1,5
Temperatura Máxima Absoluta (en ° C)	39,3	28,5	30,1	39,4	31,1
Precipitaciones (en mm)	282,8	215,7	169,0	266,7	934,1

Fuente: Datos decádicos del SMN (1971-2010).

¹ Como se señaló en el método de trabajo, se consideró la división estacional tomando en cuenta meses completos y no la división astronómica del año, por la disponibilidad y presentación de los datos estadísticos.

La amplitud térmica media diaria en Mar del Plata fue de 10,9° C. Ella resultó inferior a los 12,2° C calculado por Martos (1998) para el período 1961-1990. Según la estación del año y las condiciones sinópticas, la diferencia entre las temperaturas -máxima y mínima del día- osciló entre extremos de 0,7° C y 29,5° C (García, 2009). Los meses de primavera y en menor proporción, los de otoño, presentaron las mayores amplitudes térmicas diarias. La diferencia entre la temperatura máxima y mínima media mensual fluctuó entre 11,9° C en diciembre y 9,6° C en junio. La amplitud media anual es decir, la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la correspondiente al mes más frío fue 12,7° C.

Las condiciones térmicas reseñadas se relacionaron no sólo con la latitud en la que se ubica la ciudad, sino fundamentalmente por la influencia de la temperatura del agua de mar aleadaña. Dicha temperatura marina frente a Mar del Plata alcanzó un valor medio de 15° C, aunque fluctuó entre un mínimo de 11° C y un máximo de 19,5° C, por su circulación con la presencia de las corrientes frías Patagónica y de Malvinas, a una distancia variable de la costa según la época del año y particularmente los meses otoñales e invernales (Piola y Rivas, 1997; García, 2009).

El aire húmedo y frío de las áreas costeras motivó descensos térmicos en cualquier estación del año, por efectos de los vientos del dominio marítimo. Se acentuaron en verano, con la irrupción de las brisas marinas, que contribuyeron a incrementar el confort climático en el área y con ello, su demanda turística. Por su parte, la influencia de las aguas de la región costera del Río de la Plata y las cálidas de la corriente de Brasil, aportan calor y humedad al aire y sus efectos son más notorios en invierno, cuando la advección motivó la generación de nieblas al tomar contacto con la fría superficie continental (Piola y Rivas, 1997; Mazza, 2009; García, 2009). Hubo al menos, 61 días con niebla al año, el 33,7% de ellas en invierno y el 28,8% en otoño.

El monto anual medio de *precipitaciones* del período estudiado en Mar del Plata fue de 934,1 mm. La distribución mensual (figura 1) permitió observar una mayor concentración pluviométrica de octubre a marzo. Este comportamiento resultó representativo del régimen pluvial atlántico y en consecuencia, de una mayor influencia oceánica. Los máximos mensuales se registraron en febrero y marzo al fin del verano (30,2 %) y en octubre y diciembre al inicio y fin de la primavera, respectivamente y representaron aproximadamente el 58,8 % del monto anual, como puede comprobarse en los valores de la tabla 1. El invierno sólo aportó el 18,1 % del total. Se produjo una media de 105 días de lluvias al año y una media mensual de 8,7 días. Octubre y noviembre fueron los meses con mayor cantidad media de días de lluvia en el período analizado, con 9,6 días al mes, en tanto que setiembre presentó el menor número medio (7,6 días).

La precipitación media mensual del período analizado en Mar del Plata fue de 78,4 mm y los montos pluviométricos mensuales extremos oscilaron entre 0 mm y 370,9 mm. Las precipitaciones medias mensuales variaron entre 114 mm en diciembre y 40,9 mm en junio. En general, la variabilidad estacional fue baja, tal como lo observaron Penalba y Robledo (2005) para otras estaciones costeras de la Pampa Húmeda. En varias ocasiones, los valores medios mensuales duplicaron o triplicaron

ante eventos extraordinarios (García, 2009). En término medio, 106 jornadas al año presentaron precipitaciones superiores a 0,1 mm, lo que representó el 29,0 % del total. En esta ciudad y en promedio, los meses de febrero y setiembre se presentaron menos de 8 días con lluvias, en tanto que en los restantes del año, dicha cifra osciló entre 8 y 11 días al mes.

La velocidad media del viento en la ciudad en el período considerado alcanzó 16,2 km/h. No obstante, varios días presentaron intensidades superiores a ese valor. La cantidad media de días con vientos fuertes (≥ 43 km/h) fue de 8,7 al mes. La mayor frecuencia de vientos fuertes se observó de octubre a enero. Estos vientos se presentaron en un mínimo de 62 y un máximo de 152 días al año.

La localización geográfica, la exposición y oceanidad de Mar del Plata en el sudeste bonaerense motivó la gran variabilidad de los vientos de superficie, aunque dominaron los vientos del cuadrante continental N (16,8 %)–NW (18,5 %)–W (13,7 %), como fue posible observar en la figura 2. La dirección SE fue la menos frecuente (7,7 %) y las restantes rondaron el 11% de las frecuencias. Isla y Pérez (1998) consideraron que la capa urbano-canópea fue responsable de la distorsión de los registros de la estación Aeropuerto, reflejada en un decrecimiento en las frecuencias de los vientos provenientes del SE y NE.

Los vientos del cuadrante marino NE, E, SE y S, junto con el de dirección NW fueron los de mayor velocidad media (entre 18,2 y 19,3 km/h). La variabilidad de direcciones citada favoreció la buena ventilación atmosférica y se relacionó con la capacidad de la atmósfera de reemplazar aire contaminado con aire limpio (Venegas y Mazzeo, 1999; García, 2009).

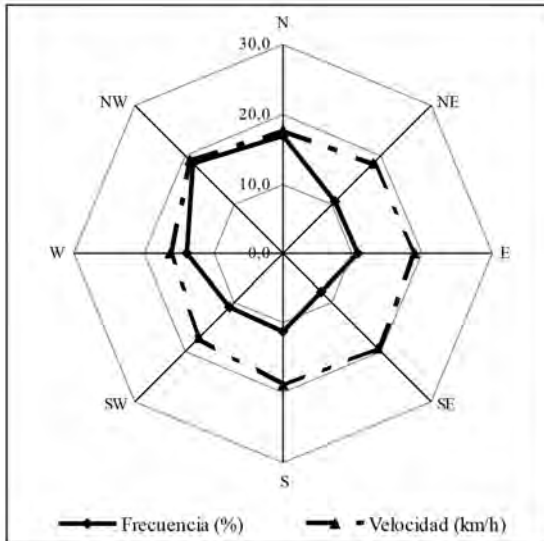


Figura 2. Frecuencia y velocidad media de vientos por dirección en Mar del Plata
Fuente: Datos decádicos SMN, 1971-2010.

Las calmas representaron en promedio, el 10,1 % de las frecuencias. De setiembre a febrero se hallaron por debajo de la media, constituyendo por lo tanto, la época del año más ventosa, donde el mes de enero presentó el menor porcentaje de días sin viento (5,4 %). En abril y mayo se alcanzó una media de 11,8 %.

Al analizar el **comportamiento estacional de los parámetros seleccionados en las últimas cuatro décadas** entre los años 1971 y 2010, se pudo observar cierta homogeneidad en su transcurso o una mayor variabilidad en otros. Ello se detalló en las tablas 2 a 10. La tabla 2 mostró el comportamiento de la temperatura media, tanto en sus valores estacionales que fluctuó entre 19,8° C y 8,8° C como en la anual (14° C). Las oscilaciones decádicas rondaron entre 0 y 0,4° C por encima o por debajo de las medias correspondientes. Los valores más elevados se dieron en el verano de la década 2001-2010; en el otoño e invierno del lapso 1971-1980 y en la primavera de 1981-1990, registrando además las medias decádicas más altas. En relación con los promedios más bajos, se observaron en verano, primavera y la media decádica en la década 1991-2000, en tanto que las medias más bajas en otoño e invierno se presentaron en el decenio siguiente.

Tabla 2. Temperaturas medias decádicas estacionales y anuales (en ° C)

Período	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Media Decádica
1971/1980	19,5	11,7	9,4	15,9	14,1
1981/1990	19,8	11,3	9,0	16,0	14,1
1991/2000	19,1	11,6	8,9	15,7	13,8
2001/2010	19,6	11,1	8,8	15,9	13,9
Media estacional	19,5	11,4	9,0	15,9	14,0

Fuente: Datos decádicos del SMN (1971-2010).

Las temperaturas máximas absolutas oscilaron entre un valor de 27,7° C en invierno y de 39,4° C en primavera de la década 1971-1980, donde también se observó el promedio máximo decádico y del período de estudio considerado (tabla 3). Las fluctuaciones estacionales fueron desde 0,7° C a 2,4° C en relación con el valor máximo absoluto medio estacional. La mayor variabilidad de los registros se observó en invierno, le siguieron las de primavera y en tercer lugar, las de otoño. La máxima absoluta en la ciudad dentro del período considerado, con 39,4° C se registró el 31 de diciembre de 1975 ^{2,3}. El promedio de máximos absolutos estacionales fue de 35,3° C.

² Se recuerda que se consideró la división estacional tomando en cuenta meses completos y no la división astronómica del año, por la disponibilidad y presentación de los datos estadísticos.

³ El máximo térmico absoluto registrado en Mar del Plata alcanzó 41,6° C, a las 15 horas del día 28 de enero de 1957 (García, 2009)

Tabla 3. Temperaturas máximas absolutas decádicas estacionales y anuales (en ° C)

Período	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Máxima Media Absol. Decádica
1971/1980	38,6	32,5	27,7	39,4	34,6
1981/1990	39,3	31,0	29,9	35,8	34,0
1991/2000	38,3	30,9	30,1	38,3	34,4
2001/2010	38,2	32,5	29,9	35,4	34,0
Máx. absol. estac.	39,3	32,5	30,1	39,4	35,3

Fuente: Datos decádicos del SMN (1971-2010).

Las mínimas absolutas en el período 1971-2010 fluctuaron entre 1,2° C en verano y -9,3° C en el invierno (tabla 4), con un promedio de -1,5° c en el lapso estudiado. En líneas generales, las variaciones estacionales oscilaron entre 0,1 y 2,6° C en relación con las medias correspondientes. A excepción del verano, en las otras tres estaciones del año se registraron temperaturas mínimas absolutas por debajo de 0° C, donde el promedio mínimo absoluto de las tres alcanzó -5,9° C.

Las mayores diferencias decádicas entre los valores mínimos estacionales se observaron en invierno, donde llegaron a -4,8° C. El valor extremo de -9,3° C se registró el 6 de julio de 1988 y el de -8,3 C, el 18 de julio de 1995. Las diferencias citadas fueron seguidas por las de verano, que fluctuaron 1,6° C. El valor mínimo absoluto estival se registró el 25 de febrero de 1971.

Tabla 4. Temperaturas mínimas absolutas decádicas estacionales y anuales (en ° C)

Período	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Mínima Media Absol. Decádica
1971/1980	1,2	-5,5	-6,2	-2,7	-6,2
1981/1990	1,9	-5,5	-9,3	-3,0	-9,3
1991/2000	1,3	-4,8	-8,3	-3,0	-8,3
2001/2010	2,8	-4,2	-4,5	-2,9	-4,5
Mín. absol. estac.	1,2	-5,5	-9,3	-3,0	-5,9

Fuente: Datos decádicos del SMN (1971-2010).

De las tablas precedentes, no infirió un incremento térmico en respuesta a la expansión urbana. La tendencia en las temperaturas fue levemente negativa en todas las décadas, tanto en los promedios como en los extremos térmicos. Este hecho fue relevante, teniendo en cuenta el calentamiento global y el cambio climático.

En relación con las *precipitaciones* en Mar del Plata en el período 1971-2010 el total medio fue de 934,1 mm. Aunque el promedio decádico superó los 900 mm anuales (tabla 5), en su interior, los valores anuales fluctuaron entre un monto máximo de 1.223,3 mm en el año 2001 y un mínimo de 578,8 mm en el año 1979. Las décadas 1971-1980 y 1991-2000 superaron la media decádica. El monto pluvial medio mensual del lapso considerado fue de 78,4 mm. La media máxima mensual superó los 110 mm, como ocurriera entre los años 1971 y 2000 y los 100 mm en la última década. Las variaciones decádicas oscilaron entre 13,4 y 31,6 mm en relación con la media estacional. El verano fue, en promedio, la estación más lluviosa en tanto que el invierno resultó la más seca. La estación estival de la década 1991-2000 tuvo el valor más alto con 306,7 mm. El monto mínimo estacional observado fue de 141,4 mm, en invierno de la misma década. Los otros valores estacionales decádicos superaron los 150 mm (tabla 5).

Tabla 5. Precipitaciones medias decádicas estacionales y anuales (en mm)

Período	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Monto medio dec.	Media mensual dec.
1971/1980	278,0	235,0	169,0	277,0	959,0	79,9
1981/1990	277,1	197,1	164,9	281,9	921,0	76,8
1991/2000	306,7	243,7	141,4	248,8	940,6	78,4
2001/2010	269,4	187,0	200,5	259,0	915,8	76,3
Precipitación media estacion.	282,8	215,7	169,0	266,7	934,1	78,4

Fuente: Datos decádicos del SMN (1971-2010).

Los montos máximos decádicos anuales del período 1981-2010 mostraron una tendencia creciente (tabla 6), incrementando al menos, unos 10 mm por década. Rondaron los 1200 mm, con el mayor valor en la última década considerada, que alcanzó 1223,3 mm en el año 2001 como se señalara en párrafos precedentes. Al comparar la máxima precipitación media mensual decádica con los montos mensuales máximos estacionales, se observó que, a excepción de los datos correspondientes al invierno, en todas las otras estaciones, los registros resultaron superiores a la media, en varios casos, duplicando dichos valores medios. Se destacó también en la tabla 6, el máximo medio otoñal para las cuatro décadas analizadas que rondó los 245 mm y que se vio ampliamente superada en el máximo mensual de esa estación del decenio 1991-2000. En ese mismo período, fue muy alta también la precipitación máxima mensual de verano. Datos ampliatorios de esta tabla se incluyeron en la tabla 8.

Tabla 6. Precipitaciones máximas mensuales decádicas estacionales y anuales (en mm)

Período	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Monto máximo dec.	Máx. media mensual dec.
1971/1980	-----Sin datos ² -----					
1981/1990	220,5	191,0	158,3	185,9	1198,2	160,0
1991/2000	304,7	370,9	135,5	184,2	1213,3	167,1
2001/2010	220,6	240,1	145,2	274,6	1223,3	166,2
Media Precip. máx. estacion.	188,1	245,3	119,2	174,2	1211,6	163,6

Fuente: Datos decádicos del SMN (1971-2010).

El comportamiento de los montos mínimos de precipitaciones por década no llevó la misma tendencia que los montos máximos detallados precedentemente. Los tres montos mínimos decádicos (tabla 7) fluctuaron entre un valor de total de 608,1 mm en 1989 y 787 mm en 1995, en tanto que en el año 2008 se registraron sólo 636,4 mm. El promedio del total anual de las tres décadas fue de 677,2 mm, de allí que sólo la década de 1991-2000 estuvo por encima de este valor. De la comparación de la mínima precipitación media mensual decádica con los montos mensuales mínimos estacionales, se observó que los registros resultaron superiores a la media, en varios casos, duplicando dichos valores medios.

Tabla 7. Precipitaciones mínimas mensuales decádicas estacionales y anuales (en mm)

Período	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Monto mínimo dec.	Mín. media mensual dec.
1971/1980	-----Sin datos ⁴ -----					
1981/1990	21,5	2,3	2,9	21,9	608,1	25,5
1991/2000	14,7	10,5	0,0	6,5	787,0	21,1
2001/2010	12,4	4,4	10,2	17,5	636,4	22,7
Media Precipit. mín. estacion.	33,0	15,6	14,8	29,0	677,2	23,3

Fuente: Datos decádicos del SMN (1971-2010).

². Los datos suministrados por el SMN para ese período, sólo incluyen valores medios.

A partir de las últimas dos tablas y al profundizar el análisis del comportamiento decádico estacional de las precipitaciones mensuales (tabla 8) se observó que el máximo pluvial mensual se produjo en el otoño del decenio 1991-2000. Otros dos montos mensuales superiores a 300 mm se produjeron en diciembre de 1972 y febrero de 2000. En todos los casos, duplicaron o triplicaron los valores mensuales decádicos. Al examinar los valores pluviométricos mínimos mensuales por década, se observó su manifestación en invierno o en otoño y que en todos los casos, representaron menos del 10% del monto mensual decádico.

De la evaluación de la cantidad total y distribución estacional de días con precipitaciones superiores a 0,1 mm, se observó una reducción de días lluviosos, que pasó 108 en la década 1971-1980 a 102,5 en el decenio 2001-2010. Consecuentemente, varió en el mismo sentido, la cantidad de días al mes en tal condición, que pasó de 9 a 8,5. Por su parte, el comportamiento estacional mostró un incremento en la cantidad de días lluviosos durante el invierno y la primavera y un decrecimiento durante el verano y en invierno entre los años 1991 a 2000. Dado que el total anual promedio decádico también aumentó en el mismo lapso, se dedujo que las precipitaciones se fueron intensificando, a medida que se acortó el número de días con lluvias.

Tabla 8. Precipitaciones mensuales máximas y mínimas en Mar del Plata (en mm)

Década	Mes / año	Monto máximo	Valor mensual decádico	Fecha	Monto mín.	Valor mensual decádico
1971-1980 ²	Dic.1972	330,8	114,0	Julio 1975	5,0	64,0
1981-1990	Febrero 1984	220,5	98,9	Junio 1988	2,3	40,9
1991-2000	Abril 1998	370,9 ³	109,6	Julio 1995	0,0	47,1
	Febrero 2000	304,7	112,3			
2001-2010	Octubre 2002	274,6	91,2	Abril 2004	4,4	65,2

Fuente: Datos decádicos del SMN (1971-2010).

Las precipitaciones máximas diarias durante el período 1971-2010 mostraron montos iguales o superiores a 150 mm el verano de los últimos dos decenios, ya que se registraron 152 mm el 19 de febrero de 1992 y 150 mm el 13 de mayo de 2002. El

³. Los valores de tabla 8 para ese decenio provienen de Dirección de Estadísticas del Municipio de Gral. Pueyrredón.

valor máximo de precipitación máxima invernal se produjo el 29 de agosto de 1983 con 81,4 mm y en la primavera el día más lluvioso fue el 13 de octubre de 2002, con 135 mm. En todos los casos, se superaron las medias anuales y estacionales decádicas.

Según las series decenales del SMN, la velocidad media del viento en Mar del Plata en el período considerado (tabla 9) mostró un decrecimiento de la intensidad desde un valor medio de 18,4 km/h en el decenio 1971-1980 a 13,9 km/h en la década 2001-2010. En el lapso 1971-2010, las calmas pasaron de 12,5 a 8,4 %. En ambos casos, invirtieron tendencias del lapso 1901-1950 en el caso de la velocidad del viento y hasta 1990 en el caso de las calmas (Isla y Pérez, 1998), reflejando la influencia de la urbanización en el comportamiento del viento urbano. La velocidad media estacional superó el valor media en primavera y verano.

Tabla 9. Intensidad de viento velocidad media decádica (km/h)

Período	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Media Decádica
1971/1980	19,3	16,3	17,7	20,3	18,4
1981/1990	16,9	15,2	16,8	19,2	17,0
1991/2000	16,3	13,7	15,1	17,1	15,6
2001/2010	14,0	12,6	13,3	14,9	13,9
Velocidad media estacional	16,6	14,5	15,7	17,9	16,2

Fuente: Datos del SMN (1971-2010).

La figura 3 puso en evidencia el comportamiento decádico de la frecuencia y velocidad por dirección de los vientos en la ciudad en el período 1971-2010. Se destacó la menor proporción de vientos de las direcciones comprendidas entre E y S, atribuible en gran medida, a la incidencia de la mancha urbana sobre los registros captados en la estación meteorológica Aeropuerto, al norte de la ciudad. La frecuencia más alta se observó con la dirección NW (21,8%) entre 1991-2000, seguida del rumbo N (21,0%) en la década precedente. La menos representada fue la dirección SE (5,3 y 4,1% y) en 1971-1980 y 1981-1990, respectivamente. Al analizar la intensidad media decádica del viento, se pudo observar el decrecimiento progresivo de la velocidad, dejando en claro que la década 1971-1980 fue la de vientos más intensos, que alcanzó 20,8 km/h como valor medio decenal y 21,9 km/h en la dirección NW. La década 2001-2010 presentó los valores más bajos, con promedio de 15,6 km/h. El mayor valor se registró en la dirección SE, con 17,2 km/h.

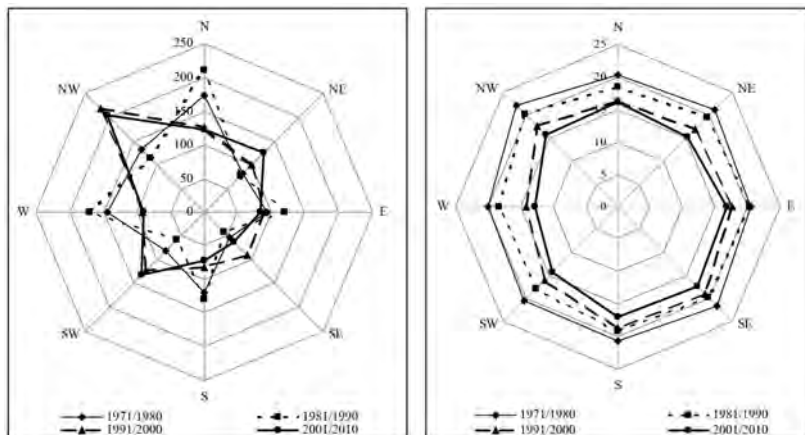


Figura 3. Frecuencia (en escala de 1.000, izquierda) y velocidad (en km/h, derecha) media decádica, por dirección en Mar del Plata.

Fuente: datos decádicos del SMN (1971-2010)

La cantidad media de días con viento fuerte ($V \geq 43$ km/h) rondó los 86 días entre las décadas comprendidas entre los años 1981 y 2000, pero se incrementó notablemente en el último decenio, donde alcanzó los 139,8 jornadas. La primavera fue la estación del año con días más ventosos (33,1 días) en tanto que el invierno fue la que menos manifestaciones tuvo (19,7 días).

El resto fue repartido en partes similares entre las otras dos estaciones. En el período 1981 -2010, hubo 152 días con vientos fuertes en la década 2001-2010 y en el decenio 1981-1990, sólo 62 días.

La tabla 10 sintetizó la intensidad máxima de viento en las tres décadas entre 1981-2010, donde su valor medio superó los 90 km/h. Este valor fue superado en las cuatro estaciones de la década 1981-1990, la que presentó una media de vientos extremos de 103,9 km/h, en virtud de 8 registros superiores a 100 km horarios (García, 2009).

En la serie 1991-2000, los registros de vientos máximos del verano y el otoño también superaron la media decádica. Los promedios estacionales de otoño y verano se ubicaron por encima de la velocidad máxima media decádica.

Tabla 10. Intensidad de viento máxima decádica (km/h)

Período	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Dirección Max. Veloc. Decádica y fecha ocurrencia
1971/1980	-----Sin datos ⁴ -----				
1981/1990	111	111	114	101	NNE- 12 set. 1997
1991/2000	102	130	81	80	NNW 13 abril 1993
2001/2010	89	85	89	91	NW 20 nov. 2005
Viento. Veloc. Máx Est.	111	130	114	101	Veloc. máx. media decád. 92,4
Viento Máx. Med Est.	93,9	96,3	91,5	88,5	

Fuente: datos decádicos del SMN (1971-2010)

Se destacó el registro correspondiente al 13 de abril de 1993, un evento de tornado F1, que alcanzó 130 km/h con vientos del NNW. Estos valores de estas dos décadas, fueron al menos, 32 % superiores a la media extrema decádica marplatense. Los eventos de vientos extremos se tradujeron generalmente en importantes deterioros y perjuicios en espacios urbanos y rurales por la voladura de techos y caída de árboles, postes, carteles, etc., como también en áreas costeras, por el incremento de la energía del oleaje (Manolidis y Alvarez, 1984; Isla, 1994, 1995; García, 2004, 2007).

De lo expuesto y en consonancia con otros estudios previos (Aceituno, 1988, Penalba, 1998; Schnack; 1999; Scian, 2003; Coronel y Sacchi, 2006; García y Piccolo, 2006 a,b; Sierra y Pérez, 2006; García, 2009) se observó la conexión témporo-espacial de las frecuencias de varios parámetros con diversos procesos atmosféricos y oceánicos, como los eventos ENSO y sus fases características en escala interanual o intradecadal. También se visualizaron oscilaciones climáticas con una ciclicidad o variabilidad natural con períodos decadales y multidecadales conocidos, que sugirieron una relación entre los procesos terrestres y solares.

Conclusiones

El análisis del comportamiento temporal y tendencias climáticas de los paráme-

⁴ Otros autores señalaron un monto máximo de 520 mm para ese mes y año (Mazza, citado por Martos, 1998).

tros meteorológicos *temperatura, precipitación y viento* en la ciudad de Mar del Plata permitió concluir que los principales resultados obtenidos ponen de manifiesto que la década 2001-2010 no muestra grandes variaciones respecto de dos anteriores decenios (años 1971 a 2000), especialmente en las temperaturas. Se verificó que la ciudad prácticamente no tiene verano térmico, dado que sus condiciones térmicas se relacionaron no sólo con la latitud en la que se ubica la ciudad, sino fundamentalmente por la influencia de la temperatura del agua de mar alledaña. El aire húmedo y frío de las áreas costeras motivó descensos térmicos en cualquier estación del año, por efectos de los vientos del dominio marítimo. La amplitud térmica media diaria en la ciudad fue menor a la esperada.

Donde se observaron diferencias en el monto anual y distribución estacional de precipitaciones y en la intensidad del viento, entre otros. Se observó mayor concentración pluviométrica de octubre a marzo, representativo del régimen pluvial atlántico y por ende, de una mayor influencia oceánica. La tendencia pluviométrica fue positiva, con un incremento promedio de 10 mm por década. También se observó que se acortó el número de días con lluvias en tanto el monto total fue más o menos constante, de lo que se dedujo una intensificación pluvial en cada evento.

La localización geográfica, la exposición y oceanidad de Mar del Plata en el su-deste bonaerense motivó la gran variabilidad de los vientos de superficie. Aunque dominaron los vientos del cuadrante continental N –NW –W, cabe resaltar que los vientos del cuadrante marino NE, E, SE y S, junto con el de dirección NW fueron los de mayor velocidad media. Esa variabilidad contribuyó a renovar el urbano. Se infirió también la influencia de la expansión urbana sobre las frecuencias eólicas.

Estos resultados constituyen un avance de una investigación más profunda del tema. Es innegable que el clima tiene connotaciones importantes en las ciudades y especialmente en las costeras, por su incidencia en las actividades turísticas, recreativas, deportivas, productivas, comerciales, entre otras. Conocer el clima más que un recurso es una necesidad, que condiciona no solo la elección de un lugar, sino también el futuro desarrollo a largo plazo de las ciudades, sobre todo teniendo en cuenta la amenaza del cambio climático global.

Referencias

- Aceituno, P. 1988. *On the functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part One: Surface Climate*. Monthly Weather Review. Vol 116. 505-524.
- Bruniard, E. D. 1981. *El clima de las planicies del norte argentino*. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste. Tesis Doctoral. Resistencia, Argentina.
- Capitanelli, R. G. 1956. *Las clasificaciones climáticas y sus aplicaciones regionales*. Boletín de Estudios Geográficos n° 13. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.
- Capitanelli, R. G. 1992. *Los ambientes naturales del territorio argentino*. En:

- Roccatagliata, J. A. 1992. La Argentina. Geografía general y los marcos regionales. Edit. Planeta, 2ª. Ed. Buenos Aires
- Capitanelli, R. G. 1999. *Geografía Física y medio ambiente*. Editorial Ecogeo. Mendoza.
- Chiozza, E. 1975. *El país de los argentinos. Vol. I II, Las Pampas*, Centro Editor Am. Latina, Bs Aires.
- Celemin, A. 1984. *Meteorología Práctica*, Edición del autor. Mar del Plata. 314 p.
- Coronel, A. y O. Sacchi. 2006. *Climatología de eventos secos y húmedos en el sur santafesino*. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias, n° IX.
- García, M. C., 2009. *El clima urbano costero de la zona atlántica comprendida entre 37° 40' y 38° 50' S y 57° 00' y 59° 00' W*. Tesis de Doctorado en Geografía. Univ. Nac. del Sur. Bahía Blanca.
- García, M. C. y M. C. Piccolo, 2006a. Las precipitaciones en el sudeste bonaerense (comportamiento temporal y espacial en los dos últimos decenios)". Resumen y actas VI° Jornadas Nacionales de Geografía Física, Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Río Gallegos
- García, M. C. y M. C. Piccolo. 2006b. Precipitaciones máximas en el sudeste bonaerense. Revista Geoacta, vol. 31-2006. Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. 165-174.
- Isla, F. I., 1994. Evaluación del deterioro de playas causado por el temporal del 24 de junio de 1994. Honorable Concejo Deliberante, Municipalidad de Pinar, Mar del Plata, 18 p. (inédito).
- Isla, F. I., 1995. Efectos de tormentas sudestadas en el litoral bonaerense durante 1993, Argentina. V° Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, p.111, Mar del Plata.
- Isla, F. I. y C. Pérez. 1998. Efectos de la capa urbana-canopea en los registros meteorológicos de Camet, Mar del Plata. V° Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, Comisión Investigaciones Científicas, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 59-64
- Manolidis, N. y Alvarez, J. 1994. Grandes tormentas en la zona costera marplatense entre 1980 y 1992. Informe COBA, Serie Ciencia y Técnica núm. 5. Mar del Plata.
- Martos, P. 1998. Características climáticas, en del Río, L. (director) 1999. Evaluación de Impacto Ambiental de la 2ª. Etapa de la Estación Depuradora de Efluentes Cloacales de la ciudad de Mar del Plata, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata.
- Mazza, P. 2009. Sabías Que? Clima de Mar del Plata.
<http://www.pedromazza.com/sabias-que/13-clima-de-mar-del-plata/>
- Penalba, O. 1998. Reportaje sobre el impacto de El Niño 97/98. Tiempo Presente, Revista del Centro Argentino de Meteorólogos. Buenos Aires.
- Penalba, O y Robledo, F.A. 2005. Frequency of precipitation in the humid Pampas of Argentina. 15 th Conference on Applied Climatology. - www-atmo.

at.fcen.uba.ar

- Piola, A y A. Rivas, 1997. Corrientes en la Plataforma continental. El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros, 1: 119-132
- Schnack, E. J. 1999. El Niño en el Plata. Revista Museo (La Plata), vol 3. n° 14, La Plata.
- Scian, B.2003, Episodios Enso y su relación con las anomalías de precipitación en la pradera pampeana. <http://www.criba.edu.ar/sequia/front/index.htm>
- Sierra, E y S. Pérez. 2006. Tendencias del régimen de precipitación y manejo sustentable de los agroecosistemas: estudio de un caso en el noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista de Climatología. N° 6 (2006) 1-12
- Strahler, A. y Strahler, A. 1994. Geografía Física. Ediciones Omega, 3ª edición, Barcelona.
- Venegas, L. E. y Mazzeo, N. A. 1999. Atmospheric stagnation, recirculation and ventilation potential of several sites in Argentina. Atmospheric Research Volume 52, Issues 1-2, 43-57.