

## TENDENCIA CLIMÁTICA DE NECOCHEA-QUEQUÉN (1956-2006), ARGENTINA

Alejandra Merloto<sup>1,2</sup> y Maria Cintia Piccolo<sup>1,3</sup>

### RESUMEN

En el presente trabajo se caracterizó el clima de la aglomeración Necochea-Quequén, Argentina y su región para 1997-2006. Además, se comparó el comportamiento de la temperatura, la presión atmosférica y la velocidad del viento entre dicha década y el período 1956-1967 y la evolución de las precipitaciones durante el lapso 1950-1999. La temperatura media anual varía entre 13,4 y 15,1°C. Las precipitaciones descienden en sentido NE-SW y se distribuyen a lo largo del año con máximos en verano y mínimos en invierno. Predominan los vientos del N y NW durante todas las estaciones del año. La temperatura media en Necochea-Quequén mostró un incremento significativo de 1,1°C. La temperatura máxima media registró una tendencia negativa significativa de -0,3°C y la temperatura mínima una tendencia positiva significativa de 2,8°C. La amplitud térmica disminuyó 2,6°C debido en parte al aumento en la temperatura mínima media. En cuanto a las precipitaciones no se ha verificado una tendencia. La presión atmosférica y la velocidad media del viento presentaron tendencias pero no fueron significativas. El estudio de los elementos del clima y el análisis de sus tendencias realizados en este trabajo han demostrado que existen indicios de cambio climático en la región.

*Palabras clave:* clima, tendencia, temperatura, precipitaciones, Necochea-Quequén.

### ABSTRACT

In this paper the climate of Necochea-Quequén cities and the region for the period 1997-2006 is described. Temperature, atmospheric pressure, and wind speed trends between 1997-2006 and 1956-1967 were analyzed, as well as the rainfall trend for 1950-1999. Mean annual temperature vary from 13.4 to 15.1°C. Rainfall descends in a NE-SW direction and it distributes along the year with the maximum in summer and the minimum in fall.

---

1 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).  
2 Centro de Geología de Costas y del Cuaternario, Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata. Argentina. amerlott@mdp.edu.ar  
3 IADO, Depto. de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina. piccolo@criba.edu.ar

Predominant winds come from the N and NW every season. Mean annual temperature in Necochea-Quequén showed a significant increase of 1.1°C. Maximum mean temperature showed a significant negative trend of -0.3°C and minimum mean temperature showed a significant positive trend of 2.8°C. Diurnal temperature range decreased 2.6°C partially related to the increase in minimum mean temperature. No trend was found in the rainfall data. Trends in atmospheric pressure and wind speed were not significant. This study shows signs of climate change in the region.

*Key words:* climate, trend, temperature, rainfall, Necochea-Quequén.

## 1. Introducción

El conocimiento de las características climáticas es fundamental para comprender la geografía de un área por ser el clima uno de los principales factores que configura el medio ambiente y favorece o limita el desarrollo de poblaciones humanas y sus actividades económicas. La temperatura y las precipitaciones son sus elementos más importantes debido a su gran influencia en la distribución de la flora y la fauna y en el modelado de la superficie terrestre. En las últimas décadas, se ha evidenciado un cambio en el clima del planeta que se ha manifestado en forma desigual en diversas partes del globo. Sus causas están ligadas a procesos naturales y a la intensa actividad productiva del hombre, aunque aún la incertidumbre es elevada frente a la gran complejidad y magnitud del sistema climático y sus cambios. El cambio climático se ha evidenciado en el aumento del promedio mundial de las temperaturas del aire y del océano, la fusión generalizada de nieves y hielos, el aumento del promedio mundial de nivel del mar, entre otros (IPCC, 2007). Incrementos entre 1 y 2°C en la temperatura media global pueden ocasionar impactos en la mayoría de las especies y ecosistemas y en su capacidad de adaptación (Leemans y Eickhout, 2004).

El área de estudio de este trabajo corresponde al sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina y posee como centro la zona costera del partido de Necochea, donde se asientan las ciudades Necochea y Quequén (figura 1). Ambas localidades se encuentran separadas por el río Quequén Grande, en cuya desembocadura se emplaza el puerto Quequén. La instalación del mismo y el crecimiento de la aglomeración han alterado el paisaje y su dinámica natural. La principal actividad del puerto es la exportación de los cereales producidos en su área de influencia y de subproductos manufacturados en las instalaciones del mismo. En menor medida se desarrollan actividades pesqueras. Dadas las características térmicas de la región y sus recursos paisajísticos de mar, playas y sierras, el turismo se ha constituido en una actividad económica significativa y motor del desarrollo en los últimos años como alternativa a un paulatino freno en el crecimiento del sector agropecuario, aunque éste continúa siendo la principal fuente de ingresos de la región.

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen-Geiger (Strahler y Strahler, 2000), el área se encuentra en la región de climas templados, con precipitaciones suficientes en todos los meses. El clima del área de estudio ha sido estudiado en trabajos que abarcan el total del país (Burgos y Vidal, 1951; CEAL, 1982; Capitanelli, 1988). La región se encuentra bajo la influencia del centro de alta presión del Atlántico Sur, el cual origina masas de aire cálido y húmedo que arriban al área de estudio desde el norte y noreste. A escala regional, se destacan los trabajos de Campos de Ferreras (1998), en el cual se describió el clima de la región de Necochea-Quequén entre 1981-1990 y de Carbone et al. (2003) en el cual se caracterizó el clima de la cuenca del Arroyo Claromecú. Otros estudios incluyen el estudio de las brisas de mar de Necochea y Mar del Plata (García y Piccolo, 2004) y la distribución de las precipitaciones en el Sudeste bonaerense (García y Piccolo, 2006a)

y b), entre otros. El área se caracteriza por su gran variabilidad sinóptica con repentinos y frecuentes cambios del tiempo (García y Piccolo, 2006b). Los temporales que afectan la zona son las Sudestadas (vientos del SE y E) y el Pampero (vientos del W y SW), los cuales constituyen episodios de fuertes vientos y frecuentemente se manifiestan acompañados por precipitaciones.

La bibliografía existente sobre el estudio de las tendencias de los parámetros climáticos presenta gran abundancia sobre los cambios en la temperatura, aunque no así para otros elementos del clima como el viento y la presión atmosférica. También son importantes los trabajos sobre precipitaciones y humedad. Con respecto a la temperatura, Easterling et al. (1997) estimaron en forma global para el siglo XX, aumentos de  $0,82^{\circ}\text{C}$  en la temperatura máxima y de  $1,79^{\circ}\text{C}$  en la mínima y una tendencia negativa en la amplitud térmica de  $0,79^{\circ}\text{C}$ . Karl et al. (1993) hallaron para el período 1951-1990 un aumento de  $0,84^{\circ}\text{C}$  de la temperatura mínima media, tres veces superior al de la temperatura máxima media ( $0,28^{\circ}\text{C}$ ) y un descenso en la amplitud térmica similar al aumento de la temperatura media. Sin embargo, se han advertido tendencias contrapuestas y valores disímiles en regiones vecinas ya que en algunas la temperatura media ha descendido y la amplitud térmica aumentado. Dichas tendencias han sido observadas en Europa (Brádzil et al., 1996; Brunetti et al., 2000; Founda et al., 2004; Bartolini et al., 2008), en Asia (Horton, 1995; Jones, 1995), en América del Norte (Kalnay et al., 2006; Kalnay, 2008; Pavia et al., 2009), en el hemisferio Sur en Sudáfrica (Kruger y Shongwe, 2004) y en Oceanía (Lough, 1997; Salinger y Griffiths, 2001). En América del Sur también se han hallado tendencias diversas principalmente en el cono Sur (Rosenblüth et al., 1997) y entre el interior del continente y las costas (Vincent et al. 2005; Castaño et al., 2007). En cuanto a las precipitaciones, en general se ha evidenciado una tendencia positiva en el hemisferio Sur aunque con variabilidad entre regiones (Lough, 1997; Rusticucci y Penalba, 2000; Haylock et al., 2006; Castaño et al., 2007).

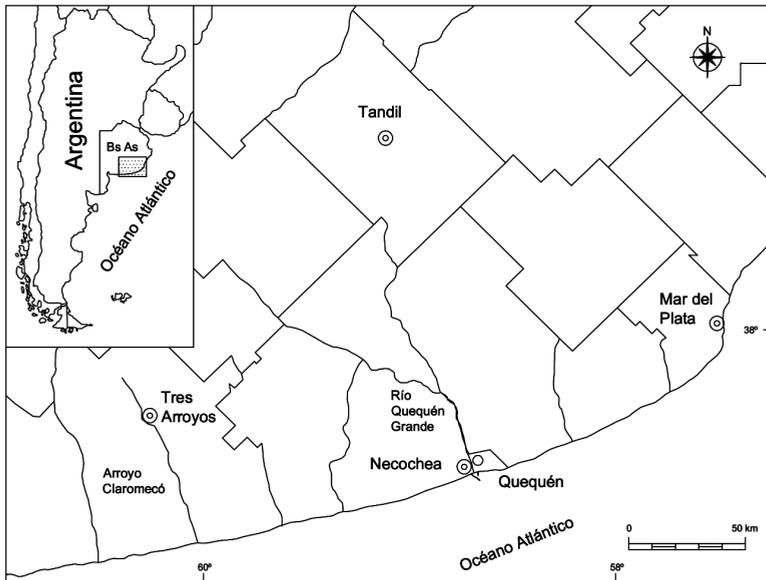


FIGURA 1. Ubicación del área de estudio. Elaboración propia.

Los trabajos de América del Sur que incluyen a Argentina entre otros países, han evaluado diferentes períodos de acuerdo a los parámetros analizados y a las estaciones meteorológicas consideradas: 1901-1990 (Rusticucci y Penalba, 2000), 1931-1987 (Rosenblüth et al., 1997), 1960-2000 (Vincent et al. 2005; Haylock et al., 2006) y 1931-2000 (Castaño et al., 2007). En Argentina, los estudios sobre cambios en temperatura y precipitaciones incluyen las estaciones meteorológicas pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (no incluyen la aglomeración Necochea-Quequén) y abarcan el período 1959-1998 (Barrucand y Rusticucci, 2001; Rusticucci y Barrucand, 2001; 2004), 1941-1990 (Hoffmann et al., 1997), 1961-2000 (Kalnay, 2008; Núñez et al., 2008). El objetivo del presente trabajo fue caracterizar climáticamente la aglomeración Necochea-Quequén para la década 1997-2006 y la región en la cual se inserta. Asimismo se comparó el comportamiento de la temperatura, la presión atmosférica y la velocidad del viento entre dicha década y el período 1956-1967 y la evolución de las precipitaciones durante el lapso 1950-1999, a partir de datos correspondientes a estaciones meteorológicas ubicadas en la localidad.

## 2. Método de trabajo

Los parámetros analizados son las temperaturas media, máxima y mínima medias y absolutas, la amplitud térmica, la humedad relativa, la presión atmosférica y la velocidad media, máxima y frecuencia de dirección del viento. Los valores medios anuales y mensuales se obtuvieron del promedio de todas las mediciones registradas para el período considerado. Las temperaturas máxima y mínima medias se obtuvieron del promedio mensual o anual, de las máximas o mínimas diarias. La amplitud térmica mensual ha sido definida como la diferencia entre las temperaturas medias máxima y mínima mensuales (Karl et al., 1993).

Los datos analizados corresponden a las ciudades de Necochea-Quequén obtenidos por la estación meteorológica perteneciente al Instituto Argentino de Oceanografía (IADO) para el período 1997-2006 y a Mar del Plata, Tandil y Tres Arroyos para el período 1991-2000, adquiridos por las estaciones meteorológicas del SMN. Las series de las estaciones del SMN corresponden a los valores mensuales medios de temperaturas media, máxima y mínima, precipitaciones, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad del viento y frecuencias de dirección y velocidad media del viento. Los datos de la estación de Necochea-Quequén (38°34'27" S; 58°42'13" W) corresponden a temperatura, humedad relativa, presión atmosférica y viento. Fueron tomados con un intervalo de medición de 30 minutos y procesados bajo un exhaustivo análisis de control de calidad. Se realizó la lectura de datos, se ordenaron registros, se eliminaron datos repetidos y se buscaron «outliers» en forma manual (Rusticucci y Barrucand, 2001). Debido a la gran cantidad de errores encontrados en las precipitaciones, los datos se dejaron de lado y en el resto de los parámetros, se detectaron pocos casos. Luego se calcularon los valores medios y extremos diarios, mensuales y anuales para finalmente obtener series de datos mensuales de cada año y de la década.

Los datos de la aglomeración Necochea-Quequén de temperatura, presión atmosférica y velocidad media del viento del período 1956-1967 y de las precipitaciones durante el lapso 1950-1977, utilizados para la evaluación de la tendencia climática, corresponden al SMN. La serie de precipitaciones (datos mensuales para cada año) se completó con datos pertenecientes a Ecos Diarios de Necochea (2001) para los años 1978-1999 (datos anuales). La estación meteorológica del SMN estaba ubicada a mediados de siglo en el área del puerto, próxima al emplazamiento de la estación del IADO y en el año 1968 fue trasladada al ámbito rural. Desde esa fecha el comportamiento de los parámetros estudiados difieren notablemente de los del período anterior debido al entorno físico de ambos ambientes, resultando inverosímil el análisis de tendencias con dichos datos. Los

efectos ocasionados por el traslado de estaciones meteorológicas del SMN fueron también considerados por Hoffmann et al. (1997) en la selección de datos para el estudio de la tendencia del clima en Argentina. En el año 1996 se instaló la estación meteorológica cuyos datos aquí se presentan.

El conjunto de datos fue procesado mediante técnicas estadísticas estándar. Los coeficientes de correlación de las tendencias obtenidas fueron evaluados empleando el Test t-Student de dos colas y se obtuvieron valores significativos a niveles de 0,01 o 0,05.

### 3. Resultados

#### 3.1. Clima regional

##### 3.1.1. Temperatura

La temperatura media anual de la región oscila entre 13,4 y 15,1°C (tabla 1). La distribución de las isotermas es aproximadamente latitudinal (figura 2) y mantiene el trazado de la década anterior (Carbone et al., 2003). La temperatura desciende hacia el centro de la provincia debido a la influencia de la altura del relieve dada por el Sistema de Tandilia. El efecto moderador del océano sobre la temperatura se evidencia en inviernos y veranos no rigurosos en las ciudades costeras (tabla 1), a excepción de los meses estivales en Necochea-Quequén, los cuales han presentado valores medios mensuales algo superiores al resto de las ciudades. La influencia oceánica se manifiesta principalmente en la amplitud térmica anual. Las ciudades costeras de Necochea-Quequén y Mar del Plata con valores de 12,6°C y 12,7°C y Tandil y Tres Arroyos con 14,5°C y 14,4°C, respectivamente.

Tabla 1  
*TEMPERATURA (T EN °C) Y PRECIPITACIONES (PP EN MM) MEDIAS ESTACIONALES Y ANUALES PARA LAS LOCALIDADES DE NECOCHEA-QUEQUÉN (1997-2006 Y 1950-1977), MAR DEL PLATA, TANDIL Y TRES ARROYOS (1991-2000).*

Ciudad	Estación del año								Anual	
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera			
	T	PP	T	PP	T	PP	T	PP	T	PP
<b>Necochea-Quequén</b>	20,9	258,3	15,8	253,4	10,0	201,5	14,3	199,1	15,1	912,3
<b>Mar del Plata</b>	19,2	304,0	14,8	249,6	8,3	172,4	13,0	214,6	13,8	940,6
<b>Tandil</b>	19,6	284,3	13,9	253,6	7,1	119,7	13,2	235,2	13,4	892,6
<b>Tres Arroyos</b>	20,3	273,3	14,5	233,1	7,9	130,0	13,7	213,5	14,1	850,0

Elaboración propia.

Con respecto al comportamiento anual de la temperatura media, enero es el mes más caluroso con valores de 20 a 22°C y julio el más frío con valores de 6 a 9,4°C (figura 3). Otoño y primavera presentan valores similares aunque algo superiores los del primero, sobre todo en las ciudades costeras (tabla 1), apreciándose una adecuada diferenciación de las estaciones del año. La temperatura máxima absoluta de la región fue de 38,3°C y se registró los días 26 de diciembre de 1998 y 20 de enero de 2000 en la ciudad de Mar del Plata. La mínima absoluta se registró en la ciudad de Tandil el 18 de julio de 1995 con -11,6°C.

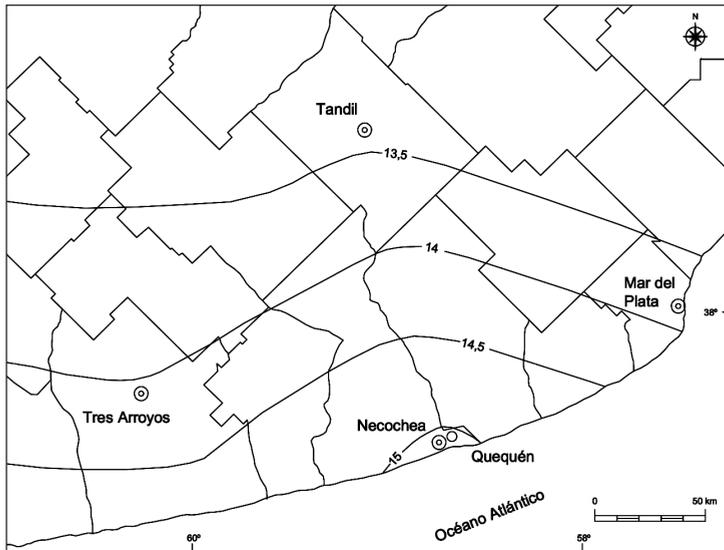


FIGURA 2. Mapa de isotermas de la región.  
Elaboración propia.

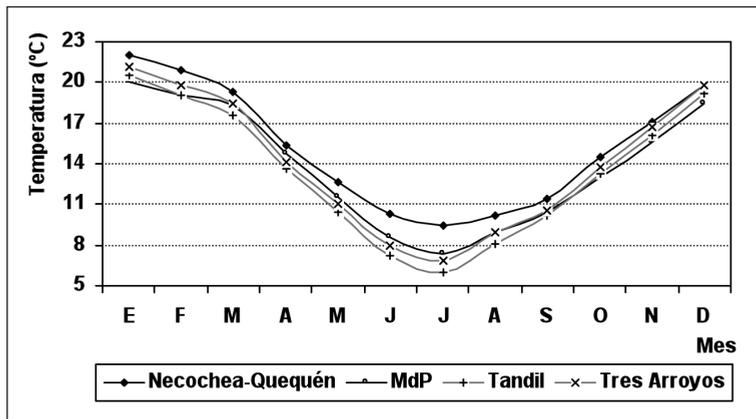


FIGURA 3. Distribución anual de la temperatura media mensual en la región para las localidades de Necochea-Quequén (1997-2006), Mar del Plata, Tandil y Tres Arroyos (1991-2000).  
Elaboración propia.

### 3.1.2. Precipitación

El área de estudio presenta la distribución general de las precipitaciones medias del sector oriental del país, en la cual las mismas disminuyen de E a W y de N a S debido a la disminución del dominio del centro de alta presión del Atlántico Sur en dicho sentido (figura 4). En cercanías a Mar del Plata las isoyetas adquieren una dirección NW-SE debido al encuentro frecuente en el área de las masas de aire cálido y húmedo provenientes del sector N y NE y de los frentes fríos del S y SW. Un trazado similar fue obtenido también

para la década 1981-1990 (Campo de Ferreras, 1998). Las Sudestadas en el sector costero pueden producir precipitaciones que han alcanzado en ocasiones los 150mm en 36 horas, aunque las lluvias pueden extenderse por varios días. El sistema serrano de Tandilia también ha registrado eventos de tormentas con valores medios de 100 a 200 mm semanales (García y Piccolo, 2006b).

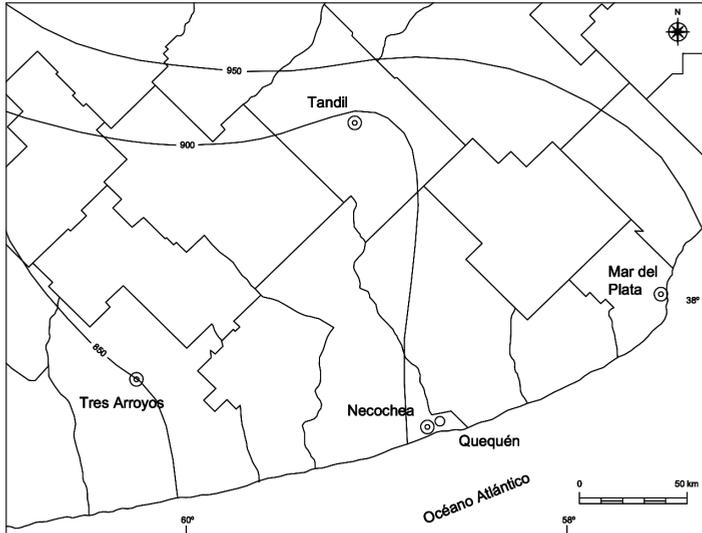


FIGURA 4. Mapa de isoyetas de la región. Elaboración propia.

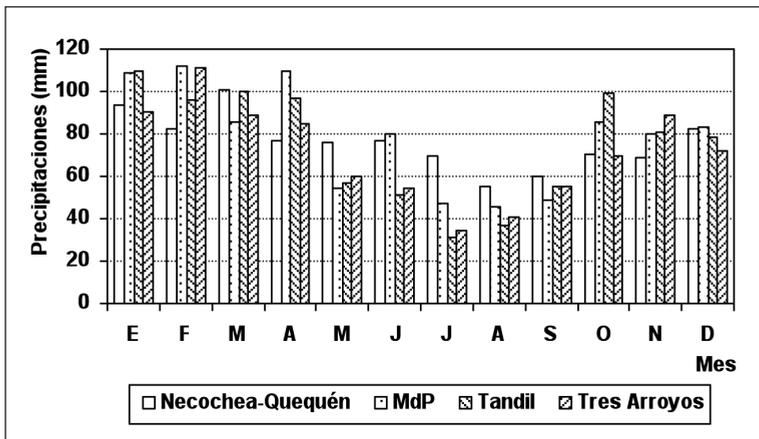


FIGURA 5. Régimen pluviométrico medio mensual para las localidades de Necochea-Quequén (1950-1977), Mar del Plata, Tandil y Tres Arroyos (1991-2000). Elaboración propia.

La distribución anual de la precipitación para las localidades de Necochea-Quequén, Mar del Plata, Tandil y Tres Arroyos es similar (figura 5). Las mayores precipitaciones se registran en verano, en los meses de enero y febrero y a comienzos del otoño, con valores cercanos a los 300 mm (tabla 1). La estación más seca es el invierno (120 a 170 mm) y los meses con menores valores son julio y agosto. Durante la primavera y el otoño las precipitaciones varían entre 200 y 250 mm si bien en primavera son algo inferiores. En Necochea-Quequén las estaciones invierno y primavera poseen valores medios muy similares los cuales rondan los 200mm, aunque se ha verificado que agosto es el mes más seco.

### 3.1.3. Humedad relativa

Las ciudades con mayor porcentaje medio mensual de humedad relativa son las costeras, Necochea-Quequén y Mar del Plata, con valores superiores la primera de ellas. Luego se encuentran Tandil y Tres Arroyos. La distribución anual de la humedad relativa es similar en todas las localidades estudiadas (figura 6). La diferencia entre los valores de las localidades es significativamente mayor en la estación estival. Los menores valores se manifiestan en diciembre (oscilan de 56 a 75%) y aumentan gradualmente hasta el mes de junio (79-83%), cuando se observan los máximos. La humedad comienza a descender, hacia finales del invierno y a comienzos de la primavera se mantiene constante y luego continúa decreciendo hasta el verano.

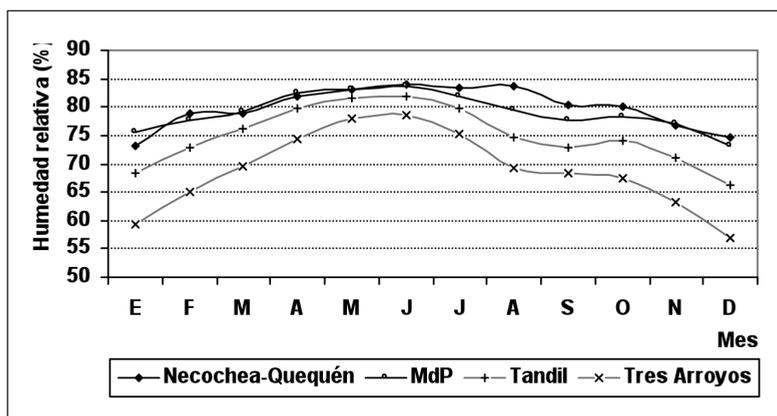


FIGURA 6. Distribución anual de la humedad relativa media para las localidades de Necochea-Quequén (1997-2006), Mar del Plata, Tandil y Tres Arroyos (1991-2000). Elaboración propia.

### 3.1.4. Presión atmosférica

La distribución de la presión atmosférica media es similar en toda la región. En general, los mayores valores se registran en invierno y los más bajos en verano, aunque se puede distinguir un comportamiento ligeramente diferente entre las ciudades costeras y las continentales (figura 7). A lo largo del año, Mar del Plata posee la mayor presión y Tandil la menor. Dicha diferencia se debe a que la presión atmosférica disminuye con la altitud.

Con respecto a las ciudades costeras, los valores medios mensuales de Mar del Plata son levemente superiores a los de Necochea-Quequén. Fluctúan entre 1007 y 1017hPa, verificándose el máximo medio en el mes de agosto con 1016,4hPa en Mar del Plata. El mínimo se presenta en el mes de enero en Necochea-Quequén con 1007,4hPa. La distribución anual de la presión atmosférica en las ciudades continentales es prácticamente la misma, sólo se diferencian en los valores medios mensuales, los cuales en Tandil se reducen entre 6 y 7hPa y no superan los 998hPa (figura 7). Los máximos valores medios se registran en julio con 1004,6 y 997,7hPa para Tres Arroyos y Tandil y los menores en diciembre con 996,8 y 990,2hPa, respectivamente.

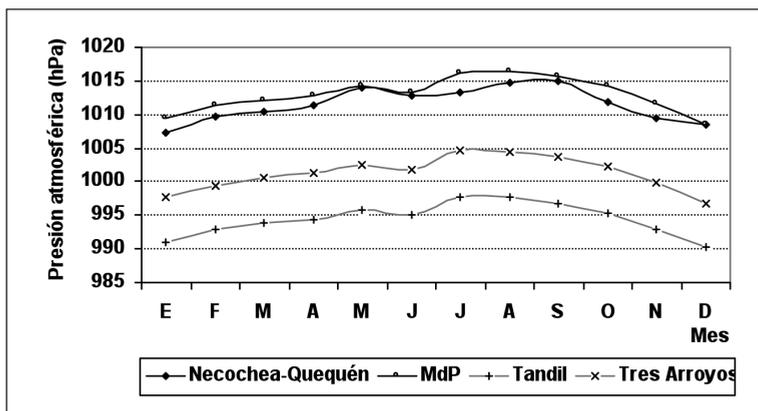


FIGURA 7. Distribución anual de la presión atmosférica media para las localidades de Necochea-Quequén (1997-2006), Mar del Plata, Tandil y Tres Arroyos (1991-2000). Elaboración propia.

### 3.1.5. Viento

El encuentro de las masas de aire de los anticiclones del Atlántico y del Pacífico Sur provoca que en diferentes zonas del área de estudio y a lo largo del año, se manifiesten vientos de diversas direcciones con distintas frecuencias y velocidades. En cuanto a la velocidad media anual del viento, Necochea-Quequén presenta los mayores valores con 17,8km/h, seguida por Mar del Plata (15,5km/h), Tandil (13,7km/h) y Tres Arroyos (13,1km/h). Su distribución anual (figura 8) es similar para todas las localidades estudiadas. En los meses estivales se manifiestan los vientos más intensos en la región a excepción de Tandil donde la primavera ocupa el primer lugar. En segundo término, la primavera con valores inferiores en alrededor de 1km/h. En Necochea-Quequén las velocidades medias del viento en invierno y otoño son muy similares pero en el resto de las ciudades, el otoño se caracteriza por exhibir los menores valores.

Para el análisis de frecuencia de dirección y velocidad media del viento según su dirección se construyeron rosas de los vientos decenales y estacionales decenales para el período seleccionado. De las cuatro ciudades estudiadas, Necochea-Quequén y Tres Arroyos ubicadas en el oeste y sudoeste de la región, presentan rosas de frecuencia de tiempo decenales similares (figuras 9A y D) ya que en ellas predominan ampliamente los vientos del sector N con frecuencias del 27,7% y 30,3%, respectivamente. En segundo lugar se manifiestan

los vientos del NW aunque ambas difieren en los sectores de menor ocurrencia. En Mar del Plata y Tandil la frecuencia de direcciones del viento es relativamente más homogénea que en las ciudades anteriores, aunque en Mar del Plata prevalece el sector NW con un 23,9% por sobre los vientos del N (13,6%) y SW (13,3%) (figura 9B). En Tandil (figura 9C), todos los sectores a excepción del W arrojan frecuencias de entre 10,5 y 14,5% y el predominio del sector N (14,9%) sobre el S (14,8%) es insignificante. Por consiguiente, del análisis de frecuencias de direcciones del viento, se desprende que en la región predominan las masas de aire provenientes del anticiclón del Atlántico Sur. A pesar de ello, se ha observado que hacia el oeste de la región, van cobrando importancia las frecuencias de los vientos del sector W en detrimento de los provenientes del E.

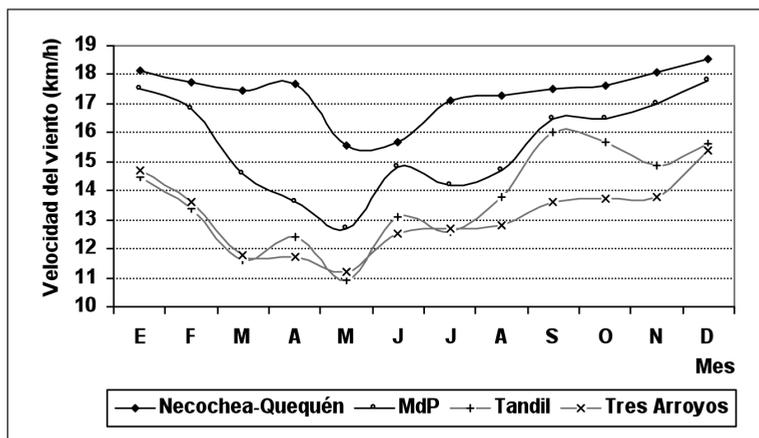


FIGURA 8. Distribución anual de la velocidad media del viento para las localidades de Necochea-Quequén (1997-2006), Mar del Plata, Tandil y Tres Arroyos (1991-2000). Elaboración propia.

Las rosas de las velocidades medias del viento muestran que los vientos del SW y rotando hacia el SE son los más fuertes en Necochea-Quequén (23,1 a 18km/h) (figura 9A) y los del SW y S en Tres Arroyos (16,5km/h y 15,8km/h, respectivamente) (figura 9D). Las menores velocidades corresponden a los vientos de los sectores NW y NE en Necochea-Quequén y NE y E en Tres Arroyos. Las rosas de velocidad media de Mar del Plata y Tandil son muy similares, las direcciones que ocupan los primeros lugares son SE y S en Mar del Plata (19,2 km/h y 18,6km/h, respectivamente) (figura 9B) y en Tandil (17,7 km/h) (figura 9C). Luego se destaca el sector NW y las menores velocidades corresponden a los vientos del sector W. Con respecto a las calmas, las ciudades de Tres Arroyos y Necochea-Quequén exhiben los menores valores con 5,7% y 7%, respectivamente. Luego la ciudad de Mar del Plata (8,4%) y el mayor valor corresponde a Tandil con 16,2%.

A partir del análisis de las rosas de los vientos estacionales pueden apreciarse los cambios de direcciones y velocidades a lo largo del año, con respecto a las rosas decenales. En general, los cambios principales se manifiestan en las frecuencias secundarias. Los sectores predominantes son el N en todas las estaciones del año en Necochea-Quequén y en Tres Arroyos, el NW todo el año en Mar del Plata y en Tandil, el sector E prevalece en primavera, el N en verano y el SW en otoño e invierno.

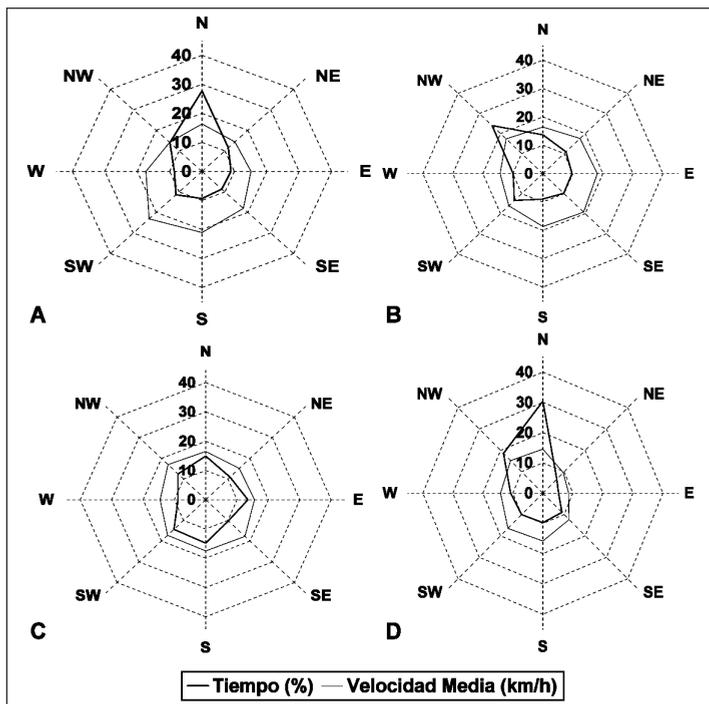


FIGURA 9. Rosas de los vientos decenales. A) Necochea-Quequén (1997-2006), B) Mar del Plata, C) Tandil y D) Tres Arroyos (1991-2000).  
Elaboración propia.

En primavera, en Necochea-Quequén los vientos del sector SW ocupan el segundo lugar en frecuencias y cobran importancia los sectores E, NE y SE (figura 10Aa). Dicha tendencia se verifica también en las ciudades de Mar del Plata (figura 10Ba) y Tandil (figura 10Ca). En ésta el sector E predomina (16,1%). En Tres Arroyos se destaca el NW (figura 10Da). En verano, continúan cobrando importancia las frecuencias de los sectores E y NE en Necochea-Quequén (figura 10Ab) y en Mar del Plata (figura 10Bb). En Tres Arroyos, se destacan los vientos provenientes del S y SE al perder relevancia los del W y SW (figura 10Db). En cambio, en Tandil se destaca el N (17,5%) (figura 10Cb). Las rosas de frecuencia de vientos de otoño y primavera son muy similares entre sí en las localidades de Tandil (figuras 10Ca y c) y Tres Arroyos (figuras 10Da y c). Para Necochea-Quequén y Mar del Plata el régimen de vientos de invierno es similar al del otoño aunque las tendencias se acentúan (figuras 10Ac y d y 10Bc y d). En Mar del Plata se realiza el predominio del sector NW (31,5%) y cobran importancia las frecuencias del SW y W. Similar tendencia se manifiesta en Necochea-Quequén y en Tres Arroyos (figura 10Dd). En Tandil la rosa es relativamente más homogénea (figura 10Cd).

En cuanto a las velocidades medias, en otoño y en invierno se manifiestan las más bajas del año y se incrementan en primavera para alcanzar los máximos en verano en todas las localidades, a excepción de Tandil en la cual los mayores valores se presentan en primavera. En Necochea-Quequén las mayores velocidades corresponden a los sectores el S y SW (22,6 a 24,5km/h) (figura 10A). En Mar del Plata los vientos más veloces provienen de los sectores S y SE (18,1 a 19,5km/h) (figura 10B). Tandil presenta mayor variabilidad aunque

se destacan, no siempre en primer lugar, los vientos de los sectores SW y SE (figura 10C). En Tres Arroyos al igual que en Necochea-Quequén, predomina el sector SW aunque las velocidades medias son significativamente inferiores al resto de las localidades (figura 10D).

En resumen, las rosas de los vientos de frecuencia de dirección de otoño y primavera son muy similares en las ciudades continentales y por lo tanto dichas estaciones son las que marcan las tendencias en la rosa decenal para cada localidad. Del mismo modo, las de otoño e invierno y las de verano son semejantes en las costeras, aunque son estas últimas las que determinan las frecuencias dominantes en la rosa decenal. Del análisis se desprende que los vientos con mayores velocidades medias corresponden a los cuadrantes SW y S, a excepción del sudeste de la región, donde los vientos del SE adquieren velocidades significativas que logran superar las de las demás direcciones durante casi todo el año.

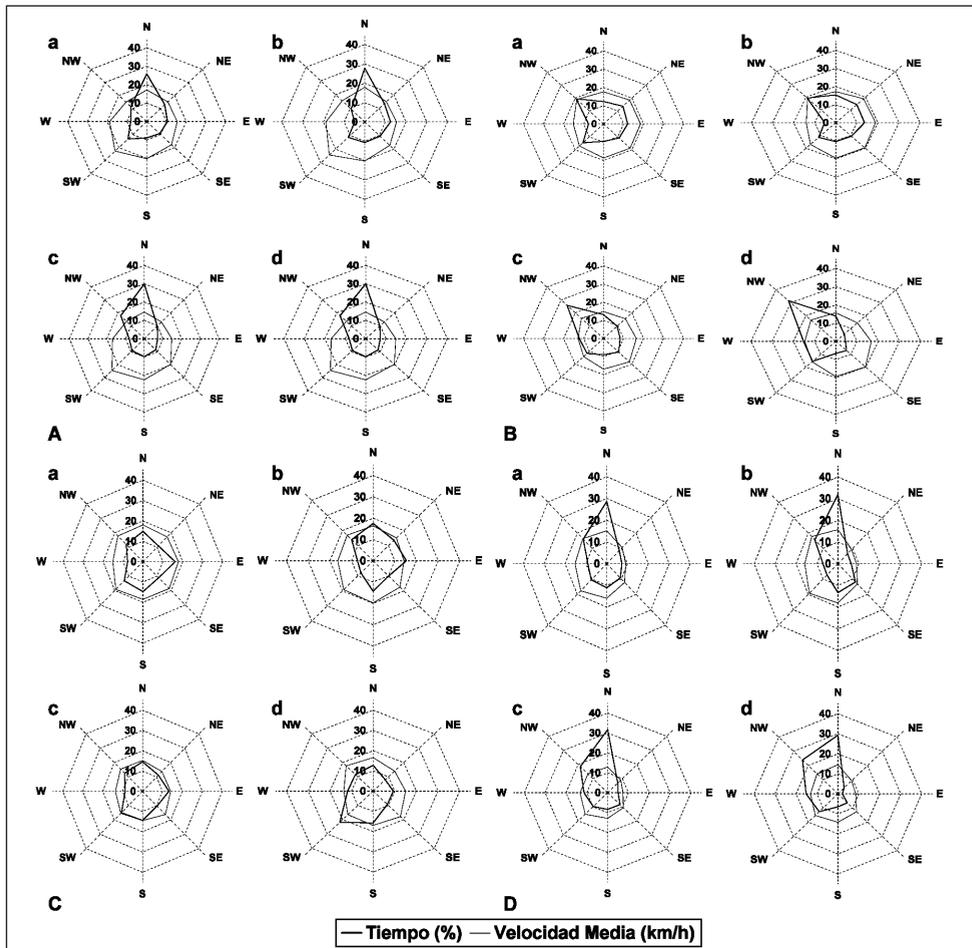


FIGURA 10. Rosas de los vientos estacionales decenales para A) Necochea-Quequén (1997-2006), B) Mar del Plata, C) Tandil y D) Tres Arroyos (1991-2000). a) Primavera, b) verano, c) otoño y d) invierno. Elaboración propia.

### 3.2. Caracterización climática y tendencias de Necochea-Quequén

#### 3.2.1. Temperatura

La temperatura media anual del sector costero de las ciudades Necochea-Quequén es 14,6°C para los años estudiados. Sin embargo, este valor oculta importantes diferencias entre los períodos 1956-1967 y 1997-2006 ya que las temperaturas medias anuales fueron 14,1°C y 15,1°C, respectivamente. Los años más cálidos fueron 1958 (14,8°C) y 2004 (15,7°C) y los más fríos 1964 (13,4°C) y 1999 (14,7°C) (figura 11). Los valores medios anuales a partir del año 2000 fueron iguales o superiores a los 15°C mientras que en el lapso 1956-1967 fluctuaron alrededor de los 14°C, período en el cual no se observó tendencia (figura 11A). En la década 1997-2006 la línea de tendencia revela un aumento de la temperatura media anual significativo ( $\alpha=0,05$ ) (figura 11B). Dicho incremento se ha manifestado en ciclos uniformes de aumento y descenso de las temperaturas de 3-4 años de duración, en los cuales el año de mayor temperatura es seguido por uno de menor valor que constituye el año límite entre los ciclos. Por consiguiente, la temperatura media en la localidad ha mostrado una tendencia positiva de 1,1°C entre 1956-1967 y 1997-2006 significativa ( $\alpha=0,01$ ). Con respecto a las temperaturas medias mensuales (tabla 2) en el lapso 1997-2006 el mes de enero presenta el mayor valor con 22°C y el mes de julio el menor (9,4°C). El análisis de tendencias indica que se ha producido un aumento en dicho parámetro en todos los meses del año para 1997-2006 con respecto a 1956-1967 que varía entre 0,6 y 1,7°C. Estacionalmente, el mayor incremento se manifestó en verano (1,5°C), luego en primavera, invierno y otoño (0,8°C) (tabla 2).

La temperatura máxima media del área es 19,1°C y fue 19,3°C para el primer período y 18,9°C para el segundo. En ambos períodos, los valores oscilan alrededor de los 19°C, aunque a mediados de siglo las variaciones interanuales eran superiores que en la década pasada. Las mayores máximas medias corresponden a los años 1965 con 19,9°C y 2004 con 19,3°C. A pesar de observarse una tendencia ascendente en cada lapso estudiado (figura 11), las correlaciones no fueron significativas y por consiguiente, dichos valores revelan una

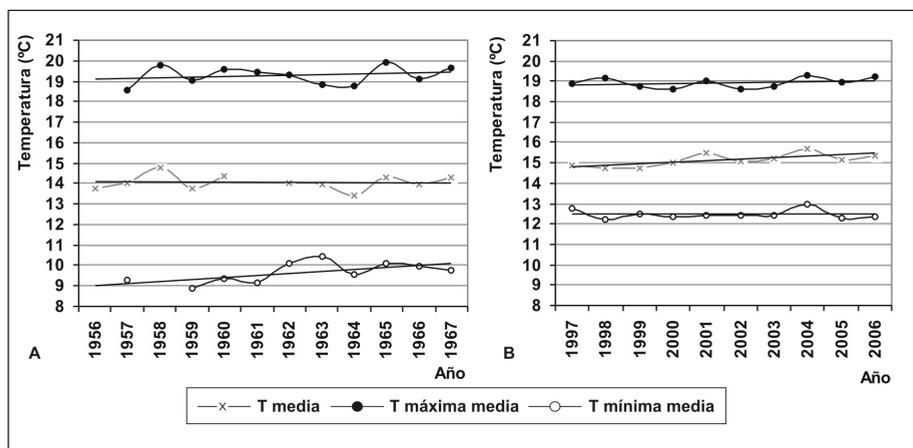


FIGURA 11. Temperaturas anuales media, máxima y mínima medias para Necochea-Quequén. A) 1956-1967 y B) 1997-2006.

Elaboración propia.

tendencia negativa en la temperatura máxima de  $-0,3^{\circ}\text{C}$ . En cuanto a las máximas medias mensuales, son en general más altas en el período 1956-1967 aunque los valores actuales para los meses de junio, octubre y diciembre son levemente superiores (tabla 2). Como consecuencia, el descenso en la temperatura máxima media se manifestó mayormente en otoño.

La temperatura mínima media muestra para mediados de siglo una tendencia positiva significativa ( $\alpha=0,05$ ) y en la actualidad no se ha observado correlación. No obstante, se ha verificado una tendencia positiva significativa ( $\alpha=0,01$ ) entre 1956-1967 y 1997-2006. En 1956-1967 la temperatura mínima fue  $9,7^{\circ}\text{C}$  y en la década pasada  $12,5^{\circ}\text{C}$ , por lo tanto el incremento de la temperatura mínima media para el área es de  $2,8^{\circ}\text{C}$ . Los valores medios anuales a mediados de siglo superaron en escasas oportunidades los  $10^{\circ}\text{C}$  mientras que en 1997-2006 oscilaron entre los  $12$  y  $13^{\circ}\text{C}$ . Las mínimas medias más bajas corresponden a los años 1959 con  $8,9^{\circ}\text{C}$  y 1998 con  $12,2^{\circ}\text{C}$ . El incremento mensual de la temperatura mínima media oscila entre  $1,7$  y  $3^{\circ}\text{C}$ , el menor registrado en el mes febrero y el mayor en agosto (tabla 2). Asimismo, la mayor variación estacional fue la del invierno ( $2,6^{\circ}\text{C}$ ) y la menor la del verano ( $2,1^{\circ}\text{C}$ ) (tabla 2).

Tabla 2

*AMPLITUD TÉRMICA Y TEMPERATURAS MENSUALES Y ESTACIONALES MEDIA, MÁXIMA MEDIA Y MÍNIMA MEDIA (EN  $^{\circ}\text{C}$ ) PARA NECOCHEA-QUEQUÉN PARA LOS PERÍODOS 1956-1967 Y 1997-2006 Y TENDENCIAS EN DICHS PARÁMETROS ENTRE AMBOS PERÍODOS.*

Mes	1956-1967				1997-2006				Tendencias			
	T media	T máxima media	T mínima media	Amplitud térmica	T media	T máxima media	T mínima media	Amplitud térmica	T media	T máxima media	T mínima media	Amplitud térmica
E	20,3	26,8	15,3	11,4	22	26,7	17,6	9,1	1,7	-0,1	2,3	2,3
F	19,6	25,5	15,0	10,5	20,9	25	16,7	8,3	1,3	-0,5	1,7	2,2
M	18,3	23,6	13,7	9,9	19,3	23	16,1	6,9	1,0	-0,6	2,4	3,0
A	14,8	19,8	10,4	9,4	15,4	18,9	12,3	6,6	0,6	-0,9	1,9	2,8
M	11,9	16,5	7,4	9,1	12,7	15,7	10,1	5,6	0,8	-0,8	2,7	3,5
J	9,0	13,0	5,3	7,7	10,3	13,1	7,9	5,2	1,3	0,1	2,7	2,5
J	8,7	12,6	4,8	7,8	9,4	12,4	6,9	5,5	0,7	-0,2	2,1	2,3
A	8,8	13,5	4,6	9,0	10,2	13,3	7,6	5,7	1,4	-0,2	3,0	3,3
S	10,2	15,1	5,9	9,3	11,4	15	8,1	6,9	1,2	-0,1	2,2	2,4
O	12,9	18,0	8,6	9,4	14,5	18,1	10,9	7,2	1,6	0,2	2,3	2,2
N	16,0	21,9	11,1	10,8	17,1	21,5	13,3	8,2	1,1	-0,4	2,2	2,6
D	18,2	24,3	13,2	11,1	19,8	24,5	15,7	8,8	1,6	0,2	2,5	2,3
Verano	19,4	25,5	14,5	11,0	20,9	25,4	16,7	8,7	1,5	-0,1	2,1	2,3
Otoño	15,0	20,0	10,5	9,5	15,8	19,2	12,8	6,4	0,8	-0,8	2,3	3,1
Invierno	8,8	13,0	4,9	8,2	10,0	12,9	7,5	5,5	1,1	-0,1	2,6	2,7
Primavera	13,0	18,3	8,5	9,8	14,3	18,2	10,8	7,4	1,3	-0,1	2,3	2,4

Elaboración propia.

Las temperaturas máxima y mínima absolutas del período 1997-2006 se registraron el 3 de enero del año 2001 con  $37,1^{\circ}\text{C}$  y el 7 de julio del 2005 con  $-0,1^{\circ}\text{C}$ , respectivamente (figura 12). La máxima absoluta más baja ( $32,8^{\circ}\text{C}$ ) coincide con el año de los menores valores máximos medios (2002) y la mínima absoluta más alta del período ocurrió en el año 2003 con  $2,3^{\circ}\text{C}$ . Con respecto a la tendencia de estos parámetros, a pesar que la temperatura máxima absoluta mostró un descenso (figura 12A) y la mínima absoluta mostró un aumento (figura 12B), las correlaciones fueron débiles.

Las amplitudes térmicas mensuales varían para 1956-1967 entre  $7,7$  y  $11,4^{\circ}\text{C}$  y para 1997-2006 entre  $5,2$  y  $9,1^{\circ}\text{C}$ , registrándose el menor valor en junio y el mayor en enero en ambos períodos (tabla 2). En promedio, la amplitud térmica disminuyó  $2,6^{\circ}\text{C}$  y fue mayor en otoño ( $3,1^{\circ}\text{C}$ ), descendiendo su amplitud en invierno, primavera y por último en verano

(tabla 2). Dicho comportamiento se debe en parte al importante aumento en la temperatura mínima media ya que el descenso de la máxima media es relativamente poco significativo.

Las tendencias en los parámetros estudiados para Necochea-Quequén concuerdan con las halladas por Easterling et al. (1997) para ciertas regiones del sur de América del Sur, especialmente el aumento en la temperatura mínima y el descenso en la amplitud térmica, a pesar que los valores estimados por dichos autores son inferiores. Las tendencias halladas también se manifiestan en otras áreas del planeta como el Este de Canadá y el Sudeste de Estados Unidos (Easterling et al., 1997). En el hemisferio Sur, en Sudáfrica para el período 1960-2003 se observaron tendencias positivas en las temperaturas media y máxima y mínima medias y el otoño registró la mayor tendencia (Kruger y Shongwe, 2004), sin observarse cambios en la amplitud térmica. En Queensland, Australia, la temperatura máxima media presentó un leve incremento con una tendencia no significativa, aunque sí lo fue el aumento en las temperaturas media y mínima. Los mayores cambios se registraron para los últimos 10 años del período 1910-1995. En cuanto a la amplitud térmica, el mayor descenso ocurrió en los meses de otoño (Lough, 1997), al igual que en el área de estudio. En Nueva Zelanda, las temperaturas media y máxima y mínima medias arrojaron un incremento aunque fue leve para la máxima en 1951-1998 (0,2°C, 0,12°C y 0,42°C, respectivamente) (Salinger y Griffiths, 2001).

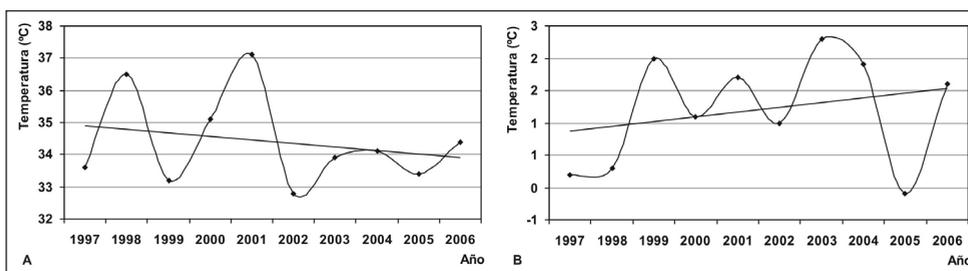


FIGURA 12. Temperaturas anuales absolutas para Necochea-Quequén durante el período 1997-2006. A) Máxima absoluta ( $r=0,2$ ) y B) mínima absoluta ( $r=0,4$ ). Elaboración propia.

A pesar que las tendencias en otros continentes del hemisferio Sur son en ocasiones similares a las del área de estudio, los valores del aumento o del descenso son inferiores. Sin embargo, en América del Sur los valores se aproximan y las tendencias generales son consistentes entre los diversos autores, aunque dentro de una misma región se ha registrado desigual comportamiento, característica también observada en Europa (Brádzil et al., 1996) y América del Norte (Easterling et al., 1997). Vincent et al. (2005) estimaron una tendencia positiva significativa para el aumento de la temperatura mínima y el descenso de la amplitud térmica, principalmente en áreas cercanas a las costas. Asimismo, las tendencias estimadas para las temperaturas máximas y mínimas medias para Necochea-Quequén concuerdan con las halladas por Hoffmann et al. (1997) y Nuñez et al. (2008). La tendencia en Argentina estimada por estos autores para la temperatura media fue negativa pero positiva para la ciudad de Mar del Plata (Nuñez et al., 2008). Castaño et al (1997) estimaron para la región pampeana conformada por Uruguay, el Centro de Argentina y el Sur de Brasil, una disminución de la temperatura máxima media, particularmente en los meses de verano y un incremento en la temperatura mínima media a lo largo de todo el año. Con respecto a

las temperaturas absolutas, encontraron una reducción promedio de la máxima de 4,3°C y un aumento promedio de la mínima de 1,9°C entre 1931-2000. En esta tendencia podrían enmarcarse los valores hallados para las temperaturas absolutas del área de estudio en 1997-2006. Rusticucci y Barrucand (2004) hallaron tendencias significativas para la temperatura mínima en numerosas estaciones de Argentina, especialmente en verano con un aumento superior a 4°C/100 años. Valores similares fueron obtenidos para la temperatura máxima pero con tendencia negativa. Rosenblüth et al. (1997) hallaron para el período 1933-1992 tendencias positivas en la temperatura media que oscilan entre 1,3 y 2°C/100 años para estaciones de Chile y Argentina. En Mar del Plata registraron un incremento de la temperatura media anual de 2°C/100años, el cual alcanza 3,8°C/100 años para el verano y 0,4°C/100 años para el invierno. Asimismo, observaron que el calentamiento en las tres últimas décadas duplicó el de las anteriores. Dichos valores se asemejan notablemente a los hallados para Necochea-Quequén.

Al considerar los valores obtenidos en el presente trabajo es necesario destacar que el período 1955-1964 fue uno de los más fríos del siglo XX (Rusticucci y Penalba, 2000). Por lo tanto, si bien valores similares han sido calculados por otros autores para estaciones meteorológicas de áreas cercanas (Rosenblüth et al., 1997; Rusticucci y Barrucand, 2004), la década fría podría actuar acentuando la tendencia hallada. En otras regiones del mundo, aunque con tendencias diferentes a las de Necochea-Quequén, se han hallado también valores altos. Founda et al. (2004) hallaron para Atenas un incremento en la temperatura media de 1,23°C en verano y de 0,34°C en invierno para el período 1897-2001, siendo repentino el aumento durante la década 1992-2001 (2-3°C). En otras regiones, también se han estimado valores sustanciales en las tendencias para la última década. En Tuscany (Italia), Bartolini et al. (2008) encontraron un incremento general en las temperaturas máxima (0,44°C/década) y mínima (0,38°C/década) para los veranos del período 1955-2004 y un leve aumento de la amplitud térmica (0,06°C/década), a pesar que Brunetti et al. (2000) estimaron en Italia del Norte y Sur para 1865-1996, aumentos en ambos parámetros notablemente inferiores. Resultados tan diferentes son atribuidos a que los mayores cambios se han producido en los años más recientes (Bartolini et al., 2008). Podría considerarse que cambios tan marcados podrían estar relacionados, entre otros factores, al aumento del 70% en el total mundial anual de emisiones de gases de efecto invernadero antropogénicas entre 1970 y 2004 (IPCC, 2007). Por consiguiente, se estima que la evolución descrita para los últimos años en otras regiones, podría estar evidenciándose en los resultados obtenidos para Necochea-Quequén.

A pesar que determinar las causas de las tendencias estudiadas exceden los objetivos del presente trabajo, se han identificado ciertos factores que podrían estar actuando en forma conjunta o no, directa o indirectamente para influir en el cambio climático del área de estudio. Salinger y Griffiths (2001) consideran que el ascenso de las temperaturas mínimas absolutas en Nueva Zelanda es consistente con el aumento de las temperaturas medias marinas y de las tierras emergidas observadas en el área. Asimismo, Rusticucci y Barrucand (2004) hallaron que en Argentina los cambios en los eventos de temperaturas extremas muestran alta correlación con la temperatura de la superficie del mar. Otros factores considerados para Argentina y otros países del globo son la urbanización (Hoffmann et al., 1997; Kalnay y Cai, 2003) y la isla de calor urbana (Karl et al., 1993), el incremento en las precipitaciones (Hoffmann et al., 1997; Nuñez et al., 2008), el incremento de los gases de efecto invernadero (Karl et al., 1993; Brázdil et al., 1996; IPCC, 2007; Nuñez et al., 2008), los cambios en las prácticas agrícolas principalmente en relación a la agricultura bajo riego (Karl et al., 1993; Kalnay y Cai, 2003; Nuñez et al., 2008), el aumento de la nubosidad y los cambios en la evaporación y capacidad calorífica del suelo (Karl et al., 1993; Brázdil et al., 1996; Kalnay et al., 2006), entre otros. Dadas las características de emplazamiento

del área de estudio y las actividades predominantes de la región circundante, se estima que los cambios en la temperatura del mar, la urbanización y la actividad agrícola, serían en una primera aproximación, las causas que más podrían estar influyendo en el cambio climático observado, aunque debido a su notable complejidad y al gran número de aspectos involucrados deberían realizarse exhaustivos estudios al respecto.

### 3.2.2. Precipitación

La precipitación media para las localidades de Necochea-Quequén es 906,3 mm y se destaca la variabilidad entre décadas (tabla 3). Se han observado ciclos de 5-6 años de duración en el monto de precipitaciones anuales (figura 13) en los cuales las mismas aumentan hasta alrededor de los 1000 mm y disminuyen hasta los 700 mm anuales. El máximo valor medio anual se registró en 1969 con 1334 mm y el mínimo en 1977 con 655 mm.

Tabla 3  
PRECIPITACIONES MEDIAS PARA NECOCHEA-QUEQUÉN PARA LOS PERÍODOS ANALIZADOS.

Período	Precipitación (mm)
1950-1959	872,7
1960-1969	997,7
1970-1979	858,7
1980-1989	910,1
1990-1999	892,3
1950-1999	906,3

Elaboración propia.

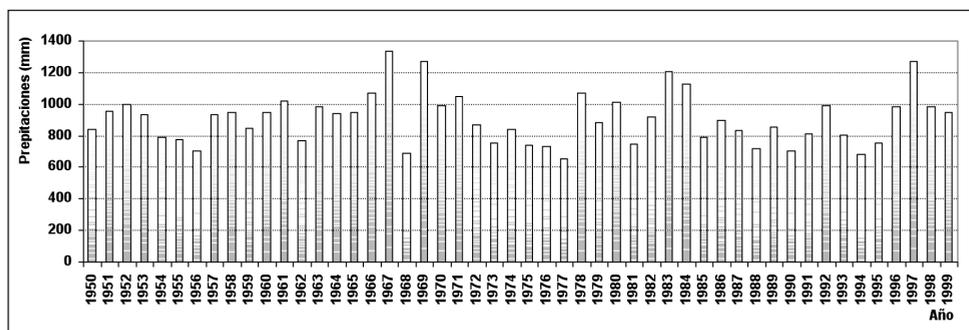


FIGURA 13. Precipitaciones medias anuales para Necochea-Quequén (1950-1999).  
Elaboración propia.

Núñez et al. (2008) analizaron las tendencias de las precipitaciones en Argentina para el período 1961-2000 y la contribución de cada década en el valor total. Empleando la normalización propuesta por dichos autores (incorporando una década para este estudio) se obtuvo que el período 1960-1969 fue el más húmedo y que los años cincuenta y setenta fueron relativamente algo más secos que los ochenta y noventa, los cuales fueron normales.

Dichos resultados se asemejan a los calculados por Nuñez et al. (2008) para la ciudad de Mar del Plata a excepción de los del lapso 1960-69, el cual fue el más seco. Rusticucci y Penalba (2000) al analizar el régimen de precipitaciones del sur de América del Sur, hallaron una gran variabilidad entre décadas en gran parte de la provincia de Buenos Aires. Los resultados obtenidos se enmarcan en un contexto de incremento de las precipitaciones totales en el país (Hoffmann et al., 1997) con un desplazamiento de la isoyeta de 800mm hacia el Oeste (Nuñez et al., 2008). Aunque en Necochea-Quequén no se ha verificado una tendencia, la diferencia de la precipitación anual entre 1950-1959 y 1990-1999 es de 20 mm, notablemente inferior al aumento del 20% registrado por Hoffmann et al. (1997) entre 1941-1950 y 1981-1990 para la provincia de Buenos Aires, aunque es similar a la estimada para Mar del Plata (Nuñez et al., 2008).

Haylock et al. (2006) analizaron las tendencias de las precipitaciones totales y extremas de América del Sur entre 1960-2000 y considerando la estación Mar del Plata, hallaron un cambio hacia condiciones más húmedas en el Sur de Brasil, Uruguay, Paraguay y Norte y Centro de Argentina. Castaño et al. (2007) observaron incrementos en las precipitaciones pero principalmente para el verano en la pampa Argentina. No obstante, al igual que la evolución de las temperaturas que registran tendencias diferentes en regiones aledañas, un comportamiento similar podría estimarse para las precipitaciones. Así como dentro de Argentina se han observado tendencias contrapuestas, en Queensland, Australia, no se hallaron tendencias significativas en la evolución de las precipitaciones mientras que sí se verificaron aumentos en otras regiones de dicho país desde 1950 (Lough, 1997).

### 3.2.3. Humedad relativa

La humedad relativa media para el área de estudio en el período 1997-2006 fue 79,9%. El menor valor anual medio correspondió al año 1997 con 77,1% y el mayor al año 2002 con 82,6%. Con respecto a los valores absolutos, la máxima media anual ha correspondido siempre al 100%. El valor mínimo fue 16% y se registró el 17 de septiembre del año 2006. El resto de los valores mínimos se encuentran entre 20 y 30%.

Se ha verificado una tendencia positiva significativa ( $\alpha=0,05$ ) en la humedad relativa para el período estudiado y desde el año 2001 los valores medios anuales superaron el 80% (figura 14). Dichos resultados deben estimarse sólo como un primer abordaje al estudio de la evolución del parámetro ya que el análisis de datos correspondientes a una sola década es insuficiente para confirmar su comportamiento. La tendencia hallada podría corresponder a una parte de un ciclo húmedo de largo plazo.

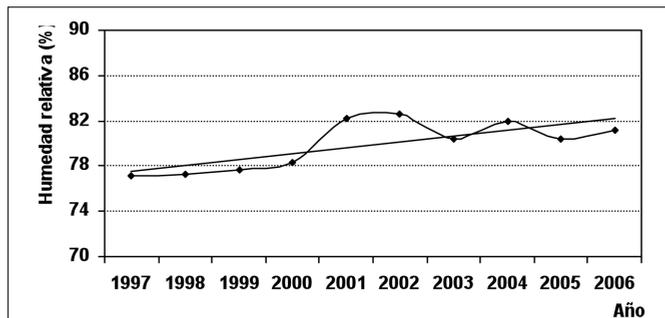


FIGURA 14. Humedad relativa media anual para Necochea-Quequén (1997-2006). Elaboración propia.

### 3.2.4. Presión atmosférica

La presión atmosférica media para el área de estudio es 1012,7hPa y fue 1013,9hPa para los años 1956-1967 y 1011,5hPa para el período 1997-2006. El menor valor anual medio correspondió al año 2006 (1006,4hPa) y el mayor al año 2004 (1017,5hPa). Con respecto a las valores absolutos del segundo período, la máxima se registró el 8 de agosto del año 2005 con 1043,8hPa. El valor mínimo fue de 985,4hPa el 14 de junio del año 1997.

Durante el primer período de análisis los valores rondan los 1014hPa y la línea de tendencia indica un descenso de los valores medios (figura 15A). En la década pasada, los valores medios eran más bajos que a mediados de siglo y fueron incrementándose hasta el año 2005. Dicha década difiere además, en la gran variabilidad de los valores (figura 15B) en relación al comportamiento de los mismos durante el período 1956-1967.

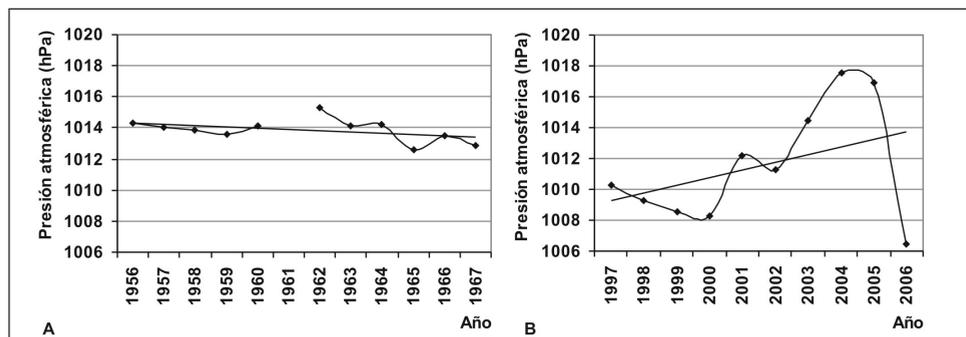


FIGURA 15. Presión atmosférica media anual para Necochea-Quequén. A) 1956-1967 ( $r=0,4$ ) y B) 1997-2006 ( $r=0,4$ ).

Elaboración propia.

A pesar de las tendencias observadas en ambos períodos, las correlaciones resultantes fueron débiles. No obstante, el promedio decádico entre 1956-1967 y 1997-2006 ha descendido en 2,4hPa (0,048 hPa/año). Hines et al. (2000) hallaron una reducción de la presión atmosférica en el hemisferio Sur a los 45°S entre 1969-1998 que varía de 0,005 a 0,028hPa/año, con una intensidad máxima a los 65°S (0,177-0,62 hPa/año). Por lo tanto, se estima que el área de estudio, próxima a dicha latitud, estaría experimentando un ligero descenso en el parámetro. En el hemisferio Norte, en Canadá para el período 1953-2003, al norte de los 60°N se registró un tendencia significativa de descenso de 5,8hPa en la presión atmosférica, mientras que hacia el Sur las tendencias fueron más débiles (Van Wijngaarden, 2005). En la mayor parte de China la presión se ha incrementado en 0,4hPa/década (Kaiser, 2000).

### 3.2.5. Viento

La velocidad media del viento para el área de estudio es 15,7km/h y fue 13,6km/h en 1956-1967 y 17,8km/h para el lapso 1997-2006. Las menores velocidades se registraron en los años 1963 y 1965 con 12,5km/h en el primer período (figura 16A) y en 1999 con 15,9km/h, en el segundo (figura 16B). Las mayores velocidades medias se manifestaron en 1956 con 15,5km/h y en el año 2000 con 21,2km/h, único año que superó los 19km/h. Las ráfagas anuales máximas, cuyos valores oscilan entre 90 y 138,4km/h, registraron una débil correlación (figura 17).

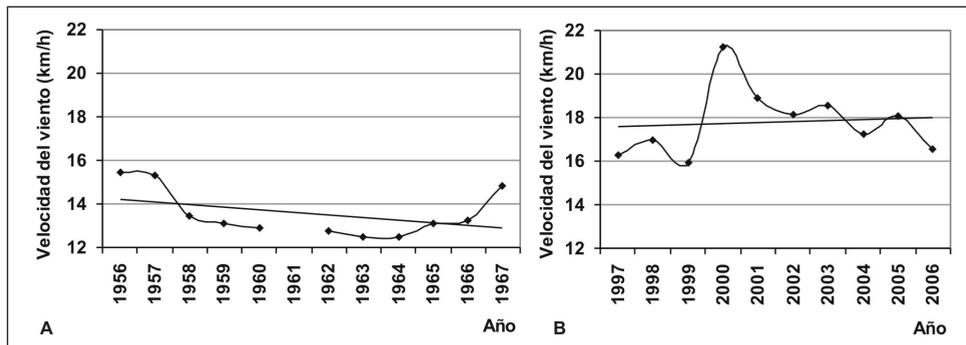


FIGURA 16. Velocidad media anual del viento para Necochea-Quequén. A) 1956-1967 ( $r=0,4$ ) y B) 1997-2006 ( $r=0,4$ ).  
Elaboración propia.

En el período 1997-2006 se ha advertido una tendencia hacia un incremento en los valores medios anuales aunque los mismos han presentado variabilidad interanual (figura 16B). Dicho comportamiento difiere al observado para el período 1956-1967, en el cual los valores medios anuales mostraron una tendencia descendente y velocidades medias más débiles (figura 16A). Las correlaciones obtenidas no fueron significativas, aunque el promedio decádico entre los períodos estudiados se ha incrementado en 4,2km (0,084km/año). En Australia, se registró para el 88% del territorio una tendencia negativa entre los años 1975-2006 (0,324km/año) (McVicar et al., 2008). Valores similares a éstos se han observado en el oeste de Canadá, pero con una tendencia positiva significativa (Gower, 2002).

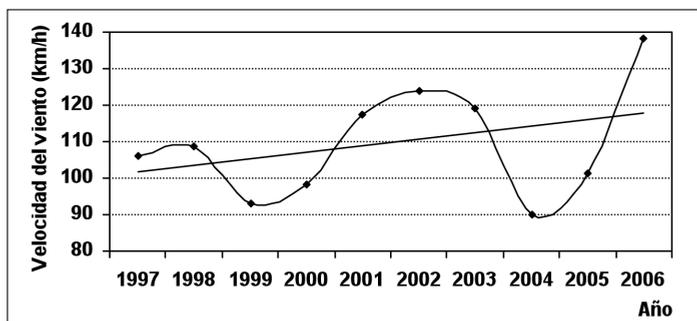


FIGURA 17. Velocidad máxima anual del viento para Necochea-Quequén (1997-2006) ( $r=0,4$ ).  
Elaboración propia.

Las rosas de los vientos decenal y estacionales para el decenio 1997-2006 de la aglomeración Necochea-Quequén revelaron que la frecuencia dominante es la del sector N, aunque al analizar las rosas de los vientos de frecuencia de tiempo anuales, se han observado cambios significativos en el régimen de vientos principalmente en las frecuencias secundarias para las diversas estaciones del año. El sector NW que en general ocupa el segundo lugar en frecuencias, fue reemplazado por el sector NE para los años 1997, 2004 y 2006. El sector

SW posee una importante ocurrencia para los años 1997 (figura 18A) y 2003 (13%). En cuanto a las velocidades medias anuales, en general no se desvían de la rosa decenal.

En cuanto a las rosas estacionales, considerando que en la rosa decenal de primavera el segundo y tercer lugar correspondieron a los sectores SW y NE, en el análisis estacional anual dichas direcciones se van alternando y en algunos años, pierden participación frente al NW (1998) y E (2000, figura 18C). La primavera del año 1999 fue relativamente homogénea (figura 18B) y por último, se destaca el año 2003 en el cual el predominio del sector N alcanzó un 35,1%. Los vientos más veloces son los del sector SW y se destacan los años 2001 y 2002 en los cuales los vientos de los sectores S y SE fueron los más veloces. Para los veranos del período estudiado la segunda frecuencia en importancia fue el sector E (1999, 2000, 2002 y 2003). Se destacan los años 1997, por frecuencias alta del sector NE (21,6%) y muy escasa del NW (5,4%) (figura 18D) y 2001 y 2005, por el significativo predominio de los vientos del N (35,6 y 32,4%, respectivamente). Las mayores velocidades medias corresponden al sector SW (22 a 25km/h) y sobresale el año 2000 con 27km/h. Con respecto a la ocurrencia de vientos en el otoño, el segundo lugar del NW en la rosa decenal fue reemplazado por el NE (1997 y 2004), por el SE (1998) (figura 18E) y por el S (2003). Los años 2002, 2003 y 2005 (figura 18F) se destacan por muy alto predominio del sector N (33,5%, 34,9% y 43,1%, respectivamente). Se mantiene la tendencia de ser los vientos del sector SW los más fuertes (24 a 27,7km/h). Por último, entre los inviernos del período se distingue el del año 1997 por el gran predominio del sector N (39,4%) y por ser el NE la segunda frecuencia. En 1998, 1999 y 2000 el sector N fue seguido por altos valores del sector NW (alrededor del 5% inferiores) e incluso en 2003 el NW (33,5%) y W lo superaron (figura 18H). Los vientos más veloces correspondieron al sector S fundamentalmente y al SW. Se destaca el año 2000 ya que el mayor valor fue del SE (25,2km/h) (figura 18G).

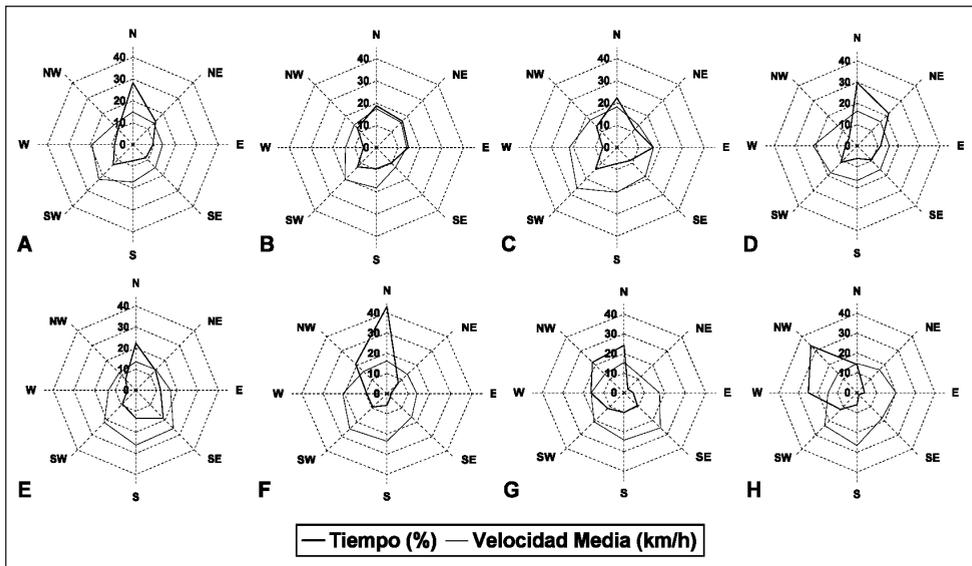


FIGURA 18. Rosas de los vientos anuales para la localidad de Necochea-Quequén. A) Anual de 1997, B) primavera de 1999, C) primavera de 2000, D) verano de 1997, E) otoño de 1998, F) otoño de 2005, G) invierno de 2000 y H) invierno de 2003.

Elaboración propia.

#### 4. Conclusiones

En el presente trabajo se ha caracterizado el clima de la región a partir de sus principales elementos entre los años 1991-2000 y se analizaron las tendencias de la temperatura, la precipitación, la presión atmosférica y la velocidad del viento para la aglomeración Necochea-Quequén entre 1956-1967 y 1997-2006. La temperatura media anual varía entre 13,4 y 15,1°C y presentó una distribución latitudinal. Las temperaturas medias estacionales marcan una diferenciación de las estaciones del año con la máxima en enero y la mínima en julio. Las precipitaciones descienden en sentido NE-SW y se distribuyen a lo largo del año con máximos en verano y mínimos en invierno.

En la región predominan las masas de aire provenientes del anticiclón del Atlántico Sur y el paso de sistemas frontales provenientes del sector Antártico. Los sectores Norte y Noroeste prevalecen y entre las frecuencias secundarias, cobran importancia hacia el oeste los vientos del sector W en detrimento de los provenientes del E. Las rosas de los vientos de otoño y primavera son muy similares en las ciudades continentales y por lo tanto dichas estaciones son las que marcan las tendencias en la rosa decenal para cada localidad. Del mismo modo, las de otoño e invierno y las de verano y primavera son semejantes en las costeras y son estas últimas las que determinan las frecuencias dominantes en la rosa decenal. En verano se registran las mayores velocidades medias del viento y en otoño las menores. Los vientos más veloces corresponden a los cuadrantes SW y S, a excepción del sudeste de la región, donde los vientos del SE adquieren velocidades significativas que logran superar las de las demás direcciones durante casi todo el año. Se observaron años en los cuales el régimen de vientos de Necochea-Quequén sufrió cambios notables, así como importantes variaciones estacionales que llegaron a desplazar el predominio del sector N.

Las tendencias observadas en los parámetros de temperatura, aunque a veces difieren con las de otras regiones del planeta, se enmarcan dentro del cambio climático que se ha estado manifestando a nivel global. La temperatura media en las localidades Necochea-Quequén ha mostrado un incremento significativo de 1,1°C entre 1956-1967 y 1997-2006. El mayor incremento se manifestó en verano (1,5°C), luego en primavera, invierno y otoño (0,8°C). En la temperatura máxima media se registró una tendencia negativa significativa de -0,3°C que afectó mayormente al otoño. En cuanto a la temperatura mínima, se observó una tendencia positiva significativa de 2,8°C. La amplitud térmica disminuyó 2,6°C, el máximo fue en otoño y el mínimo en verano. Dicho comportamiento se debe en parte al importante aumento en la temperatura mínima media ya que el descenso de la máxima media es relativamente poco significativo. Dichas tendencias y valores son consistentes a los hallados en áreas cercanas, aunque se han observado discrepancias con otras regiones de América del Sur e incluso de Argentina. Sin embargo, se han observado en zonas puntuales del globo cambios bruscos en los últimos años que se asemejan a los obtenidos para el área de estudio.

En cuanto a las precipitaciones, se han advertido ciclos de 5-6 años de duración y una variabilidad entre décadas que se enmarca en el comportamiento registrado para la provincia de Buenos Aires. A pesar que otros estudios han estimado un incremento de las precipitaciones totales en el país, en Necochea-Quequén no se han verificado una tendencia.

El comportamiento de la humedad relativa para los últimos años ha verificado un ascenso significativo aunque el período es insuficiente para confirmar tendencias. En cuanto a los valores promedio de la presión atmosférica y de los vientos en los períodos 1956-1967 y 1997-2006, la primera ha descendido y el segundo ha presentado un incremento. No obstante, las tendencias no fueron significativas. En ambos parámetros, la última década registró gran variabilidad interanual de los valores en relación al comportamiento más uniforme

de los mismos durante el período 1956-1967. El estudio de los elementos del clima y el análisis de sus tendencias realizado en este trabajo ha demostrado que existen indicios de cambio climático en la región.

## 5. Referencias bibliográficas

- BARRUCAND, M. y RUSTICUCCI, M. (2001): «Climatología de temperaturas extremas en la Argentina. Variabilidad temporal y regional», en *Meteorológica*, n° 26, pp. 85-101.
- BARTOLINI, G., MORABITO, M., CRISCI, A., GRIFONI, D., TORRIGIANI, T., PETRALLI, M., MARACCHI, G. y ORLANDINI, S. (2008): «Recent trends in Tuscany (Italy) summer temperature and indices of extremes», en *International Journal of Climatology*, n° 28(13), pp. 1751-1760.
- BRÁZDIL, R., BUDÍKOVÁ, M., AUER, I., BÖHM, R., CEGNAR, T., FASKO, P., LAPIN, M., GAJIC CAPKA, M., ZANINOVIC, K., KOLEVA, E., NIEDZWIEDZ, T., USTRNUL, Z., SZALAI, S. y WEBER, R.O. (1996): «Trends of maximum and minimum daily temperatures in Central and Southeastern Europe», en *International Journal of Climatology*, n° 16, pp. 765-782.
- BRUNETTI, M., BUFFONI, L., MAUGERI, M. y NANNI, T. (2000): «Trends of Minimum and Maximum Daily Temperatures in Italy from 1865 to 1996», en *Theoretical and Applied Climatology*, n° 66, pp. 49-60.
- BURGOS, J.J. y VIDAL, A.L. (1951): «Los climas de la República Argentina, según la nueva clasificación de Thornthwaite», en *Meteoros: Revista de Meteorología y Geofísica del Servicio Meteorológico Nacional*, n° 1, pp. 3-32.
- CAMPO DE FERRERAS, A. (1998): *Hidrografía del río Quequén Grande*. Tesis Doctoral en Geografía. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, 141 pp.
- CAPITANELLI, R. (1992): *Los sistemas naturales del territorio argentino*. En: Roccatagliata, J.A. (Editor): *La Argentina: Geografía General y los marcos regionales*. Sudamericana Planeta. Buenos Aires, pp. 73-143.
- CARBONE, M.E., PICCOLO, M.C. y PERILLO, G.M.E. (2003): «Caracterización climática de la cuenca del arroyo Claromecó, Argentina», en *Papeles de Geografía*, n° 38, pp. 41-60.
- CASTAÑO, J.P., BAETHGEN, W., GIMENEZ, A., MAGRIN, G., TRAVASSO, M.I., OLIVERA, L., ROCCA DA CUNHA, G. y CUNHA FERNANDES, J.M. (2007): «Evolución del clima observado durante el período 1931-2000 en la región sureste de América del Sur». Proyecto AIACC TWAS, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Canelones, Uruguay, 9 pp.
- CEAL (1982): *Atlas Físico de la República Argentina*. Volumen 2. Centro Editor de América Latina. Buenos Aires, pp. 193-511.
- EASTERLING, D.R., HORTON, B., JONES, P.D., PETERSON, T.C., KARL, T.R., PARKER, D.E., SALINGER, M.J., RAZUVAYEV, V., PLUMMER, N., JAMASON, P. y FOLLAND, C.K. (1997): «Maximum and minimum temperature trends for the globe», en *Science*, n° 277: pp. 364-367.
- ECOS DIARIOS DE NECOCHEA (2001): *Diario de los 120 años de Necochea*. Tomo 1. Ecos Diarios. Necochea, 240 pp.
- FOUNDA, D., PAPADOPOULOS, K.H., PETRAKIS, M., GIANNAKOPOULOS, C. y GOOD, P. (2004): «Analysis of mean, maximum, and minimum temperature in Athens from 1897 to 2001 with emphasis on the last decade: trends, warm events, and cold events», en *Global and Planetary Change*, n° 44, pp. 27-38.
- GARCÍA, M.C. y PICCOLO, M.C. (2004): «Brisas de mar estivales en Mar del Plata y Necochea, Pcia. de Buenos Aires, Argentina», en *Vº Jornadas Nacionales de Geografía Física*. Santa Fé, pp. 95-103.
- GARCÍA, M.C. y PICCOLO, M.C. (2006a): «Las precipitaciones en el sudeste bonaerense (comportamiento temporal y espacial en los dos últimos decenios)», *VIº Jornadas Nacionales de Geografía Física*. Río Gallegos, pp. 154-164.
- GARCÍA, M.C. y PICCOLO, M.C. (2006b): «Precipitaciones máximas en el sudeste bonaerense», en *Geoacta*, n° 31, pp. 165-174.
- GOWER, J.F.R. (2002): «Temperature, wind and wave climatologies, and trends from marine meteorological buoys in the Northeast Pacific», en *Journal of Climate*, n° 15, pp. 3709-3718.

- HAYLOCK, M.R., PETERSON, T.C., ALVES, L.M., AMBRIZZI, T., ANUNCIÇÃO, Y.M.T., BAEZ, J., BARROS, V.R., BERLATO, M.A., BIDEGAIN, M., CORONEL, G., CORRADI, V., GARCIA, V.J., GRIMM, A.M., KAROLY, D., MARENGO, J.A., MARINO, M.B., MONCUNILL, D.F., NECHET, D., QUINTANA, J., REBELLO, E., RUSTICUCCI, M., SANTOS, J.L., TREBEJO, I. y VINCENT, L.A. (2006): «Trends in total and extreme South American rainfall in 1960–2000 and links with sea surface temperature», en *Journal of Climate*, n° 19, pp. 1490-1512.
- HINES, K.M., BROMWICH, D.H. y MARSHALL, G.J. (2000): «Artificial surface pressure trends in the NCEP-NCAR reanalysis over the Southern Ocean and Antarctica», en *Journal of Climate*, n° 13, pp. 3940-3952.
- HOFFMANN, J.J., NUÑEZ, S. y VARGAS, W. (1997): «Temperature, humidity and precipitation variations in Argentina and the adjacent Sub-Antarctic region during the present century», en *Meteorologische Zeitschrift*, n° 6, pp. 3-11.
- HORTON, B. (1995): «Geographical distribution of changes in maximum and minimum temperatures», en *Atmospheric Research*, n° 37, pp. 101-117.
- IPCC (2007): *Cambio climático 2007: Informe de síntesis*, IPCC. Ginebra, Suiza, 104 pp.
- JONES, P.D. (1995): «Maximum and minimum temperature trends in Ireland, Italy, Thailand, Turkey and Bangladesh», en *Atmospheric Research*, n° 37, pp. 67-78.
- KAISER, D.P. (2000): «Decreasing cloudiness over China: An updated analysis examining additional variables», en *Geophysical Research Letters*, n° 27, pp. 2193-2196.
- KALNAY, E. (2008): «Impacts of urbanization and land surface changes on climate trends», en *International Association for Urban Climate*, n° 27, pp. 5-9.
- KALNAY, E. y CAI, M. (2003): «Impact of urbanization and land-use change on climate», en *Nature*, n° 423, pp. 528-531.
- KALNAY, E., CAI, M., LI, H. y TOBIN, J. (2006): «Estimation of the impact of land-surface forcings on temperature trends in eastern United States», en *Journal of Geophysical Research*, n° 111, D06106, doi:10.1029/2005JD006555.
- KARL, T.R., JONES, P.D., KNIGHT, R.W., KUKLA, G., PLUMMER, N., RAZUVAYEV, V., GALLO, K.P., LINDSEAY, J., CHARLSON, R.J. y PETERSON, T.C. (1993): «A new perspective on recent global warming», en *Bulletin of The American Meteorological Society*, n° 74(6), pp. 1007-1023.
- KRÜGER, A.C. y SHONGWE, S. (2004): «Temperature trends in South Africa: 1960-2003», en *International Journal of Climatology*, n° 24, pp. 1929-1945.
- LEEMANS, R. y EICKHOUT, B. (2004): «Another reason for concern: regional and global impacts on ecosystems for different levels of climate change», en *Global Environmental Change*, n° 14, pp. 219-228.
- LOUGH, J.M. (1997): «Regional indices of climate variation: temperature and rainfall in Queensland, Australia», en *International Journal of Climatology*, n° 17, pp. 55-66.
- MCVICAR, T. R., VAN NIEL, T.G., LI, L.T., RODERICK, M.L., RAYNER, D.P., RICCIARDULLI, L. y DONOHUE, R.J. (2008): «Wind speed climatology and trends for Australia, 1975–2006: Capturing the stilling phenomenon and comparison with near-surface reanalysis output», en *Geophysical Research Letters*, n° 35, L20403, doi:10.1029/2008GL035627.
- NUÑEZ, M.N., CIAPESSONI, H.H., ROLLA, A., KALNAY, E. y CAI, M. (2008): «Impact of land use and precipitation changes on surface temperature trends in Argentina», en *Journal of Geophysical Research*, n° 113, D06111, doi:10.1029/2007JD008638.
- PAVIA, E.G., GRAEF, F. Y REYES, J. (2009): «Annual and seasonal surface air temperature trends in Mexico», en *International Journal of Climatology*, n° 29, pp. 1324-1329.
- ROSENBLÜTH, B.N., FUENZALIDA, H.A. y ACEITUNO, P. (1997): «Recent temperature variations in Southern South America», en *International Journal of Climatology*, n° 17, pp. 67-85.
- RUSTICUCCI, M. y PENALBA, O. (2000): «Interdecadal changes in the precipitation seasonal cycle over Southern South America and their relationship with surface temperature», en *Climate Research*, n° 16, pp. 1-15.
- RUSTICUCCI, M. y BARRUCAND, M. (2001): «Climatología de temperaturas extremas en la Argentina. Consistencia de datos. Relación entre la temperatura media estacional y la ocurrencia de extremos», en *Meteorológica*, n° 26, pp. 69-83.

- RUSTICUCCI, M. y BARRUCAND, M. (2004): «Observed trends and changes in temperature extremes over Argentina», en *Journal of Climate*, n° 17, pp. 4099-4017.
- SALINGER, M.J. y GRIFFITHS, G.M. (2001): «Trends in New Zealand daily temperature and rainfall extremes», en *International Journal of Climatology*, n° 21, pp. 1437-1452.
- STRAHLER, A.N. y STRAHLER, A.H. (2000): *Geografía Física*. Omega. Barcelona, 550 pp.
- VAN WIJNGAARDEN, W.A. (2005): «Examination of trends in hourly surface pressure in Canada during 1953-2003», en *International Journal of Climatology*, n° 25(15), pp. 2041-2049.
- VINCENT, L.A., PETERSON, T.C., BARROS, V.R., MARINO, M.B., RUSTICUCCI, M., CARRASCO, G., RAMIREZ, E., ALVES, L.M., AMBRIZZI, T., BERLATO, M.A., GRIMM, A.M., MARENGO, J.A., MOLION, L., MONCUNILL, D.F., REBELLO, E., ANUNCIAÇÃO, Y.M.T., QUINTANA, J., SANTOS, J.L., BAEZ, J., CORONEL, G., GARCIA, J., TREBEJO, I., BIDEGAIN, M., HAYLOCK, M.R. y KAROLY, D. (2005): «Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960–2000», en *Journal of Climate*, n° 18, pp. 5011-5023.

