



# **Universidad Nacional del Sur**

Departamento de Geografía y Turismo

**TESIS DE DOCTOR EN GEOGRAFÍA**

**RIESGO ASOCIADO A EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN EN  
MAR DEL PLATA  
ESTRATEGIAS PARA UNA GESTIÓN SUSTENTABLE**

**MELISA PONTRELLI ALBISETTI**

**BAHIA BLANCA, ARGENTINA  
2017**

## **Prefacio**

Esta tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Doctor en Geografía, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Geografía y Turismo durante el periodo comprendido entre el 19 de Junio de 2012 y el 6 de Junio de 2017, bajo la dirección de la Dra. María Cintia Pícolo y la co-dirección de la Dra. Mónica Cristina García.

Melisa Pontrelli Albisetti



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR  
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el 10/08/2018, mereciendo la calificación de 10 (diez).

*A mis padres*

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer profundamente a las personas e instituciones que forman parte de esta tesis doctoral. A mi directora, María Cintia Píccolo por haberme formado y brindarme su apoyo, guía y conocimientos. También a la Dra. Mónica García.

Agradezco al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas por haberme otorgado durante estos años una beca doctoral para mi formación profesional.

Deseo expresar también todo mi agradecimiento a mi co-director de beca el Dr. Federico Ignacio Isla no solo por formarme profesionalmente y guiar mi pasos en la academia sino también, por su apoyo incondicional a lo largo de este proyecto. Sin su confianza y dedicación hacia mí, esta tesis no hubiese sido posible. Además, le agradezco por haberme abierto las puertas del Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata donde pude desarrollar mi investigación.

Mi profundo agradecimiento al Dr. Reinaldo Maenza, gran amigo y compañero el cual me ha ayudado muchísimo durante este último año.

A la Dra. Patricia Iris Lucero y al Grupo de Estudios Sobre Población y Territorio del Departamento de Geografía de la Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata, por proporcionarme los datos de Calidad de Vida para Mar del Plata basados en el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2010.

A mis compañeros y amigos del Grupo de Investigación de Geología Costera y Paleoecología que me guiaron y acompañaron durante estos tres años, haciendo de mi lugar de trabajo un ambiente cálido: José, Juan Manuel, Rocío, Camilo y Mariano, y a los investigadores Marcela, Germán y Luis. Gracias a todos por su apoyo incondicional.

A colegas del Instituto de Geología de Costas por haberme aportado diversas técnicas de trabajo: Marcelo Farenga, Mauricio Quiróz, Asunción Romanelli y Héctor Massone.

A mis amigos y compañeros del IADO, especialmente a Federico y Andrés por su sostén y alojamiento en los numerosos viajes a Bahía Blanca.

A mi hermana de la vida, Carolina, por su apoyo continuo en la distancia.

A mi familia, mi madre, Cath, Gus y mis tíos Evers y Guillermo que siempre apoyaron mis proyectos y decisiones.

Y a María Elena, por su amor incondicional, paciencia y dedicación.

Melisa Pontrelli Albisetti

## RESUMEN

La localidad de Mar del Plata se encuentra emplazada en la finalización del sistema de Tandilia siendo la ciudad más al sudeste de la República Argentina. Esta característica hace que se encuentre más expuesta que otras urbes a la intensidad de fenómenos climáticos como las Sudestadas y las tormentas. En la presente investigación, se realizó un estudio integral del área sobre la variabilidad climática en el espacio urbano de la ciudad y sus efectos derivados de los eventos extremos de precipitación.

El objetivo principal de esta investigación fue estudiar el clima local de Mar del Plata en sus distintas escalas de tiempo para poder evaluar los efectos de la variabilidad del clima como son los extremos de precipitación para luego, identificar las zonas con mayor riesgo a padecer inundaciones.

Para el estudio de la variabilidad climática en Mar del Plata se analizaron 45 años de registros meteorológicos diarios. Se aplicaron distintas escalas temporales de análisis: decádica, interanual y estacional con el objetivo de caracterizar el comportamiento temporal de las variables de temperatura del aire, humedad relativa, precipitaciones y velocidad máxima del viento. La temperatura del aire disminuyó  $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  mientras que la velocidad máxima del viento se redujo  $7\text{ km/h}^{-1}$ . La humedad relativa presentó períodos más húmedos que secos aunque la tendencia de la misma es negativa para todo el período de estudio. La presión se caracterizó por tener una marcada tendencia positiva. En cuanto al régimen pluviométrico, se encontró que a partir de la década del '70 las fluctuaciones entre períodos secos y húmedos fueron mayores. El análisis de los elementos del clima y sus tendencias ha demostrado que existe una gran variabilidad climática en la región.

La climatología de tormentas fue importante a la hora de determinar los extremos de precipitación, es decir, a aquellos valores que se encuentran fuera de la normalidad climática.

Para ello se implementaron medidas de posición no central a partir del método de percentiles. Se establecieron umbrales de precipitación extrema (33.9 mm) y extraordinaria (66.7 mm) donde el análisis de los mismos estableció que los eventos extremos disminuyeron mientras que los extraordinarios aumentaron. Se constató a partir de la consulta de archivos periodísticos de la base de datos DESINVENTAR, que Mar del Plata padece inundaciones severas a partir de 40 mm de precipitación. La combinación de valores superiores al mencionado con anterioridad junto con vientos del cuadrante NE y SE generan los mayores anegamientos y daños materiales.

Finalmente, se relacionó cómo los eventos extremos y extraordinarios impactan en el ejido urbano de la ciudad a partir del estudio del riesgo, con el objetivo de proponer estrategias de prevención y mitigación para cada área del ejido urbano las cuales serían efectivas a la hora de elaborar una propuesta de gestión integrada para los eventos extremos de precipitación para la ciudad. En Mar del Plata, el riesgo a inundaciones presentó valores desde muy bajo a moderado especialmente en invierno debido que los extremos son relativamente menores que en el resto de las estaciones del año. Las categorías más altas de riesgo disminuyen desde el centro hacia la periferia, dado principalmente por los bajos valores de vulnerabilidad junto con las zonas más deprimidas y la escasez de obras de infraestructura pluvial.

Dada la importancia política, social y económica de la ciudad de Mar del Plata, los resultados de la presente investigación constituyen un aporte valioso para el conocimiento, comprensión, y correcto funcionamiento del clima en el área de estudio. Los resultados obtenidos, así como las propuestas, serían de gran utilidad para las autoridades locales a la hora de diseñar estrategias de adaptación y mitigación a la variabilidad climática

## ABSTRACT

The city of Mar del Plata is located on the Tandilia system being the most south-eastern city of Argentina. This feature makes it more exposed than other cities to the intensity of climatic phenomena such as 'Sudestadas' and storms. This research relied on an integrated study of climate variability in the city and its effects, derived from extreme precipitation events.

The objective of this thesis was to study the climate of Mar del Plata based on different time scales in order to evaluate the impacts of extreme events. Once this information was obtained, an identification of the riskiest flood areas was carried out.

For the study of climate variability in Mar del Plata, 45 years of daily meteorological records were analysed. Different analysis of time scales were applied: decadic, interannual and seasonal in order to characterize the temporal behavior of air temperature, relative humidity, precipitation and maximum wind speed. Over the 45 years, the air temperature decreased by  $0.2^{\circ}$  C while the maximum wind speed was reduced by  $7 \text{ km/h}^{-1}$ . The relative humidity showed more humid periods than dry ones, although, the trend was negative for the whole period of study. The pressure was characterized by a marked positive trend. As for the pluviometric regime, it was found that since the 1970s, fluctuations between dry and wet phases were greater. The analysis of climate elements and their trends has shown that there is great climate variability in the region.

The study of storms was extremely important and determined that the precipitation values were above the normal range. Furthermore, thresholds of extreme (33.9 mm) and extraordinary (66.7 mm) precipitation were obtained by calculating percentiles. The results showed that the extreme events diminished while the extraordinary ones increased. In addition, these results were supplemented with information from newspapers which clearly showed that Mar del Plata suffers from severe floods above 40 mm of precipitation. The combination between extreme rainfall events and strong winds from the NE and SE increases floods and exacerbates infrastructure damage.

Finally, a correlation of how extreme and extraordinary events have impacted on the city was drawn. In Mar del Plata, the risk of floods was very low to moderate in winter because the extremes are less frequent than in the other seasons. The risk to an area increased the further it was

from the centre towards the periphery of the city. This is due to lower altitude and the lack of drainage infrastructure.

## INDICE GENERAL

Prefacio	1
Dedicatoria	2
Agradecimientos	3
Resumen	4
Abstract	6
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Introducción	11
1.2 Hipótesis de trabajo y objetivos	22
1.3 Área de estudio	23
Capítulo 2. CLIMATOLOGÍA DECÁDICA DE MAR DEL PLATA	
2.1 Introducción	30
2.2 Método de trabajo	31
2.3 Resultados y discusión	32
2.3.1. Climatología	32
2.3.2. Análisis del Índice Multivariado del ENSO (MEI)	33
2.3.3. Variabilidad decádica	35
2.4. Conclusiones	47
Capítulo 3. ANÁLISIS ARMÓNICO METEOROLÓGICO	
3.1 Introducción	49
3.2. Método de trabajo	50
3.3. Resultados y discusión	51
3.3.1. Temperatura del aire	51
3.3.2. Presión atmosférica	52
3.3.3. Humedad relativa	53
3.3.4. Velocidad máxima del viento	54
3.4. Conclusiones	58

## Capítulo 4. VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN MAR DEL PLATA

4.1. Introducción	59
4.2. Método de trabajo	60
4.3. Resultados y discusión	61
4.3.1. Temperatura del aire	61
4.3.2. Precipitación	63
4.3.3. Velocidad máxima del viento	66
4.3.4. Humedad relativa	69
4.3.5. Presión atmosférica	71
4.4. Conclusiones	73

## Capítulo 5. CLIMATOLOGÍA DE TORMENTAS

5.1. Introducción	75
5.2. Método de trabajo	76
5.3. Resultados y discusión	77
5.3.1. Precipitación extrema y extraordinaria	77
5.3.2. Análisis estacional de tormentas con precipitaciones extremas y extraordinarias	85
5.3.2.a. Tormentas estacionales con precipitación extrema	85
5.3.2.b. Tormentas estacionales con precipitación extraordinaria	86
5.3.3. Análisis anual-estacional de las precipitaciones extremas y extraordinarias	87
5.3.3.a. Verano	87
5.3.3.b. Otoño	89
5.3.3.c. Invierno	91
5.3.3.d. Primavera	92
5.4. Conclusiones	94

## Capítulo 6. RIESGO A EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN EN MAR DEL PLATA

6.1. Introducción	96
6.2. Método de trabajo	100
6.3. Resultados y discusión	106
6.3.1. Amenaza	106
6.3.2. Vulnerabilidad	111
6.3.3. Riesgo de inundación en Mar del Plata	116
6.4. Conclusiones	122

## Capítulo 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

Conclusiones y recomendaciones finales	125
Referencias bibliográficas	130
Anexo	164

## Capítulo 1

### 1.1 Introducción

El rápido crecimiento demográfico, la globalización, el extremado uso de los recursos naturales y los efectos derivados del cambio climático y la variabilidad climática están creando grandes desafíos, los cuales aumentan en vez de disminuir (Rockstrom *et al.*, 2009; Godfray *et al.*, 2010; Coumou y Rahmstorf, 2012). La velocidad y magnitud de los cambios, que a menudo son nuevos, sin precedentes y de naturaleza sistémica, implican la necesidad de una mayor flexibilidad y adaptabilidad a estos (Fazey *et al.*, 2007; Eriksen *et al.*, 2011) implementando enfoques radicales y económicos en la toma de decisiones en lo que respecta a reducir los riesgos (Miller, 2012; Carter *et al.*, 2015).

El continuo avance en políticas de mitigación y adaptación están ligadas al estudio del comportamiento de los eventos y/o fenómenos naturales que las generan. Por ejemplo, en los últimos años, los estudios relacionados al clima y por ende a extremos climáticos se han convertido en uno de los temas más importantes y atractivos de investigación en todo el mundo. Esto ha permitido estudiar y evaluar episodios asociados a eventos catastróficos los cuales incrementan y potencian daños a los sistemas naturales y humanos, así como las pérdidas económicas (Changnon *et al.*, 2000, Mc Carthy, 2001, Su *et al.*, 2008 y Zhang y Wei, 2009).

Los fenómenos meteorológicos y los eventos climáticos extremos afectan indudablemente a los sistemas naturales y a las sociedades, los cuales, muchos de ellos, se encuentran cada vez más expuestos y vulnerables a eventuales desastres. El aumento exponencial de pérdidas económicas junto con vidas humanas debido a estos eventos ha centrado la atención sobre la posibilidad de que dichos fenómenos estén aumentando su frecuencia (Easterling *et al.*, 2000)

Los desastres pueden afectar regiones considerablemente extensas como también a una escala local a partir de eventos menores impactando en particular, a los estratos socioeconómicos más frágiles de la población (Cardona, 2007). Gran parte de los desastres ocasionados por el sistema natural tiene su origen en los fenómenos meteorológicos. La identificación de los cambios en la frecuencia e intensidad de estos fenómenos es analizado mediante el estudio de la variabilidad climática, la cual se define como la desviación de la tendencia general o de un estado estacionario, y se refiere a las variaciones del estado de las medias estadísticas y otro tipo (como las desviaciones

estándar, la ocurrencia de extremos, etc.). La variabilidad climática se observa en la creciente ocurrencia de eventos extremos, como por ejemplo, temperaturas extremas, inundaciones, tormentas severas y sequías (Easterling *et al.*, 2000).

La variabilidad climática se la estudia en sus diferentes escalas de tiempo (estacional, intraestacional, interanual e interdecadal) y espacial (mundial, regional, local, etc.). La escala estacional corresponde a la fluctuación del clima a nivel mensual y trimestral. Estas oscilaciones que determinan las condiciones de tiempo durante decenas de días o de uno a dos meses suelen provocar inconvenientes a nivel local o regional. . La mayoría de las veces estas oscilaciones pasan desapercibidas porque su amplitud es pequeña, en comparación con las del ciclo anual (Montealegre Bocanegra, 2012). Esta oscilación se asocia con las ondas detectadas en el campo de la presión tropical por Madden y Julian, en el año 1971 (Zhang, 2005).

La determinación del ciclo anual de los elementos climáticos es lo más estudiado y publicado en la literatura y es un tema fundamental dentro de la variabilidad climática (Gutzler, 2015). La escala interanual, se corresponde con las variaciones que se presentan en las variables climatológicas de año en año. Normalmente, la precipitación de la estación lluviosa en un determinado lugar, no siempre es la misma de un año a otro, sino que fluctúa por encima o por debajo de lo normal. Un ejemplo típico de la variabilidad climática interanual corresponde a los fenómenos enmarcados dentro del ciclo El Niño, La Niña - Oscilación del Sur (ENSO). Por último, en la escala interdecadal se manifiestan fluctuaciones del clima a nivel de décadas. Comparativamente con la variabilidad interanual, la amplitud de estas oscilaciones suele ser menor (Montealegre Bocanegra, 2012).

La variabilidad climática ha sido objeto de estudio no solo en Sudamérica sino también en Argentina y otros países. Las tendencias estimadas indican en Argentina un descenso en las temperaturas máximas y un ascenso en las mínimas medias (Castaño *et al.*, 1997; Hoffmann *et al.*, 1997; Nuñez *et al.*, 2008; Beigt y Piccolo, 2009; Tencer y Rusticucci, 2011) a partir de parámetros analizados y estaciones meteorológicas que se han evaluado en diferentes períodos de estudio: 1901-1990 (Rusticucci y Penalba, 2000), 1931-1987 (Rosenblüth *et al.*, 1997), 1960-2000 (Vincent *et al.*, 2005; Haylock *et al.*, 2006), 1931-2000 (Castaño *et al.*, 2007) y 1941-2000 (Tencer y Rusticucci, 2011).

Rusticucci y Barrucand (2002; 2004) hallaron tendencias positivas y negativas para numerosas estaciones de Argentina referidas a las temperaturas mínima y máxima absolutas,

además de observar cómo la temperatura media del verano se presenta más sensible que la del invierno respecto de la ocurrencia de temperaturas extremas diarias (tanto cálidas como frías). La temperatura media del verano en el sur del país estaría algo más afectada por la disminución de eventos fríos que por el aumento de eventos cálidos.

Con respecto a las precipitaciones, se ha evidenciado una tendencia positiva en el hemisferio Sur aunque con una gran variabilidad entre regiones (Lough, 1997; Rusticucci y Penalba, 2000; Nuñez *et al.*, 2005; Haylock *et al.*, 2006; Castaño *et al.*, 2007). Haylock *et al.* (2006) analizaron las tendencias de las precipitaciones totales y extremas de América del Sur entre 1960-2000 considerando la estación Mar del Plata, la cual fue levemente positiva (Nuñez *et al.*, 2008). Se hallaron cambios 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.

La ciudad costera de Mar del Plata, área de estudio de la presente tesis y ciudad cabecera del Partido de General Pueyrredon, se localiza dentro de la región del sudeste la Provincia de Buenos Aires. Trabajos importantes referidos a dicha región son los de Campos de Ferreras (1998) el cual describió el clima de la región de Necochea-Quequén entre 1981-1990. Carbone *et al.* (2003) caracterizó el clima de la cuenca del Arroyo Claromecó y Merlotto y Piccolo (2009) describieron el clima de la aglomeración Necochea-Quequén y su región para el período 1997-2006 demostrando una marcada variabilidad climática. En Mar del Plata y Necochea, se realizaron estudios de las brisas de mar (Reta, 1998; García y Piccolo, 2004) y, también, la distribución de las precipitaciones en el Sudeste bonaerense (García y Piccolo, 2006a y b) junto con su gran variabilidad sinóptica con repentinos y frecuentes cambios del tiempo (García y Piccolo, 2006b).

Los estudios de las variaciones de la velocidad del viento son escasos en la zona de estudio. García y Veneziano (2014) llegaron a la conclusión que la gran variabilidad de los vientos de superficie de Mar del Plata es originada por la localización geográfica y la exposición de la ciudad al mar. Aunque dominan los vientos del cuadrante continental N –NW –W, los vientos del cuadrante marino NE, E, SE y S, junto con el de dirección NW son los de mayor velocidad media (García, 2009)

La recurrencia y variabilidad espacial de distintos tipos de tiempo que generan eventos pluviométricos intensos y fuertes temporales de viento afectan indudablemente al área de estudio. El fenómeno principal son las tormentas ya que las mismas afectan a la zona costera y al ejido

urbano de la ciudad. Las tormentas provienen de diversos cuadrantes, por ejemplo las Sudestadas (vientos del SE y E) (Bischoff, 2005) y el Pampero (vientos del W y SW), entre otros, constituyen episodios de fuertes vientos y frecuentemente se manifiestan acompañados por precipitaciones (Merlotto y Piccolo, 2009). Las sudestadas ocasionan importantes tormentas, las cuales en coincidencia con la marea alta y el oleaje de los temporales producen un fuerte impacto en la playa. Fiore *et al.* (2009) estudiaron las ondas de tormenta en Mar del Plata y sus impactos sobre la costa y observaron efectos erosivos sobre las playas. Las tormentas y específicamente las sudestadas, han sido identificadas como uno de los principales factores naturales de erosión en playas del este y sudeste bonaerense (Isla, 1990; Marcomini y López, 1997; Schnack *et al.*, 1998; Isla *et al.*, 2001a; Pousa *et al.*, 2007; Fiore *et al.*, 2009; Merlotto y Bértola, 2009) ya que han causado el deterioro y destrucción de infraestructura balnearia en Pinamar (Isla, 1994; Pousa *et al.*, 2007), Mar Chiquita (Merlotto y Bértola, 2009) y Mar del Plata (Isla, 1991; Isla *et al.*, 1994; Bértola, 2001), entre otros.

La efectividad de una tormenta en áreas costeras está determinada por su tamaño e intensidad (velocidad y alcance del viento), su duración, la altura de marea al momento de la tormenta, el lapso entre 2 tormentas sucesivas y la orientación de la costa según la dirección de la tormenta (Bértola, 2006). La frecuencia de tormentas con lluvias superiores a 50 mm y vientos de más de 43 km/h se incrementaron en el último bidecenio, especialmente entre febrero y marzo, como también en septiembre y octubre, replicando una estacionalidad para Mar del Plata y Necochea-Quequén (García, 2014).

La complejidad creciente de las relaciones sociedad-naturaleza debido a la constante expansión de los centros urbanos y sus actividades y la acumulación de efectos nocivos sobre el ambiente, así como la variabilidad climática, han agravado los fenómenos naturales en ciertas áreas (Merlotto, 2011). Es por ello que el enfoque del riesgo es necesario para un estudio detallado de las características de las amenazas, de la sociedad y de su interacción (Wu *et al.*, 2002). La elaboración de políticas de planificación y planes de manejo en las zonas urbanas y costeras depende entre otros factores, de una adecuada evaluación del riesgo dado que el conocimiento sobre el mismo es un requisito para su reducción y para la implementación de medidas de prevención y/o mitigación (Cutter *et al.*, 2000).

La preocupación por el clima como factor de peligro ha sido abordada desde el riesgo y los desastres. En este contexto, los debates acerca de los efectos de los eventos extremos se orientan

a tratar las cuestiones de vulnerabilidad (O'Brien *et al.*, 2007) o resiliencia (Barton, 2009; Gallopín, 2003), mitigación (Klein *et al.*, 2007) y adaptación (Smit y Pilifosova, 2001; Smit y Wandel, 2006) de las sociedades a dichos fenómenos, según el objeto de interés y el marco teórico desde el que se construyen los problemas y sus soluciones.

Los estudios sobre riesgo en ciudades urbano-costeras evalúan principalmente el riesgo al cambio climático, a temporales, al ascenso del nivel mar y a la erosión (Cutter, 1996; Cutter *et al.*, 2000; Wu *et al.*, 2002; Cutter *et al.*, 2003; Boruff *et al.*, 2005; Domínguez *et al.*, 2005; Dolan y Walker, 2006; Hegde y Reju, 2007; Del Río y Gracia, 2009; Frazier *et al.*, 2010; Farhan y Lim, 2011; Mahendra *et al.*, 2011, entre otros)

Para la estimación del riesgo, es fundamental realizar el estudio y la evaluación de la amenaza y de la vulnerabilidad (Cardona, 2001; Wilches Chaux *et al.*, 2007). La exposición a una amenaza climática está, en general, vinculada a la geografía y a las construcciones e infraestructuras del área. Por ejemplo, las comunidades de la costa están más expuestas a la elevación del nivel del mar y a eventos de tormenta, mientras que las comunidades de zonas semiáridas son más vulnerables a las sequías. Por otro lado, los poblados costeros con casas emplazadas en cotas bajas se encuentran en áreas con mayor riesgo a incrementos en el nivel del mar que aquellos con casas construidas sobre pilares elevados del terreno (Preston *et al.*, 2008).

La vulnerabilidad se refiere al estado de la susceptibilidad al daño por la exposición a riesgos climáticos y la capacidad del territorio (u otra unidad de análisis) para hacer frente a la exposición, así como también, a gestionar un cambio gradual a largo plazo con relación al clima (O'Brien *et al.*, 2004). Además, la vulnerabilidad abarca hasta qué punto el territorio, es decir, el medio ambiente, la sociedad y la economía se verán afectados. En consecuencia, también incluye el potencial que posee el territorio y su comunidad para hacer frente, recuperarse y adaptarse a los impactos climáticos, es decir, su capacidad de adaptación (Easterling *et al.*, 2000; Mc Carthy, 2001; Preston *et al.*, 2008; PNUD, 2010;).

Existen diversos enfoques de la vulnerabilidad: natural, física, social, económica, técnica, política, ecológica, cultural, educativa, ecológica, institucional, etc. En conjunto conforman la denominada vulnerabilidad global (Wilches Chaux, 2003). En la presente tesis se destaca el estudio de la vulnerabilidad física, social y técnica en la ciudad de Mar del Plata. La vulnerabilidad física se refiere específicamente a la localización de los asentamientos humanos en zonas de riesgo, como también a las deficiencias de sus estructuras físicas para absorber o minimizar los efectos de esos

riesgos. Estudios de vulnerabilidad física en áreas litorales fueron realizados por Gornitz, (1990), Kokot y Codignotto (2004), Eraso (2008), Monti (2013) y García (2014) entre otros, los cuales demostraron como la costa es vulnerable a eventos de peligrosidad y/o amenaza, como por ejemplo las tormentas y la erosión costera.

La vulnerabilidad social, hace alusión al nivel de cohesión interna que posee una comunidad ya que, mientras más sólida y estructurada sea, menor será su vulnerabilidad y, en consecuencia menor el daño recibido y mayor su capacidad de recuperación. La vulnerabilidad social como parte del riesgo y estudiada a partir de indicadores ha cobrado gran importancia en los últimos años especialmente en las ciencias que estudian el ambiente y en relación a la sustentabilidad (Cutter *et al.*, 2003) y en la actualidad, es considerada clave para comprender el riesgo en forma integral y así poder gestionarlo (Masgrau, 2004; Hegde y Reju, 2007; Kumar *et al.*, 2016; Lohman, 2016; Yenneti *et al.*, 2016, entre otros). La vulnerabilidad social es un concepto teórico que es difícil de cuantificar. Un método debe ser entonces desarrollado para hacer que este concepto sea cuantificable (Hinkel, 2011). Mediante el uso de diferentes indicadores, es posible evaluar la vulnerabilidad social; de hecho, un indicador es una variable cuantitativa o cualitativa que se deriva de una serie de mediciones, tiene significados diferentes y se puede observar a través del tiempo y el espacio. Por ejemplo, los indicadores de vulnerabilidad social, como la edad o el nivel socioeconómico, pueden ser evaluados por su cambio en el tiempo o por su comparación entre entidades geográficas o sociales (Hinkel, 2011).

La vulnerabilidad social surge de la combinación de indicadores demográficos, socioeconómicos y de trabajo y consumo elaborados a partir de datos censales (Natenzon *et al.*, 2005; Natenzon, 2007; Sagua y Goyeneche, 2007; Hinkel, 2011; Frigerio *et al.*, 2016; Frigerio y De Amicis, 2016, entre otros). Una de las desventajas principales de no evaluarla es que desconocer el comportamiento espacial de la vulnerabilidad de un área frente a un fenómeno, puede hacer fallar las estrategias para mitigarlo (Masgrau, 2004).

En la vulnerabilidad social y física subyace la identificación como requisito previo necesario para el desarrollo de planes y estrategias resilientes con el objeto de asegurar que las sociedades sean resistentes a los eventos extremos. Una vez que la vulnerabilidad se ha determinado, resulta útil mapear los sectores más críticos para poder tomar medidas de mitigación (Barton, 2009; Frigerio *et al.*, 2016; Frigerio y De Amicis, 2016).

Por último, la vulnerabilidad técnica, implica la ausencia de diseños y estructuras edilicias resistentes en zonas propensas a eventos naturales intensos y constituye una forma de vulnerabilidad física ligada al acceso a los recursos tecnológicos y a los económicos (Wilches Chaux, 2003). Este tipo de vulnerabilidad fue estudiada por Garcia (2014) en Mar del Plata donde se evaluaron el impacto de las sudestadas en la zona costera de la ciudad y su relación con los daños físicos – naturales en la infraestructura.

Cuando la ocurrencia de un determinado fenómeno deja al descubierto las condiciones de vulnerabilidad y de riesgo existentes en la localidad, se convierte en un desastre. Se trata de un evento peligroso identificable en el tiempo y el espacio, en el cual una comunidad ve afectado su funcionamiento normal por la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con pérdidas de vidas y daños de magnitud en sus propiedades y servicios, que impiden el cumplimiento de las actividades esenciales y normales de la sociedad (Cardona, 1993; Lavell, 2003).

El riesgo es la probabilidad que una población vulnerable sufra un impacto negativo por la acción de un fenómeno natural o una actividad humana. Los riesgos a eventos climáticos se definen en función de la probabilidad de que se manifiesten consecuencias adversas (daños) después de producirse una amenaza climática. Esta probabilidad se expresa como la fusión de la interacción entre las posibles amenazas propias del clima y la vulnerabilidad de un sistema o proyecto a esas amenazas (Wilches Chaux, *et al.*, 2007).

Existen algunos estudios en Argentina sobre los fenómenos naturales y su interacción con la sociedad desde el análisis del riesgo (Massone *et al.*, 2007; Massone y Martínez, 2008; Merlotto *et al.*, 2008; Quiroz *et al.*, 2013) y en general son preliminares o primeras aproximaciones o efectúan diagnósticos, la confección de cartografía suele ser escasa y dan mayor relevancia a la amenaza (Gonzalez *et al.*, 1998; Kokot y Otero, 1999; Monti, 1999; López y Marcomini, 2004; Aneas de Castro, 2006; Camino y Padilla, 2008, Pontrelli Albisetti, 2011). Numerosos trabajos han estudiado la vulnerabilidad de la costa a una peligrosidad y pueden considerarse como estudios de la componente amenaza del riesgo, ya que han elaborado un índice conformado por diversos indicadores, constituyendo evaluaciones apropiadas en términos de la teoría del riesgo (Gornitz, 1990; PNUD y SECYT, 1998; Marcomini y López, 2001; Codignotto, 2004; Kokot *et al.*, 2004; Diez *et al.*, 2007 y Merlotto, 2011). Dichos trabajos emplean el término vulnerabilidad y el mismo es aplicado como la susceptibilidad de la costa a ser erosionada o afectada por fenómenos costeros, pero al no considerar la presencia humana, dichos estudios no constituyen una evaluación integral

del riesgo. Por otro lado, se han desarrollado trabajos en Argentina que determinan la vulnerabilidad de distintos centros urbanos o sectores de los mismos, afectados por fenómenos costeros o inundaciones (Ríos y Murgida, 2004; Natenzon *et al.*, 2005; Foschiatti, 2007; Natenzon, 2007; Sagua y Goyeneche, 2007). A pesar de no haber efectuado una evaluación del riesgo, el análisis de la vulnerabilidad realizado en dichos estudios se enmarca en el enfoque del riesgo a fenómenos naturales. En lo que respecta a Mar del Plata no existen trabajos que relacionen e integren las amenazas climáticas, vulnerabilidad social y el análisis del enfoque del riesgo para la ciudad a partir de la creación de índices.

Los problemas derivados de los eventos climáticos se están convirtiendo con mayor frecuencia en un concepto cada vez más común, es por ello que desde los institucional, diversos gobiernos locales se preguntan cuándo y cómo se debería desarrollar una estrategia de adaptación, y por donde se debería comenzar (Mangoyana *et al.*, 2012). Por definición, la adaptación a la variabilidad climática se entiende como los ajustes en sistemas ecológicos, sociales o económicos que se desarrollan en respuesta a los estímulos climáticos y a sus efectos o impactos (Adger *et al.*, 2005). Se refiere a los cambios en los procesos, prácticas y estructuras para moderar los daños potenciales o para beneficiarse de las oportunidades asociadas a los eventos climáticos. La adaptación al clima se ha convertido en una estrategia de gestión del riesgo para asistir en el mantenimiento de los sistemas socio-ecológicos dentro de los límites de un espacio operativo seguro (Preston *et al.*, 2013).

El tipo de medida de adaptación a implementar depende de las características de las amenazas climáticas locales y de la vulnerabilidad del sistema a dichas amenazas. En la actualidad, los datos climáticos pueden ser utilizados para identificar la sensibilidad de un sistema y cómo la interpretación de estos puede ayudar a los ciudadanos a tomar conciencia sobre la urgencia que implica implementar medidas de mitigación y adaptación. La adaptación y mitigación emergen como una estrategia esencial para el manejo del riesgo climático y también, como una amplia propuesta de iniciativas que han sido implementadas en distintas escalas geopolíticas y se han convertido en una necesidad. Si bien la adaptación a la variabilidad climática es un tema relativamente novedoso, en los últimos años importantes avances se han hecho en la política, la práctica y la investigación en materia de una rápida y adecuada mitigación a los eventos climáticos, principalmente en las zonas urbanas (Ford and Berrang-Ford, 2015). Las propuestas de adaptación a la variabilidad climática en zonas costeras están siendo ampliamente estudiadas, principalmente

para dar respuestas concretas desde los gobiernos sobre cuáles son las estrategias medidas más convenientes para una ciudad teniendo en cuenta su estructura económica y capacidades institucionales y financieras entre otras (Wilbanks, 2011; Yao-Dong *et al.*, 2013; Abdrabo *et al.*, 2015; Solecki *et al.*, 2015).

En la actualidad las ciudades del mundo se enfrentan a riesgos significativos a nivel mundial derivados de la variabilidad del clima (Revi *et al.*, 2014). Las zonas urbanas son el hogar de la mayoría de la población mundial donde las mismas están creciendo rápidamente, y con frecuencia se concentran la actividad económica, la población y la infraestructura en lugares de alto riesgo. Muchas de las ciudades más grandes se encuentran en las zonas costeras, y por lo tanto, están expuestas a los aumentos proyectados en el nivel del mar, la actividad de tormentas y las inundaciones (Hanson *et al.*, 2011 y Hallegatte *et al.*, 2013). Teniendo en cuenta estas amenazas, muchas de las ciudades globales están tomando un papel cada vez más activo en la acción política climática, con las experiencias de mitigación bien documentados (Bulkeley, 2010 y Castán Broto y Bulkeley, 2013). También hay ejemplos ampliamente referenciados de liderazgo y la acción sobre la adaptación de la ciudad (por ejemplo, Nueva York y Londres) (Wilbanks, 2011; Rosenzweig y Solecki, 2014).

Aunque algunas metrópolis están haciendo progresos en adaptación, existen ciudades como Londres y Nueva York que enumeraron las potenciales amenazas que el clima supone para su competitividad económica. Sin embargo, la adaptación, no está siendo implementada en la mayoría de las ciudades del mundo. Por lo tanto, es de vital importancia la continua creación de marcos de conocimiento científico y conocimientos prácticos de apoyo a la creación de las respuestas de adaptación. Ejemplos de dichos avances a escala global pueden encontrarse en el Programa de Impacto del Clima en Reino Unido y la iniciativa Klimzug en Alemania (Carter *et al.*, 2015), programas integrales dirigidos a la creación de la capacidad adaptativa que incluyen la gestión del proceso de elaboración de respuestas de adaptación, principalmente al cambio climático.

Como se ha mencionado anteriormente, no todas las ciudades a escala global cuentan con un avance significativo del tema. Recientemente tanto la CEPAL como el PNUD (Galindo *et al.*, 2013) están trabajando en medidas de mitigación a los eventos extremos en América Latina y el Caribe, una de las regiones más vulnerables a la variabilidad climática debido básicamente a la

carencia de políticas de desarrollo destinadas a disminuir los impactos como la infraestructura, la salud y la educación (Galindo *et al.*, 2013).

En Argentina, el sector público, ha abordado políticas específicas principalmente referidas al cambio climático desde principios de 1990 a través de ciertas medidas sectoriales encaminadas a alcanzar otros objetivos de la política nacional, pero con implicaciones para la adaptación y/o mitigación de los efectos del clima. El marco institucional en el país consiste en una División de Cambio Climático dentro de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Barros *et al.*, 2015)

Argentina está desarrollando actualmente su Estrategia Nacional de Cambio Climático donde el proceso, iniciada en 2009. La misma consiste en que las agencias gubernamentales y los sectores científico y privado, así como la sociedad y las organizaciones sociales se centren en la identificación de objetivos e indicadores específicos para las políticas referidas a la mitigación y adaptación del clima. En el ámbito internacional, la Argentina ha participado activamente en las negociaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, incluyendo la celebración de dos Conferencias de las Partes en 1998 y 2004. El país también ha contribuido a las actividades del IPCC con la participación de muchos científicos argentinos y como miembro activo del Grupo (Barros *et al.*, 2015)

Las propuestas de adaptación a la variabilidad climática en el país también han sido promovidas por estudios científicos. Barros (2008) analiza medidas de mitigación a la variabilidad climática basadas en el estudio de tendencias del clima en los últimos 40 años, especialmente para el sector agrícola-ganadero. Muchos de los proyectos científicos de adaptación en el país fueron destinados a eventos de inundación donde varias obras de infraestructura se han construido para aliviar el riesgo de inundación y reducir el número activos y personas expuestas, a pesar que todavía no son suficientes (Barros *et al.*, 2015). Como respuesta a las inundaciones de 1983 y 1992 en los ríos Paraná y Uruguay (las dos atribuidas a El Niño) defensas costeras fueron construidas en muchas ciudades a lo largo de estos ríos y se implementó un sistema de alerta temprana para inundaciones. Como resultado, las personas evacuadas en 1997 eran solo 100.000 en comparación con 300.000 en la inundación de 1982, la cual afectó aproximadamente la misma área (Camilloni y Barros, 2003).

Además del sistema nacional de alerta temprana, algunas provincias han desarrollado sus propios sistemas locales, como en el caso de Santa Fe. Más recientemente, la Provincia de Buenos

Aires, que tiene el 40% de la población nacional, está comenzando a implementar sus propios sistemas de alerta temprana de fenómenos meteorológicos e hidrológicos extremos con la finalidad de tener una mayor capacidad de respuesta al impacto de las inundaciones (Barros *et al.*, 2015).

Los trabajos científicos dedicados al estudio de la adaptación a la variabilidad climática en zonas costeras son escasos. Se han estudiado los impactos de los eventos extremos y el ascenso del nivel del mar en el áreas litoral de la Provincia de Buenos Aires (Isla, 1990; Marcomini y López, 1997; Schnack *et al.*, 1998; Isla *et al.*, 2001a; Diez *et al.*, 2007) Patagonia (Kokot *et al.*, 2004; Codignotto, 2005), El Río de la Plata y Mar del Plata (Pousa *et al.*, 2007; Fiore *et al.*, 2009; Merlotto y Bértola, 2009; Celemin y Zulaica, 2012). Si bien los autores analizan las consecuencias tanto del aumento del nivel del mar, las tormentas y las inundaciones, los mismos no plantean una estrategia adaptativa de forma integrada para hacer frente a los impactos naturales.

En lo que respecta a Mar del Plata, las medidas de prevención y mitigación en la ciudad sólo se han focalizado en la erosión costera. Los sucesivos gobiernos provinciales y locales han recurrido no solo a medidas estructurales sino también a no estructurales (Isla y Cortizo, 2014). La construcción de espigones redujo significativamente la erosión litoral en lugares específicos del centro y sur de la ciudad, pero la incrementó en las playas al norte. Las medidas no estructurales se abocaron principalmente a la regeneración de playas mediante el repoblamiento de arena (Isla, 2004).

Referido a los eventos de tormenta, Mar del Plata y su zona costera padecen las consecuencias de inundaciones permanentes causadas por un aumento sostenido de las precipitaciones en la zona urbana y un incremento de los eventos de sudestadas en el área litoral donde el impacto es, principalmente, en las playas (Juárez *et al.*, 2002). Durante las tormentas, el aumento del nivel de agua es mayor que la media histórica, la fuerza de las olas y la energía también se incrementan notablemente, lo que amplifica la fuerza erosiva (Caldwell y Segall 2007). Dado que estos fenómenos han causado repetidos daños en la infraestructura costera de Mar del Plata, las autoridades locales habitualmente deciden cerrar los paseos aledaños a la costa durante estos eventos.

La gran complejidad y magnitud de la relación entre el ambiente urbano - costero y la sociedad se caracteriza por una falta de conocimiento sobre el comportamiento del sistema natural y por lo tanto de su respuesta frente a las acciones humanas. En particular, el ambiente urbano –

costero de Mar del Plata ha sufrido no solo procesos erosivos de gran magnitud en sus playas sino que, también, inundaciones que han sido recurrentes en los últimos años.

El presente trabajo de investigación constituye un aporte significativo para ampliar el conocimiento de las consecuencias de los efectos de tormentas y su recurrencia en Mar del Plata y su zona costera. El conocimiento del clima del área de estudio resulta útil para poder determinar qué áreas son más vulnerables y con mayor riesgo a las inundaciones y eventos de tormentas en la ciudad. En este sentido, la información climática adecuada, es fundamental para optimizar el uso sostenible de los recursos y para incorporar las amenazas climáticas en la planificación urbano - costera y la toma de decisiones para la gestión integrada. Las propuestas de adaptación a la variabilidad climática transitan en desafíos claves en especial sobre las complejidades de los impactos derivados de los eventos climáticos previstos y las posibles opciones de mitigación.

## **1.2 Hipótesis de trabajo y objetivos**

La hipótesis de trabajo de la presente investigación es la siguiente:

*La ciudad de Mar del Plata y su zona costera en particular está sometida a eventos extremos y a una importante variabilidad climática que genera inundaciones del núcleo urbano, propiciando e incrementando problemas sociales, económicos y ambientales.*

El objetivo general de la investigación se centra en identificar las zonas con mayor riesgo a los eventos de tormenta en la ciudad y su zona costera para brindar propuestas de adaptación y mitigación.

### **Los objetivos específicos son:**

- Analizar la climatología decádica de Mar del Plata y observar qué décadas presentaron los mayores y menores anomalías estacionales para cada parámetro meteorológico y su relación con el fenómeno ENSO.

- Interpretar la periodicidad de las variables meteorológicas para identificar los pulsos de densidad de energía más destacados y asociarlos a diversos procesos atmosféricos, terrestres y globales.
- Estudiar la variabilidad climática de Mar del Plata y comprender como varían año a año los elementos del clima junto con las variaciones en la actividad de las condiciones extremas.
- Determinar el comportamiento, la periodicidad y la intensidad de las tormentas en la ciudad con el fin de identificar las consecuencias de los fenómenos que puedan poner en riesgo a la población.
- Evaluar la distribución de la amenaza a las tormentas y la vulnerabilidad social del área urbana frente a la misma, para determinar el riesgo del área de estudio a la variabilidad climática.
- Identificar, proponer y monitorear adaptaciones para mitigar los efectos de las tormentas en la ciudad.

### **1.3 Área de estudio**

La ciudad de Mar del Plata (38° 00' S; 57° 30'W), cabecera del partido de Gral. Pueyrredón, se encuentra localizada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires (Figura 1). El basamento está conformado por rocas de ortocuarcita que datan de la era Paleozoica. Los bloques de ortocuarcita normalmente constituyen bancos de erosión resistentes a la abrasión. Los afloramientos costeros de limos arenosos-loessicos, entoscados del Pleistoceno y Plioceno, ayudan a conformar acantilados bastante vulnerables, y rígidas plataformas de abrasión de ola (horizontes de tosca; Isla *et al.*, 1994). Todo el conjunto configura un relieve suave de colinas, de alturas inferiores a 100 m sobre el nivel del mar (Bértola y Cortizo, 2005). En su contacto con el mar, forman una costa alternada con salientes o cabos (Cabo Corrientes, Punta Cantera) y entrantes o bahías que encierran playas de bolsillo (Playa Bristol, Varese, Ensenada Mogotes). A lo largo de su franja litoral, existen geofomas acantiladas que, si son de bloques de roca ortocuarcita, son resistentes a la erosión. En cambio, los afloramientos limo arenosos-loessoides entoscados son

menos resistentes y más vulnerables a la abrasión de las olas y de factores meteorológicos (Isla *et al.*, 1994). Hacia el norte, los acantilados son bajos (del orden de 10 m) y las playas conforman una angosta franja de arena fina. Estas playas son artificiales en el sentido de que la acumulación de sedimento obedece a la construcción de espigones y pedraplenes (Isla, 2004).

Según la clasificación climática actualizada de Köppen, Mar del Plata, posee un clima templado oceánico debido a la influencia del mar (Kotek *et al.*, 2006) con veranos cálidos, inviernos fríos y primaveras y otoños moderados. La temperatura media oscila alrededor de los 14°C. En verano la temperatura máxima absoluta puede llegar a los 39.4 °C como pasó el 31 de diciembre de 1975, mientras que en invierno, la temperatura mínima puede ser inferior a los 0°, alcanzando temperaturas mínimas absolutas de -9.3°C (6 de julio de 1988). La temperatura media mensual en el verano es de 19.6 °C mientras que en invierno alcanza los 8.5 °C (Celemin, 1984; García, 2009).

Para García (2009) la ciudad prácticamente no tiene verano térmico, ya que sólo el mes de enero presenta una temperatura media superior a 20°C. Entre julio y agosto, las temperaturas medias resultan inferiores a 10 °C. La amplitud térmica es 10.7 °C; sin embargo las diferencias entre los extremos pueden variar desde 0.9 °C hasta 27.8 °C, preferentemente durante los meses de primavera y en menor medida en otoño.

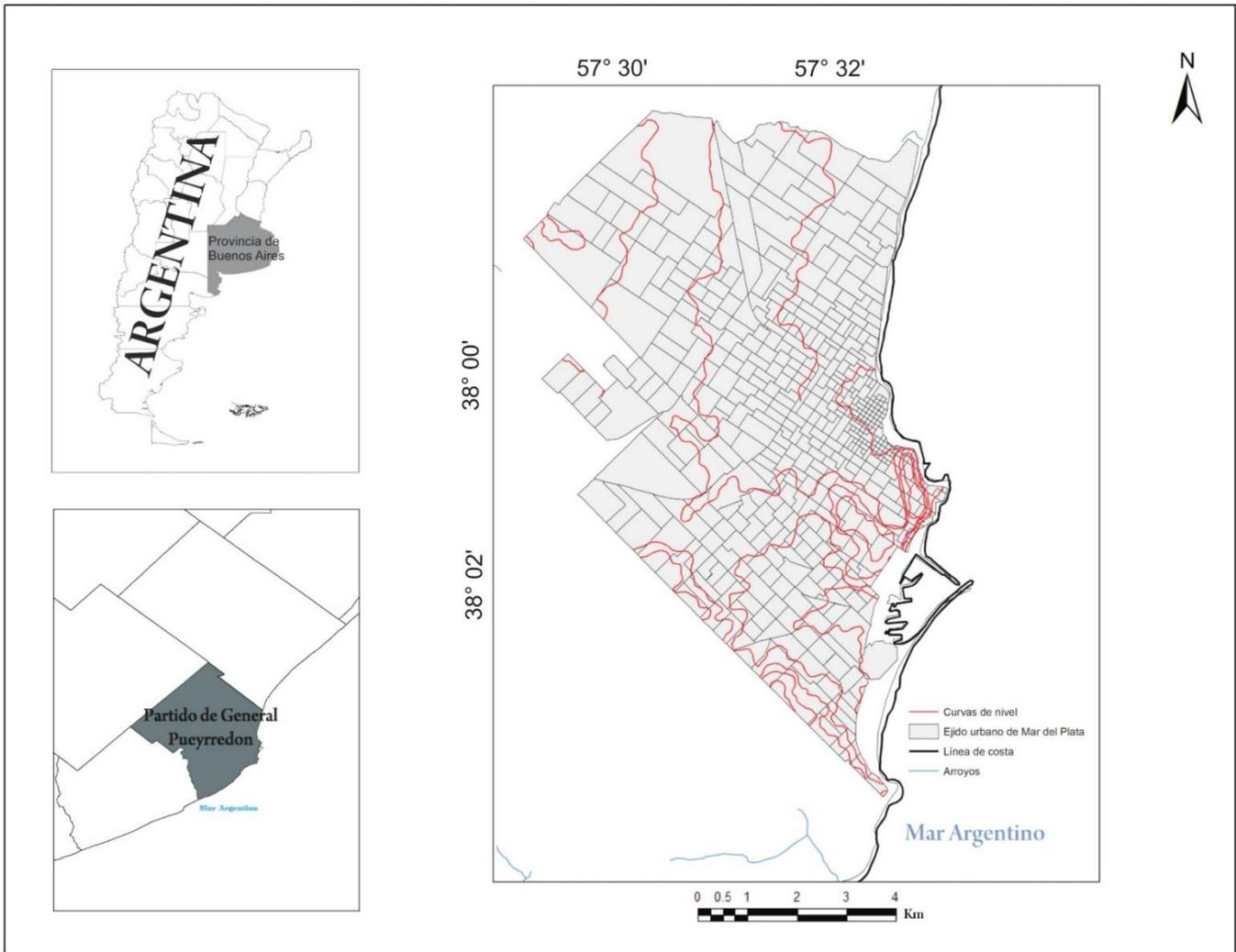


Figura 1. Área de estudio.

Las precipitaciones en el área se caracterizan por su escasa variabilidad estacional y, ocasionalmente, una alta variabilidad interanual dado por eventos extraordinarios (García, 2009). En Mar del Plata las isohietas adquieren una dirección NW-SE debido al encuentro frecuente de las masas de aire cálido y húmedo provenientes del sector N y NE y de los frentes fríos del S y SW (Merlotto y Piccolo, 2010). Las mayores precipitaciones se registran en verano, particularmente en los meses de enero y febrero y a principios del otoño, con valores cercanos a los 300 mm. La estación más seca es el invierno (120 a 170 mm) con valores menores en julio y agosto. Durante la primavera y el otoño las precipitaciones varían entre 200 y 250 mm si bien en primavera son algo inferiores. La precipitación media mensual es de 78.2 mm mientras que la media anual es de 938.6 mm (Celemin, 1984; García, 2009). Con respecto al viento, los dominantes provienen del cuadrante N y NW con velocidades que oscilan entre 15 y 20 km/h (García, 2009).

Las precipitaciones en el ejido urbano de la ciudad han generado a lo largo de los años recurrentes inundaciones, las cuales causaron bastantes daños económicos, principalmente en áreas más vulnerables no solo por las pocas e ineficientes obras de infraestructura hidráulica sino también, por la baja capacidad de respuesta de su población.

La planta urbana de Mar del Plata ocupa total o parcialmente las áreas de drenaje de las cuencas de los arroyos La Tapera, El Cardalito, Las Chacras, El Tigre y del Barco Además, muchos de los desagües de la red pluvial desembocan en zonas de playas. La red hidrográfica natural ha sido modificada por acción antrópica. Los arroyos que atravesaban el núcleo urbano han sido entubados y ha disminuido la capacidad de infiltración del suelo aumentando la escorrentía (Juárez *et al.*, 2002). En el ejido urbano de la ciudad se emplazan 124 barrios en un relieve de lomas chatas y bajas en dirección NW-SE, con flancos de escaso gradiente (Isla, 2004). Las áreas más deprimidas son las más propensas a las inundaciones (Juárez *et al.*, 2002) principalmente las ubicadas hacia el noroeste afectando a los barrios; Autódromo, Parque Hermoso y, La Herradura, J. Newbery, Florentino Amheguino, Libertad, Hipódromo, Virgen de Luján, Santa Rosa de Lima; al sudoeste; Parque Palermo Belgrano. Al noreste los barrios Belisario Roldán, Don Emilio, Las Américas, Regional, Santa Rita. Al sur, los barrios más afectados son; Cerrito Sur, El Progreso, Florencio Sanchez, Nuevo Golf y Barrio Puerto (Figura 2).

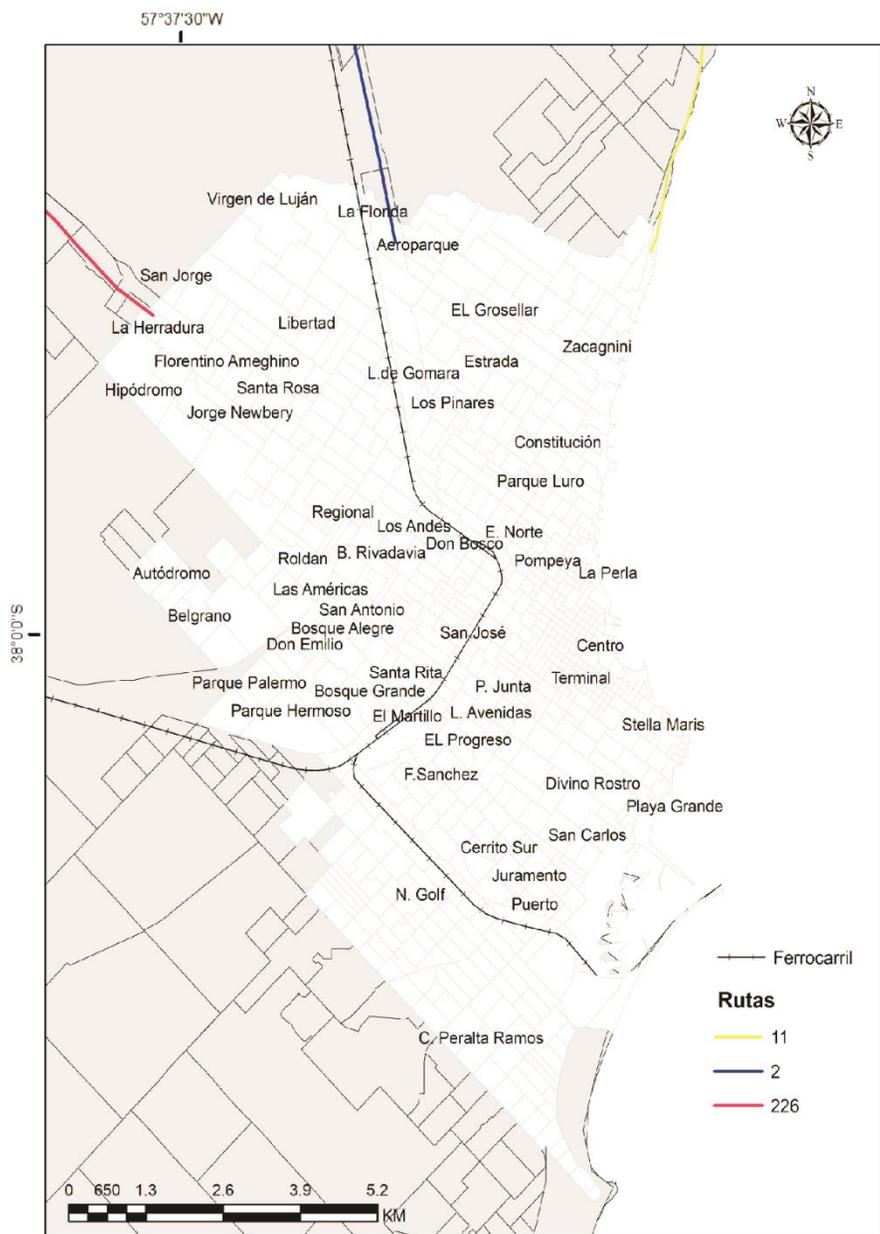


Figura 1.2. Mapa de Mar del Plata con barrios propensos a inundarse



Figura 1.3. Inundación en el Puerto  
Fuente: www.lacapital.com.ar



Figura 1.4. Inundación en el barrio Cerrito  
Fuente: www.lacapital.com.ar



Figura 1.5. Inundación en el barrio B. Rivadavia  
Fuente: www.lacapital.com.ar



Figura 1.6. Inundación en el barrio B. Roldán  
Fuente: www.lacapital.com.ar



Figura 1.7. Inundación en el barrio El Progreso  
Fuente: www.lacapital.com.ar

Estos barrios coinciden a su vez con condiciones de alta precariedad desde la inserción laboral, estabilidad económica, infraestructura y servicios, nivel educativo, generando necesidades básicas insatisfechas, además de la ausencia de servicios de agua y cloacas en numerosas viviendas, lo cual incide directa e indirectamente en el entorno inmediato afectando la calidad del medio (Zulaica y Rampoldi Aguilar, 2009).

Los barrios previamente mencionados se han desarrollado a partir del creciente flujo migratorio que ha recibido Mar del Plata sostenidamente hasta la actualidad. Los migrantes preferentemente son de países limítrofes, los cuales se asientan en el límite del ejido urbano y en diversos parajes rurales del Partido de General Pueyrredón. Los residentes nacidos en las provincias del interior de la República Argentina con la excepción de la provincia de Buenos Aires, fueron contingentes de personas y familias procedentes de todos los rincones del país. Si bien, muchos de ellos se han localizado en la periferia de la ciudad y por ende en los barrios más pobres, la gran mayoría prefiere el área urbana central y costera, vinculada a los servicios turísticos de hotelería y gastronomía, y a los servicios personales en general. Se trataría de trabajadores itinerantes que comienzan intercalando sus actividades económicas en diferentes lugares del país según las demandas estacionales y terminan eligiendo a Mar del Plata como residencia definitiva (Lucero, 2003)

El continuo crecimiento poblacional derivó que Mar del Plata constituya la tercera urbanización de la Provincia de Buenos Aires después del Área Metropolitana de Buenos Aires y la ciudad de La Plata (Zulaica y Celemin, 2008). De acuerdo al último censo elaborado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC, 2010) el Partido de General Pueyrredón registra en ese año un total de 618.989 habitantes de los cuales, el 95% son urbanos. Cuando se compara este valor con la población censada en 1991, se observa un crecimiento relativo del 9.7%. La superficie del Partido de General Pueyrredon es de 1453,44 km<sup>2</sup> y posee una densidad de 423,8 h/km<sup>2</sup>. El ejido urbano cuenta con una superficie de 79,48 km<sup>2</sup> h/km<sup>2</sup> (Centro de Información estratégica Municipal, 2011). La ciudad es la más importante de la región del sudeste bonaerense ya que, es el principal puerto de desembarco pesquero de Argentina siendo la pesca la principal actividad económica del sector primario de Mar del Plata, seguido por la industria manufacturera y el turismo (Atucha *et al.*, 2000; Lacaze *et al.*, 2004; Atucha *et al.*, 2012; Wierny *et al.*, 2012; Lanari y Gallo, 2014).

El rápido crecimiento de Mar del Plata como ciudad turística contribuyó al desarrollo de uno de los mayores problemas ambientales; la erosión costera. Ésta fue, en su origen, un problema de la propia naturaleza de su costa pero la acción antrópica ha causado la intensificación y expansión de la misma (Isla, 2005). La erosión principalmente está dada por la obstrucción de la corriente de deriva litoral a partir de la construcción del puerto local. Esta corriente costera transporta los sedimentos de sur a norte, que naturalmente se depositan en las playas (Isla, 2001). A este proceso de alteración de la deriva debe sumarse la erosión por eventos de tormenta, principalmente del cuadrante SE (sudestadas) y del S (Fiore *et al.*, 2009; Isla 2013).

Las obras ingenieriles duras (espigones) han procurado contener la erosión pero en algunos casos han incrementado sus efectos. En algunas playas donde se pudo acumular arena, el tamaño de grano o su distribución no es la ideal para los requerimientos turísticos, o para el tamaño de los balnearios (Isla y Cortizo, 2014).

Las políticas implementadas para minimizar el problema no han sido del todo efectivas. Las zonas de baño, con el paso del tiempo, se han ido deteriorando no solo por la erosión natural inducida por tormentas provenientes del sur-sudeste sino también por la mala administración de las playas. La política de defensa costera y de manejo de los excesos hídricos no ha revertido esta tendencia (Isla, 2013). Los desagües pluviales no sólo aumentan la erosión de la playa, sino que en algunos sectores acarrean desechos domiciliarios a zonas de baño. La disminución de la superficie de playa está demandando playas artificiales, que se han logrado por obras duras (espigones, muros, pedraplenes) muy contraproducentes, y más recientemente por alimentación artificial (Isla, 2013).

## Capítulo 2

### Climatología Decádica de Mar del Plata

#### 2.1 Introducción

La condición característica de la atmósfera próxima a la superficie terrestre en un lugar, o sobre una región determinada, identifica al clima (Strahler y Strahler, 1994). A diferencia del tiempo, que describe el estado de la atmósfera en un momento preciso, el clima representa la generalización del tiempo. Así, el tiempo, se relaciona con el estudio de la dinámica de la formación y evolución de los sistemas ciclónicos extratropicales, sus frentes asociados, y los sistemas anticiclónicos, mientras que el clima de una región describe las condiciones medias y extremas de diversas variables meteorológicas (tales como: temperatura, precipitación y viento entre otros) de un área geográfica. Existen numerosos estudios que han abordado este tema en el hemisferio sur, tales como Rivero y Bischoff (1971), Bruniard (1981), Murray y Simmonds (1991), Sinclair (1995,1996), Pezza y Ambrizzi (2003), Mendes (2006), entre otros.

La ciudad de Mar del Plata está ubicada en la zona costera de la Provincia de Buenos Aires. Dicha provincia se localiza en una de las franjas de mayor frecuencia de sistemas ciclónicos extratropicales y de pasaje de sistemas anticiclónicos en el hemisferio sur, correspondiente a latitudes medias entre 15° y 60° S (García, 2009). La Provincia posee un clima templado pampeano. Las temperaturas medias son moderadas y oscilan entre 15-16°C, decreciendo generalmente de N a S. La rigurosidad y amplitud térmica aumentan con el incremento de la continentalidad, es decir, de E a W. Las precipitaciones disminuyen en el mismo sentido, desde valores de 1000 mm en el E de la provincia a 500 mm o menos por año en el W. En el E provincial, el período lluvioso se extiende desde la primavera a fines del verano. Los vientos dominantes son los del cuadrante N y entre los flujos locales, se destacan el pampero, la sudestada y las brisas costeras (Chiozza, 1975; Celemin,1984; Capitanelli, 1992; García, 2009).

Como se indicó en el capítulo 1, según la clasificación climática actualizada de Köppen, la cual describe las condiciones medias de temperatura y precipitación, Mar del Plata se encuentra dentro de una región caracterizada por un clima templado oceánico debido a la influencia del mar (Koteket *al.*, 2006). A su vez, Czajkowski y Rosenfeld (1992) localizan a la ciudad dentro de un clima templado frío muy húmedo.

García (2009), estudió el clima urbano de Mar del Plata y encontró una tendencia negativa en la temperatura del aire y una tendencia positiva en las precipitaciones. En este capítulo se amplía el análisis desarrollado por Garcia (2009) y se estudia la variabilidad climática de la ciudad en escala estacional y decádica, analizando los diferentes parámetros meteorológicos, con el fin de comprender la evolución temporal de diversas variables en las distintas décadas, así como identificar los máximos y mínimos decadales en cada estación del año. Esta información es importante para el análisis posterior de riesgo y vulnerabilidad del ejido urbano y ver cuán frecuente se manifiestan los fenómenos meteorológicos.

## **2.2 Método de trabajo**

Para el análisis de la climatología decádica de Mar del Plata se dispuso de series temporales compuestas por valores medios decádicos de temperatura, precipitación, presión atmosférica, intensidad del viento y humedad relativa. Dichos registros se obtuvieron de la estación Camet (Mar del Plata) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Las décadas de las que se dispuso de datos fueron 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010. Se utilizaron técnicas estadísticas standard.

El estudio de la evolución temporal de cada parámetro, en las distintas estaciones del año, se basó en el análisis cualitativo de: 1) las series de anomalías (desvíos) respecto del valor medio en el período 1951-2010 y 2) la presencia de tendencias lineales en las series de anomalías mediante el método de cuadrados mínimos (Önöz y Bayazit, 2003).

Complementariamente, se analizó la posible influencia que tiene la variabilidad del Océano Pacífico tropical sobre los parámetros meteorológicos, mediante un análisis cualitativo de la evolución temporal del índice multivariado del ENSO (MEI; Rasmusson y Carpenter, 1982). El último es obtenido de seis variables principales observadas sobre el Pacífico tropical : presión a nivel del mar, componentes zonal y meridional del viento en superficie, temperatura superficial del mar, la temperatura del aire en superficie, y la fracción de nubosidad total del cielo. El índice MEI se obtuvo de la NOAA (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>) para el período de estudio (1950-2010). El MEI es una media móvil de dos meses, comenzando desde Diciembre 1949/Enero 1950. Así, el primer valor del año es el promedio de diciembre del año anterior y enero; el segundo, de enero y febrero hasta noviembre y diciembre del año siguiente. Este índice indica los eventos El

Niño (anomalías positivas) y La Niña (anomalías negativas), así como su respectiva intensidad, es decir, si el evento ha sido débil, moderado, fuerte o muy fuerte.

## 2.3 Resultados y discusión

### 2.3.1. Climatología

Los valores medios estacionales de temperatura, presión, humedad relativa, precipitación y viento del período 1951-2010 de Mar del Plata se presentan en la Tabla 1. La temperatura media estival duplica la invernal. Las temporadas primaverales son más frías que las otoñales. En cuanto a la presión a nivel de la estación, el máximo valor medio tiene lugar en el invierno mientras que el mínimo en el verano. Cabe destacar que la diferencia entre estos valores es de apenas 5.5 hPa.

<b>1951-2010</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Presión (hPa)</b>	<b>Humedad Relativa (%)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Viento (km/h)</b>
<b>Verano</b>	19.4	1009.3	75	273.1	19
<b>Otoño</b>	14.6	1012.6	81	253.8	15
<b>Invierno</b>	8.4	1014.8	83	179.9	16
<b>Primavera</b>	13.1	1013.3	79	222.4	19

Tabla 1. Valores medios de los parámetros meteorológicos para el período 1951-2010

La humedad relativa media no cambia en las diferentes estaciones del año y sus valores son altos debido a la cercanía del mar. Se debe tener en cuenta que las diferencias están dentro del error del instrumental (entre el 10 y 5 % dependiendo del instrumental). Las precipitaciones son mayores en verano y en otoño mientras que disminuyen en invierno y primavera. Lo anterior denota una cierta (aunque no marcada) estacionalidad en el régimen anual de precipitación. Las velocidades medias del viento no muestran una variación importante a lo largo de las diferentes estaciones del año.

### 2.3.2. Análisis del Índice Multivariado del ENSO (MEI)

El ENSO es considerado el fenómeno de interacción atmósfera – océano más importante en relación a la variabilidad climática global en escalas de tiempo interanuales (Wolter, 1987; Wolter y Timlin, 1993). Se han publicado varios trabajos sobre la influencia de los eventos ENSO en nuestro país y en el continente sudamericano. El Niño es un fenómeno que afecta a la variabilidad de la precipitación a escala interanual de la región del sudeste de Sudamérica (Penalba y Rivera, 2016) ya que existe una clara señal de dicho evento en los patrones de precipitación para la región mencionada (Ropelewski y Halpert, 1986). Durante El Niño, existe una tendencia más baja de la precipitación media durante el año anterior al evento. Esto continúa hasta Marzo del año donde se produce dicho evento (Grimm *et al.*, 2000; Penalba *et al.*, 2005).

En una vasta región, al este de los Andes, las anomalías positivas más fuertes de precipitación se producen en primavera de ese año, cuando las anomalías de la circulación potencian las precipitaciones en varias regiones. Durante el verano de la etapa de consolidación, las anomalías positivas de precipitación casi desaparecen y luego vuelven a aparecer en algunas regiones a finales de otoño-principios de verano y en invierno del año siguiente al año de inicio del evento (Grimm *et al.*, 2000). Esta descripción se condice parcialmente para el evento La Niña pero con signos opuestos. Aunque existe una variabilidad espacial más grande en las anomalías relacionadas con El Niño en el año siguiente y algunos desplazamientos en el tiempo (Grimm *et al.*, 2000). El índice multivariado del ENSO (MEI) es utilizado para estudiarlo y ver su evolución en el tiempo (Figura 2.1). Los diversos umbrales del MEI se muestran en la Tabla 2.

Evento	Categorías			
	Débil	Moderado	Fuerte	Muy Fuerte
El Niño	0.4 a 0.8	1.0 a 1.4	1.5 a 1.9	> 2.0
La Niña	-0.8 a -0.4	-1.4 a -1.0	-1.9 a -1.5	< - 2.0

Tabla 2. Categorías para los eventos El Niño y La Niña.  
Fuente: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>

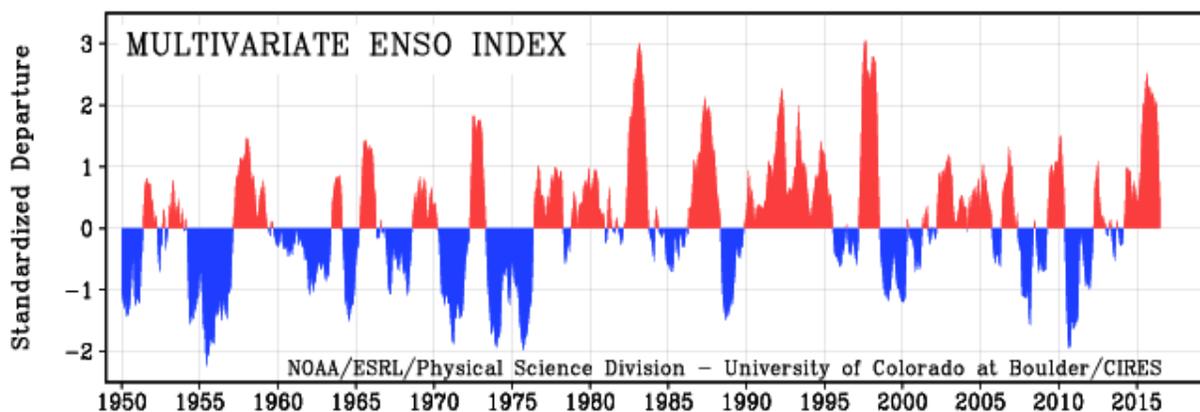


Figura 2.1. Índice Multivariado del ENSO (MEI).  
(Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>)

En la figura 2.1 se observa como desde comienzos del registro hasta 1976/1977 los eventos La Niña fueron los que predominaron, alcanzando valores de anomalías negativas moderadas y fuertes. A partir de esos años, los eventos El Niño son los que prevalecieron, alcanzando valores de anomalías positivas moderados, fuertes y muy fuertes.

Las modificaciones indicadas en el índice MEI están relacionados con los cambios en la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO por sus siglas en inglés). La PDO es una fluctuación de largo periodo en el Océano Pacífico (Trenberth 1990; Mantua y Hare, 2002). A diferencia del ENSO (el cual oscila entre 1 y 2 años), las fases de la PDO son del orden de 20 a 30 años (Mantua y Hare, 2002). Estudios realizados sugieren que existe una relación entre eventos ENSO y respuestas climáticas “tipo-ENSO” de la PDO (Zhang *et al.*, 1997; Gershunov y Barnett, 1998; Hare y Mantua, 2000) siendo el ejemplo más claro el excepcional evento El Niño de 1998 (Hare y Mantua, 2000), donde cambios en la circulación atmosférica modificaron las anomalías de temperatura superficial del Océano Pacífico.

La PDO consta de una fase positiva (o cálida) y una fase negativa (o fría). Las alteraciones climáticas más importantes en el continente americano suceden cuando la PDO y el ENSO están en fase. Es decir, cuando las fases cálidas de la PDO coincidan con eventos El Niño fuertes o extraordinarios y las fases frías coincidan con eventos La Niña. El cambio en el régimen de la PDO se produjo en 1976-1977 originado por anomalías invernales en la temperatura de la superficie del mar sobre el Pacífico Tropical en esos años (Trenberth, 1990; Miller *et al.*, 1994; Hare y Mantua,

2000; D'Arrigo *et al.*, 2001; Biondi *et al.*, 2001; MacDonald y Case, 2005; González *et al.*, 2010) como muestra el índice MEI.

Los casos de eventos El Niño moderado se registraron entre los años 1963-1964, 1986-1987, 1987-1988, 1991-1992, 2002-2003 y 2009-2010. Los episodios Niño fuerte se produjeron en 1957-1958, 1965-1966 y 1972-1973. Por último, los eventos muy fuertes se originaron en 1982-1983, 1997-1998 y 2015-2016. Los eventos Niña moderada se sucedieron entre 1955-1956, 1970-1971, 1998-1999, 1999-2000, 2007-2008 y 2010-2011, mientras que los fuertes se dieron en los años 1973-1974, 1975-1976 y 1988-1989.

### 2.3.3. Variabilidad decádica

En esta sección se detallan los resultados de los análisis de variabilidad decádica de las series estacionales. Así, las figuras de la presente sección describen la evolución temporal de las anomalías decádicas, donde anomalías positivas/negativas denotan valores medios decádicos superiores/inferiores al valor medio de la variable en el período 1951-2010. Al inicio de la descripción de la variabilidad en cada estación del año se resumen, en una tabla, los valores medios estacionales de las distintas variables analizadas (Tablas 3, 4, 5 y 6).

#### a) Verano

<b>1951-2010</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Presión (hPa)</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Viento (Km/h)</b>
<b>Verano</b>	19.4	1009.3	75	273.1	19

Tabla 3. Valores medios de las variables meteorológicas durante el verano para el periodo 1951-2010

El análisis decádico de la temperatura estival (Figura 2.2a) permitió establecer que las dos primeras décadas del período de estudio (1951-1960 y 1961-1970) junto con las dos últimas (1991-2000 y 2001-2010) registraron valores negativos de anomalías (décadas anómalamente frías). Mientras que las décadas de 1971-1980 y 1981-1990 presentaron anomalías positivas. Si bien se observa una tendencia en la serie decadal, la misma es muy débil, y más bien parece

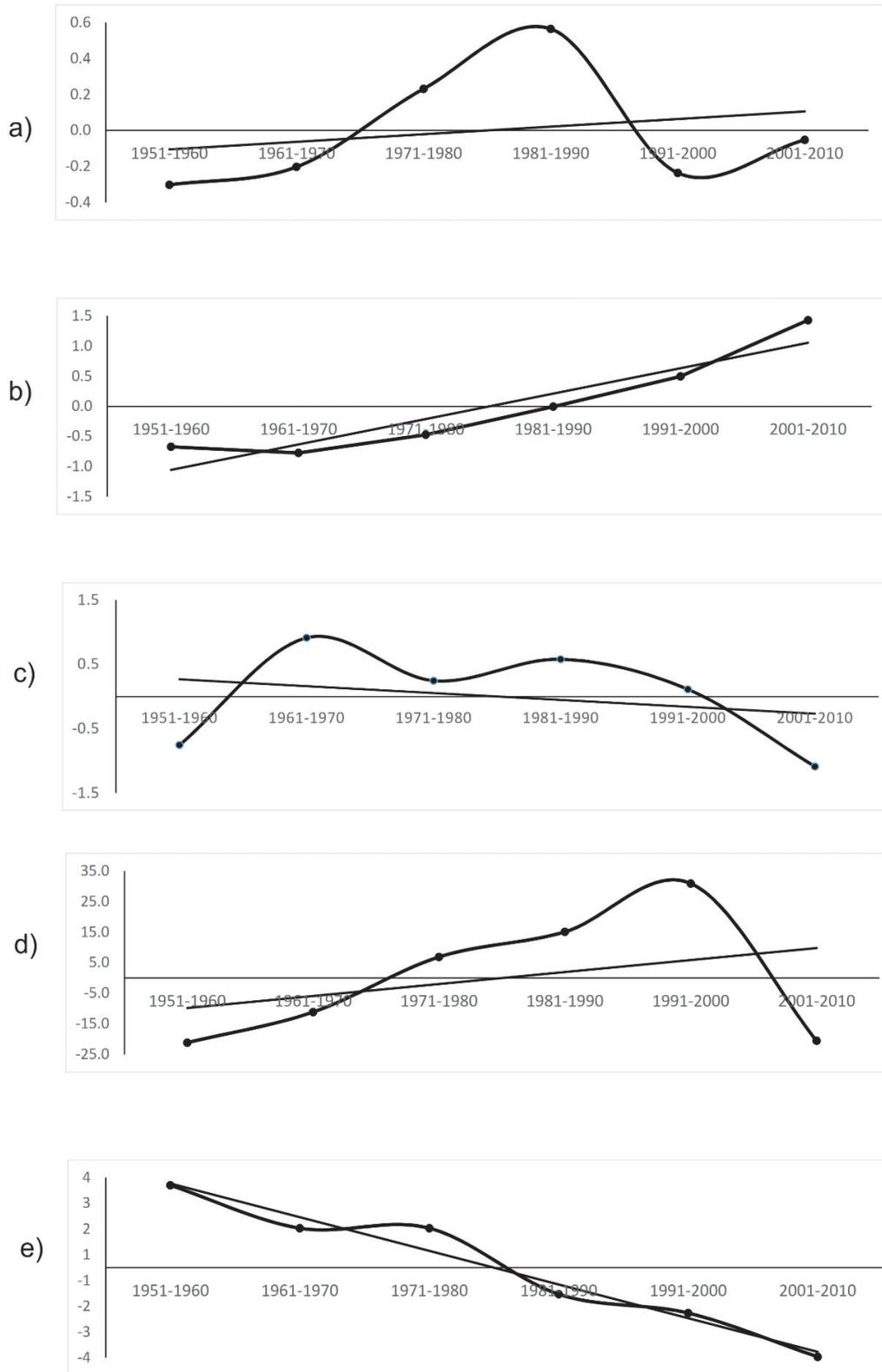


Figura 2.2. Anomalías de las variables meteorológicas decádicas para el verano  
a) Temperatura, b) Presión, c) Humedad relativa, d) Precipitación, e) Viento

tratarse de oscilaciones del parámetro a lo largo de las décadas. La década 1981-1990 fue, considerablemente, la más cálida del período con una anomalía de temperatura media decádica de  $+0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , duplicando la intensidad de las anomalías decádicas negativas en el período de estudio (la década más fría fue 1951-1960 alcanzando un valor de  $-0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Las anomalías de presión atmosférica para el período de estudio se muestran en la Figura 2.2b. En la misma se advierte valores negativos de anomalías de presión en las primeras tres décadas del período (1951-1960, 1961-1970 y 1971-1980). En cambio, las décadas de 1991-2000 y 2001-2010 (las más recientes) registraron valores positivos de anomalías. La década 1981-1990 mostró el mismo valor que la media de la serie (1009.3 hPa). La década con mayor presión se registró en 2001-2010 con una anomalía de presión media decádica de  $+1.4\text{ hPa}$ , mientras que la década con menor presión atmosférica se registró en 1961-1970 con una anomalía de  $-0.8\text{ hPa}$ . El comportamiento de la variable denota una marcada tendencia positiva debido, posiblemente, a anomalías atmosféricas que involucran un desplazamiento hacia el sur y un fortalecimiento del Anticiclón del Atlántico Sur como mencionan Venegas *et al.*, (1997), Behera y Yamagata (2001) y Fauchereau *et al.* (2003).

La humedad relativa estival presentó anomalías positivas en 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y 1991-2000 (Figura 2.2c). La década con la mayor anomalía positiva fue 1961-1970 alcanzando un valor de  $+0.9\text{ hPa}$ . Las décadas con valores negativos de anomalías se registraron en 1951-1960 y 2001-2010 registrándose en la última un mayor valor ( $-1.1\%$ ). La tendencia de la humedad relativa fue negativa para el período de estudio. En esta última década se observó un evento La Niña importante y posiblemente afectó los valores de humedad relativa característicos de Mar del Plata.

La precipitación (Figura 2.1d) indica que los valores de anomalías positivas se sucedieron en las décadas 1971-1980, 1981-1990 y 1991-2000 mientras que los valores de anomalías negativas se registraron en 1951-1960, 1961-1970 y 2001-2010. La década más lluviosa se vislumbró en 1991-2000 con una anomalía de  $+30.9\text{ mm}$ . En esa década se registraron eventos El Niño fuertes y muy fuertes (Figura 2.1). La década con mayor anomalía negativa de precipitación se registró en 1951-1960, alcanzando los  $-21.1\text{ mm}$ . De lo anterior se advierte que la precipitación muestra una marcada tendencia positiva durante el verano, producto del continuo incremento de la variable hasta la década 1991-2000, y su posterior descenso en la década 2001-2010. Es decir

que en aquellas décadas mayormente afectadas por eventos El Niño/La Niña son las que mostraron las mayores/menores precipitaciones (Grimm *et al.*, 2000; Barros *et al.*, 2008; Penalba y Rivera, 2016).

La evolución decadal de la velocidad del viento estival se muestran son mostrados en la Figura 2.2e. Las anomalías negativas se dieron en las últimas tres décadas del periodo (1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010), siendo las mismas cada vez más intensas. La década con menor intensidad de viento fue 2001-2010 con un valor de anomalía de -3km/h, esto coincide con un aumento en la presión atmosférica. Sin lugar a dudas el aumento de la presión atmosférica ocasionó una disminución de la velocidad del viento. En cambio, las décadas con mayor intensidad y por ende, valores con anomalías positivas de viento, fueron las tres primeras; 1951-1960, 1961-1970 y 1971-1980. La mayor intensidad se registró en 1951-1960 con una anomalía de +3km/h. Lo anterior denota una marcada tendencia negativa para todo el período, asociada a una continua disminución en la velocidad del viento desde 1951-1960, con un único leve aumento en la década 1971-1980. La velocidad media del viento está disminuyendo de manera significativa a una tasa mayor que  $-0.5 \times 10^{-3}$  m/s por mes sobre el Océano Atlántico adyacente a la Argentina entre otras regiones (IPCC, 2013; Herman, 2015). Estos cambios pueden estar relacionados con la reducción significativa de la velocidad media del viento en esta área (Cardoso *et al.*, 2016).

*b) Otoño*

<b>1951-2010</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Presión (hPa)</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Viento (Km/h)</b>
<b>Otoño</b>	14.6	1012.6	81	253.8	15

Tabla 4. Valores medios de las variables meteorológicas durante el otoño para el periodo 1951-2010

Durante el otoño (Figura 2.3a) la temperatura presentó anomalías positivas en las décadas 1971-1980 y 1991-2000. La primera de estas presentó la mayor desviación respecto de la media del período alcanzando un valor de +0.3°C siendo la década más cálida. Las anomalías negativas se registraron en las décadas 1951-1960 y 1961-1970. Esta última década presentó el menor valor de anomalía negativa del período con una temperatura media decádica de -0.3°C siendo la década más fría. En cambio, las décadas 1981-1990 y 2001-2010 registraron el mismo valor que la normal de la serie. A diferencia del verano, la temperatura en la estación otoñal denota una mayor

tendencia positiva ya que los valores medios para cada década son superiores y/o iguales a la media del periodo desde la década 1971-1980.

El análisis decádico de la presión atmosférica (Figura 2.3b) permitió establecer anomalías negativas en las primeras cuatro décadas (1951-1960, 1961-1970, 1971-1980 y 1981-1990) mientras que las positivas se registraron en las últimas dos. La década con mayor anomalía positiva de presión fue en 2001-2010 con una presión media decádica de +1.5 hPa mientras que la década con menor anomalía negativa de presión atmosférica se registró en 1951-1960 con un valor de -0.4 hPa. En comparación con el verano, si bien se observa una tendencia positiva durante el otoño, la misma es considerablemente inferior.

La humedad relativa (Figura 2.3c) presentó solamente tres décadas con anomalías positivas (1951-1960, 1961-1970 y 1991-2000). La década con mayor valor de anomalía positiva fue 1951-1960 con un valor medio de +1.2 hPa. Las décadas 1971-1980, 1981-1990 y 2001-2010 registraron anomalías negativas siendo la última década la que presenta el mayor valor de anomalía negativa (-1.4 hPa). La humedad relativa oscila mayormente durante todo el período para luego descender abruptamente en la última década. Se observó que este parámetro meteorológico presenta una leve tendencia negativa para toda la serie.

Con respecto a la precipitación (Figura 2.3d), durante el otoño, las anomalías positivas se manifestaron en las décadas 1951-1960, 1971-1980 y 1981-1990 mientras que las anomalías negativas se registraron en 1961-1970, 1991-2000 y 2001-2010. La década anómalamente más lluviosa fue 1971-1980, con una anomalía de +33.2 mm. Durante esta década se dio un evento El Niño muy fuerte, más precisamente entre los años 1972-1973, el cual podría haber estado relacionado con el aumento de la precipitación durante el otoño (Figura 2.1). La década más seca fue 1961-1970, con un valor de anomalía de -33.8 mm. El descenso de la precipitación en la última década también podría estar ligado a los eventos La Niña moderada en 2007-2008 y 2010-2011. La precipitación oscila hasta la década 1981-1990 y desde esta se reduce considerablemente su variabilidad, además de mostrar una leve tendencia negativa.

El viento (Figura 2.3e) mostró anomalías negativas en las últimas dos décadas, 1991-2000 y 2001-2010, siendo la última la que presentó la anomalía negativa más intensa (-3km/h). Las décadas con anomalías positivas fueron 1951-1960, 1961-1970 y 1971-1980. La mayor intensidad se registró en 1951-1960 con un valor de +2 km/h mientras que la anomalía de la década 1981-1990 fue igual a la media del período. El comportamiento de la variable muestra algunas

similitudes con el observado durante la época estival, oscilando en torno a los +2 km/h. Luego descende continuamente denotando una tendencia negativa que coincide con el verano, posteriormente a la década 1971-1980. Aunque los máximos puedan variar en distintas décadas el comportamiento de la variable y su tendencia es similar a la del verano y coincidente con lo estudiado por el IPCC (2013), Herman (2015) y Cardoso *et al.* (2016) a escala anual sobre la disminución de la intensidad del viento en regiones del sudeste de Argentina.

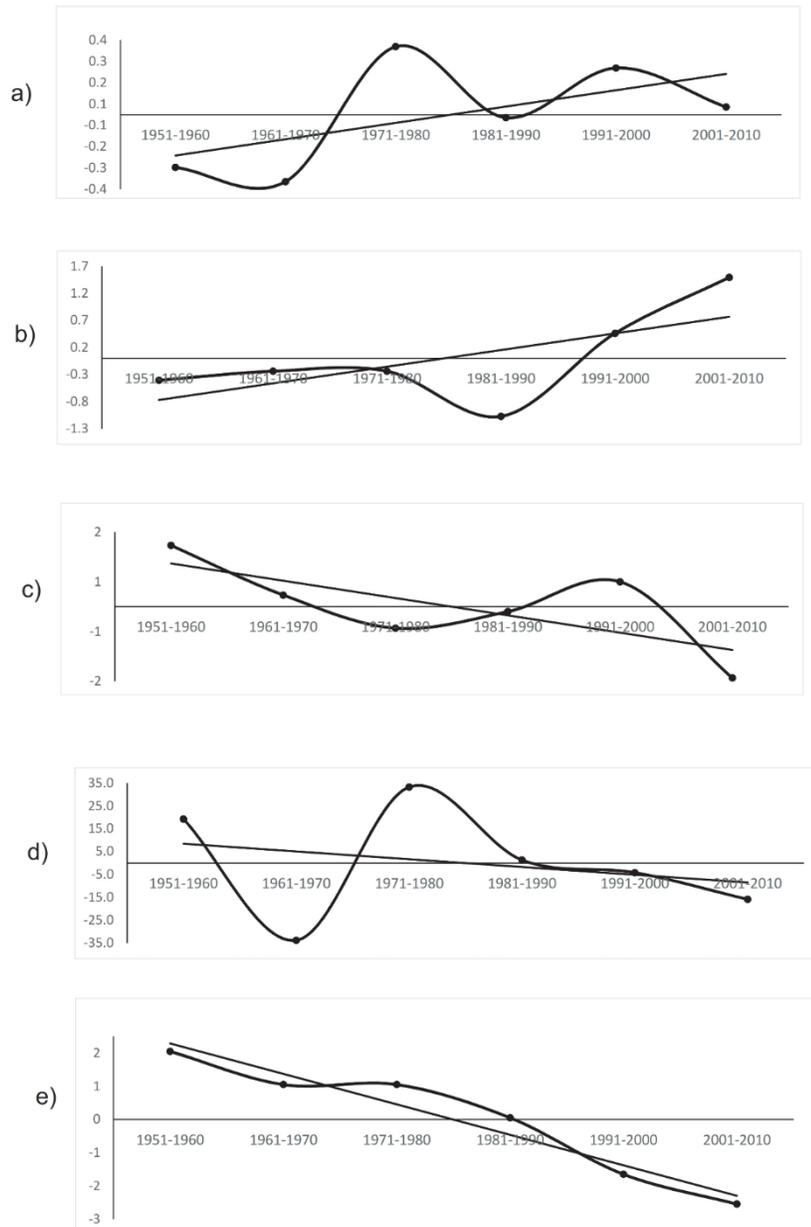


Figura 2.3. Anomalías de las variables meteorológicas decádicas para el otoño  
a) Temperatura, b) Presión, c) Humedad relativa, d) Precipitación, e) Viento

c) *Invierno*

<b>1951-2010</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Presión (hPa)</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Viento (Km/h)</b>
<b>Invierno</b>	8.4	1014.8	83	179.9	16

Tabla 5. Valores medios de las variables meteorológicas durante el invierno para el periodo 1951-2010

La temperatura media invernal (Figura 2.4a) presentó anomalías negativas en las décadas 1951-1960, 1981-1990 y 1991-2000. La primera fue la más fría del registro con  $-0.2^{\circ}\text{C}$ . Las anomalías positivas se registraron en las décadas 1961-1970 y 1971-1980. Esta última fue la más cálida, con una anomalía de temperatura media decádica de  $+0.3^{\circ}\text{C}$ . La década 2001-2010 presentó un valor igual a la media del período. A diferencia del verano y el otoño, la temperatura en invierno denota una leve tendencia negativa durante todo el período. La temperatura comienza a ascender en las primeras décadas hasta alcanzar su máximo en 1971-1980 para luego decrecer hasta 2001-2010.

En el análisis decádico de la presión atmosférica (Figura 2.4b) se observó que las anomalías negativas se concentraron en las primeras tres décadas (1951-1960, 1961-1970 y 1971-1980) mientras que las positivas se registraron en las últimas tres (1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010). La década con mayor presión se registró en 2001-2010 con una anomalía de presión media decádica de  $+1.2\text{ hPa}$  mientras que la década con menor presión atmosférica fue en 1971-1980 con una anomalía de  $-1.3\text{ hPa}$ . La tendencia para el período es positiva siendo la misma similar tanto en el invierno como el verano, donde el máximo se registra en el último decenio.

La humedad relativa presentó tres décadas con anomalías positivas (1951-1960 y 1961-1970 y 1981-1990; ver figura 2.4c). La década más húmeda se registró en 1951-1960 alcanzando un valor de  $+2.4\%$ . Las décadas con anomalías negativas fueron 1971-1980, 1991-2000 y 2001-2010. La última presentó el valor más bajo de anomalía,  $-1.9\%$ . La variable oscila por encima de su valor medio hasta 1981-1990 para luego descender abruptamente hasta 2001-2010. La humedad relativa presenta una leve tendencia negativa para toda la serie.

El estudio decádico de la precipitación (Figura 2.4d) indicó que las anomalías positivas se registraron en 1951-1960, 1961-1970 y 2001-2010 mientras que las negativas se presentaron en 1961-1970, 1991-2000 y 2001-2010. La década anómalamente más lluviosa fue en 1961-1970 con

un valor anomalía de +35.1mm. Durante esta década el índice MEI registró un evento El Niño fuerte para los años 1965-1966. La década más seca se presentó en 1981-1990 con un valor de -28.4 mm. Durante 1988-1989 se registró un evento La Niña fuerte. A diferencia del verano y el otoño, en invierno se observó un aumento de las precipitaciones durante el decenio 2001-2010.

El viento (Figura 2.4e) presentó anomalías negativas en las últimas dos décadas del período estudiado, las mismas corresponden a 1991-2000 y 2001-2010 siendo 2001-2010 la década con un valor de anomalía de viento de -3km/h. En cambio, las décadas con anomalías positivas fueron las tres primeras; 1951-1960, 1961-1970 y 1971-1980. La mayor intensidad de viento se registró en 1951-1960 con una anomalía de +2 km/h. La década 1981-1990 no presentó modificaciones y su valor se mantuvo igual a la media del periodo. El viento tuvo una marcada tendencia negativa al igual que en las anteriores estaciones estudiadas (IPCC, 2013; Herman, 2015; Cardoso *et al.*, 2016).

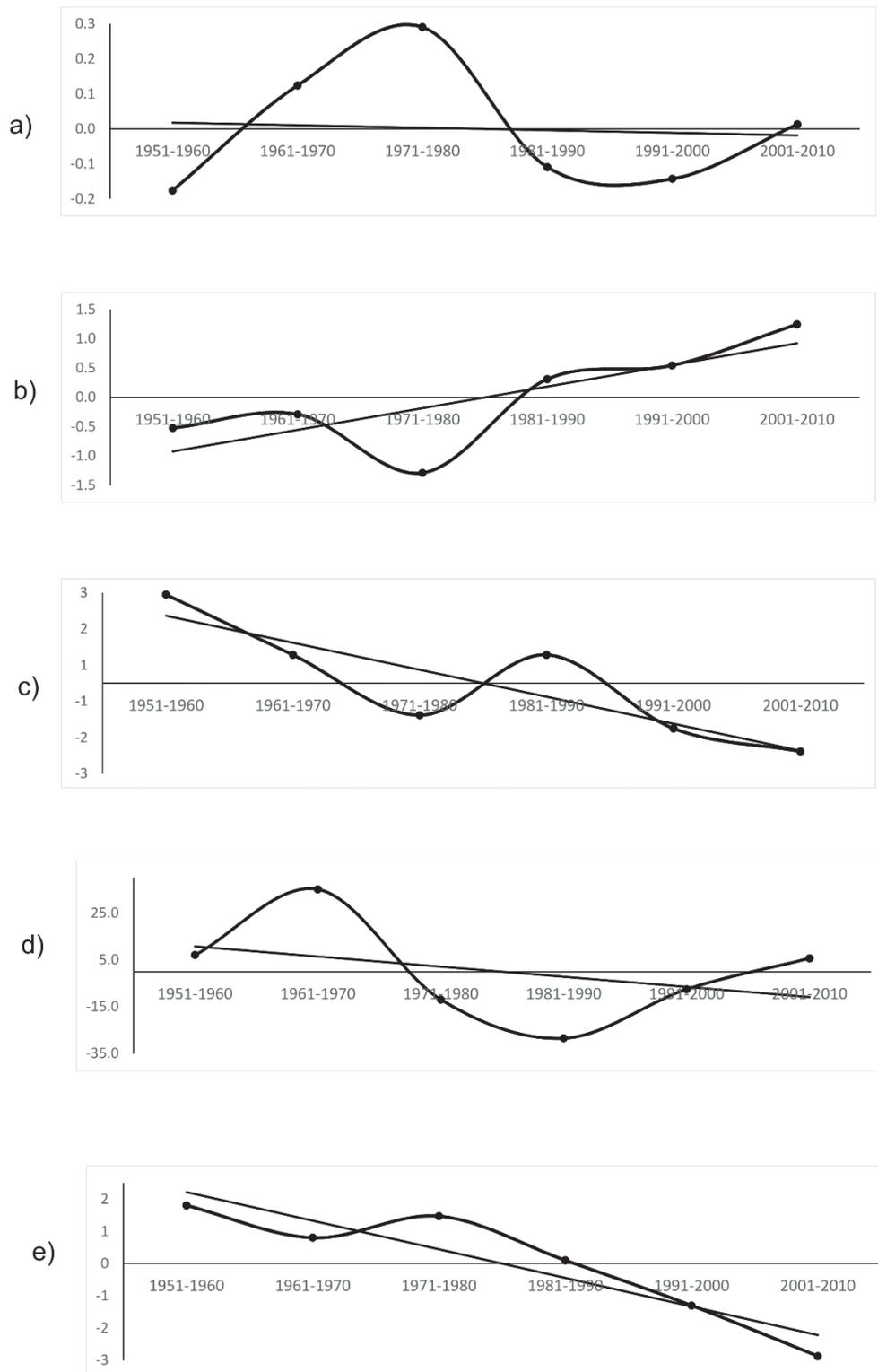


Figura 2.4. Anomalías de las variables meteorológicas decádicas para el invierno  
a) Temperatura, b) Presión, c) Humedad relativa, d) Precipitación, e) Viento

d) *Primavera*

<b>1951-2010</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Presión (hPa)</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Viento (Km/h)</b>
<b>Invierno</b>	13.1	1013.3	79	222.4	19

Tabla 6. Valores medios de las variables meteorológicas durante la primavera para el periodo 1951-2010

Del análisis correspondiente a la primavera (Figura 2.5a) se destacan las anomalías negativas de la temperatura en las décadas 1951-1960, 1961-1970 y 1991-2000 registrando las tres el mismo valor  $-0,1^{\circ}\text{C}$ . Las anomalías positivas se registraron en las décadas 1971-1980 y 1981-1990, ambas con un valor anómalo de  $+0.2^{\circ}\text{C}$ . La década 2001-2010 no presentó desviaciones respecto de la media. El comportamiento de la variable en primavera es similar a la de verano y otoño, ya que denota una leve tendencia positiva durante todo el periodo. La temperatura comienza un ascenso continuo hasta alcanzar su máximo en 1981-1990, luego desciende hasta 1991-2000 y por último asciende en 2001-2010.

En la presión atmosférica (Figura 2.5b) se observó que las anomalías negativas se registraron en las primeras cuatro décadas (1951-1960, 1961-1970, 1971-1980 y 1981-1990) mientras que las positivas se presentaron en las últimas dos (1991-2000 y 2001-2010). La década 2001-2010 presentó el máximo valor de anomalía positiva de presión siendo la misma  $+0.8\text{ hPa}$  mientras las décadas 1961-1970 y 1971-1980 registraron el menor valor de anomalía negativa ( $-0.6\text{ hPa}$ ). La tendencia para toda la serie es positiva, siendo similar a las estaciones analizadas con anterioridad.

El análisis decádico de la humedad relativa presentó tres décadas con anomalías positivas (1951-1960 y 1961-1970 y 1981-1990; véase Figura 2.4c). La década con un valor máximo de anomalía positiva se registró en 1951-1960 ( $+1.7\%$ ). En cambio, las décadas con anomalías negativas fueron 1971-1980, 1991-2000 y 2001-2010, presentando esta última el mayor valor de anomalía negativa para el periodo ( $-1.3\%$ ). La variable presenta una leve tendencia negativa para todo el periodo donde los valores oscilan en torno a  $+2$  y  $-2\%$ . A diferencia del verano y el otoño, el comportamiento de la variable durante la primavera es prácticamente similar al invierno. La

única diferencia se observó en el último decenio, donde la humedad relativa es superior en primavera que en la estación invernal.

La precipitación (Figura 2.5d) mostró que las anomalías positivas fueron en 1951-1960, 1971-1980, 1981-1990 y 2001-2010 mientras que las negativas se registraron en 1961-1970 y 1991-2000. La década anómalamente más lluviosa fue 2001-2010 con un valor de anomalía de +22.2mm. Durante esta década en particular existieron eventos El Niño moderados, principalmente en 2002-2003 y 2009-2010 que podrían haber influenciado el incremento de la precipitación (Figura 2.1). La década anómalamente menos lluviosa se registró en 1961-1970 (-26.4mm). La precipitación tuvo una marcada tendencia positiva.

En el estudio decádico del viento (Figura 2.5e) las anomalías negativas se registraron en las últimas dos décadas del periodo estudiado, las mismas corresponden a 1991-2000 y 2001-2010. La década con menor intensidad de viento fue 2001-2010 con una anomalía de -4 km/h. En cambio, las décadas con anomalías positivas fueron las tres primeras; 1951-1960, 1961-1970 y 1971-1980 de las cuales 1951-1960 alcanzó la mayor intensidad de viento (+3km/h). La década 1981-1990 no presentó modificaciones y su valor se mantuvo igual a la media del período. El comportamiento de la tendencia del viento en primavera es negativa al igual que en las anteriores estaciones estudiadas (IPCC, 2013; Herman, 2015; Cardoso *et al.*, 2016).

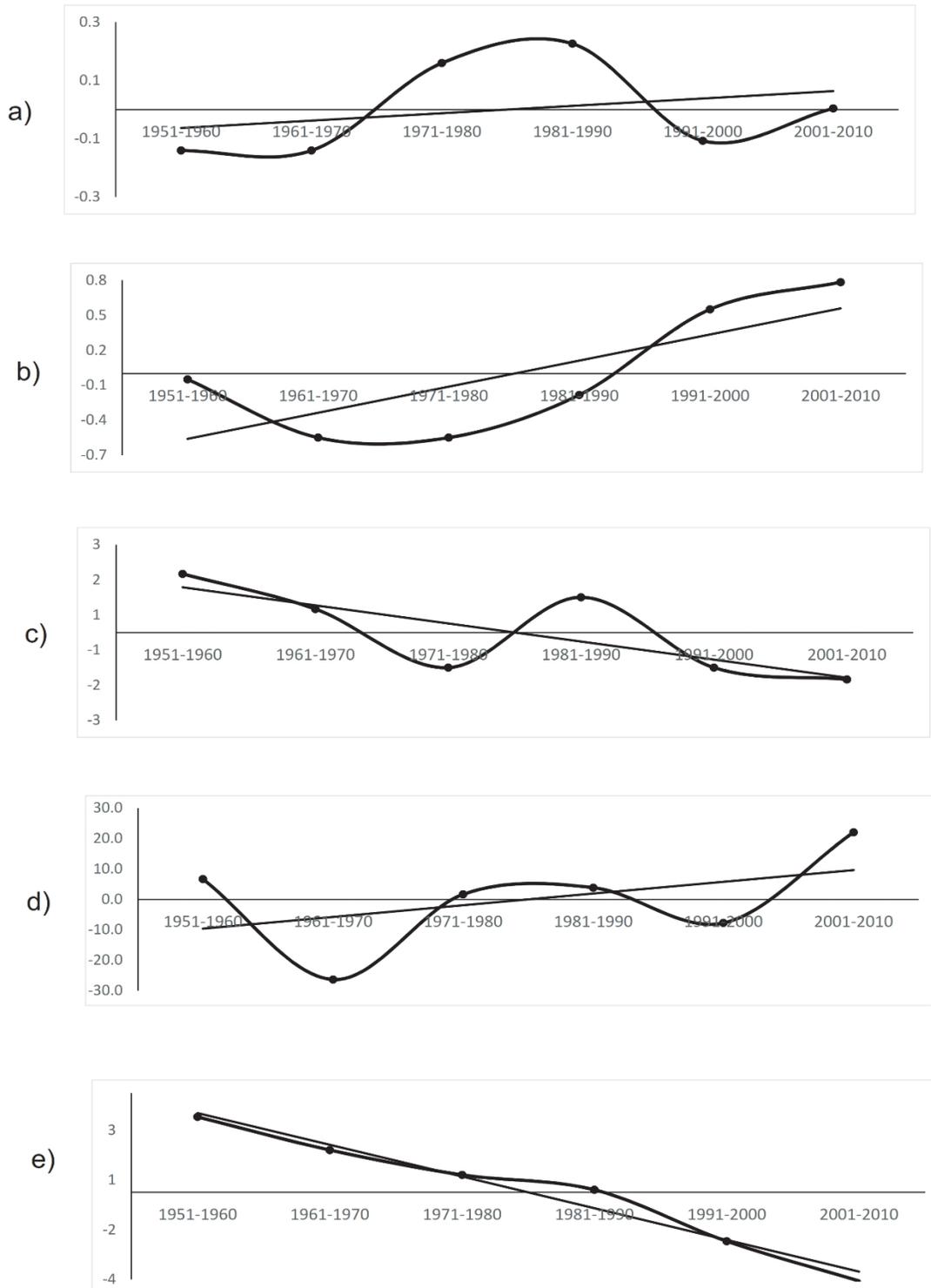


Figura 2.5. Anomalías de las variables meteorológicas decádicas para la primavera  
a) Temperatura, b) Presión, c) Humedad relativa, d) Precipitación, e) Viento

## 2.4. Conclusiones

El análisis decádico de las variables meteorológicas permitió observar la variabilidad climática estacional. Con respecto a la temperatura, la mayor anomalía se observó en la estación estival en la década 1981-1990 (+0.6 °C), mientras que las anomalías negativas son superiores a -0.3°C en los restantes registros de las estaciones del año.

La presión atmosférica mostró su mayor valor en la década de 2001-2010 para todas las estaciones del año, principalmente para el otoño, alcanzando +1.5 hPa. Lo anterior podría estar relacionado al corrimiento y/o fortalecimiento del Anticiclón del Atlántico Sur (Venegas *et al.*, 1997; Behera y Yamagata, 2001; Fauchereau *et al.*, 2003 entre otros). La humedad relativa presentó sus máximos en el invierno y la primavera de 1951-1960, con valores +2.4% y +1.7% respectivamente y los mínimos en otoño (-1.4%) y en invierno (-1.9%). Se denota una escasa variabilidad en el comportamiento de la humedad relativa en las distintas estaciones del año.

Con respecto a las precipitaciones, la mayor anomalía se observó en la media decadal invernal de 1961-1970, con un valor de + 35.1mm. Si bien, durante esta década existieron sucesivos eventos El Niño, los mismos fueron a lo sumo moderados. Cabe destacar que la década 1991-2000 fue anómalamente lluviosa durante el verano, en promedio, reflejado en la anomalía de +30.9mm. El aumento de las precipitaciones en dicha década también podría estar relacionado a los eventos El Niño fuertes y muy fuertes principalmente entre los años 1991-1992 y 1997-1998. Los otoños menos lluviosos (en promedio) se corresponden con los de la década 1961-1970, con un valor de -33.8 mm. Se observó que en la década subsiguiente (1971-1980) prevalecieron eventos La Niña moderados a muy fuertes, mientras que los eventos El Niño fueron débiles a moderados (y en menor número), aun así las precipitaciones alcanzaron, durante el otoño, valores mayores que la década anterior (1961-1970), más precisamente +33.2 mm. Un comportamiento similar, aunque menos extremo, se observa para la primavera y verano. Durante la década 2001-2010 se observaron anomalías negativas en todas las estaciones del año. Lo anterior podría estar sugiriendo que existen otros forzantes que afectan a la región además de los eventos ENSO (que es donde indica el MEI), tal puede ser el caso de la circulación y temperatura de la superficie sobre el Océano Atlántico (Nobre y Shukla, 1996).

Por último, el viento mostró una tendencia negativa en todas las décadas, reflejado en una disminución estacional promedio de 6 km/h en el período completo (1951-2010). La estación donde mayor disminución de velocidad hubo fue la primavera, seguida del verano, mientras que

la menor reducción se sucedió en el otoño e invierno. El viento disminuyó en todas las estaciones del año y en las diferentes décadas. Los últimos resultados coinciden con estudios recientes, brevemente resumidos en el IPCC (2013), Herman (2015) y Cardoso *et al*, (2016) en los que se destaca una disminución en la intensidad del viento sobre la costa argentina adyacente al Océano Atlántico, lo cual podría relacionarse con el incremento en el acumulado anual de precipitación al este de Los Andes.

## Capítulo 3

### Análisis meteorológico armónico

#### 3.1 Introducción

El clima es una condición característica de la atmósfera próxima a la superficie terrestre en un lugar o sobre una región determinada y se define como las condiciones meteorológicas medias que caracterizan el estado de la atmósfera para un determinado lugar. Para estudiar el clima se necesitan largas series de tiempo, mayores a 30 años (Strahler y Strahler, 1994)

Sin embargo, el clima no es estático en el tiempo ni en el espacio ya que varía naturalmente en diferentes escalas. Las diferencias regionales de los climas sobre la superficie terrestre muestran la variabilidad espacial del clima, que junto a la variabilidad temporal se relaciona con los factores cósmicos: movimientos de rotación y traslación de la Tierra, su posición con respecto al sol, desplazamiento estacional de los grandes sistemas de presión y flujos de aires, entre otros (Fernández García, 1995; Cuadrat Prats y Pita, 1997; Pérez, 2006). La variabilidad temporal es aquella asociada a la variación de los parámetros meteorológicos en todas las escalas de tiempo, de un año a otro, así como de una década o de un siglo a otro (Pérez, 2006). Las escalas sinóptica, estacional, intraestacional, interanual e interdecadal son consideradas las de mayor trascendencia en la determinación y modulación de los procesos atmosféricos (Montealegre y Pabón, 2000).

La escala sinóptica se asocia con eventos de tiempo meteorológico, como la formación y trayectoria de frentes, ciclones (ciclogénesis) y anticiclones (Alessandro, 1998; Saulo, 2008). La duración de los fenómenos meteorológicos en dicha escala es entre 4 y 9 días (Alessandro, 1998). La escala estacional corresponde a la fluctuación del clima a nivel trimestral, donde también están incluidas las variaciones mensuales. En el estudio de la variabilidad climática la escala intraestacional es importante y corresponde a los períodos menores a 90 días y mayores que la escala sinóptica. El ejemplo más conocido de esta es la oscilación Madden – Julian (Madden y Julian, 1971; Ferraz y Grimm, 2000; Reason *et al.*, 2006, entre otros). La escala interanual representa a las variaciones en los parámetros meteorológicos en períodos que fluctúan entre 2 y 7 años. El ejemplo típico de la variabilidad interanual se corresponde con el ENSO (Ropelewski y Halper, 1996).

La escala interdecadal se caracteriza por fluctuaciones en el clima a nivel de décadas. A diferencia de la variabilidad interanual, la interdecadal posee una menor amplitud de oscilación,

dado que al promediar los valores, los extremos se ven suavizados. No obstante, estas oscilaciones de largo plazo influyen notablemente en las actividades de la sociedad en ciclos interdecadales y resultan muy importantes en la determinación de posibles tendencias en las variables climáticas (Montealegre y Pabón, 1999).

El análisis de la información histórica de los parámetros meteorológicos permite identificar las diferentes escalas temporales que caracterizan una determinada región y ayuda a explicar su variabilidad climática. Por ejemplo, existen evidencias de la influencia de los anticiclones semipermanentes de los océanos Atlántico y Pacífico en la variabilidad de las precipitaciones del sudeste de Sudamérica (Barros *et al.*, 2000; Grimm *et al.*, 2000) así como alteraciones en el balance global de radiación relacionada a procesos terrestres y solares (Gianibelli *et al.*, 2001).

El estudio del comportamiento cíclico de los datos meteorológicos permite observar las variaciones temporales de los mismos. Para analizar dicho comportamiento se utilizan herramientas estadísticas. Una de ellas es la Transformada Rápida de Fourier (TRF) la cual determina la importancia relativa de un evento sobre otro a través de la definición de los valores máximos de densidad espectral. El objetivo del análisis espectral es explorar los patrones cíclicos en los datos para determinar aquellos que son particularmente importantes. La existencia de frecuencias con mayor energía se encuentra ligada a los valores máximos del espectro (Salas de León *et al.*, 1992; Jaime y Menéndez, 2002; Carbonell *et al.*, 2003). En el presente capítulo se realiza un análisis espectral de las diferentes variables meteorológicas con el objeto de determinar los períodos más significativos de los elementos del clima en la ciudad de Mar del Plata para explicar parte de su variabilidad climática.

### **3.2 Método de trabajo**

Se analizaron las series diarias de temperatura, presión atmosférica, humedad relativa y velocidad máxima del viento entre los años 1965 y 2010 para Mar del Plata. Los datos utilizados pertenecen a la estación Camet (Mar del Plata) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Para el análisis de los distintas variables meteorológicas se utilizaron métodos estadísticos estándar. En particular, para estudiar las fluctuaciones de los parámetros se aplicó el método de Fourier. El estudio de las fluctuaciones periódicas de una variable permite identificar los distintos procesos físicos que actúan sobre ella. Por lo tanto, el análisis que se aplica comúnmente al estudio

de las fluctuaciones periódicas de parámetros meteorológicos es el Análisis de Fourier (Beigt, 2007). Dicho análisis se realiza a partir de una serie de tiempo donde se focaliza en la búsqueda de patrones cíclicos en la secuencia de datos. Esto se realiza a partir de la descomposición de la serie de tiempo original, compleja, en unas pocas funciones sinusoidales subyacentes (seno y coseno) de diferentes frecuencias (Tukey y Cooley, 1965; Bloomfield, 1976; Brunet India y Coronas Salcedo, 1992; Formenti, 2000; Allen y Mills, 2004). El análisis se basa en el principio matemático que establece que cualquier función definida dentro de un intervalo puede representarse por una serie infinita de funciones seno y coseno. En el caso de los datos meteorológicos, las observaciones siempre son discretas (datos diarios, horarios, etc) (Beigt, 2007). Si existe un número finito de observaciones en el intervalo de tiempo a estudiar, un número finito de senos y cosenos podrá explicar todas las observaciones (Bloomfield, 1976; Beigt, 2007). El análisis de Fourier aísla las componentes cíclicas de manera que cada una pueda ser tratada como una entidad independiente ya que cada una puede tener una causa física distinta (Bloomfield, 1976). Este análisis se realizó a través del Software STATISTICA 7 con el fin de reconocer los períodos donde se generan los mayores cambios en los elementos del clima. Complementariamente, se elaboraron gráficos de densidad espectral para cada variable, los mismos permitieron identificar periodicidades contenidas en las series temporales, las cuales pueden estar asociadas a distintos forzantes del sistema climático. La transformada rápida de Fourier permitió analizar la variación anual, interanual, intraestacional (mayor que la escala sinóptica y extendida hasta 90 días) y la variabilidad sinóptica o de tiempo meteorológico. Esto permite identificar los pulsos de densidad de energía más destacados y asociarlos a diversos procesos atmosféricos, terrestres y solares.

### **3.3 Resultados y discusión**

#### *3.3.1 Temperatura del aire*

El espectro de la temperatura media (Figura 3.1) presentó su máximo de energía en la onda anual (364 días). A su vez, se observaron señales y/o pulsos de energía en las escalas semianual (182 días), interanual (762 días, equivalentes a 2.1 años) y estacional (123 días, equivalentes a 4 meses). Dentro de la escala intraestacional, el pico máximo de densidad espectral se registró a los 54 días. A escala sinóptica el valor máximo se observó a los 6 días (Figura 3.2).

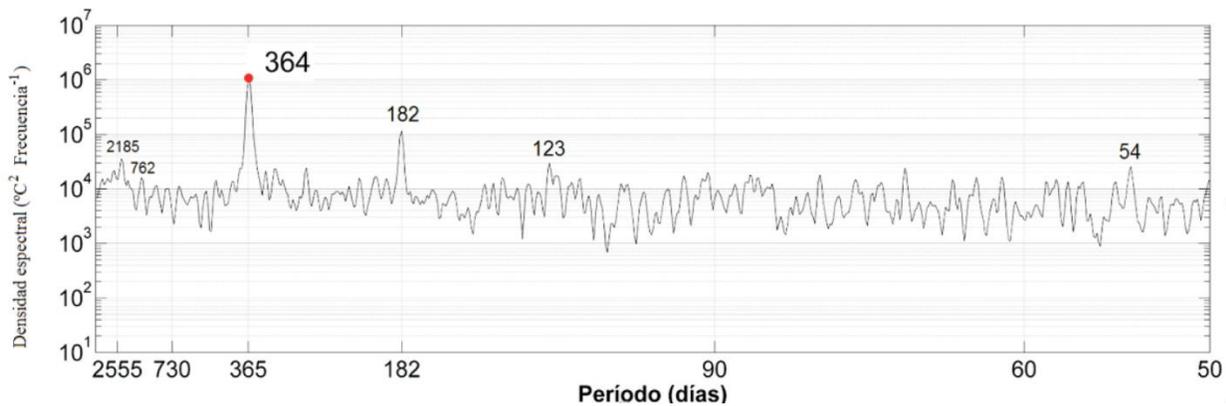


Figura 3.1. Densidad espectral de la temperatura media diaria del período 1965-2010. El punto rojo indica el máximo de densidad espectral para toda la serie.

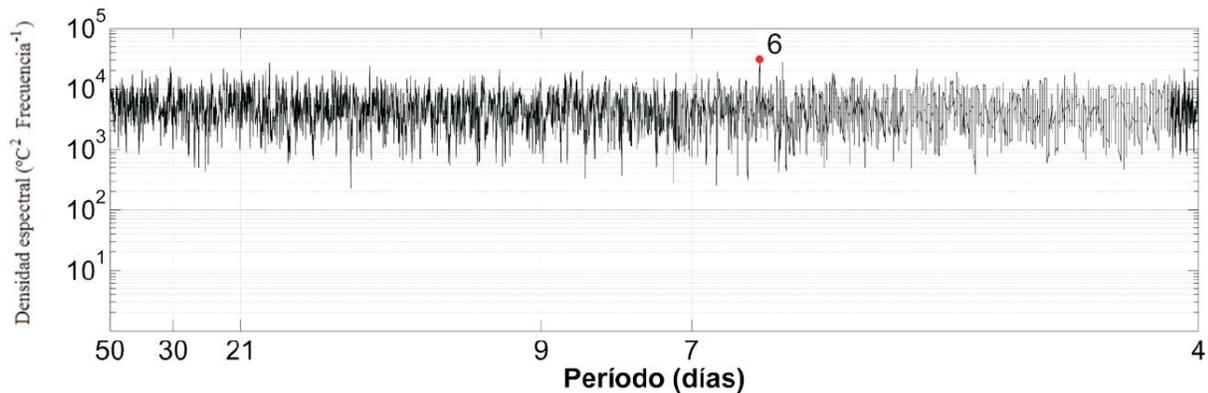


Figura 3.2. Densidad espectral de la temperatura media diaria a escala sinóptica para el periodo 1965-2010. El punto rojo indica el máximo de densidad espectral de la escala.

### 3.3.3 Presión atmosférica

Similares periodicidades a las de la temperatura se obtuvieron al analizar la presión atmosférica. Estos resultados pueden observarse en las Figuras 3.3 y 3.4. En la primera se observa que el máximo valor de densidad espectral de la presión atmosférica se presentó en la señal anual (364 días). El valor máximo de la señal interanual fue de 886 días (2.4 años) y la semianual de 182 días. La señal intradecadal alcanzó su pico máximo a los 2731 días (7.5 años), mientras que en la escala estacional e intraestacional lo hace a los 86 y 62 días respectivamente. La escala sinóptica reflejó su máximo valor a los 14 días (ver Figura 3.4), los picos de densidad espectral son similares en esta escala.

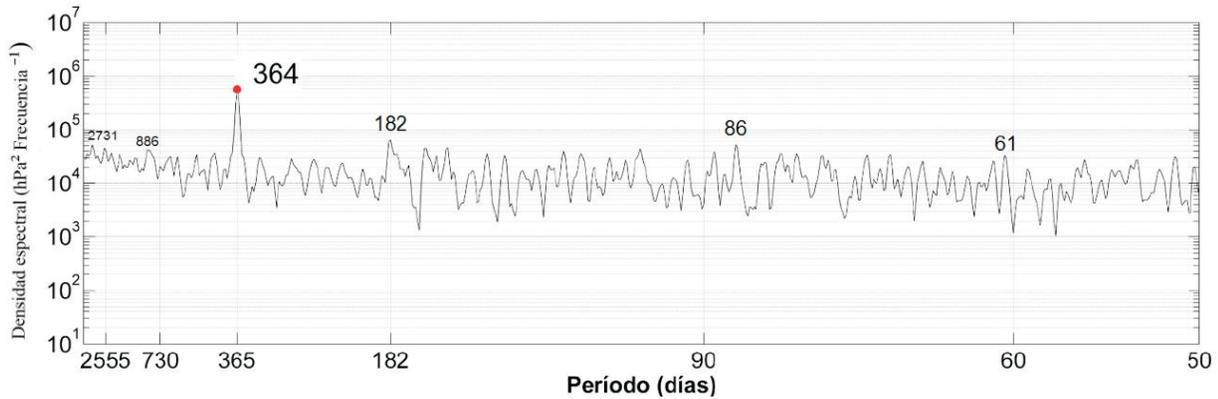


Figura 3.3. Densidad espectral de la presión atmosférica media diaria del periodo 1965-2010. El punto rojo indica el máximo de densidad espectral para toda la serie.

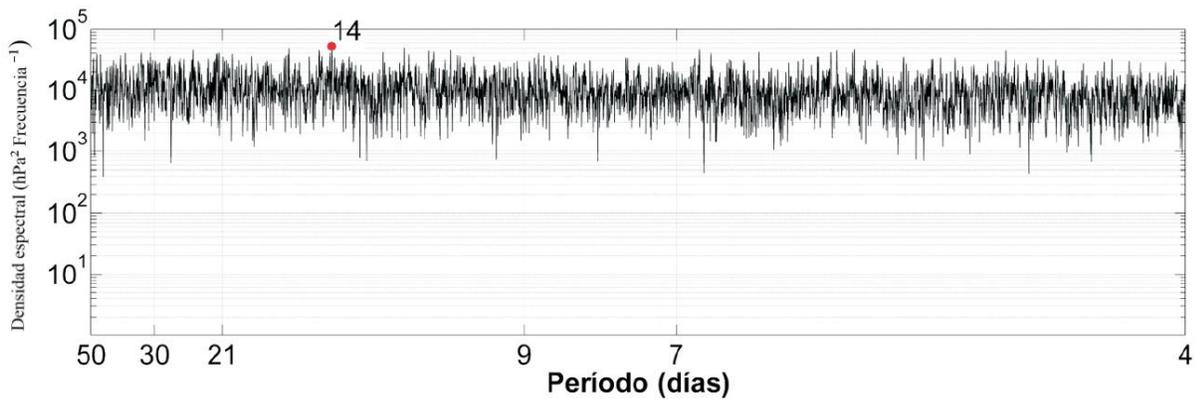


Figura 3.4. Densidad espectral de la presión atmosférica media diaria a escala sinóptica para el periodo 1965-2010. El punto rojo indica el máximo de densidad espectral de la escala.

### 3.3.3 Humedad relativa

En la humedad relativa, el valor máximo de densidad espectral se observó en la señal anual (367 días). A escala intradecadal se observaron valores máximos de 2612 días (7.5 años). La señal interanual registró un pico máximo de 653 días (1.8 años) mientras que el valor mayor de la semianual se observó a los 181 días. Los máximos estacionales se presentaron en 105 y 95 días. La humedad relativa también presentó valores máximos intraestacionales a los 70 y 43 días (Figura 3.5). El máximo valor de la escala sinóptica se observó a los 8 días (Figura 3.6)

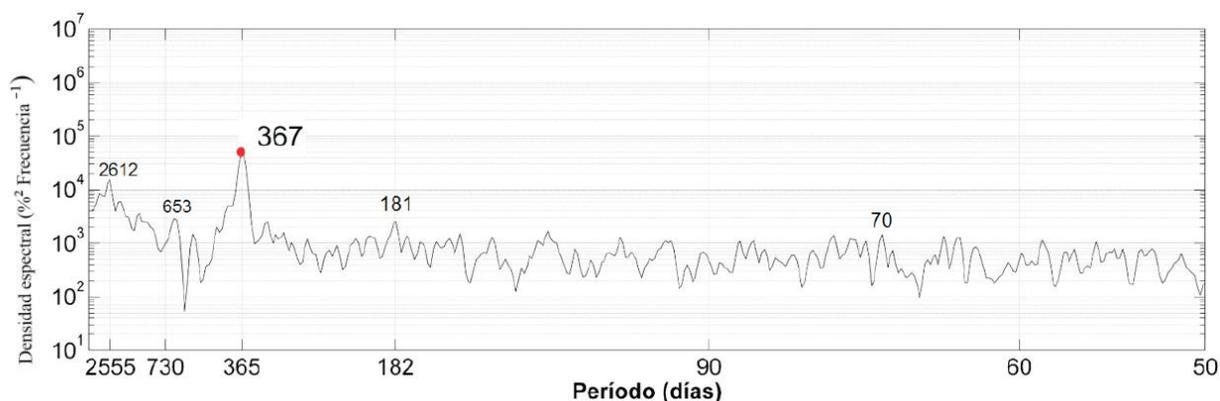


Figura 3.5. Densidad espectral de la humedad relativa media diaria del periodo 1965-2010. El punto rojo indica el máximo de densidad espectral para toda la serie.

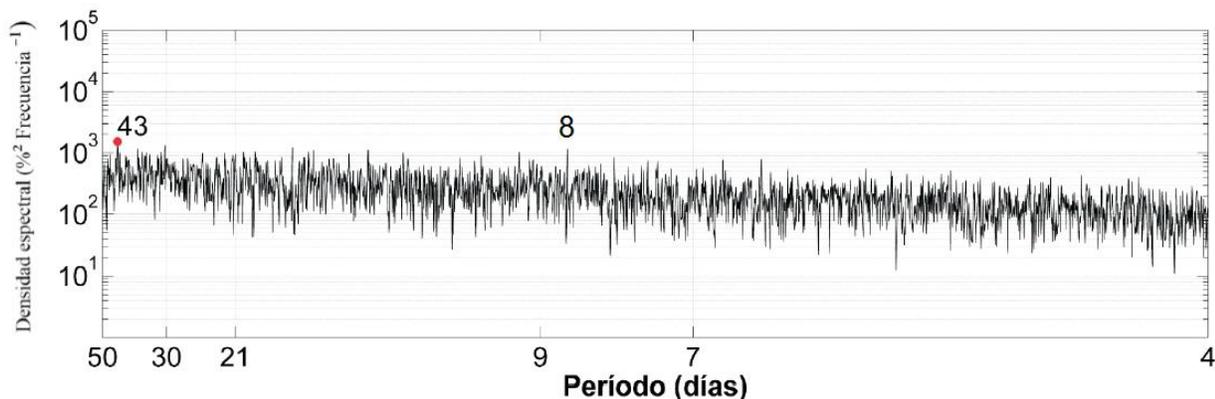


Figura 3.6. Densidad espectral de la humedad relativa media diaria a escala intraestacional y sinóptica para el periodo 1965-2010. El punto rojo indica el máximo de densidad espectral de la escala.

### 3.3.4 Velocidad máxima del viento

Los máximos valores de la velocidad máxima del viento (Figura 3.4) se destacaron principalmente a escala interdecadal con 6554 días (18 años) e intradecadal con 3277 días (8.9 años). El máximo valor anual se registró a los 364 días y el de la interanual a los 595 días (1.6 años). La escala semianual alcanzó su valor máximo a los 182 días. A escala intraestacional se observó un pico de máxima densidad espectral a los 75 y a los 47 días. La escala sinóptica alcanzó su máximo valor a los 5 días.

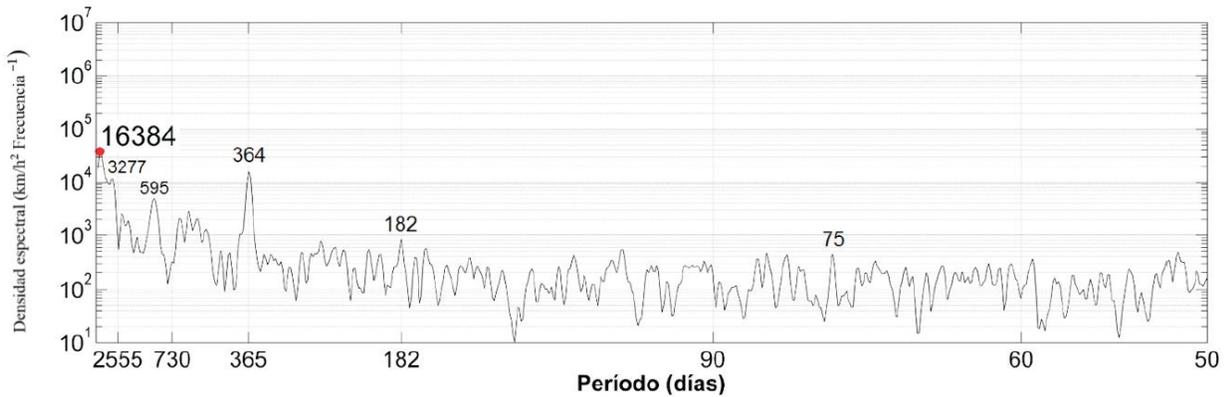


Figura 3.7. Densidad espectral del viento máximo para el periodo 1965-2010. El punto rojo indica el máximo de densidad espectral para toda la serie.

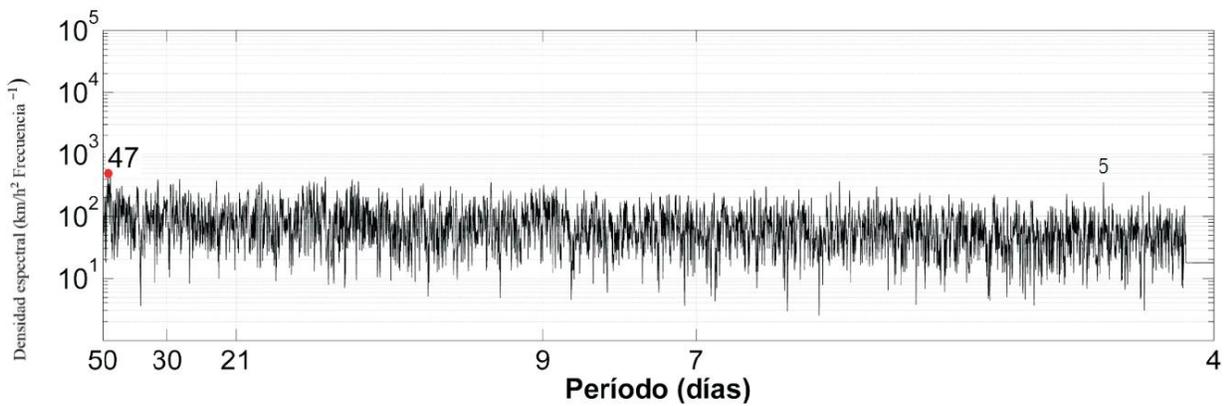


Figura 3.8. Densidad espectral de viento máximo a escala intraestacional y sinóptica para el periodo 1965-2010. El punto rojo indica el máximo de densidad espectral de la escala.

De los resultados del análisis precedentes se puede inferir que se diferenciaron distintas escalas temporales (sinóptica, estacionales, intraestacional, semianual, anual, interanual, e interdecadal) de variabilidad de los parámetros climáticos estudiados. Los resultados del análisis de la TRF para el área de estudio en la escala sinóptica indican que las fluctuaciones en las variables meteorológicas fueron de 5 a 14 días, estando las mayores periodicidades relacionadas a situaciones de bloqueo (Alessandro, 2005). Esta escala temporal corresponde a una escala horizontal típica de depresiones de latitudes medias mayormente de sistemas de alta y baja presión, en estos últimos es donde se manifiestan las precipitaciones. Esta escala se asocia con eventos de

tiempo meteorológico, como la formación de frentes, ciclones, anticiclones y ciclogénesis (Alessandro, 1998; Saulo, 2008).

La variabilidad estacional osciló alrededor de los 90 días mientras que la intraestacional fluctuó entre los 43 y 75 días. Esto estaría relacionado a la oscilación de Madden-Julian la cual es una perturbación tropical que se propaga hacia el este en las zonas tropicales de todo el mundo con un ciclo del orden de los 30-60 días, influyendo en la manifestación de las lluvias del sudeste de Sudamérica (Madden y Julian, 1971; Hendon and Salby, 1994; Ferraz y Grimm, 2000; Barros *et al.*, 2004; Foltz y Mc Phaden, 2004; Reason *et al.*, 2006).

En la escala interanual se registraron oscilaciones de los parámetros entre 1.6 y 2.4 años. La variabilidad climática, enmarcada dentro de esta escala, podría estar relacionada con alteraciones en el balance global de radiación manifestadas por un ciclo natural con períodos típicos reconocidos, entre ellos 2-3, 10-12, 22 y 80-90 años, la cual estaría relacionada a procesos terrestres y solares (Gianibelli *et al.*, 2001; García, 2009). Un ejemplo típico de la variabilidad climática interanual corresponde a los fenómenos enmarcados dentro del ciclo El Niño – Oscilación del Sur (ENSO). El Niño hace referencia al componente oceánico del sistema, mientras que la Oscilación del Sur se refiere al componente atmosférico. El ENSO hace referencia al conjunto de ambas componentes, describiendo así la circulación relacionada tanto a la atmósfera como a los océanos. El ENSO tiene tres fases: cálida (El Niño), fría (La Niña) y neutral la cual se refiere a los periodos en que ni La Niña ni El Niño están presentes.

Las variaciones estacionales, semianuales y anuales, de carácter periódico, estuvieron impuestas por factores astronómicos (Currie, 1991; Bergman, 2005; García, 2009). Las señales espectrales intradecadales (menores a 10 años) estarían relacionadas a oscilaciones de 3 a 8 años. Estas señales estarían asociadas a la Oscilación Antártica (AAO) o Modo Anular del Sur (MAS), los cuales describen un proceso de baja frecuencia (desde varios días, meses a años) que afecta la variabilidad de la circulación troposférica entre medias y altas latitudes (Marshall, 2003; White 2004), particularmente los vientos del Oeste. Mo y White (1985) fueron probablemente los primeros en notar correlaciones negativas entre las latitudes antárticas y medias. Estudios recientes sugieren que durante una estación particular, la actividad del MAS produce una modulación fuerte en la señal del ENSO (Silvestri y Vera, 2003).

Las señales interdecadales (más de una década), parecen estar asociadas a patrones de teleconexiones a modo de forzamientos remotos desde el Pacífico o el Atlántico, que influyen

sobre tales patrones (Doyle y Barros, 2002). También, las oscilaciones interdecadales tendrían relación con el ciclo luni-solar de 18,6 años, con influencia sobre las variaciones de la presión atmosférica, nubosidad y sobre los índices de sequía y humedad (O' Brien y Currie, 1993; Currie, 1991, 2007).

La variabilidad multidecadal pudo observarse en el viento (18 años). Esto podría estar relacionado a las fluctuaciones generadas por la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) donde las fases de dicha oscilación son del orden de 20 a 30 años (Mantua y Hare, 2002) o a fluctuaciones decádicas naturales del clima como se ha observado en la precipitación Buenos Aires (Tedesca et al., 2012).

Las precipitaciones no se han incluido en el análisis de series de tiempo porque la serie de tiempo no tenía la disponibilidad continua de datos y esto es fundamental para la realización de un análisis espectral. Sin embargo, el estudio de las escalas climáticas permitió observar el comportamiento de las precipitaciones a lo largo de la serie temporal. Los excedentes hídricos que se suceden a partir de 1976-1977 también estarían relacionados con el cambio en la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) (Zhang *et al.*, 1997; Gershunov y Barnett, 1998; Hare y Mantua, 2000). Como se ha mencionado en el capítulo 2, desde comienzos del registro hasta 1976/1977 los eventos La Niña fueron los que predominaron, alcanzando valores de anomalías negativas moderadas (1955-1956, 1970-1971, 1998-1999, 1999-2000, 2007-2008 y 2010-2011) y fuertes, como las sucedidas en 1973-1974, 1975-1976 y 1988-1989, marcando un decrecimiento de los montos pluviométricos. A partir de esos años, los eventos El Niño son los que prevalecieron, alcanzando valores de anomalías positivas fuertes (1957-1958, 1965-1966 y 1972-1973) y muy fuertes (1982-1983, 1997-1998 y 2015-2016), denotando un incremento pluvial considerado (Trenberth, 1990; Miller *et al.*, 1994; Hare y Mantua, 2000; D'Arrigo *et al.*, 2001; Biondi *et al.*, 2001; MacDonald y Case, 2005; González *et al.*, 2010). Tanto los excesos como los déficits pluviométricos no solamente están relacionados con los eventos El Niño y La Niña sino también existe una vinculación a otros forzantes que afectan a la región del Océano Pacífico y al Atlántico sudoccidental (Grimm *et al.*, 2000; Barros *et al.*, 2008).

### 3.4 Conclusiones

A partir del análisis de la Transformada Rápida de Fourier se estudió la variabilidad temporal de cada parámetro meteorológico de la zona de estudio. En este sentido, se observó una conexión temporal de las frecuencias de los distintos procesos atmosféricos y oceánicos como el ENSO a escala interanual e intradecadal. Dentro de esta última escala, han podido observarse oscilaciones típicas como la de Madden-Julian, así como oscilaciones climáticas con una ciclicidad natural con períodos decadales y multidecadales conocidos relacionados principalmente con procesos terrestres y solares.

La onda anual queda representada en todas las variables meteorológicas junto con las escalas interanual, semianual, estacional, intraestacional y sinóptica. Se observó que las escalas inter y multidecadal se presentaron solamente en el viento.

El estudio de la periodicidad de la densidad espectral en las variables climáticas resulta fundamental para la comprender la variabilidad climática de la zona de estudio. Esto potenciaría estrategias eficaces a la hora de la toma de decisiones referidas al riesgo climático donde todas las escalas de tiempo deberían ser consideradas. La observación sistemática del clima a través del tiempo y en distintas escalas es vital para prevenir los posibles impactos derivados de los eventos meteorológicos. Esto conllevaría a minimizar las consecuencias sociales, ambientales y económicas de los fenómenos del clima.

## Capítulo 4

### Variabilidad Climática en Mar del Plata

#### 4.1. Introducción

El clima del sudeste bonaerense ha sido estudiado por diversos autores (Chiozza, 1975; Chiozza y Figueira, 1981; Celemin, 1984; Capitanelli, 1992, Ramos y Campo, 2008, Merlotto y Piccolo, 2009; García, 2011) donde se describe principalmente las masas de aire características de la región como así también la circulación general y condiciones sinópticas típicas del tiempo atmosférico. Las ciudades de Mar del Plata y Necochea han sido objeto de estudio del clima y sus tendencias (García, 2009; Merlotto y Piccolo, 2010) y eventos extremos (García y Piccolo, 2006a; García, 2009; García, 2014). En Mar del Plata, se observó un incremento de las precipitaciones (Cionchi, 1993; Garcia y Piccolo, 2006b; García, 2009; García, 2014) y de la presión atmosférica (García, 2009) y una disminución de la velocidad del viento (Herman, 2015; Cardoso *et al.*, 2016). Todos estos estudios analizaron estadísticamente las series de tiempo de las diferentes variables.

El conocimiento de la variabilidad climática de un área es uno de los elementos clave para comprender el funcionamiento de los sistemas naturales y su impacto sobre las actividades humanas. La misma se refiere a las anomalías positivas o negativas con respecto al estado medio del clima. Ejemplos de la variabilidad climática incluyen sequías, inundaciones, heladas, olas de calor, como así también los eventos extremos. La variabilidad del clima es considerada como una fluctuación a corto plazo dentro de un cambio climático de mayor duración (Houghton, 2002). En este contexto, América del Sur es altamente influenciada por el fenómeno de El Niño Oscilación Sur (en inglés, *El Niño Southern Oscillation*, ENSO), siendo un importante factor de variabilidad climática interanual (Aceituno, 1988; Grimm *et al.*, 2000). Numerosos estudios han demostrado que la provincia de Buenos Aires experimenta eventos lluviosos en períodos El Niño mientras que muestra eventos secos durante La Niña (Grimm *et al.*, 2000; Scian, 2002; Ferrelli y Aliaga, 2015, Ferrelli, 2016)

El clima varía en las diferentes escalas de tiempo y espacio. Dentro de sus fluctuaciones temporales las de mayor trascendencia y período son la escala estacional (fluctuación del clima a nivel mensual), la intraestacional (oscilaciones dentro de las estaciones del año las cuales determinan las condiciones de tiempo durante decenas de días o de uno a dos meses), la interanual (variaciones que se presentan en las variables climatológicas de año en año) y la interdecadal

(manifiestan fluctuaciones del clima a nivel de décadas). El estudio del clima en una determinada escala permite observar las fluctuaciones de las variables junto con los extremos desde un año hasta períodos más extensos, esto permite relacionarlos con los índices climáticos (Guerreiro Pérez, 2014).

Los efectos derivados de la variabilidad climática en Mar del Plata generan consecuencias adversas y significativas en el espacio geográfico, incrementando el riesgo de ciertos eventos extremos, como por ejemplo, las inundaciones y/o las sudestadas. Estos fenómenos intensos generan una alteración en la distribución de sedimentos en las playas generando erosión, provocan anegamientos en áreas urbanas, periurbanas y rurales, deterioran la infraestructuras y equipamientos públicos y privados, los cuales ponen en riesgo a las personas y en casos extremos provocan víctimas (García, 2009)

Hasta el momento no se ha realizado un estudio de variabilidad climática en Mar del Plata para un período mayor a 40 años. En el presente capítulo, se analizan las variables de temperatura del aire, humedad relativa, velocidad máxima del viento y precipitaciones en diferentes escalas de tiempo. Los resultados obtenidos servirán para prever algunas de las consecuencias sociales y económicas que genera la variabilidad del clima y, así, establecer medidas de mitigación.

## **4.2 Método de trabajo**

Se analizaron datos diarios, mensuales y anuales de temperatura, precipitación, velocidad del viento, humedad relativa y presión atmosférica para la estación Camet (Mar del Plata) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) correspondientes al periodo 1965-2010. Sobre la base de estos datos se efectuó un análisis de la variabilidad climática teniendo en cuenta distintas escalas temporales. Por un lado, se estudió el ciclo anual de los elementos climáticos y la escala estacional la cual corresponde a la fluctuación del clima a nivel mensual (90 días). También se realizó un estudio interanual que corresponde a las variaciones que se presentan en las variables climatológicas desde un año hasta períodos más extensos. La misma permite el seguimiento de las precipitaciones y se asocia a fenómenos El Niño - Oscilación del Sur (ENSO) (Piccolo, 2013). Dentro de este contexto, las fluctuaciones de la precipitación se relacionaron con la intensidad del Índice Oceánico ONI (*Ocean Niño Index*) el cual se utiliza para identificar eventos cálidos (El Niño) y fríos (La Niña) en el Océano Pacífico Tropical. El mismo se calcula teniendo en cuenta la

media móvil de tres meses de la anomalía de la temperatura superficial del mar (National Weather Service, Climate Prediction Center; <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>). Los episodios fríos y cálidos son definidos cuando la anomalía es mayor o menor de un valor umbral ( $\pm 0.5$  °C) durante, al menos, cinco períodos consecutivos (Jimenez Quiroz, 2011)

El análisis de la información se efectuó a partir de cálculos de estadística descriptiva (valores máximos, mínimos, promedios, anomalías, etc.) y de tendencias climáticas.

## 4.3 Resultados y discusión

### 4.3.1 Temperatura del aire

La temperatura media anual de Mar del Plata es 14 °C durante el período de estudio (1965-2010, Figura 4.1). La amplitud de la temperatura media anual es 10.9°C. A escala interanual (Figura 4.1), la temperatura media del aire disminuyó aproximadamente 0.2 °C durante todo el período. El máximo valor medio anual se observó en 1981 con 15 °C y el menor valor correspondió a 2007 con 13.1 °C. La temperatura fue mayor al valor medio durante los siguientes períodos: 1967-1970, 1972-1973, 1975, 1977-1983, 1989-1991, 1993, 1997-1998, 2001, 2004 y 2008-2009, mientras que los períodos más fríos fueron 1965-1966, 1970-1971, 1974, 1976, 1984-1988, 1992, 1994-1996, 1999-2000, 2002-2003, 2005-2007 y 2010.

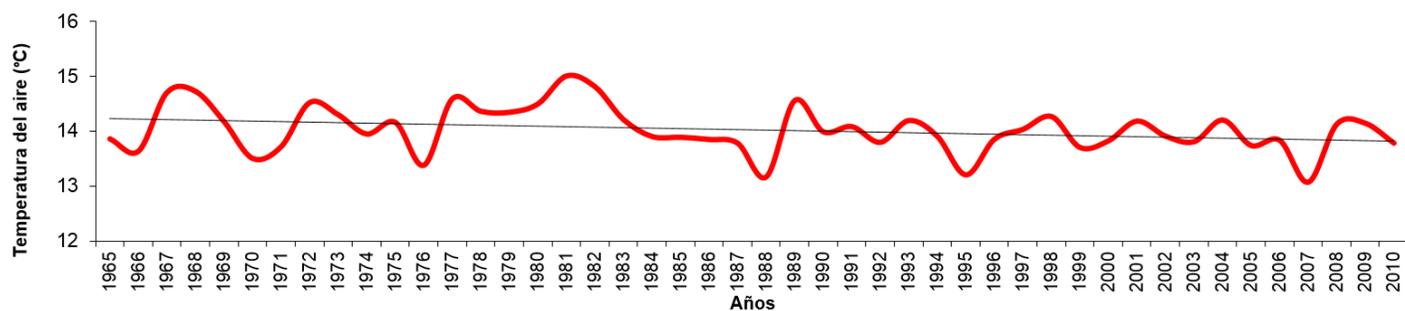


Figura 4.1. Temperatura media anual del aire para el período 1965-2010.

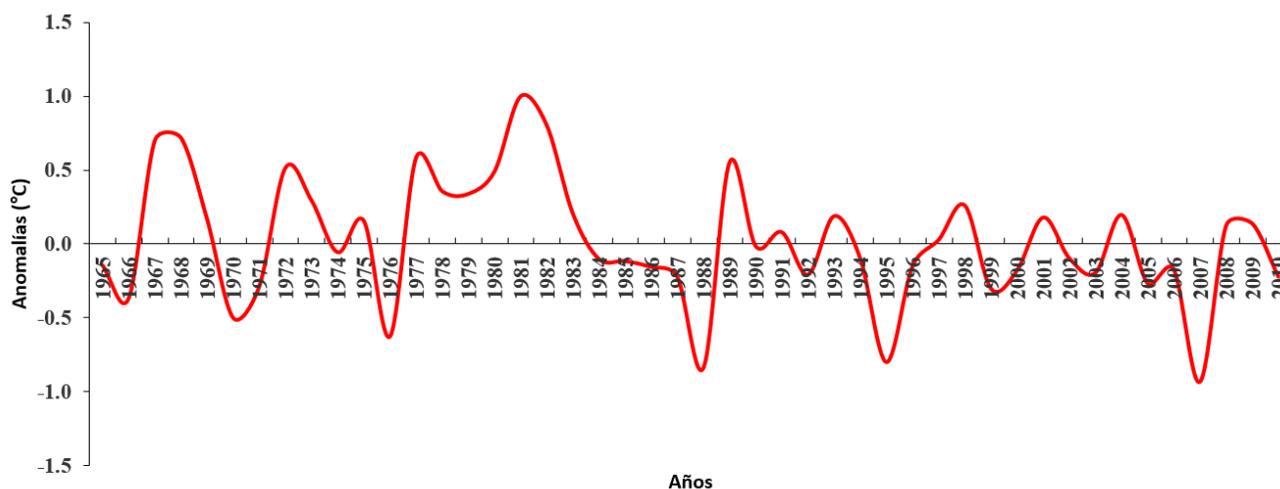


Figura 4.2. Anomalías de la temperatura media anual (°C) de Mar del Plata durante el período 1965-2010

Entre 1965 y 1986 se advierte una mayor frecuencia de anomalías positivas, además de ser las de mayor amplitud del período analizado. Estos resultados coinciden con lo estudiado por Rusenbluth *et al.* (1997) donde se observan anomalías positivas para la estación Mar del Plata en todas las estaciones del año entre 1960 y 1992. Sin embargo, desde 1987 las anomalías negativas son las más frecuentes e intensas. La máxima anomalía positiva se registró en 1981 (+1.0 °C) mientras que la menor anomalía negativa se observó en 2007 con -0.9 °C (Figura 4.2).

La temperatura media estival es 19.5 °C. El verano de 1981 fue el más cálido con 21 °C y el más frío en 1995 con 18.1 °C (Figura 4.3). La temperatura media de otoño fue 11.6 °C siendo el año 1993 el más cálido con 15.4 °C y 1988 el más frío con 9.7 °C. El invierno registró una media de 9.1 °C para el período, siendo el invierno de 1968 el más cálido con 10.8 °C, mientras que el más frío fue en 2007 donde se registró una temperatura media de 7.5 °C. La primavera presentó una temperatura media de 15.9 °C. La máxima se registró en 1967 con 17.8 °C y el valor mínimo en 1993 con 14.5 °C. (Figura 4.3). Los valores de temperatura media estacional reflejan una cierta amplitud térmica a lo largo del año en Mar del Plata, con máximas / mínimas temperaturas en el verano (19.5 °C) / invierno (9.1 °C), y temperaturas intermedias en las estaciones de transición, siendo el otoño más frío que la primavera.

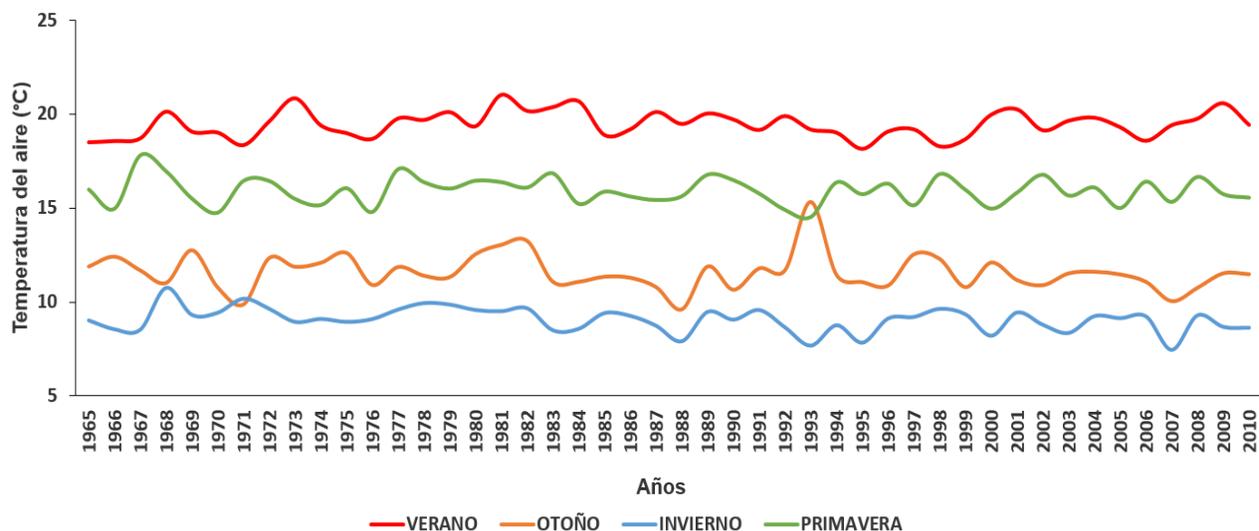


Figura 4.3. Temperatura media estacional del período 1965-2010

En cuanto al máximo y mínimo registro de temperatura media mensual, enero de 1983 fue el más caluroso alcanzando un valor medio de 22.7°C, mientras que el mes más frío se registró en julio de 2007 con un valor de 5°C.

#### 4.3.2 Precipitación

La precipitación media anual de Mar del Plata es 933.6 mm, variando entre un máximo de 1223.3 mm en el año 2001 y un mínimo de 578.8 mm en 1979 (Figura 4.4). A partir de la década del 70 las fluctuaciones entre períodos secos y húmedos fueron mayores (Figura 4.5). Los períodos donde la precipitación no superó el valor medio fue en 1965-1968, 1973-1974, 1978-1979, 1982, 1985, 1989-1990, 1994-1996, 1998-1999, 2004-2006 y 2008-2009 mientras que los periodos donde se superó la media fue en 1969-1972, 1975-1977, 1980, 1982-1984, 1986-1987, 1990-1993, 1997, 2000-2003, 2007 y 2010 (Figura 4.4).

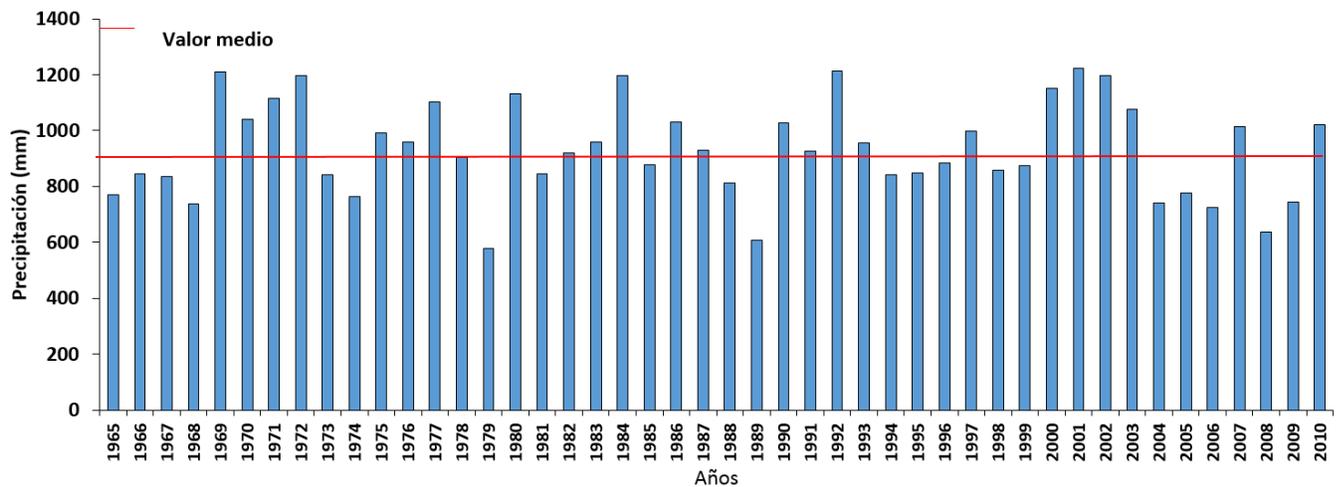


Figura 4.4. Precipitación media anual (Período 1965-2010).

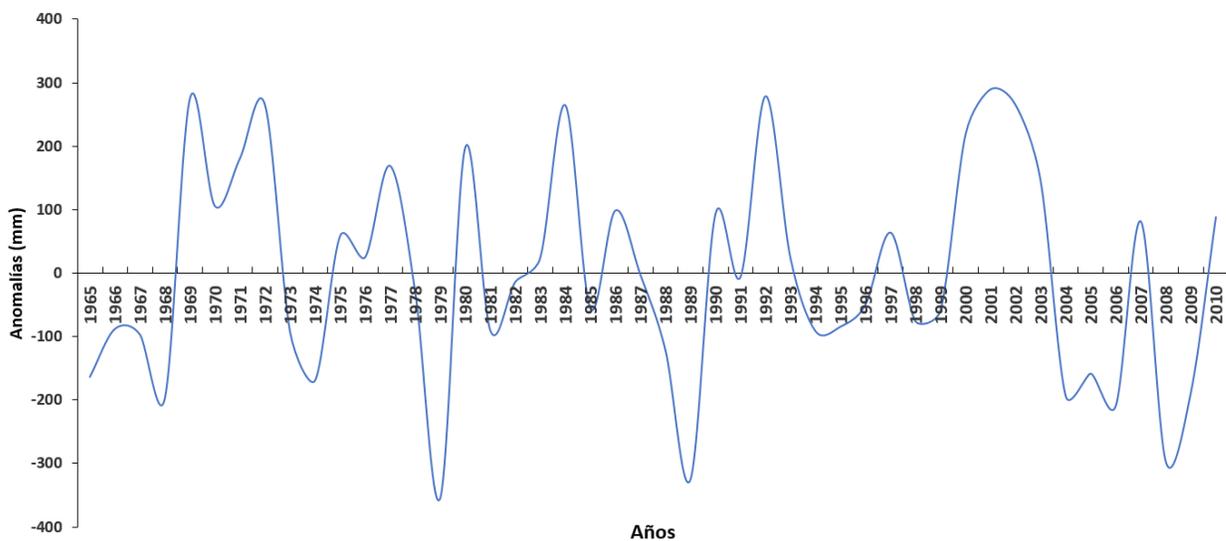


Figura 4.5. Anomalías de la precipitación media anual (mm) de Mar del Plata (Período 1965-2010).

El comportamiento de las precipitaciones presentó una relación importante con el índice ONI. Del análisis de las anomalías de precipitación anual acumulada (Figura 4.5) se observa que el año anómalamente más lluvioso se registró en 2001 con +289.7 mm (+31%) lo cual coincide

con la presencia de eventos El Niño intensos junto con los años 1969, 1972 y 1992. El año con mayor anomalía negativa fue en 1979 con -354.8 mm (-38%) junto con los años 1989 y 2008, teniendo una correlación con eventos La Niña intensos. Por último, también, coincide con los eventos El Niño moderado en 1977, 1982 y 2002 y La Niña moderada en 1962.

Penalba y Rivera (2016) utilizaron el índice ONI para definir las condiciones de El Niño/La Niña en la región del sudeste de Sudamérica (SSA). Los resultados traslucen respuestas coherentes y positivas de las fases de ENSO en la mayoría de las regiones del SSA (donde el área de estudio de la presente tesis se encuentra enmarcada). El comportamiento de la precipitación a los eventos La Niña se caracteriza por déficits regionales, identificados con valores negativos durante el final de dicho evento.

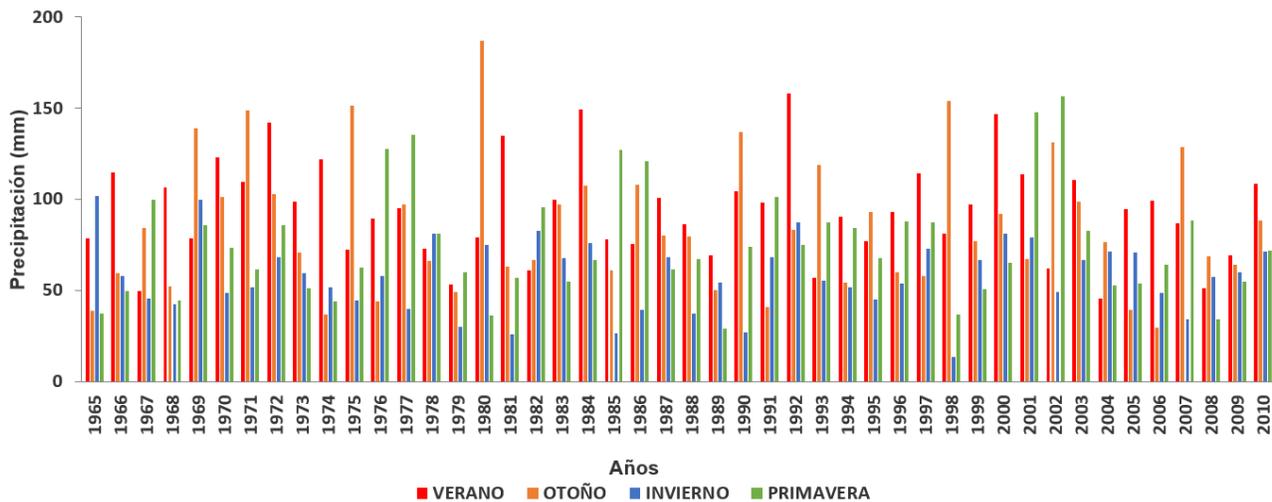


Figura 4.6 Precipitación estacional para el periodo 1965-2010

Con respecto al análisis estacional, las mayores precipitaciones se registraron durante la época estival (Figura 4.6) con una media de 93.5 mm y un máximo de 304.7 mm en febrero de 2000 y un mínimo de 7.9 en marzo de 1965. A su vez la media de otoño fue 84.9 mm con un máximo de 370.9 mm en abril de 1998 y un mínimo de 2.3 en junio de 1988. En tanto que el valor medio de precipitación en el invierno fue 57.9 mm, con una precipitación máxima de 172.7 mm en julio de 1969 una precipitación mínima de 2.1 en agosto de 1973. Por último, la primavera

registró una media estacional de 74.8 mm alcanzando el pico máximo de precipitación en octubre de 2002 con 274.6 mm. En cambio, en septiembre de 1966 se registró la mínima con 5.3 mm.

El comportamiento estacional de las precipitaciones y su relación con el ONI ha sido estudiado por diversos autores. Jozami *et al.* (2015) encontraron correlaciones positivas entre el ONI y las precipitaciones de Paraná y la ciudad de Lucas González en Entre Ríos durante la primavera-verano. A su vez, los autores encontraron correlaciones negativas durante los meses de JJA para la misma área de estudio. Travasso *et al.* (2003) encontraron, para la región norte de Buenos Aires, Sur de Santa Fe y Sudeste de Córdoba una correlación significativa e inversa entre las anomalías de marzo a julio del “Sea Surface Temperature del Océano Sur Atlántico” (SST\_SA) y las precipitaciones del período octubre-febrero. Camilloni (2006), también reportó correlación significativa de la temperatura superficial del Atlántico (5°N-20°S) entre junio y septiembre con las precipitaciones estivales de la cuenca baja del Paraná.

#### 4.3.3 Velocidad máxima del viento

El valor medio anual de la intensidad máxima del viento diario (AIV) es 23 km/h. Las mayores velocidades se registraron entre 1967 y 1974 (Figura 4.7), con valores que superan ampliamente la media del registro completo. Dentro del período también se encuentra el máximo valor medio anual del período de estudio, ocurrido en el año 1972 (34 km/h). Posteriormente en 1974 se observa un brusco descenso en la velocidad del viento hasta 1995, año en el que se registró el menor valor de la serie (16 km/h). Desde 1996, los valores medios anuales son similares a la velocidad media. A lo largo del período analizado, la AIV disminuyó 6 km/h. Esto podría estar relacionado a resultados hallados por Herman (2015) y Cardoso *et al.* (2016) quienes identificaron que la intensidad media del viento está disminuyendo de manera significativa a una tasa mayor que  $-0.5 \times 10^{-3}$  m/s por mes sobre el Océano Atlántico adyacente a la Argentina entre otras regiones.

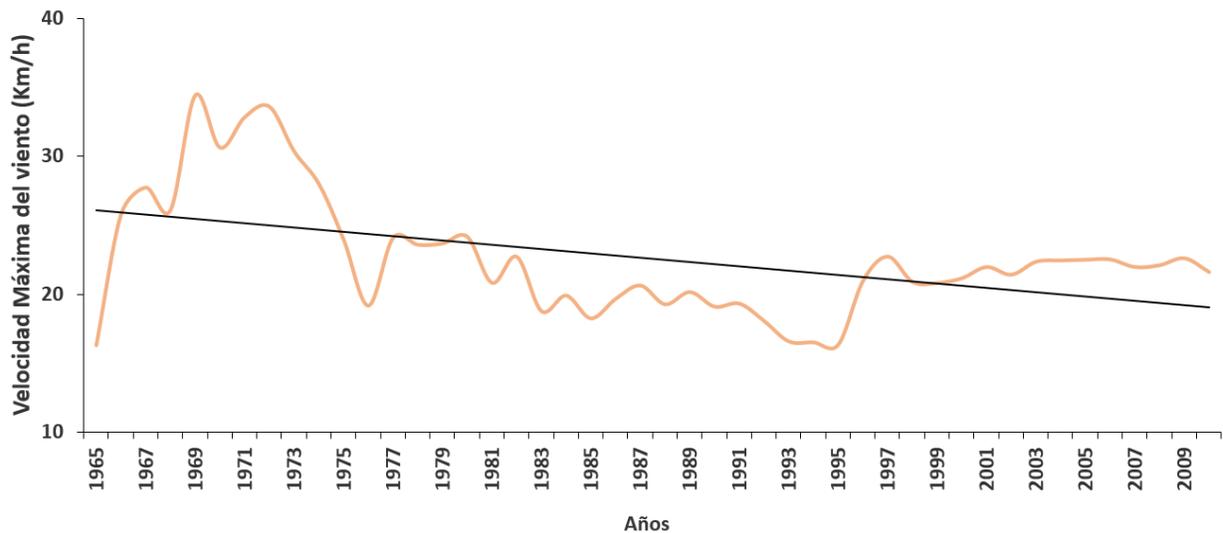


Figura 4.7 Velocidad máxima media del viento (Período 1965-2010).

El año 1969 fue el que presentó la mayor anomalía (+12.5 km/h), mientras que el año con menor valor fue 1995 con -5.7 km/h (Figura 4.8). Los valores medios estacionales de la intensidad máxima del viento (Figura 4.9) muestran que, en promedio, durante la primavera se registran los vientos más intensos, con un valor medio de 38 km/h, mientras que las mínimas intensidades se originan en el otoño, con un valor medio de 31 km/h. Los valores medios estacionales para el invierno y verano son similares, 36 km/h y 35 km/h respectivamente. Es de destacar las escasas diferencias entre las series estacionales en cuanto a su intensidad y variabilidad interanual. En cuanto a los extremos estacionales, el mayor valor está asociado al invierno de 1971, con 85 km/h, mientras que el menor lo está con la primavera de 1968 y verano de 1967, alcanzando los 2 km/h.

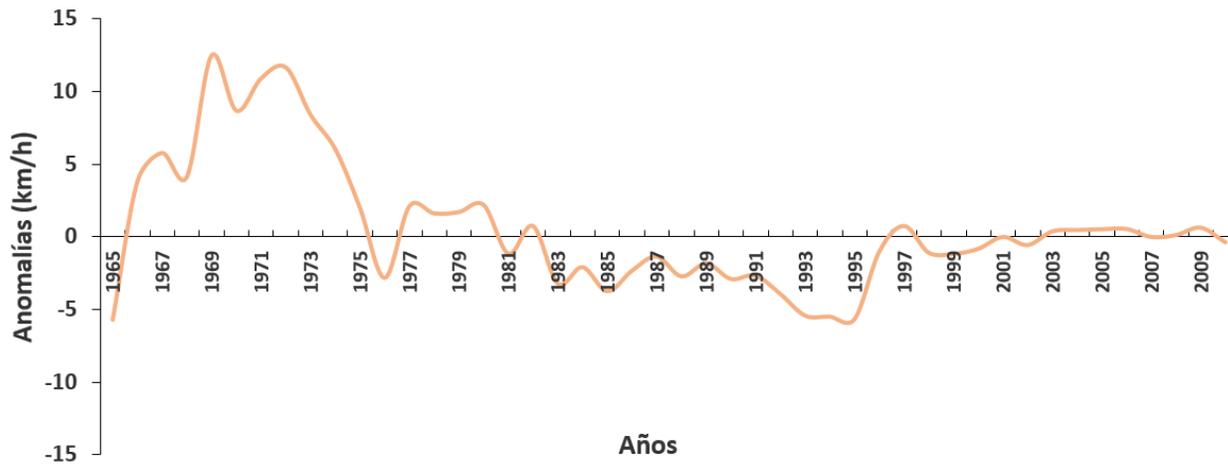


Figura 4.8 Anomalías de la velocidad máxima media del viento (km/h) de Mar del Plata durante el período 1965-2010.

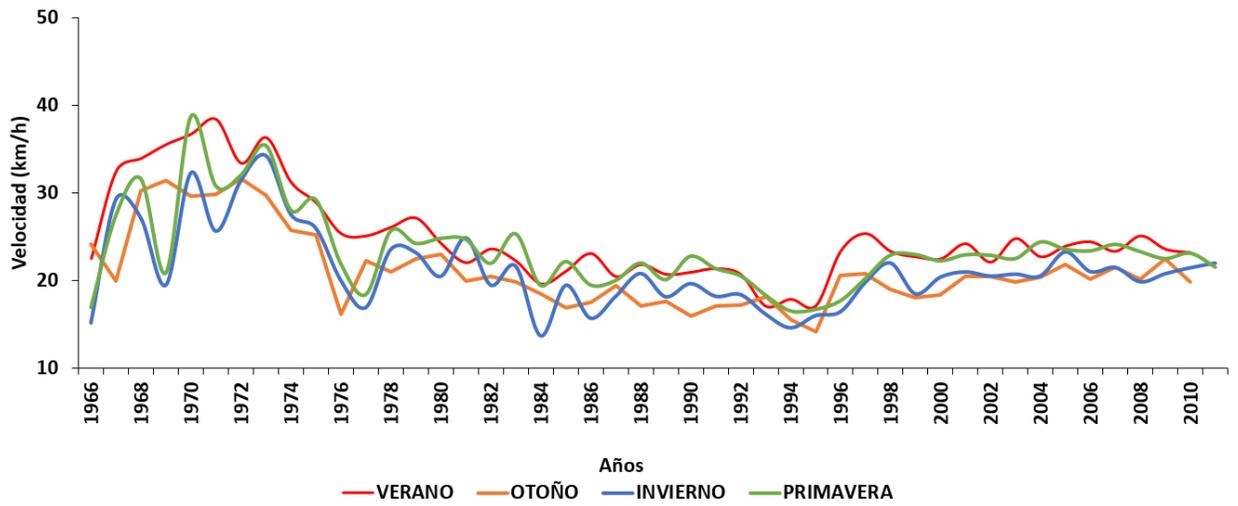


Figura 4.9. Velocidad máxima media del viento estacional (Período 1965-2010)

#### 4.3.4. Humedad Relativa

La humedad relativa media anual para la ciudad de Mar del Plata es 79% (Figura 4.10). El mes más húmedo del período de estudio se registró en junio de 1969 mientras que el más seco (65%) en enero de 1973. Se observó que dicha variable posee una leve disminución para la serie analizada. El año 1969 fue el que mayor valor de anomalía positiva registró (+6%) mientras que el año con el valor máximo de anomalía negativa fue en 2009 con -9% (Figura 4.11). La mayor anomalía negativa se observa durante el evento La Niña 2008-2009.

A escala estacional (Figura 4.12) se observaron que los mayores valores de humedad relativa se registran otoño e invierno mientras que los menores en primavera y verano. La humedad comienza a descender hacia finales del invierno manteniéndose constante durante la primavera. Esta tendencia continúa hasta el verano. Cabe destacar que el error del instrumental para medir la humedad relativa es del 10 %, fundamentalmente en los instrumentos que se utilizaban en esas décadas, por lo tanto se concluye que la humedad no presenta variaciones importantes en las series de tiempo.

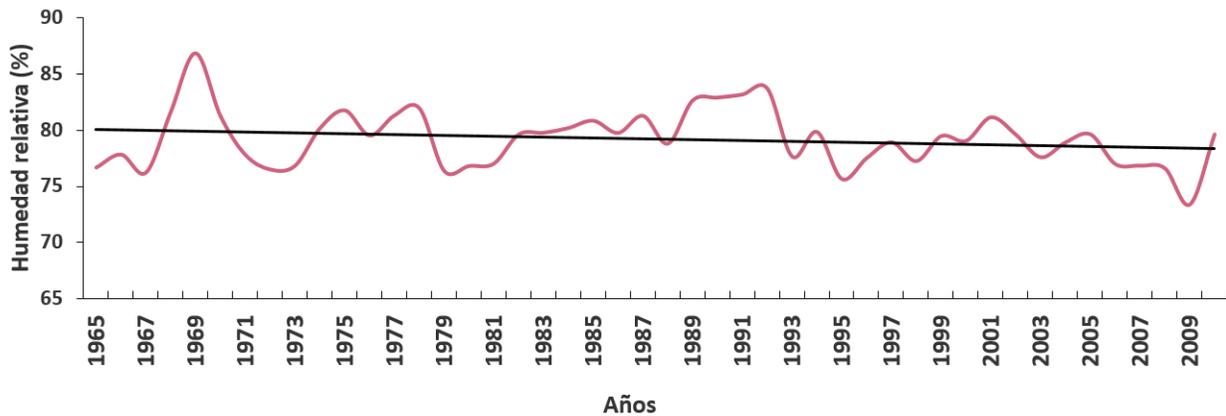


Figura 4.10 Humedad relativa media anual (%) para el período 1965-2010.

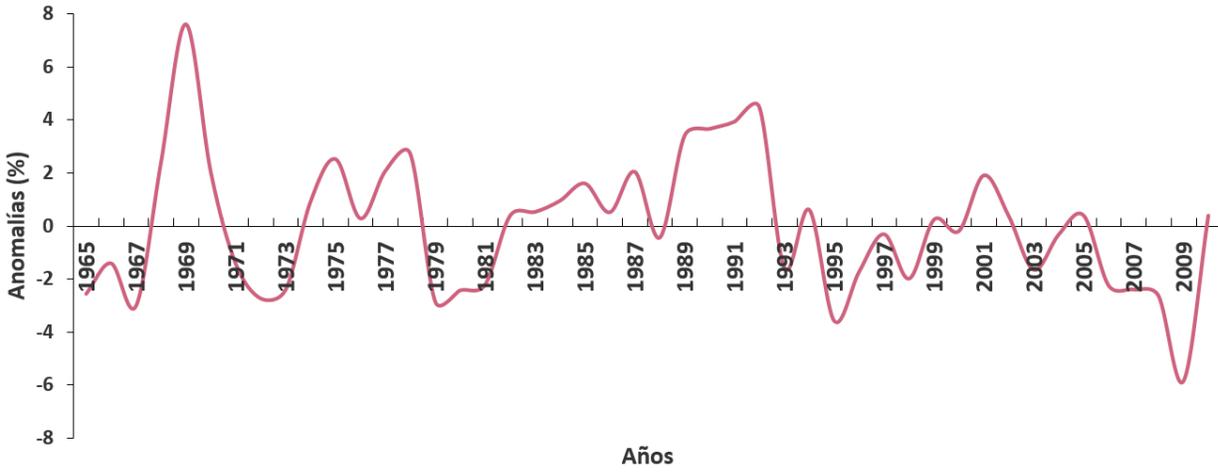


Figura 4.11 Anomalías de la humedad relativa media anual (%) de Mar del Plata durante el período 1965-2010.

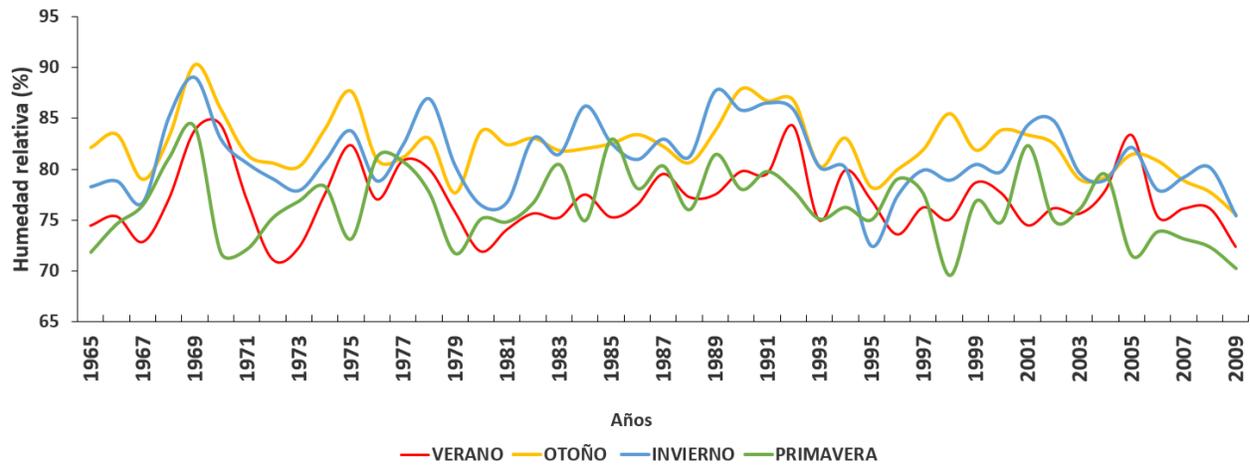


Figura 4.12 Humedad relativa (%) estacional (Período 1965-2010).

#### 4.3.5 Presión atmosférica

La presión atmosférica media anual de la serie es 1012.6 hPa (Figura 4.13) El mayor valor medio de esta variable se registró en mayo de 2004 con 1021.5 hPa y el menor en febrero de 1965 con 1003.3 hPa. La presión atmosférica presenta una marcada tendencia positiva debido, posiblemente, a anomalías atmosféricas que involucran un desplazamiento hacia el sur y un fortalecimiento del Anticiclón del Atlántico Sur como mencionan Venegas *et al.* (1997), Behera y Yamagata (2001) y Fauchereau *et al.* (2003). Las anomalías de la presión (Figura 4.14) indican que la mayor desviación con respecto al valor medio se registró en 1999 con +2.1 hPa y la menor anomalía negativa se observó en 1972 con -1.9 hPa

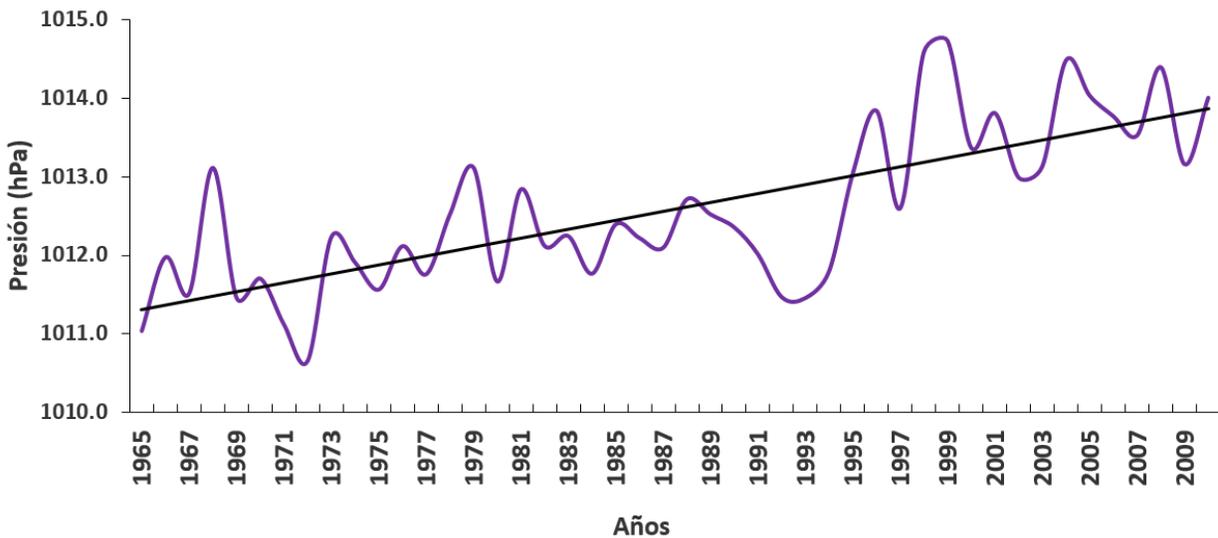


Figura 4.13. Presión atmosférica media anual de Mar del Plata para el período 1965-2010.

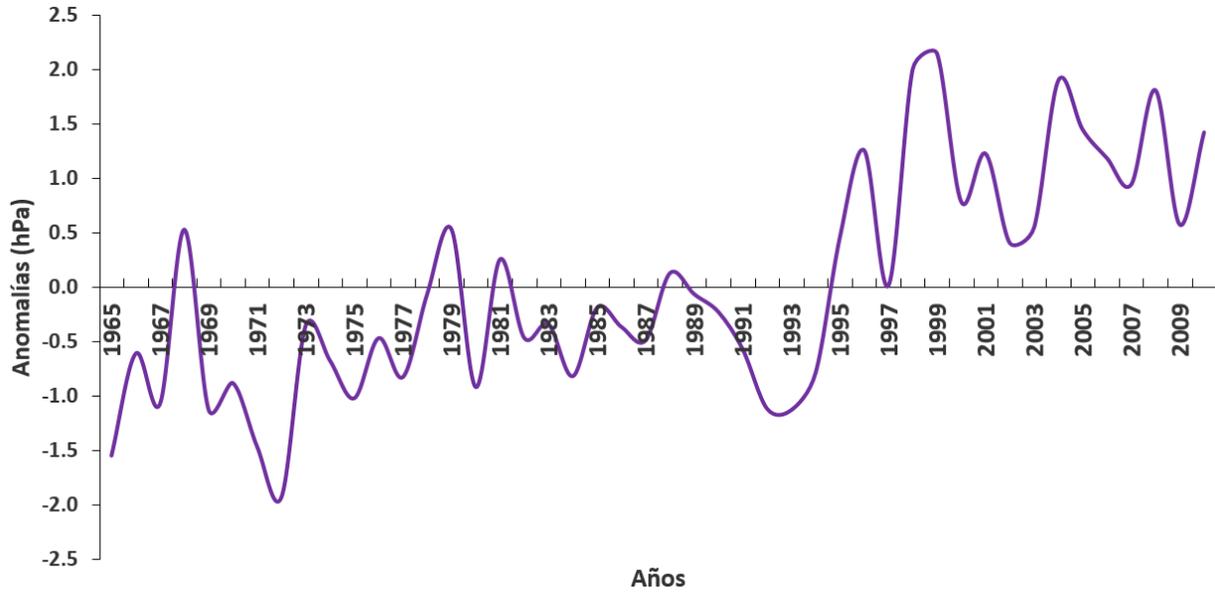


Figura 4.14. Anomalías de presión media (hPa) de Mar del Plata (Período 1965-2010).

El análisis estacional de la variable (Figura 4.15) indica que los mayores valores de la misma son en invierno y primavera y menor en verano. Cabe destacar que en otoño, el parámetro oscila alrededor del valor medio del período hasta 1982 donde se produce un descenso hasta 1992 para posteriormente aumentar alcanzando valores similares a los de primavera e invierno.

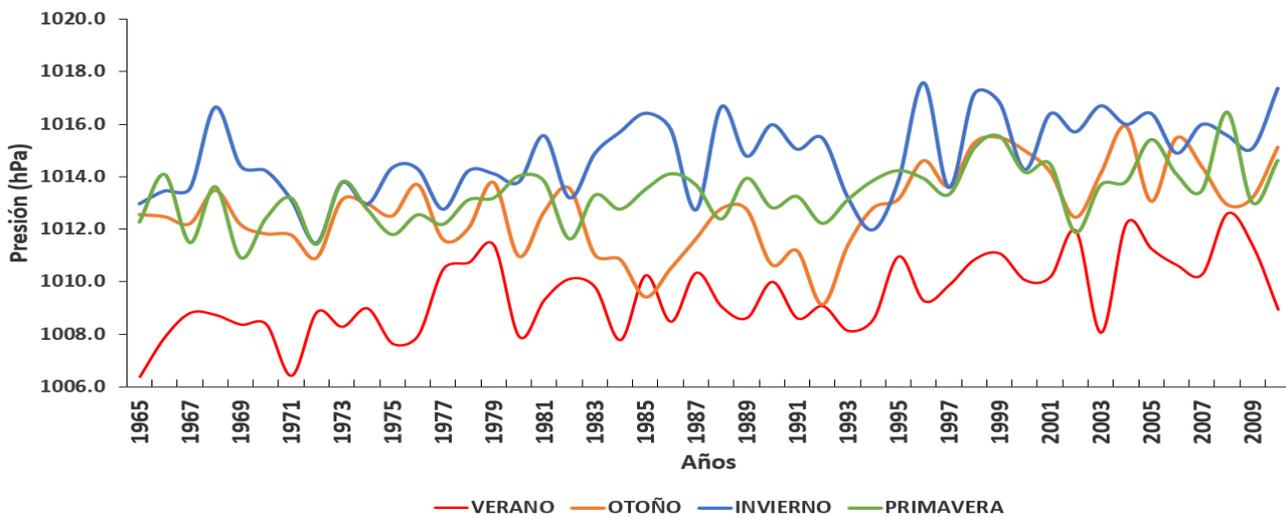


Figura. 4.15 Presión atmosférica media estacional del período 1965-2010.

Sin lugar a dudas, la presión atmosférica es el parámetro indicador del cambio de circulación atmosférica en el área de estudio.

#### **4.4 Conclusiones**

A partir del análisis de 45 años de mediciones meteorológicas (1965-2010), se concluye que se está evidenciando un cambio en el clima de Mar del Plata. El clima del área de estudio presenta una marcada estacionalidad en todas las variables estudiadas. La temperatura media del aire posee una tendencia negativa, disminuyendo 0.2 °C, mientras que las anomalías térmicas no mostraron oscilaciones importantes.

Con respecto a la precipitación, a partir de la década del 70, las fluctuaciones entre períodos secos y húmedos fueron mayores. Los extremos de anomalías coincidirían con eventos El Niño/La Niña indicados por el ONI. El análisis estacional de las precipitaciones indicó que la estación más húmeda es el verano, seguida por el otoño, la primavera y por último el invierno. La humedad relativa presentó períodos más húmedos que secos aunque la tendencia de la misma es negativa para todo el período de estudio. Los mayores valores de humedad relativa se registran otoño e invierno mientras que los menores en primavera y verano.

La presión atmosférica muestra una marcada tendencia positiva durante el período de estudio. A escala estacional los mayores valores de la presión son en invierno y en primavera y disminuyen en verano. Por el contrario, la intensidad máxima del viento diario posee una marcada tendencia negativa donde se registraron las mayores velocidades entre 1967 y 1974 con valores que superan la media del registro completo. La velocidad se redujo durante el período de estudio en 7 km/h. Evidentemente, el aumento de la presión atmosférica en el área de estudio, indicando la mayor presencia y/o influencia de centros de alta presión en el área de estudio, ocasiona las variaciones indicadas en el viento. Además, existen escasas diferencias entre las series estacionales en cuanto a su intensidad y variabilidad interanual.

## Capítulo 5 Climatología de tormentas

### 5.1 Introducción

El conocimiento de la ocurrencia de tormentas y otros fenómenos de tiempo severo que tienen impactos socioeconómicos (Berman y Bischoff, 2013) es importante para tomar medidas para mitigar o prevenir sus consecuencias. Por definición, las tormentas se producen por el desarrollo de nubes convectivas, en una atmósfera inestable, con fuertes movimientos de aire en sentido vertical (Celemin, 1984) Por su origen, se clasifican en tormentas frontales y convectivas. Las primeras se asocian a lluvias continuas sobre superficies bastante extensas y pueden clasificarse según dos tipos de frentes: frentes de aire cálido y frentes de aire frío. Las lluvias más intensas en general se asocian con este último tipo de frente, donde el aire caliente es forzado a ascender y genera las condiciones para la formación de nubes cumulos-nimbus, de gran desarrollo vertical. En los frentes cálidos, el aire asciende suavemente, con una escasa pendiente, dando lugar a una nubosidad más estratiforme que en el frente frío y por lo tanto a lluvias y lloviznas más continuas y prolongadas, aunque de menor intensidad (SMN, 1989; OMM, 1992). A diferencia de las tormentas frontales, las convectivas, son aquellas que se desarrollan cuando existen condiciones de calentamiento en superficie. De esta forma se produce ascenso de aire, enfriamiento, formación de nubosidad tipo cumuliforme y precipitaciones que pueden ser en forma de tormenta (Maderey Rascón y Jiménez Román, 2005).

Las tormentas que afectan a la Provincia de Buenos Aires provienen de diversas direcciones y con diferentes intensidades. Entre ellas, las tormentas que ocasionan mayores inundaciones e impactos en toda la costa de la provincia de Buenos Aires son las denominadas Sudestadas (Celemin 1984; Escobar *et al.*, 2004; Bischoff, 2005; D'Onofrio *et al.*, 2008). La Sudestada es un estado de mal tiempo que afecta al río de la Plata y al litoral de la provincia de Buenos Aires y por ende, el área estudiada. Se caracteriza por la ocurrencia de vientos regulares a fuertes, con velocidades mayores a 35 km/h del sector SE, con precipitaciones persistentes, débiles o moderadas y temperaturas relativamente bajas. Esto se debe a la acción combinada de los dos sistemas migratorios: un centro de alta presión ubicado sobre las costas atlánticas patagónicas, que aporta aire frío marítimo y una depresión o área ciclónica originada en el área santafesino-entrerriana, que transporta aire cálido y húmedo. Cuando ambos sistemas convergen, se profundiza la depresión y se intensifican los

vientos del SE, provocando diversos perjuicios urbanos (Celemín, 1982; SMN, 1989). Las sudestadas son más notorias en invierno y primavera, aunque no se descartan también durante el verano (Celemín, 1984; Rimondi, 1999). Tanto las sudestadas como el Pampero (vientos del sector W y SW), entre otras, constituyen episodios de fuertes vientos y frecuentemente se manifiestan acompañados por precipitaciones (Merlotto y Piccolo, 2009).

El estudio de las sudestadas ha sido extensamente abordado en Argentina. Celemín (1984) compiló y describió las sudestadas que ocurrieron desde 1940 hasta 1982 y clasificó su intensidad de acuerdo a la intensidad del viento, la cantidad de cielo cubierto y la ocurrencia de precipitaciones. Ciappesoni y Salio (1997) realizaron el primer estudio sistemático de sudestadas y con una muestra de cinco años (1990-1994) describieron los campos de circulación asociados en la troposfera media (Bischoff, 2005)

Las sudestadas en coincidencia con la marea alta y el oleaje de temporal producen un fuerte impacto en la playa. Fiore *et al.* (2009) estudiaron las ondas de tormenta en Mar del Plata y sus impactos sobre la costa y observaron efectos erosivos sobre las playas. A su vez, Bértola (2006) estudió la efectividad de una tormenta en áreas costeras en relación con su tamaño e intensidad (velocidad y alcance del viento), su duración, la altura de marea al momento de la tormenta, el lapso entre 2 tormentas sucesivas y la orientación de la costa según la dirección de la tormenta para demostrar el efecto erosivo del fenómeno en la costa bonaerense.

Mar del Plata, junto con otras ciudades costeras del sudeste bonaerense, no es ajena al problema que generan las tormentas y suelen verse, rápida y ampliamente, impactadas por precipitaciones torrenciales que superan los 100 mm en pocas horas, junto con fuertes temporales de viento y otros fenómenos meteorológicos asociados a tormentas (García, 2009). Estos fenómenos intensos, alteran la distribución de sedimentos en las playas, provocan anegamientos en áreas urbanas, periurbanas y rurales, deterioran infraestructuras y equipamientos públicos y privados, ponen en riesgo a las personas o provocan víctimas, etc. (Isla, 1994; García, 1999, 2001; Rimondi, 1999; Bértola, 2006, García, 2009).

En el presente capítulo, se priorizó la caracterización de los fenómenos de tormenta a partir de su dirección, frecuencia, variabilidad temporal, intensidad y daños. El conocimiento de estos eventos resulta fundamental para el ordenamiento y la planificación de la ciudad con el fin de generar las bases para anticipar y prevenir situaciones climáticas riesgosas.

## 5.2 Método de trabajo

Se analizaron datos diarios de precipitación de la estación Camet (Mar del Plata), del Servicio Meteorológico Nacional. Se define un día con precipitación cuando la precipitación caída supera los 0 mm (igual o mayores a 0.1 mm) mientras que un día con precipitación extrema y extraordinaria es aquel en que la precipitación diaria es superior a un determinado umbral (Robledo y Penalba, 2007). Los extremos se refieren a aquellos valores que se encuentran fuera de la normalidad climática de un determinado lugar, sin embargo, la definición de una condición extrema tiene un contenido intrínsecamente estadístico y la determinación cuantitativa general aplicable a cualquier región y para todos los usos no existe (Penalba, 1995).

Para definir los umbrales de precipitación se utilizó el método de percentiles o de las llamadas medidas de posición no central y se puede describir como una forma de comparación de resultados. El percentil es un número de 0 a 100 para un conjunto de datos. El percentil de un valor dado indica el porcentaje de datos que son igual o menores que dicho valor; en otras palabras, explica dónde se posiciona una muestra respecto al total (Bencardino, 2000).

Para obtener los percentiles de los datos mensuales de la precipitación del período 1965-2010 fue necesario ordenar la serie de manera monótonamente creciente. Estos percentiles se calculan en base a las distribuciones empíricas de la precipitación diaria para la estación meteorológica. A partir de la serie se obtiene la posición del percentil deseado mediante la fórmula:

$$P_i = kf = \frac{N + 1}{100}$$

donde  $P_i$  es el percentil buscado y  $N$  es el número total de observaciones. El número 100 corresponde al percentil máximo, que es igual al total de las observaciones.

Para clasificar la precipitación diaria extrema se utilizó el percentil 95 (P95) – que indica que el 95% de los datos se encuentra por debajo de este valor alcanzando una probabilidad del 5% (0.05) de que este sea superado - y el percentil 99 (P99) para la precipitación diaria extraordinaria - el cual establece que el 99% de los datos se encuentra por debajo de este valor y es considerado

como el valor más extremo. La probabilidad de que ocurra un evento que lo supere es del 0.01(1%). Este percentil corresponde a valores aún más anormales (Bencardino, 2000)

El estudio se concentró sobre los valores extremos y extraordinarios que representan los anegamientos en el ejido urbano de Mar del Plata. El P95 indicó valores de precipitación extrema mayores que 33.9 y menores que 66.7 mm mientras que P99 registró valores superiores a 66.7 mm (ver Tabla 1). Estos datos obtenidos a partir de la fórmula de percentiles fueron constatados con información suministrada por diversos medios de comunicación donde se observó que a partir de los 44 mm de precipitación en un evento dado, la ciudad de Mar del Plata padece inundaciones severas.

Por último, se graficaron las frecuencias totales de tormentas con precipitación extrema y extraordinaria y la dirección de viento asociada, en el periodo 1965-2010, para cada estación del año.

Tormentas con precipitación extrema (P95)	Tormentas con precipitación extraordinaria (P99)
33.9 <= pp < 66.7 mm	66.7 mm <= pp

Tabla 1. Umbrales de tormentas con precipitación extrema y extraordinaria

## 5.3 Resultados y discusión

### 5.3.1. Precipitación extrema y extraordinaria

La precipitación se observa a partir de la cantidad de agua que llega al suelo en un intervalo de tiempo determinado. Esto puede ser en años, meses, días, horas, etc (Casas Torres e Higuera Arnal, 1977). El régimen de precipitaciones intensas es una de las variables de mayor impacto sobre las ciudades. Cuando se habla del riesgo climatológico se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un extremo climático, por ejemplo a la frecuencia de los episodios de lluvias torrenciales (Mocho y Caselles, 2011). Las lluvias torrenciales y/o extremas están asociadas al desarrollo de nubes convectivas con fuerte movimientos de aire en sentido vertical. Por su origen, se clasifican en tormentas convectivas y frontales. Estas pueden devenir de distintas direcciones y con una intensidad variable.

El aumento de las precipitaciones en el sudeste de Sudamérica (SESA) ha sido gradual (Pittock 1980; Penalba y Vargas, 1993; Minetti y Vargas, 1997; García y Vargas, 1998; Rusticucci

y Penalba, 2000; Liebman *et al.*, 2004; Penalba y Vargas 2004; Boulanger *et al.*, 2005). Sin embargo, estudios recientes para la Ciudad de Buenos Aires (Camilloni, 2013), han demostrado un aumento de los días con precipitaciones de más de 100 milímetros, sobre todo si se compara la primera con la segunda mitad del siglo XX. Asimismo, en la última década, 2001-2010 el aumento fue aún mayor, llegando a ser de 7 casos.

Desde 1965 al año 2010 la precipitación de Mar del Plata tiene una variabilidad marcada en la marcha de las precipitaciones por encima del P95 (precipitación extrema) y el P99 (precipitación extraordinaria) en relación a la frecuencia (cantidad de días) total para el período de análisis y para las distintas estaciones del año en función de la dirección del viento. El mayor número de eventos que superaron los 33.9 mm (precipitación extrema) son tormentas provenientes del cuadrante NE con 29 eventos, seguido por tormentas del cuadrante ENE con 25 eventos. Las tormentas del E, ESE, SE y SSE registraron 16, 15, 15 y 10 episodios respectivamente. Cabe destacar, que el cuadrante SSW presentó 15 eventos tormentosos y el SW registró 14. El resto de las direcciones presentaron entre 3 y 12 eventos de tormenta cada una (Figura 5.1)

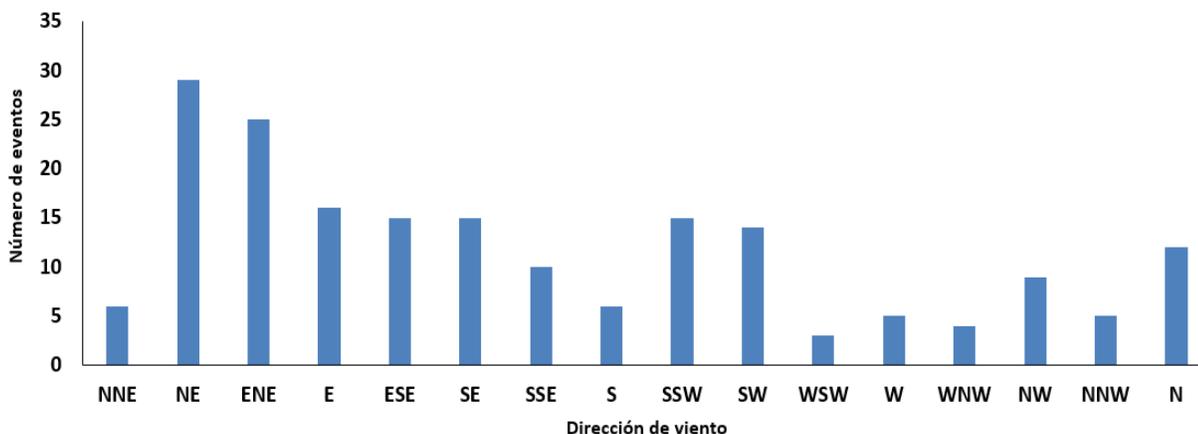


Figura 5.1 Frecuencia total de tormentas con precipitación extrema por cuadrante de viento para el periodo 1965-2010

La frecuencia de precipitación extrema interanual (Figura 5.2) alcanzó la mayor cantidad de tormentas en el año 2003 registrando 9 eventos, seguido por el año 2000 donde se observaron 8 episodios. En el año 1979 no se manifestaron tormentas que supere el umbral establecido. Vale decir, que estos eventos presentaron una marcada tendencia negativa para todo el período. La Tabla 2 muestra una descripción de los

días con valores de precipitación extrema respecto de la dirección predominante de viento para el período de estudio.

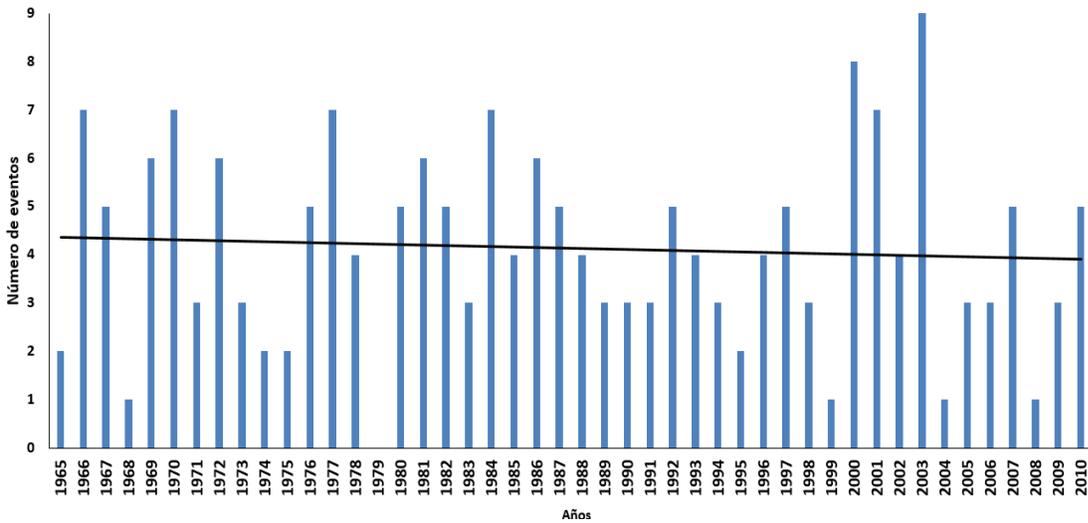


Figura 5.2 Frecuencia de tormentas con precipitación extrema interanual P95 ( $\geq 33.9$  mm) para el periodo 1965-2010 y su tendencia

Fecha	Precipitación extrema (mm)	Velocidad del Viento	
		Dirección	Intensidad (km/h)
27/06/1965	36.6	ENE	8
01/01/1966	34.7	NE	18
10/06/1966	36.5	NE	38
18/12/1966	53.3	NE	19
19/03/1967	38.8	NE	20
17/10/1967	34.4	NE	52
16/02/1970	43.3	NE	78
04/11/1970	37.7	NE	40
15/05/1972	51.8	NE	40
08/12/1972	34	ENE	39
25/04/1973	61.8	ENE	58
18/02/1974	37.7	NE	31
26/02/1974	37.5	NE	38
27/09/1976	42	NE	32
16/02/1977	38	NE	28
23/02/1977	36	ENE	30
06/03/1977	66.1	ENE	23
13/01/1978	63	ENE	30
14/06/1978	36.5	NE	26
26/09/1978	42.1	NE	25

23/06/1980	37.6	NE	22
26/01/1981	38	ENE	30
29/10/1981	48	NE	22
09/09/1982	53.8	NE	24
17/04/1983	52.3	ENE	16
27/12/1983	62.3	ENE	14
19/02/1984	39.3	NE	13
07/11/1984	38.7	NE	34
01/03/1985	34	NE	12
30/12/1985	48.6	NE	31
17/11/1986	44.2	NE	16
25/07/1987	52.2	ENE	40
20/01/1988	41.1	ENE	21
11/03/1988	37	NE	20
17/07/1991	37.5	ENE	20
16/09/1991	39	ENE	24
01/01/1992	37.2	ENE	35
21/08/1992	36.4	ENE	28
22/09/1994	41.5	NE	20
08/11/1997	41	NE	25
06/04/1998	38	ENE	19
28/07/1999	58	NE	28
30/01/2000	54	ENE	24
13/06/2001	49	ENE	28
30/12/2001	34	ENE	28
27/02/2002	57.8	ENE	20
14/03/2002	40	ENE	15
09/03/2003	59	ENE	20
10/03/2003	64	ENE	21
14/06/2003	37	ENE	27
03/05/2007	38	NE	25
24/05/2009	46	ENE	29
23/05/2010	40	NE	18
11/01/2010	46	ENE	29
19/12/2010	42	NE	20

Tabla 2. Tormentas en Mar del Plata con precipitación extrema del sector ENE y NE

Los episodios de tormentas con precipitación extrema provenientes del NE y del ENE han sido los más recurrentes y los más intensos alcanzando 54 eventos en su totalidad. Prueba de esto son dos de las inundaciones más importantes que se manifestaron en la ciudad, ambas del sector ENE. El 30 de enero de 2000 se registraron 54 mm de precipitación en sólo 35 minutos, dejando no solamente calles y viviendas anegadas sino también, cocheras de edificios inundadas y veredas devastadas (<http://www.lanacion.com.ar/3944-mas-autos-atrapados-en-mar-del-plata>) (Figura 5.3).



Figura 5.3. Uno de los cuatro vehículos enterrados en la cochera subterránea del edificio de Almirante Brown al 1700  
Fuente: Diario La Nación

Las tormentas del 9 y 10 de marzo de 2003 provocaron daños severos en viviendas, anegamiento de calles, evacuados y destrucción de árboles. Las tormentas con precipitaciones superiores a los 66.7 mm (extraordinarias) se manifestaron más frecuentemente con dirección del SE alcanzando los 10 eventos, seguido por las tormentas del ENE con 6 episodios (Figura 5.4). Cabe destacar que, en menor medida, el resto de los episodios que prevalecieron también provienen del sector E. Por ejemplo, NE, E, ESE, SSE, y S con 3, 2, 3, 5 y 4 eventos respectivamente. Las tormentas provenientes del resto de los sectores han sido menos recurrentes exceptuando el W con 3 eventos.

La sudestada se genera cuando soplan vientos del sudeste con una cierta intensidad y duración, muchas veces acompañados con precipitación, aunque no es esencial que esto suceda (Bischoff, 2005). La duración de este fenómeno se extiende normalmente entre 1 y 3 días, pudiendo llegar a 5 o 6 en casos excepcionales. La intensidad del viento medio varía entre 18 a 27 km/h (sudestada leve), 28 a 56 km/h (sudestada moderada) y más de 57 km/h (sudestada fuerte) (Celemín, 1984;Gatti, 2014).

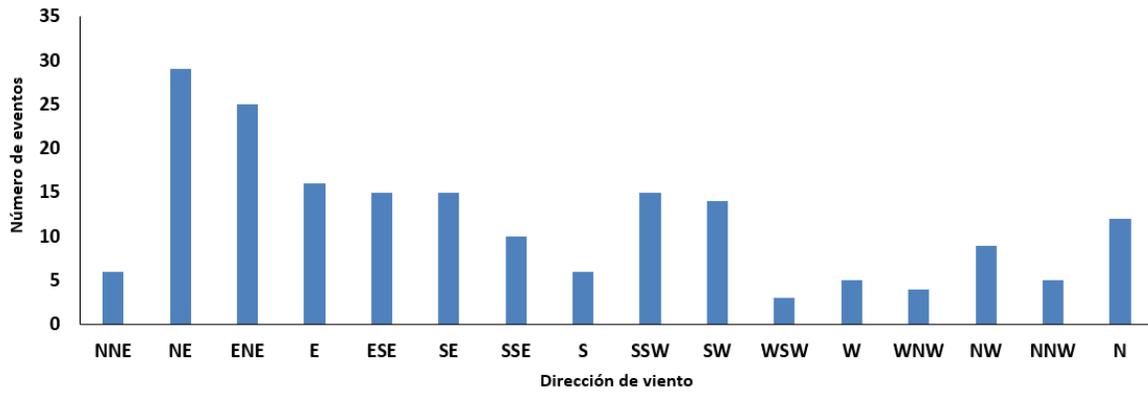


Figura 5.4 Frecuencia total de tormentas con precipitación extraordinaria por dirección de viento para el periodo 1965-2010

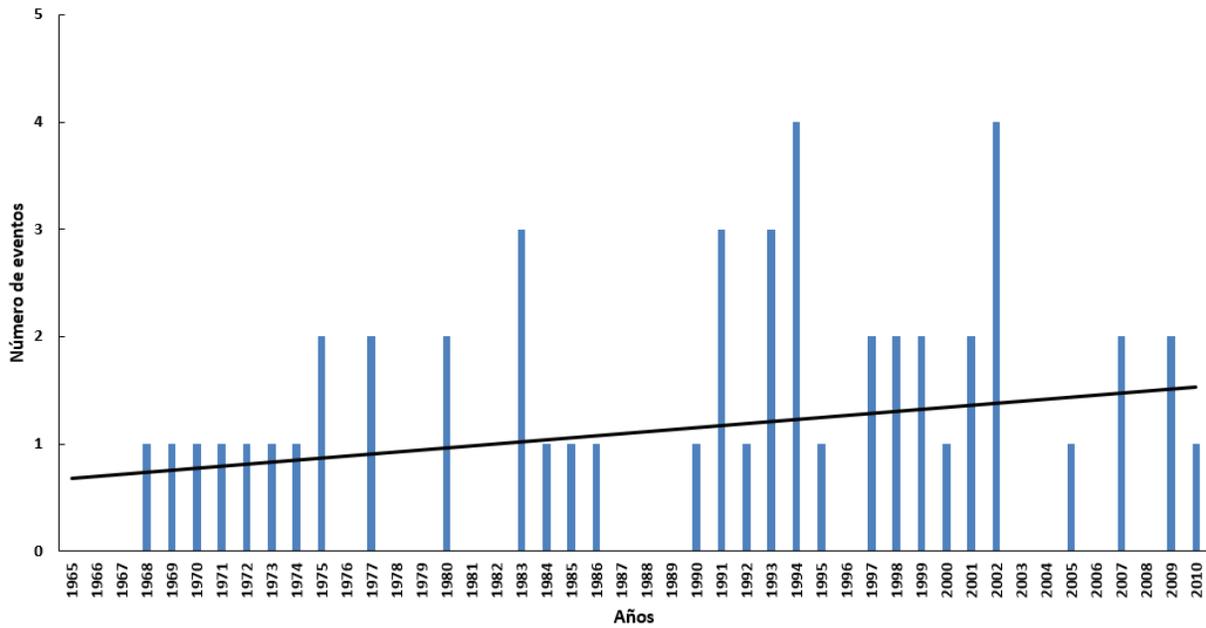


Figura 5.3 Frecuencia de precipitación extraordinaria anual P99 ( $\geq 66.7$  mm) y su tendencia para el periodo 1965-2010

Los 10 episodios de sudestadas y los 6 eventos de tormentas del ENE con precipitación extraordinaria que se sucedieron en el período de estudio 1965-2010 se presentan en la Tabla 3.

Fecha	Precipitación extraordinaria (mm)	Velocidad del Viento	
		Dirección	Intensidad (km/h)
03/02/1968	74.6	ENE	36
15/06/1969	127	SE	19
06/10/1977	99.1	ENE	30
23/03/1990	91.2	SE	14
19/02/1992	152	ENE	22
07/06/1993	95.1	SE	42
13/12/1997	74	SE	35
13/04/1998	75	SE	29
14/04/1998	76.9	SE	40
23/01/1999	85	ENE	31
13/05/2002	150	SE	25
13/10/2002	135	SE	27
21/02/2005	97	SE	30
15/02/2007	76	ENE	32
07/03/2007	95	SE	25
19/12/2009	72	ENE	16
03/03/2010	83	ENE	25

Tabla 3. Tormentas con precipitación extraordinaria del sector ENE y SE

El 19 de febrero de 1992 y diez años después, el 13 de mayo de 2002 se manifestaron los dos eventos de tormenta con mayor precipitación extraordinaria registrada en el período de estudio, el primero con 150 mm y el segundo con 152 mm. La tormenta del año 1992 fue originada en el sector ENE y se debió a la presencia de una masa aire tropical húmeda estacionada al N de la provincia de Buenos Aires, presionada por un frente frío que avanzaba desde el norte patagónico. Esta conjunción sinóptica favoreció el desarrollo de tormentas severas, con precipitaciones extraordinarias y descargas eléctricas en el sudeste bonaerense (García, 2009). El saldo de esto fueron calles y avenidas anegadas alcanzando los 3.5 m de agua, corte de rutas 11 y 88, un muerto y 2200 evacuados. En cambio, el 13 de mayo de 2002, una sudestada impactó fuertemente en la ciudad dejando más de 700 evacuados, barrios completamente anegados, cortes de energía,

suspensión de clases en todas las escuelas y en la universidad. Cayeron 150 mm en 12 hs donde llovió en Mar del Plata más que el promedio histórico del mes (<http://edant.clarin.com/diario/2002/05/15/s-03101.htm>). Las imágenes más impactantes tanto en 1992 como en 2002 fueron las de la inundación del estadio mundialista donde el agua casi tapó los arcos de fútbol (éste con 8 m de agua, cubriendo el campo de juego y otras instalaciones)(Figura 5.4). La ciudad fue declarada en emergencia por anegamientos debido a derrumbes de construcciones y desbordes fluviales. En sectores bajos del sector Puerto, la altura del agua acumulada llegó hasta 3,50 m, en tanto que alcanzó 1,50 m en otros sitios periurbanos (Base de datos DESINVENTAR, 2012) La exposición del contexto social, material y ambiental de la ciudad, representado por las personas y por los recursos y servicios fue importante y se vieron fuertemente afectados por la ocurrencia del evento.



Figura 5.4 Efectos de las tormentas extraordinarias en la ciudad de Mar del Plata  
Fuente: Diario La Capital, 1992 y 2002

Como se ha mencionado con anterioridad, muchas veces las sudestadas están acompañadas de precipitación, aunque no es esencial que esto suceda. Durante el invierno de 2009 una fuerte sudestada azotó la costa de Mar del Plata. El 22 de julio de ese año llovieron solamente 2.9 mm y la velocidad máxima del viento alcanzó los 70km/h, lo cual indica que fue una sudestada fuerte y lo suficientemente potente para ocasionar destrozos en gran parte de los paseos costeros (Figura 5.5). El saldo fue 1 marinero desaparecido, oleaje de más 3 metros, destrucción del Paseo Dávila junto con otras calles y balnearios (Playa Chica, Torreón del Monje y Playa Várese Bristol) y caída de tendido eléctrico en gran parte de la ciudad (Base de datos DESINVENTAR, 2012, ver Anexo)



Figura 5.5 Destrucción del Paseo Dávila durante la sudestada de 2009  
Fuente: <http://www.lacapitalmdp.com/noticias/La-Ciudad/2009/07/29/116755.htm>

Las tormentas con precipitaciones extremas para el período de estudio tienen una tendencia negativa mientras que los eventos con precipitaciones extraordinarias han aumentado. Esto coincidiría con lo estudiado en el Río de la Plata (en la región Sudeste de Sudamérica, donde Mar del Plata se encuentra localizada) donde han aumentado los días con precipitaciones de más de 100 milímetros, sobre todo si se compara la primera con la segunda mitad del siglo XX. Asimismo, en la última década, 2001-2010 el aumento fue aún mayor, llegando a ser de 7 casos (Camilloni, 2013).

### 5.3.2 Análisis estacional de tormentas con precipitaciones extremas y extraordinarias

#### 5.3.2.a. Tormentas estacionales con precipitación extrema

El análisis estacional de las tormentas con precipitaciones extremas permitió observar la cantidad de eventos meteorológicos que se han originado relacionados a la dirección de viento (Figura 5.6). En la estación estival, el estudio de tormentas extremas indicó que el mayor número de eventos proviene del sector ENE con 11 episodios, seguido por las tormentas del NE con 9 eventos. En menor medida con 5 episodios se destacan las tormentas del E, SSW y NW.

El otoño presentó el mayor número de eventos del cuadrante ENE – al igual que en el verano - con 8 casos y del SE con 7 episodios. Las tormentas del sector NE, E y N tuvieron una recurrencia importante con 6, 5 y 6 eventos respectivamente.

Durante el invierno, las tormentas extremas también tuvieron una predominancia del ENE llegando a los 5 eventos. Cabe destacar que las tormentas del NE, E y SE tuvieron una frecuencia de 4, 3 y 4 episodios respectivamente. Con menor recurrencia se destacan las eventos del SW y del N con 3 y 2 episodios cada una.

En cuanto a la primavera, el cuadrante que registra la mayor cantidad de tormentas extremas es el NE con 10 eventos seguido por el SSW con 7. Vale decir, que el ESE tuvo una presencia importante con 6 episodios. En menor medida, se destacan las tormentas del SW, NW y el E con 4 y 3 episodios respectivamente. El resto de los sectores presentaron entre 1 y 2 eventos con precipitación extrema.

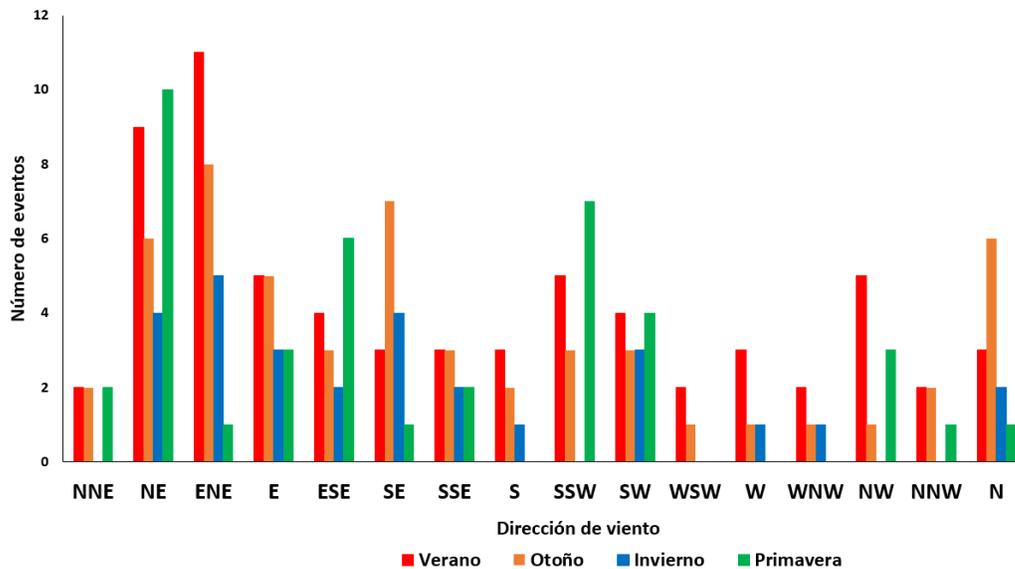


Figura 5.6 Tormentas con precipitación extrema estacional para el periodo 1965-2010

### 5.3.2.b. Tormentas estacionales con precipitación extraordinaria

Las tormentas con precipitaciones extraordinarias por estación del año (Figura 5.7) han registrado una menor cantidad de eventos respecto de las analizadas con anterioridad. En verano, el ENE registró la mayor cantidad de episodios alcanzando los 4 eventos, seguido por las tormentas del cuadrante SSE con 3 respectivamente. En menor medida, las tormentas de SE y del NW registraron dos eventos cada una.

Durante el otoño, las tormentas del SE concentraron la mayor cantidad de episodios alcanzando 6 en total para el período de estudio. Las tormentas del sector W representaron solamente 3 casos y en menor medida se destacaron los eventos del N y NE con 2 episodios. El resto de los sectores manifestaron tormentas con 1 y 2 eventos respectivamente.

En el invierno, solo se manifestaron eventos desde las direcciones E, ESE, SE y S. La mayor frecuencia de tormentas extraordinarias es del ESE registrando dos episodios mientras que el resto de las direcciones no registró evento alguno. En primavera, solo se observaron registros con un solo evento desde los sectores NNE, ENE, ESE, SE, S, SSW, WSW y NNW.

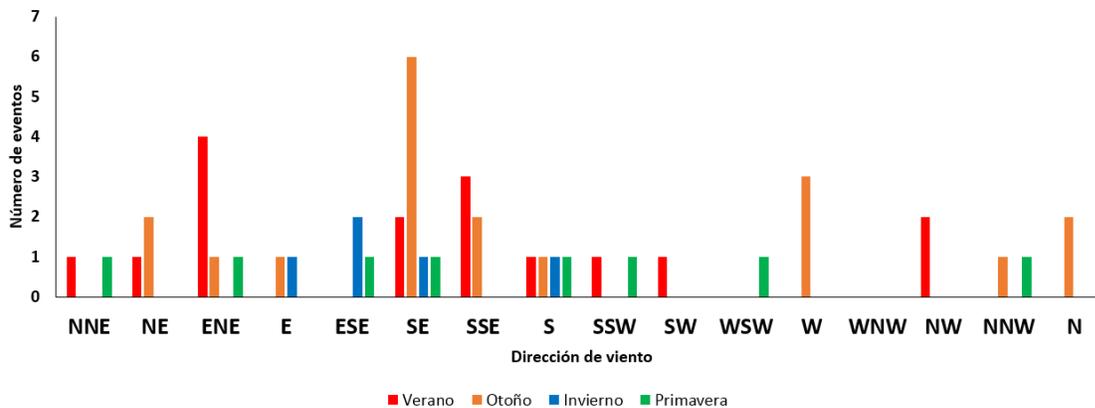


Figura 5.7 Tormentas con precipitación extraordinaria estacional para el periodo 1965-2010

### 5.3.3 Análisis anual-estacional de las precipitaciones extremas y extraordinarias

#### 5.3.3.a. Verano

El estudio anual de las tormentas extremas para el verano indica que la variable posee una leve tendencia negativa para todo período (Figura 5.8). Se observó también que la mayor cantidad de eventos se registraron en el verano de 1970 y a partir de 1984 se destaca una frecuencia con mayor continuidad variando entre 1 y 3 episodios exceptuando los años 2003, 2005, 2008 y 2009.

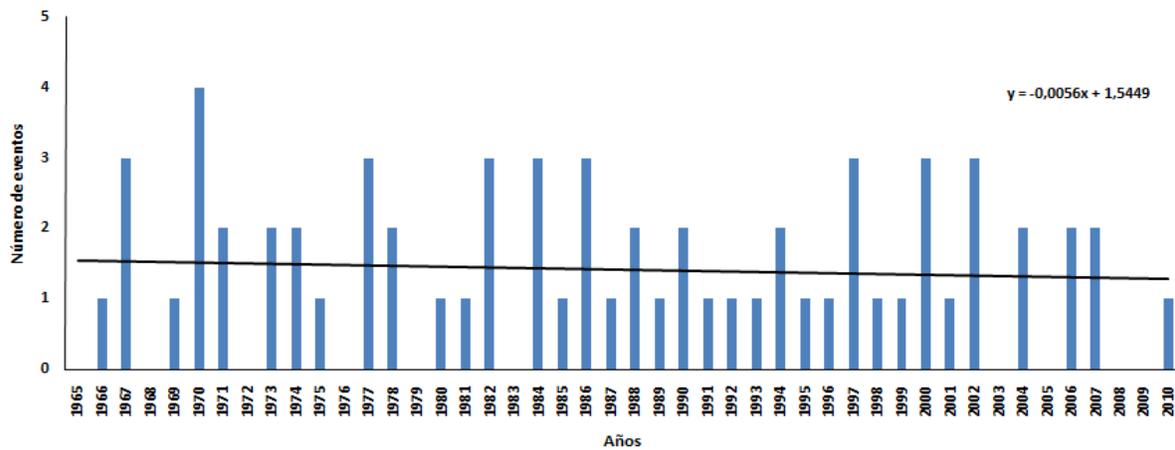


Figura 5.8 Frecuencia de tormentas con precipitación extrema anual en verano y su tendencia para el período 1965-2010

El comportamiento de las tormentas con precipitaciones extraordinarias en la estación estival, destaca una marcada tendencia positiva donde se observa una mayor recurrencia de eventos superiores a los 66.7 mm especialmente en el último decenio (Figura 5.9). La máxima cantidad de eventos extraordinarios registrados han sido solamente dos, en 1974 y 1999 mientras que el resto de los años que tuvieron eventos registraron solo un episodio. El aumento de las precipitaciones extraordinarias en verano coincidiría con lo estudiado por Robledo y Penalba (2007) para la provincia de Buenos Aires donde la intensidad de los días con extremos de precipitación supera los 32 mm/día en febrero y marzo. La tendencia positiva, es un indicador de las consecuencias de la variabilidad climática consecuencia, entre otros efectos del calentamiento global, donde se observa una mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos.

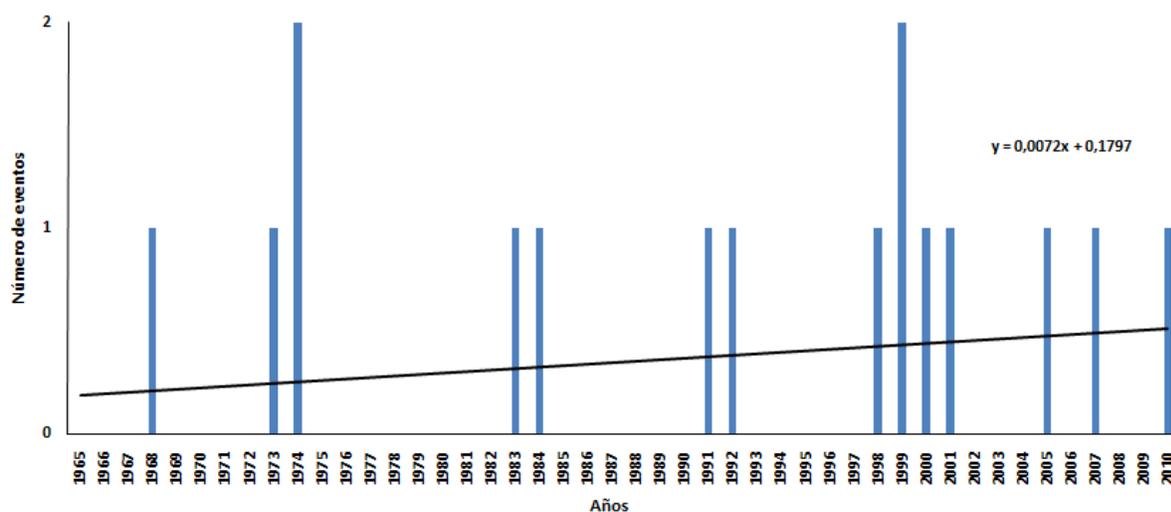


Figura 5.9 Frecuencia de tormentas con precipitación extraordinaria anual en verano y su tendencia para el período 1965-2010

### 5.3.3.b. Otoño

Durante el otoño, se observó que las tormentas con precipitación extrema tuvieron una muy leve tendencia negativa para todo el período (Figura 5.10). Los mayores valores de precipitación alcanzaron los tres eventos en 1984, 2000, 2002 y 2003. Esto indica que en la última década la frecuencia de estos eventos fue mayor. La figura 5.10 destaca que la mayor cantidad de tormentas con dos episodios tienen una importante recurrencia hasta mediados de la década del '80. A partir de ese momento, su periodicidad es menor. Se destaca, en el último decenio, una mayor frecuencia de tormentas que alcanzaron los 3 episodios en 2000, 2002 y 2003.

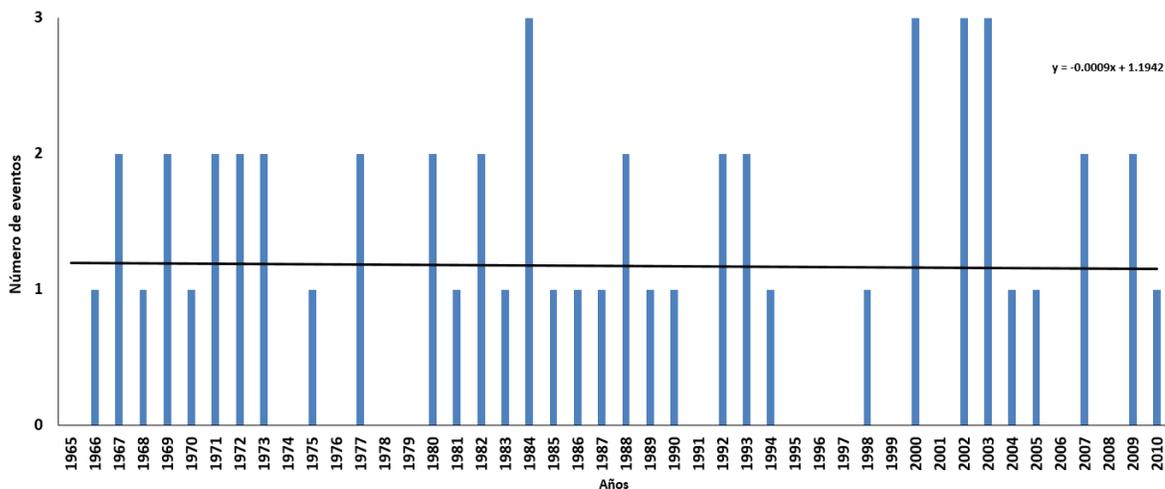


Figura 5.10 Frecuencia de tormentas con precipitación extrema anual en otoño y su tendencia para el período 1965-2010

Las precipitaciones extraordinarias mostraron un comportamiento similar para el otoño (Figura 5.11) donde se presentó una leve tendencia negativa en todo el período. Las mayores tormentas se manifestaron en 1975 y 1980 con dos episodios y en 1998 con tres. La influencia del ENSO en el Sudeste de Sudamérica (SESA) ha sido responsable de inundaciones frecuentes ya que este fenómeno ha potenciado la recurrencia de precipitaciones extraordinarias en la región, particularmente en otoño (Camilloni y Barros, 2000; Grimm y Tedeschi, 2009). Prueba de ello, en 1998 se manifestó un evento El Niño extraordinario el cual fue el causante en el SESA, de inundaciones en esta región, incluida Mar del Plata.

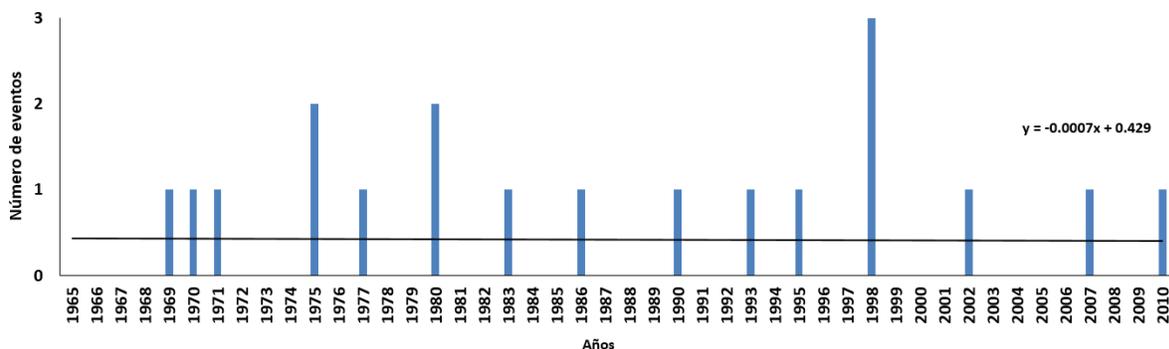


Figura 5.11 Frecuencia de tormentas con precipitación extraordinaria anual en otoño y su tendencia para el período 1965-2010

### 5.3.3.c. Invierno

En la estación invernal, las tormentas extremas tuvieron una muy leve tendencia positiva (Figura 5.12). En total, se registraron 6 eventos que alcanzaron dos episodios. Estos se manifestaron en 1965, 1969, 1978, 1980, 2000 y 2003. El resto de las tormentas solo registraron un evento con precipitaciones que superaron el percentil 95.

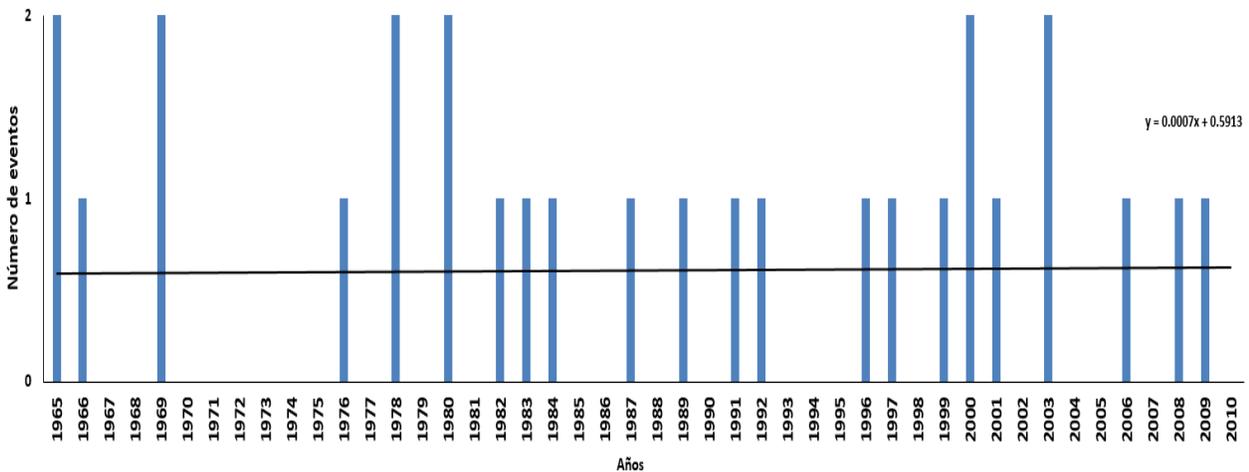


Figura 5.12 Frecuencia de tormentas con precipitación extrema anual en invierno y su tendencia para el período 1965-2010

Con respecto al análisis de los eventos extraordinarios (Figura 5.13), el número de éstos ha sido menor que las extremas registrando solo un evento en los años 1983, 1991, 1993, 1997 y 2009. Cabe destacar que la recurrencia en el tiempo en este tipo particular de episodios ha sido mayor, concentrando 4 de las 5 tormentas en la última década del período.

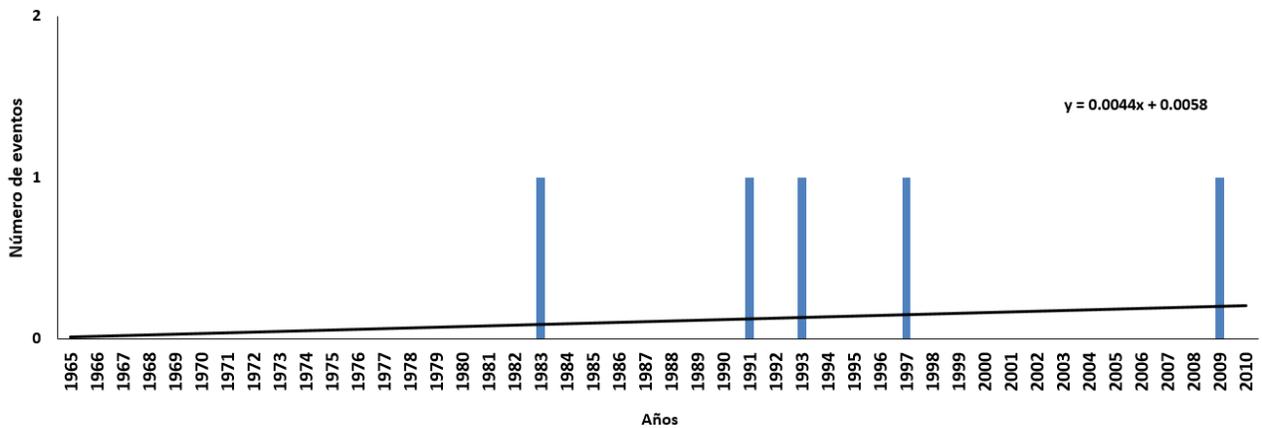


Figura 5.13 Frecuencia de tormentas con precipitación extraordinaria anual en invierno y su tendencia para el período 1965-2010

Ambos casos de tormentas presentan una tendencia positiva, más marcada en los eventos extraordinarios que en los extremos para la estación invernal. Esto podría relacionarse a lo indicado por Severov *et al.* (2004) que en el invierno, así como en las estaciones de transición, durante los eventos El Niño/La Niña existe una mayor baroclinicidad y, por lo tanto, mayor ondas baroclínicas en los vientos del oeste a través del SESA, lo que causa una ciclogénesis más frecuente y una mayor penetración frontal en la región.

#### 5.3.3.d. Primavera

La primavera presenta una marcada tendencia negativa en relación a las tormentas con precipitaciones extremas (Figura 5.14). Sin embargo, dicha estación se caracteriza por ser lluviosa debido principalmente a los sistemas convectivos de mesoescala, que son frecuentes y responsables de gran parte de la precipitación total, especialmente en las estaciones de transición (Velasco y Fritsch 1987, Salio *et al.*, 2007, Anabor *et al.*, 2008). La ciclogénesis es también frecuente, aunque es más intensa en el invierno (Gan y Rao, 1991). La mayor cantidad de episodios extremos se generó en 1976 con 4 eventos. En 1986 y 2001 se manifestaron solamente tres mientras que en el resto de los años del período variaron entre 2 y un episodio.

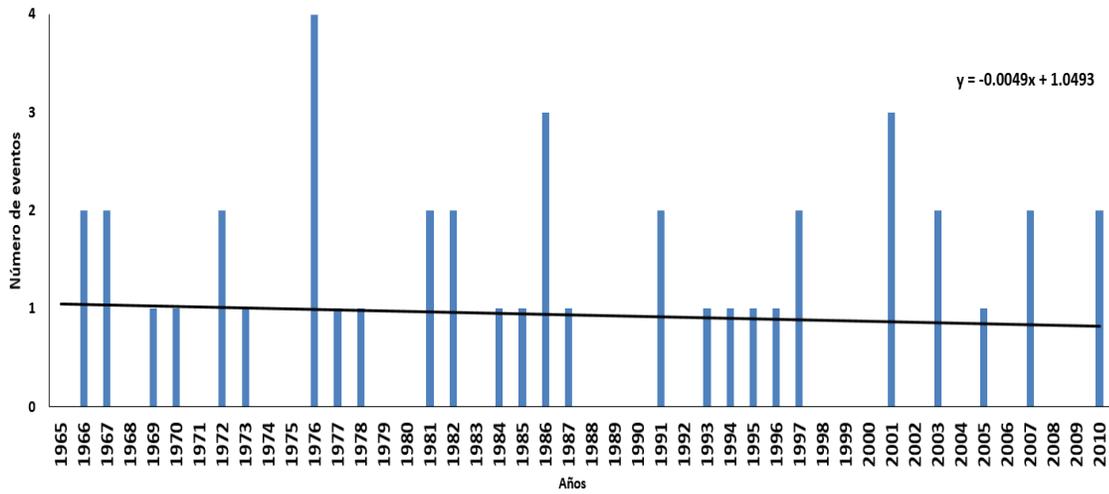


Figura 5.14 Frecuencia de tormentas con precipitación extrema interanual en primavera y su tendencia para el período 1965-2010

A diferencia de las tormentas extremas, las extraordinarias (Figura 5.15) tienen una tendencia positiva aunque la recurrencia de eventos varió entre uno y tres episodios. El máximo valor alcanzado se observa en 2002 mientras que 1977, 1985, 1991, 1994 y 2001 solo presentaron un evento con tormentas superiores al percentil 99.

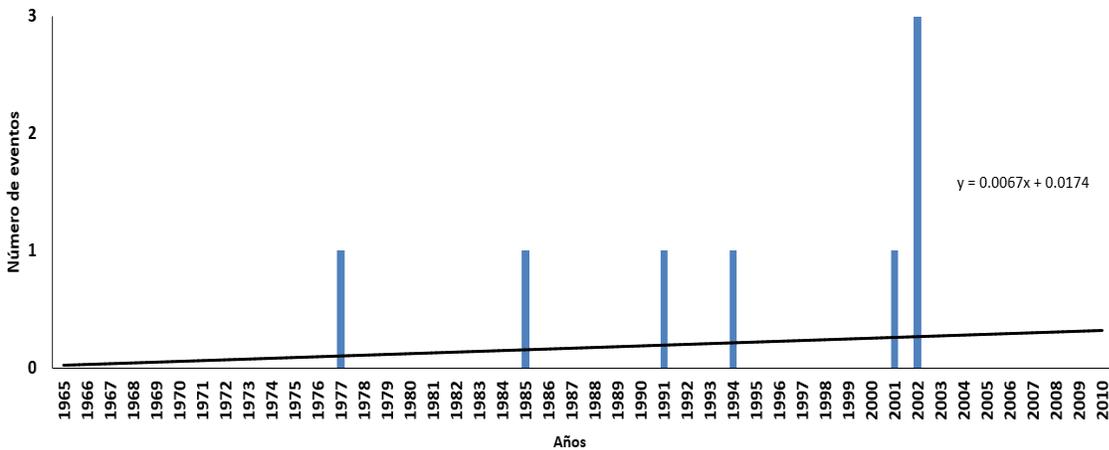


Figura 5.15 Frecuencia de precipitación extraordinaria anual en primavera y su tendencia

## 5.4. Conclusiones

El análisis de las tormentas con precipitaciones extremas y extraordinarias permitió observar el aumento de la frecuencia y variabilidad temporal de estas. En el período de estudio existe una mayor cantidad de tormentas que superan el umbral del P95 a diferencia de las estudiadas en el P99. La diferencia sustancial radica que las tormentas con precipitación extrema disminuyeron mientras que las extraordinarias aumentaron. La mayor recurrencia de tormentas con precipitaciones extremas proviene del cuadrante NE seguido por tormentas del cuadrante ENE mientras que la mayor frecuencia de tormentas con precipitación extraordinaria tiene su origen desde el sector SE seguidos por el ENE. Estos eventos no solo han causado las mayores inundaciones en la ciudad sino también la mayor destrucción de paseos costeros y viviendas debido a la intensidad del viento que se haya registrado.

El análisis estacional de los eventos con precipitaciones extremas, presentó en verano una predominancia de tormentas del sector ENE seguido por el NE. Las tormentas del ENE también fueron preponderantes en el otoño y en el invierno junto con las del SE y NE respectivamente. En cambio, en la primavera, el cuadrante NE y el SSW fueron los más recurrentes.

El mismo estudio pero esta vez para las tormentas extraordinarias, indicó que en el verano los eventos del ENE también tienen mayor recurrencia en todo el período seguido por los episodios originados del sector SSE. En otoño, el mayor registro fue desde el cuadrante SE y del W mientras que en invierno fue del ESE. La primavera no tuvo una dirección predominante de tormentas extraordinarias ya que presentó un solo evento por direcciones variadas.

El análisis anual-estacional de las tormentas extremas indicó que en el verano, el otoño y la primavera estos eventos disminuyen levemente en su frecuencia. Diferente es el resultado del invierno donde se observó una muy ligera tendencia positiva. En lo que respecta al estudio de tormentas extraordinarias, en verano, invierno y primavera la tendencia fue positiva exceptuando en otoño donde la misma fue negativa.

Las tormentas se concentraron fundamentalmente en los meses de diciembre y enero, como típicas tormentas convectivas de verano, aunque fueron frecuentes también en abril y septiembre, en este caso como tormentas frontales. En el área de estudio el 21% de las tormentas fueron extraordinarias mientras que el 79% restante fue extrema. Si bien, a partir de los 40 mm las

precipitaciones generan inundaciones en la ciudad, los eventos más severos tuvieron efectos no solo físicos sino socio-económicos muy graves.

La planificación y la gestión urbana resulta fundamental para minimizar los riesgos de la población y sus recursos. Esto se plasma a través de la toma de decisiones y recaudos pertinentes, analizando las tendencias pluviométricas o la recurrencia e intensidad de los vientos en sudestadas y tormentas en la ciudad de Mar del Plata.

## Capítulo 6

### Riesgo a Eventos Extremos de Precipitación en Mar del Plata

#### 6.1 Introducción

A pesar de los avances tecnológicos y de las decisiones políticas de los gobiernos, las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en las ciudades varían de acuerdo a eventos naturales lo cual puede devenir en mayores problemas en las zonas urbanas si estuvieran en mayor o menor medida expuestas a dichos eventos (Preston *et al.*, 2008). Los planes de gestión y manejo se plantean con el fin de reducir conflictos no sólo entre actividades económicas sino también en la disminución de la vulnerabilidad de las áreas urbano – costeras frente a eventos peligrosos. De esta forma, el concepto de riesgo es considerado clave en el estudio de la relación entre los desastres naturales y la sociedad (Perry y Montiel, 1996) ya que sin presencia del hombre no hay riesgo, sino el suceso de un fenómeno natural (Cardona, 2001; Masgrau, 2004).

El concepto de riesgo surgió a partir de reuniones de expertos de la UNRDO (United Nations Disaster Relief Organization, por sus siglas en inglés) y la UNESCO efectuada en el año 1979, en la cual se unificaron nociones y conceptos sobre el mismo. Los principales son (UNDRO, 1979):

- Amenaza, peligro o peligrosidad (Hazard, H): probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.
- Vulnerabilidad (V): grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso.
- Riesgo específico (Specific Risk,  $R_s$ ): grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.
- Elementos bajo riesgo (E): son la población, las edificaciones y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada.
- Riesgo total (Total Risk,  $R_t$ ): número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un evento desastroso, es decir el producto del riesgo específico y los elementos bajo riesgo.

Cardona (1993) propuso eliminar la variable exposición ya que considera que se encuentra implícita en la vulnerabilidad. Es decir que un elemento es vulnerable sólo si está expuesto. Por lo tanto, el riesgo estaría conformado por dos componentes: la peligrosidad o amenaza y la vulnerabilidad. Cardona (1993) define el riesgo como el daño o pérdida esperado a partir de la probabilidad de ocurrencia de eventos de origen natural o humano peligrosos y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos en un determinado sitio y en un período de tiempo dado.

La vulnerabilidad, en términos generales, puede clasificarse como de carácter técnico y de carácter social, siendo la primera más factible de cuantificar en términos físicos y funcionales, como por ejemplo, en pérdidas potenciales referidas a los daños o la interrupción de los servicios, a diferencia de la segunda que prácticamente sólo puede valorarse cualitativamente y en forma relativa, debido a que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, o ideológicos (Cardona, 1993). En consecuencia, un análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con el ambiente peligroso (Fatemi *et al.*, 2016). Los elementos bajo riesgo son el contexto social y material representado por las personas y por los recursos y servicios que pueden ser afectados por la ocurrencia de un evento, es decir, las actividades humanas, los sistemas realizados por el hombre tales como edificaciones, líneas vitales o infraestructura, centros de producción, utilidades, servicios y la gente que los utiliza (Cardona, 1993).

En lo que respecta a la vulnerabilidad social, la misma representa la vulnerabilidad de los individuos, poblaciones, y comunidades frente a los desastres. Es una realidad que las sociedades desarrolladas y estructuradas tienen mayor capacidad respuesta y son más resilientes tanto en la fase de emergencia como en la fase de recuperación. Las causas son variadas: por la calidad de sus construcciones e infraestructuras, por su información sobre la catástrofe y de cómo responder frente a la misma, por sus sistemas de alerta temprana, por su capacidad de reacción y movilización, por su estructura organizativa, por los sistemas de gestión de la emergencia, y sobre todo, por su capacidad económica que las permite recuperarse (Ruiz Pérez y Grimalt Gelabert, 2012).

Existen diversos índices que pueden ser tenidos en cuenta a la hora de estudiar la vulnerabilidad social (Ruiz Pérez y Grimalt Gelabert, 2012; Bohórquez, 2013; Natenzon y

González, 2015). Los indicadores sociales proporcionan una medida del comportamiento de algunos componentes sociales, pero resulta compleja su selección y su evaluación. Un buen indicador debe tener una base conceptual sólida sobre la que asienta la valoración de un atributo concreto por lo que no es sencillo que todos los aspectos sociales puedan quedar recogidos. La mayoría de investigaciones realizadas en el desarrollo de indicadores sociales en el ámbito de la vulnerabilidad frente a catástrofes naturales son de tipo cualitativo debido a la complejidad de cuantificar las estructuras sociales, aspectos culturales, comportamientos, etc. Difícilmente se encuentren investigaciones que propongan indicadores cuantitativos y que planteen una visión holística al tema de la vulnerabilidad frente a desastres.

En la mayoría de los casos la propia selección de variables es inadecuada por ignorar parámetros influyentes o magnificar en exceso la importancia de algunos elementos (Ruiz Pérez y Grimalt Gelabert, 2012). Sin embargo el término vulnerabilidad no siempre puede estar relacionado con atributos, netamente donde se incluyen los aspectos poblacionales, organización social, economía, programación, valores culturales, (Cendrero, 1987) sino que el elemento vulnerable puede ser de carácter técnico ya que es más factible de cuantificar en términos físicos y funcionales (Cardona, 1993).

El nivel de riesgo de una sociedad está relacionado con sus niveles de desarrollo y su capacidad de modificar los factores de riesgo que potencialmente lo afectan. En este sentido, desastres son riesgos mal manejados (Frigerio *et al.*, 2016) Todo riesgo está construido socialmente, aun cuando el evento físico con lo cual se asocia sea natural (Lavell 2000; Cardona 2004). La existencia de desastre o de pérdidas y daños en general, supone la previa existencia de determinadas condiciones de riesgo, en sí, un desastre representa la materialización de condiciones de riesgo existente. Cuando se analizan las amenazas en el contexto de los eventos climáticos extremos, se hace referencia a la manifestación de tormentas e inundaciones, por ejemplo como a las situaciones de cambios graduales y de manifestación lenta, tales como los cambios en los regímenes medios de lluvia o temperatura, siempre y cuando tengan potencialidad de generar daño. En este sentido, los cambios en los patrones del clima que no generan daños no son considerados amenazas (Frigerio *et al.*, 2016)

Los riesgos a eventos climáticos se definen en función de la probabilidad de que se manifiesten consecuencias adversas (daños) después de producirse una amenaza climática. Esta probabilidad se mide en función de la interacción entre las posibles amenazas propias del clima y

la vulnerabilidad de un sistema a dichos peligros. Adicionalmente, es común que el riesgo sea estimado solamente en términos físicos, dado que la vulnerabilidad social es difícil de evaluar en términos cuantitativos; esto no implica estimar, para estos casos, en forma relativa o mediante indicadores que igualmente permiten tomar decisiones y definir prioridades de prevención y mitigación (Yanneti *et al.*, 2016). Una vez evaluado el riesgo y teniendo en cuenta que no es posible reducirlo a cero (en términos de planificación y diseño de obras de infraestructura y de protección) es necesario definir un nivel de "riesgo aceptable", o sea un valor admisible de probabilidad de consecuencias sociales y económicas el cual se considere lo suficientemente bajo para permitir su uso en la planificación y para fijar políticas socio-económicas (Lavell, 2003)

El método más utilizado para la evaluación del riesgo consiste en la elaboración de un índice cuantitativo de amenaza y uno de vulnerabilidad compuestos por indicadores o variables, los cuales al combinarse constituyen el riesgo (Cutter *et al.*, 2000; Cardona, 2001; Wuet *et al.*, 2002; Boruff *et al.*, 2005; Birkmann, 2007; Hegde y Reju, 2007; Del Río y Gracia, 2009). Los indicadores deben ser representativos de las características físicas y socioeconómicas del área a estudiar y de cada unidad de análisis y no deben ser demasiado numerosos ya que si están relacionados, pueden reflejar procesos similares.

Aunque todas las regiones y sectores sociales de una ciudad, barrio y comunidad son potencialmente susceptibles de sufrir los impactos del evento extremo, que se manifieste su grado de vulnerabilidad está relacionado con factores sociales, económicos y geográficos. Se los considera vulnerables a aquellas poblaciones con recursos económicos escasos y una restringida capacidad de adaptación a eventos naturales considerados extremos (Natenzon y González, 2015)

En resumen, en el presente capítulo, se determina el riesgo a los eventos extremos y extraordinarios de precipitación en Mar del Plata, en base a la evaluación de la amenaza; el análisis de la vulnerabilidad social y la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores, con el fin de identificar qué áreas de la ciudad son más propensas y vulnerables a padecer las consecuencias de dichos eventos. La selección de indicadores se basó en resultados de capítulos precedentes junto con variables obtenidas a partir del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2010 cuya distribución espacial ha sido cartografiada. El conocimiento de áreas con mayor riesgo es vital para la ejecución de planes de mitigación y adaptación a los eventos extremos de precipitación con el fin de minimizar el impacto de las inundaciones.

## 6.2. Método de trabajo

Para determinar el riesgo asociado a eventos extremos de precipitación en el área urbana de Mar del Plata, se implementaron tres pasos para su adecuada evaluación: la estimación de la amenaza y de la vulnerabilidad por medio de indicadores o variables y la determinación del riesgo como resultado de combinar sus dos componentes. Posteriormente, los resultados fueron cartografiados.

La selección de los indicadores que conforman el Índice de amenaza se efectuó teniendo en cuenta que cada indicador asuma valores distintos a lo largo del área de estudio con el fin de favorecer la apreciación de diferentes zonas dentro de la misma. Por lo tanto, los indicadores seleccionados y las categorías elaboradas para ellos fueron los siguientes:

- *Extremos de precipitación estacional*: representa los valores extremos de precipitación para cada estación del año. Para ello se seleccionaron los registros mayores a cero (días con precipitación a lo largo del año). Estos valores se obtuvieron a partir del análisis de medidas de tendencia central donde se observó que la mediana era la más representativa de la serie de precipitación. La mediana sirvió para determinar el orden de la serie para cada estación del año. Luego se calcularon los percentiles 95 y 99 para identificar casos extremos y extraordinarios donde, de aquí en más, se analizaron solamente estos casos (los datos fueron obtenidos del capítulo 5 de la presente tesis). Posteriormente, para determinar las categorías del indicador, se identificaron los casos extremos y extraordinarios ocurridos en cada estación del año (compuesta cada una de estas por tres meses) y se calcularon los quintiles (20, 40, 60, 80 y 100) (Tabla 1).
- *Pendiente (°)*: Se identificaron las zonas altas de la ciudad, como así también las zonas más deprimidas y más propensas a los anegamientos en el ejido urbano. Las categorías de este indicador fueron establecidas a partir de un modelo digital de elevación donde se obtuvo la pendiente del terreno. Posteriormente, a partir de la herramienta Spatial Analyst de ArcGis 9.3, se obtuvo el valor medio de pendiente para cada radio censal del ejido urbano de la ciudad (Tabla 1).
- *Infraestructura pluvial*: es el valor que representa el aumento de la intervención humana

con respecto a la construcción de obras de infraestructura para la mitigación de las inundaciones por cada radio censal. Las cinco categorías para este indicador fueron elaboradas en base a la superficie que ocupa cada tramo pluvial por radio censal a partir de la función Spatial Analyst de ArcGis 9.3. Los datos de pluviales por radio censal fueron suministrados por Obras Sanitarias Sociedad de Estado (OSSE) para la presente tesis doctoral (Tabla 1).

Indicador	Amenaza				
	Muy Baja (1)	Baja (2)	Media (3)	Alta (4)	Muy Alta (5)
<b>Extremos de precipitación estacional</b>	37.8	43.0	51.0	66.8	152.0
<b>Pendiente (°)</b>	14° – 31.2°	7.4° – 13.9°	3.6° – 7.3°	1.5° – 3.5°	0° – 1.4°
<b>Infraestructura pluvial</b>	Arroyos entubados. Obras pluviales finalizadas.	Gran % del área con desagües pluviales	Pocos desagües y arroyos con obstrucciones	Arroyos con obstrucciones y sin mantenimiento. Pluviales tapados	Nula infraestructura pluvial. Arroyos no entubados. Pluviales tapados

El índice de vulnerabilidad social en Mar del Plata se calculó para cada radio censal del ejido urbano. La composición del índice fue elaborada a través de datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda de 2010 publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) que están disponibles por radio censal (Lucero *et al.*, 2016). A partir de la recopilación de los datos de dicho censo, se seleccionaron ocho variables que fueron agrupadas en indicadores o dimensiones. Las mismas fueron estandarizadas con el fin de obtener valores que indiquen que a mayor valor de la variable, mayor vulnerabilidad. Luego se establecieron intervalos equivalentes a partir de la amplitud de los valores mínimo y máximo de cada variable, asignándoles categorías del 1 al 5. A partir de la sumatoria de los valores de las variables que componen cada indicador, se calcularon los valores de cada uno de ellos:

$$\text{Indicador} = V_1 + V_2 + \dots + V_n / n$$

A partir de esta fórmula, se obtuvieron los valores de los cuatro indicadores cuyos datos fueron adquiridos a partir del censo del año 2010. El procesamiento de los datos y el mapeo de los resultados fueron efectuados utilizando el software ArcGIS 9.3, obteniéndose la distribución espacial de los mismos. En suma, el índice de vulnerabilidad (Tabla 2) está compuesto por los indicadores elaborados para el índice de Calidad de Vida (Lucero *et.al*, 2016) los cuales consideran aspectos demográficos, educativos, sanitarios, de salud, económicos, productivos, laborales y de exposición de la población:

- *Dimensión Educación.* En este grupo de indicadores se considera a la educación formal, es decir, la formación escolarizada impartida por instituciones educativas de gestión estatal o privada normadas por las políticas educativas nacional y provincial. Se reconoce que la posesión de capital cultural incide en la reproducción social en tanto se vincula también con el tipo de inserción laboral, el control de condiciones sanitarias (asistencia médica preventiva, saneamiento, alimentación, fecundidad) y de vivienda (aspiraciones en relación con la ubicación de la vivienda y sus condiciones estructurales). También, las posesiones en capital cultural se traducen en tenencias materiales e inmateriales en capital social y económico fomentando una mejor integración de las personas en la sociedad. De este modo, la cantidad de años de escolaridad y la calidad de la instrucción condiciona las expectativas de calidad de vida y la plena inclusión social de la población actual y de las generaciones futuras (Lucero *et al.*, 2016)

Indicador	Vulnerabilidad Social					
		Muy Baja (1)	Baja (2)	Media (3)	Alta (4)	Muy Alta (5)
<b>Educación</b>	% de población de 20 a 59 años con nivel secundario o polimodal completo	4.84 a 46.15	4.90 a 27.06	8.75 a 28.72	11.67 a 30.20	4.54 a 30.09
	% de población de 26 a 59 años con nivel universitario completo	0.00 a 1.27	0.00 a 9.8	0.32 a 18.91	0.63 a 24.71	0.29 a 27.03
<b>Saneamiento</b>	% población en hogares con conexión de agua dentro de la vivienda	0.00 a 80.56	47.46 a 83.08	0.00 a 88.57	44.74 a 88.54	9.23 a 100.00
	% de población en hogares con conexión a cloaca o con conexión a cámara séptica y pozo ciego.	0.00 a 100.00	83.40 a 99.79	88.83 a 100.0	90.32 a 100.00	4.78 a 100.00
<b>Vivienda</b>	% de población en hogares sin hacinamiento (dos o menos personas por cuarto).	0.0 a 100.00	54.50 a 100.00	67.72 a 100.00	82.40 a 100.00	9.82 a 100.00
	% de población en hogares con materiales resistentes y sólidos en el piso, y en el techo con cielorraso	0.00 a 67.33	43.05 a 81.12	60.64 a 100.00	63.92 a 99.47	12.22 a 100.00
<b>Actividad Económica</b>	Tasa de empleo: % entre la población ocupada y la población de 14 años y más	0.0 a 57.31	30.93 a 97.72	51.96 a 99.66	67.63 a 100.00	16.44 a 100.00
	% de jefes mayores de 64 años en situación de inactividad	75.00 a 100.00	74.51 a 97.72	77.54 a 100.00	81.82 a 97.08	3.44 a 98.59

Tabla 2. Categorías de las dimensiones e indicadores que componen el Índice de vulnerabilidad social.  
Fuente: adaptado de Lucero *et al.*, 2016

- *Dimensión Educación.* En este grupo de indicadores se considera a la educación formal, es decir, la formación escolarizada impartida por instituciones educativas de gestión estatal o privada normadas por las políticas educativas nacional y provincial. Se reconoce que la posesión de capital cultural incide en la reproducción social en tanto se vincula también con el tipo de inserción laboral, el control de condiciones sanitarias (asistencia médica preventiva, saneamiento, alimentación, fecundidad) y de vivienda (aspiraciones en relación con la ubicación de la vivienda y sus condiciones estructurales). También, las posesiones en capital cultural se traducen en tenencias materiales e inmateriales en capital social y económico fomentando una mejor integración de las personas en la sociedad. De este modo, la cantidad de años de escolaridad y la calidad de la instrucción condiciona las expectativas de calidad de vida y la plena inclusión social de la población actual y de las generaciones futuras (Lucero *et al.*, 2016).
- *Dimensión Saneamiento.* Gozar de salud, entendida como un estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente como la ausencia de afecciones o enfermedades es una finalidad individual, familiar, pero también un objetivo Estatal, de carácter público y amplio alcance. En este sentido, la Salud como bien y como derecho “incluye a la enfermedad dentro de un marco más amplio, en donde intervienen elementos sociales, políticos, culturales, económicos, todos ellos interactuando en un contexto histórico-territorial determinado” (Paulino y Thouyaret, 2006: 50).
- *Dimensión Vivienda.* La vivienda es un componente básico, definido como configuración de servicios habitacionales que deben dar satisfacción ambiental, espacio, vida de relación, seguridad, privacidad, identidad, accesibilidad física (Lucero *et al.* 2008). La vivienda tiene un rol significativo, como soporte y producto de la cotidianeidad, estrechamente vinculado con las restantes dimensiones seleccionadas.
- *Dimensión actividad económica.* La inclusión de indicadores de empleo e inactividad tiene que ver con su relevancia para el bienestar de los individuos. El empleo tiene efectos directos e indirectos en el bienestar. De forma directa constituye una fuente de capital económico para los hogares. de modo indirecto la posesión de recursos económicos y la tranquilidad de satisfacer las necesidades del hogar contribuyen al bienestar individual de forma integral. Por su parte, ante la imposibilidad de acceder a datos del Censo 2010 sobre

percepción de jubilación o pensión se aprecia su impacto de forma indirecta a través de la medición de la inactividad en mayores de 64 años. Por el nivel de envejecimiento del distrito (14% de la población es mayor a 64 años) se cree de suma importancia considerar su impacto en relación al bienestar en el conjunto de adultos mayores (Lucero *et al.*, 2016)

A partir de la selección de los indicadores que componen tanto el índice de amenaza y de vulnerabilidad social junto con sus categorías correspondientes (Tablas 1 y 2) se evaluó su distribución en el territorio, asignándoles valores cuanti y cualitativos en una escala de 1 a 5 y de muy baja a muy alta, respectivamente para cada fracción censal (Tabla 3). Para obtener el valor de cada índice se sumaron los valores de los indicadores y el resultado se dividió por el número total de indicadores:

$$\text{Índice} = (i_1 + i_2 + i_3 + i_4 \dots) / 5$$

<i>Valor asignado</i>	<i>Categoría</i>
1	Muy Bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy Alto

Tabla 3. Categorías de los indicadores, de los índices de amenaza, vulnerabilidad y riesgo a eventos extremos de precipitación en Mar del Plata

No se atribuyeron pesos diferentes para los indicadores que conforman cada índice ni para las variables que componen las cuatro dimensiones obtenidas a partir de los datos del censo de población. Todos los indicadores fueron tratados del mismo modo asumiendo que cada uno posee la misma importancia relativa en la configuración y distribución territorial del riesgo (Cutter *et al.*,

2000). La distribución espacial del riesgo conformando diversas áreas bajo distinto grado de riesgo fue determinada al multiplicar los índices de amenaza y de vulnerabilidad para cada radio censal. El valor numérico del riesgo asociado a los eventos extremos de precipitación del área de estudio, se obtuvo de la siguiente forma:

$$\text{Riesgo} = \frac{(\text{Índice de amenaza} + \text{Índice de vulnerabilidad})}{2}$$

Los valores de los indicadores, de los índices y del riesgo fueron asignados a las categorías correspondientes a partir de la elaboración de intervalos equivalentes. Las categorías corresponden a las escalas cuanti y cualitativos de 1 a 5 de muy baja a muy alta, respectivamente (Tabla 3). Los resultados de los índices obtenidos fueron cartografiados con el programa de ArcGis 9.3.

### 6.3. Resultados y discusión

#### 6.3.1. Amenaza

Los valores detallados en la Tabla 4 reflejan los extremos obtenidos a partir del percentil 95 (capítulo 5). En verano (DEF), la mediana fue de 49.1 mm alcanzando el pico máximo de precipitación de toda la serie (152 mm). También, fue la estación del año que registró una mayor recurrencia de eventos llegando a los 82. Durante el otoño (MAM), la mediana fue prácticamente similar a la del verano. El máximo registro de precipitación extrema fue de 150 mm mientras que los eventos por encima del percentil 95 llegaron a 73. El invierno (JJA) fue la estación del año con menores valores registrados, obteniendo una mediana de 41.0 mm y un extremo de 95.1 mm. A su vez, registró solo 33 eventos de lluvia extrema en total. Por último, la primavera (SON), obtuvo una mediana de 44.0 mm y un valor máximo extremo de 135 mm. Los eventos extremos fueron 51 para dicha estación del año.

El resultado de la mediana coincide con los valores de precipitaciones que se han registrado en noticias periodísticas desde 1965 hasta 2010 sobre anegamientos, es decir que a partir de 40 mm la ciudad ya padece inundaciones (ver Anexo). El ordenamiento de los datos a través de la fórmula de quintiles permitió definir en cuál intervalo se posicionó la mediana para cada estación del año. El verano, el otoño y la primavera se posicionaron en el tercer cuartil mientras que el

invierno lo hizo en el segundo quintil, es decir que, las primeras tres estaciones mencionadas arrojaron un valor medio de amenaza mientras que el invierno posee un valor bajo.

	Quintiles anuales (mm)	Mediana estacional (mm)			
		DEF (82)	MAM (73)	JJA (33)	SON (51)
1º	37.8 (Muy Bajo)				
2º	43.0 (Bajo)			41.0 (95.1)	
3º	51.0 (Medio)	49.1 (152)	49.0 (150)		44.0 (135)
4º	66.8 (Alto)				
5º	152.0 (Muy Alto)				

Tabla 4. Intervalos de precipitación extrema anual por estación del año.

En lo que respecta a la pendiente (Figura 6.1), los valores con mayor inclinación respecto de la horizontal del terreno son aquellos que coinciden con el sector NE-SE de la ciudad. Por ejemplo, el faldeo norte del bloque Punta Iglesias, las lomas de Santa Cecilia y la zona del Arroyo del Barco en el Puerto, todas ellas situadas en el área costera exceptuando las lomas del sur de Batán localizadas al NW (ver Figuras 6.12 y 6.13). Las zonas con menor o pendiente nula están dispuestas desde la costa hacia el centro y la periferia de la ciudad. La figura 6.1 muestra las regiones con mayor y menor pendiente en el ejido urbano. Las más altas poseen una categoría de amenaza muy baja y baja mientras que las áreas con pendiente prácticamente nula tienen una categoría alta y muy alta (Tabla 1).

En cuanto a la infraestructura pluvial, el sistema de drenaje no cubre la totalidad del ejido urbano (Figura 6.2). La canalización de caudales de desagües y la ampliación de las tareas de mantenimiento de la red pluvial han sido efectivizadas en gran parte de la ciudad pero no en la periferia de la misma. Las áreas no cubiertas por pluviales se encuentran ubicadas en la zona N, NE y W y se les ha asignado la categoría muy alta. En cambio, algunas zonas del NW y SW registraron una categoría moderada y alta. El resto del ejido urbano, al tener completas las obras de drenaje, posee una caracterización entre muy baja y baja.

El Índice de amenaza durante el otoño, la primavera y el verano, se caracterizó por un peligro bajo, medio y alto ya que, en general, los indicadores analizados presentan las categorías superiores. La amenaza a inundaciones, en este caso en particular, se identifica por tener una transición que es baja en las zonas más elevadas y con mayor infraestructura de drenaje construida, mientras que en las zonas con pendiente moderada pero con instalaciones pluviales la amenaza es media. En el periurbano, la amenaza es alta debido que el área comprendida posee una pendiente

entre escasa y nula y, además, el sistema de drenaje de agua de lluvia es inexistente, sumado a que las precipitaciones para todo el ejido urbano varía entre los 44.0 y 49.1 mm. En estas tres estaciones del año, la distribución espacial del Índice de amenaza permite apreciar un impacto desigual de los eventos extremos de precipitación en el área de estudio (Figura 6.3).

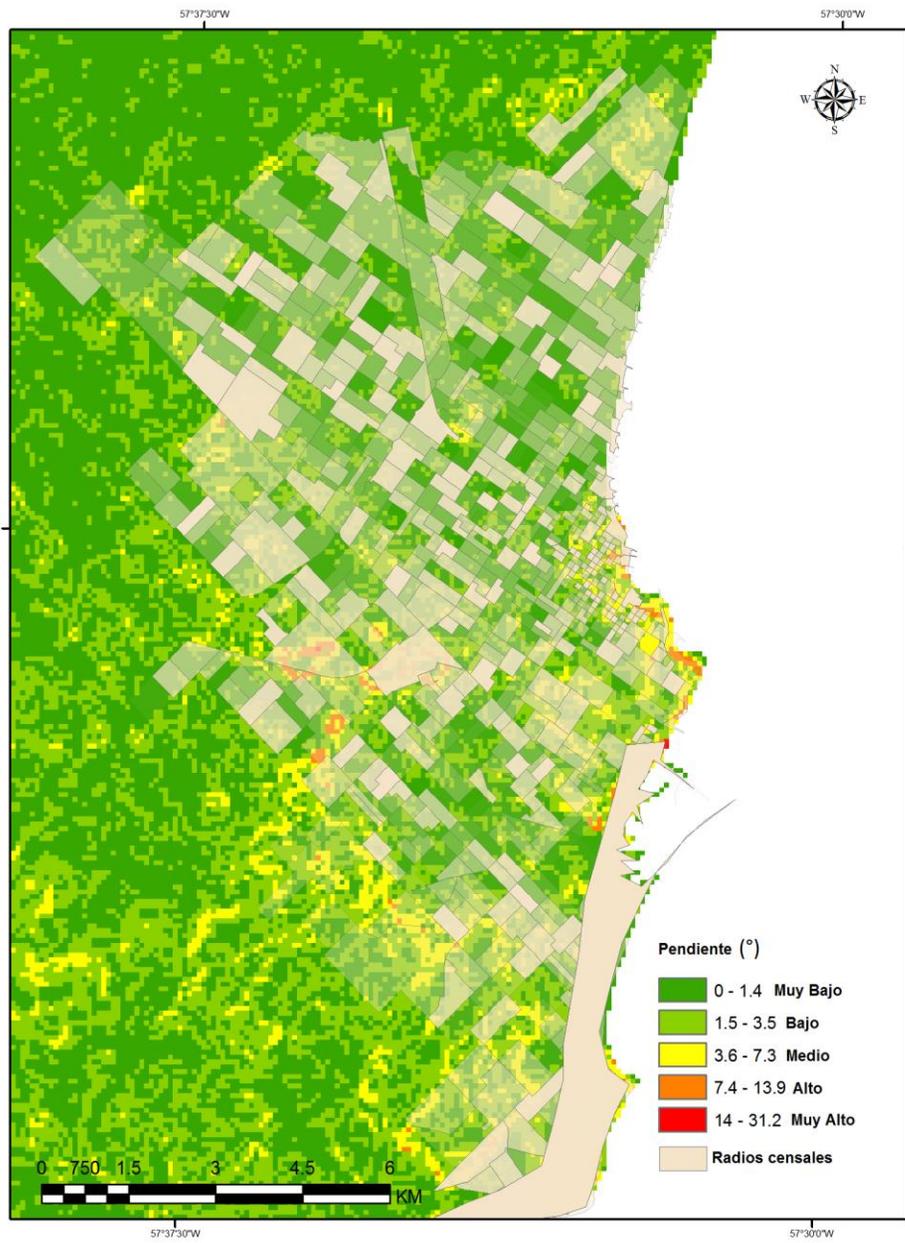


Figura 6.1. Mapa de pendiente del ejido urbano de Mar del Plata

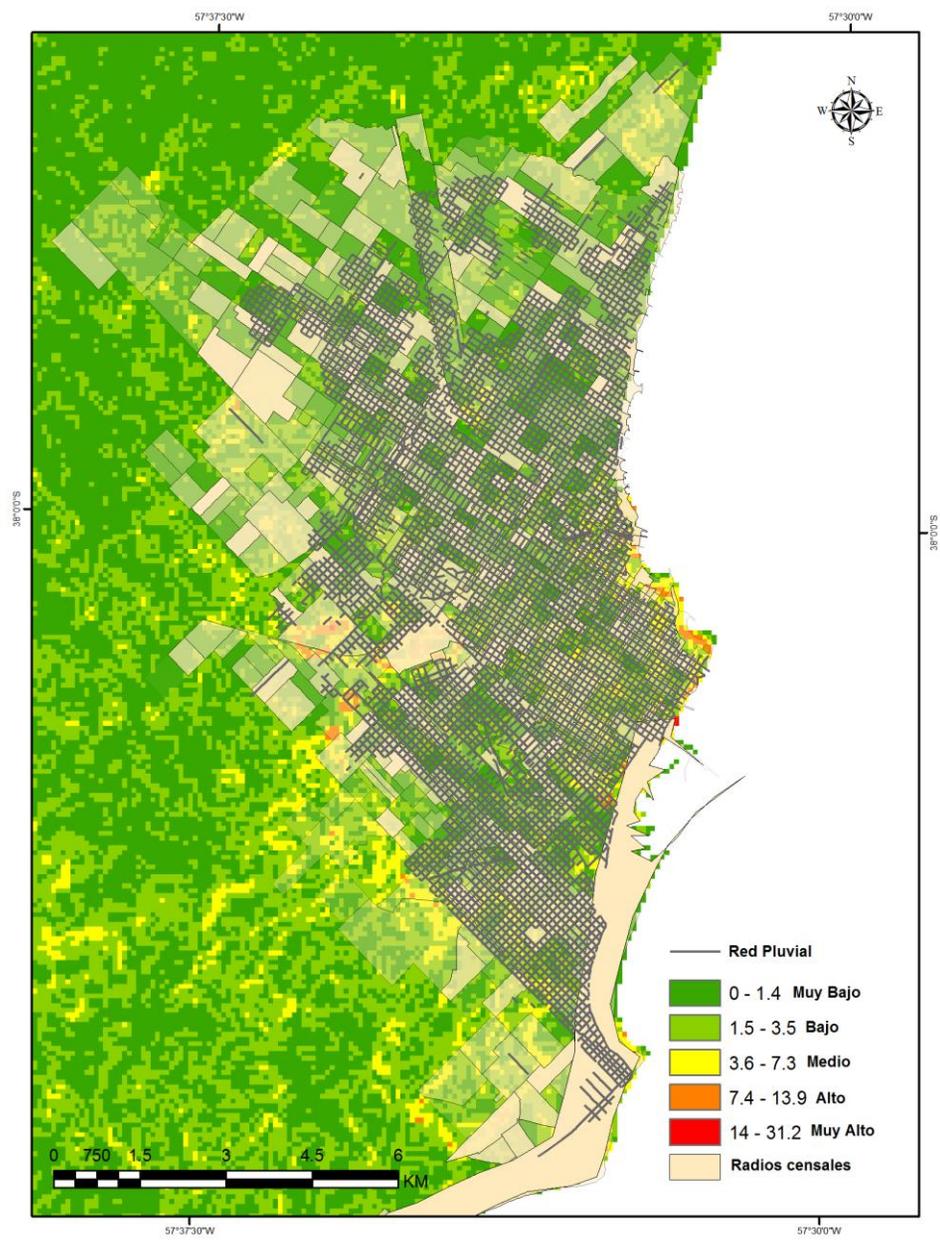


Figura 6.2. Mapa de la red de drenaje pluvial del ejido urbano de Mar del Plata

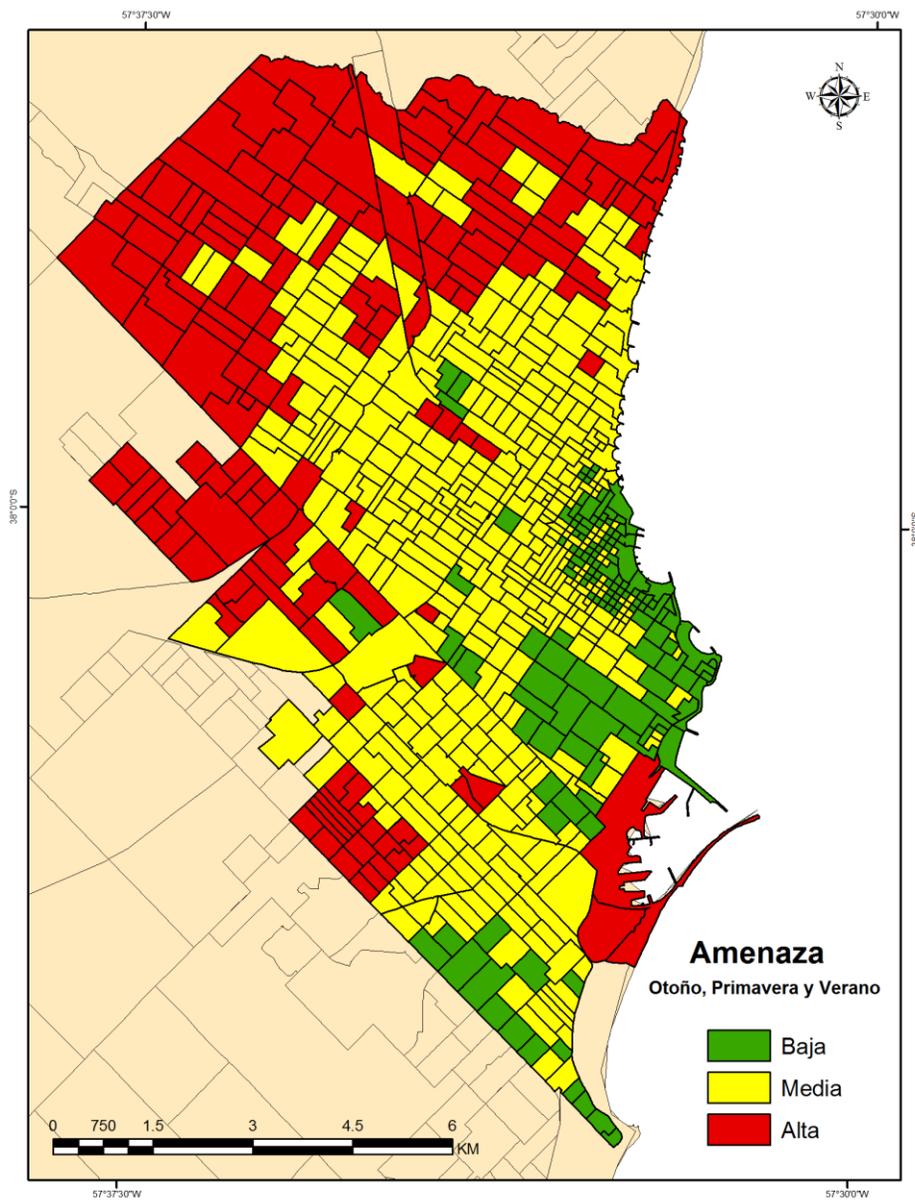


Figura 6.3. Mapa de amenaza de eventos extremos de precipitación en Otoño, Primavera y Verano en Mar del Plata

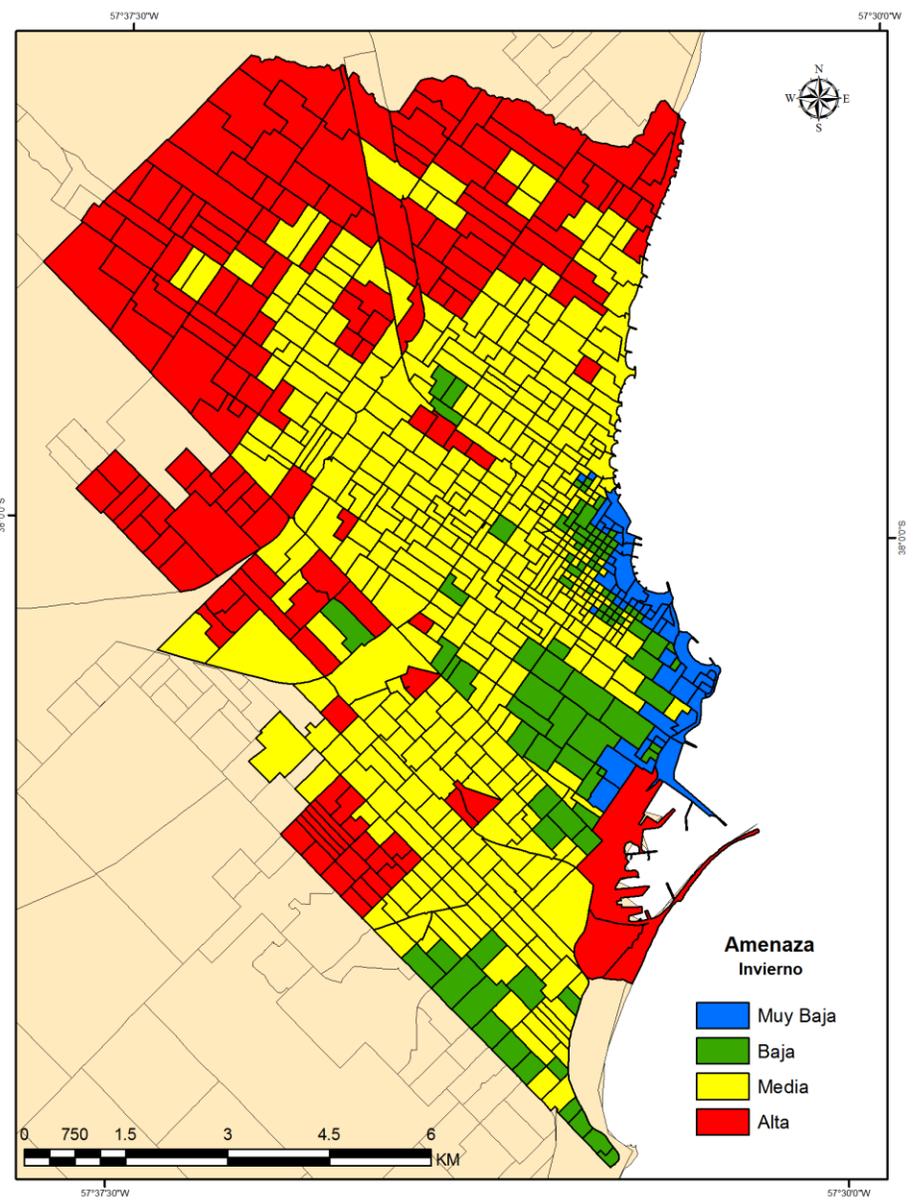


Figura 6.4. Mapa de amenaza de eventos extremos de precipitación en Invierno en Mar del Plata

El Índice de Amenaza para el invierno (Figura 6.4) alcanza una cuarta categoría. A diferencia del resto de las estaciones, durante el invierno, el extremo de precipitación se encuentra dentro del segundo quintil, asignándole una categoría baja. Es por ello que en el límite de la zona costera se destaca una amenaza muy baja, principalmente porque la precipitación es menor durante la estación y porque en dicha área la pendiente es mayor. Los valores bajos, medios y altos no sufrieron modificaciones.

### 6.3.2. Vulnerabilidad

El Índice de Vulnerabilidad Social representa las fracciones censales del ejido urbano de Mar del Plata en donde prevalece un núcleo central consolidado con niveles medios de vulnerabilidad, una zona lindante extendida hacia el norte y sur con valores altos y condiciones bajas y deficitarias especialmente hacia el interior y las zonas de borde del ejido urbano oeste y sur.

La Dimensión Educación (Figura 6.5) denota una brecha considerable entre las zonas de la periferia con vulnerabilidad muy baja y las del centro y este de la ciudad con vulnerabilidad muy alta. Esto es debido a que la población con más escasos recursos educativos son los que no poseen un mejor acceso a trabajos formales y viviendas dignas, los cuales se encuentran localizados en las zonas más marginales de la ciudad. Los indicadores incorporados en la Dimensión Saneamiento (Figura 6.6) remiten a las mismas consideraciones, sin embargo, en estos servicios sociales básicos las distancias son notables entre unos y otros espacios locales, esto destaca que las disparidades podrían ser subsanadas con políticas eficientes que faciliten la provisión de agua dentro de las viviendas y la conexión a un sistema de cloacas con control sanitario.

La Dimensión Vivienda (Figura 6.7) presenta condiciones similares, ya que los indicadores analizados vuelven a mostrar las fuertes desigualdades entre las zonas en cuanto al hacinamiento de los integrantes del hogar y los materiales y el estado de construcción de los mismos. Los indicadores incorporados en la Dimensión Actividad Económica (Figura 6.8) exhiben cierta singularidad, en particular la Tasa de Empleo muestra un gradiente inverso al resto de los indicadores ya que los valores disminuyen a medida que mejoran los niveles de vulnerabilidad promedio para los radios censales y se eleva muy poco su incidencia en los radios catalogados como de alta vulnerabilidad. La explicación a esta situación podría estar vinculada a dos causas: primera, la estructura demográfica más envejecida en las áreas con mejores condiciones generales

de vida podría producir un efecto distorsionante en el indicador ya que la tasa de empleo se resuelve teniendo en cuenta el total de población de 14 años de edad y más; y segundo, la medida incorporada no toma en cuenta la calidad del empleo, por lo cual podría suceder que una proporción importante de los trabajos que realizan los pobladores de las zonas con niveles bajo y muy bajo de vulnerabilidad estén ubicados en el segmento informal del mercado laboral, revestidos de precariedad en los niveles salariales, en la permanencia y en la protección social (Lucero *et al.*, 2016).

A partir del análisis de las dimensiones territoriales junto con sus respectivos indicadores (Figuras 6.5, 6.6, 6.7 y 6.8) se observa en su conjunto el mapa con el Índice de Vulnerabilidad Social (Figura 6.9). En el mismo se destaca que en el centro de la ciudad y en un sentido radial, se distribuyen los valores de vulnerabilidad medio, alto y muy alto. El área más periférica se asocia con la vulnerabilidad más baja y con la presencia de mayores carencias en cuanto a la vivienda, la educación, la actividad económica y el saneamiento. Estas áreas son de reciente poblamiento y en muchos casos registran privaciones ligadas a la construcción de viviendas e irregularidades en su régimen de tenencia, situación que repercute negativamente en la adecuada cobertura de ciertos servicios básicos (Lucero, 2003; Lacace *et al.*, 2014; Labroneé *et al.*, 2016; Lucero *et al.*, 2016) y a su vez, se suman limitaciones en el acceso a la instrucción y a casos de inserción laboral precaria.

Hacia el norte de la ciudad, en torno a la autovía 2, la Estación Camet muestra niveles de vulnerabilidad medios y bajos (Figura 6.13). Hacia el noroeste, también se observó una representación de la vulnerabilidad baja y muy baja, lo que supone un perfil socio-demográfico con bajo nivel educativo e inserción laboral en condiciones deficitarias. Ambos componentes son fundamentales al momento de delinear posibilidades de mejoras habitacionales y en el acceso a infraestructura privada.

Finalmente, hacia el sur la vulnerabilidad muestra valores muy bajos, bajos, medios, altos y muy altos. Las peores situaciones se advierten hacia la avenida Mario Bravo donde existen barrios de emergencia y zonas poco urbanizadas. En sendos casos, además del nivel educativo de los pobladores, es muy notoria la incidencia negativa de las condiciones sanitarias y de la vivienda.

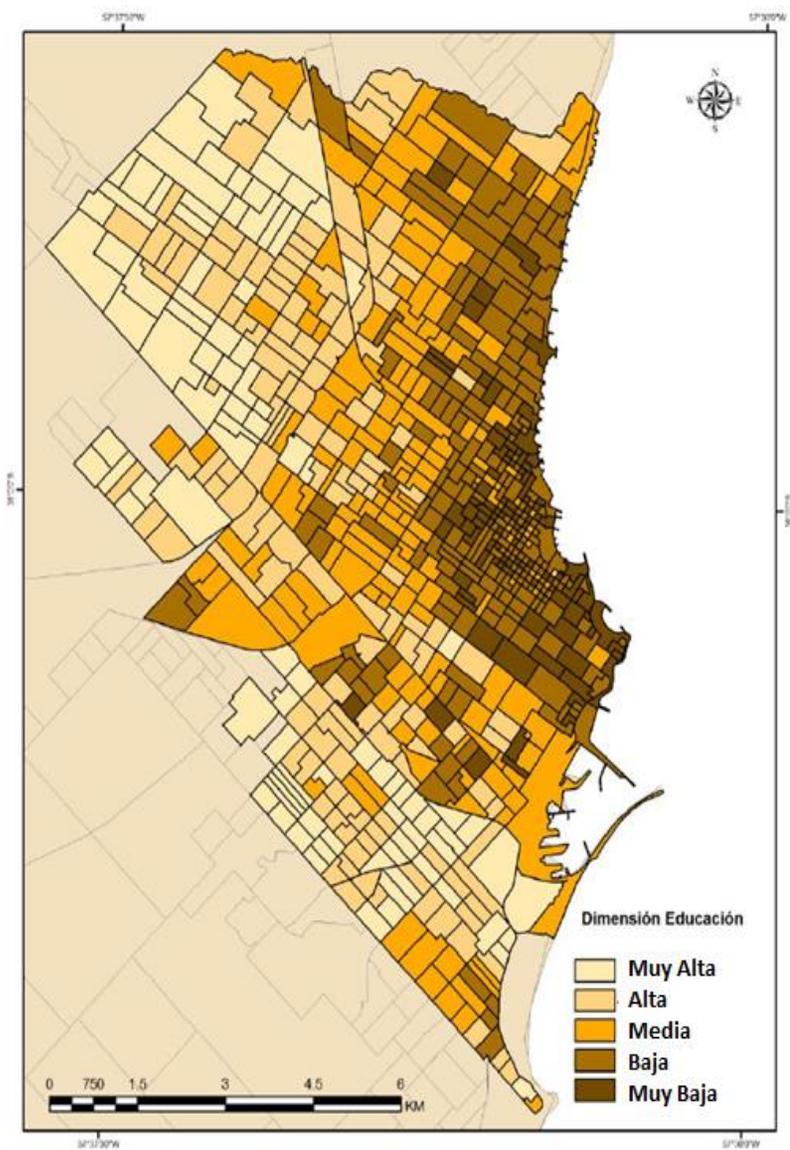


Figura 6.5. Indicador dimensión educación de la ciudad de Mar del Plata

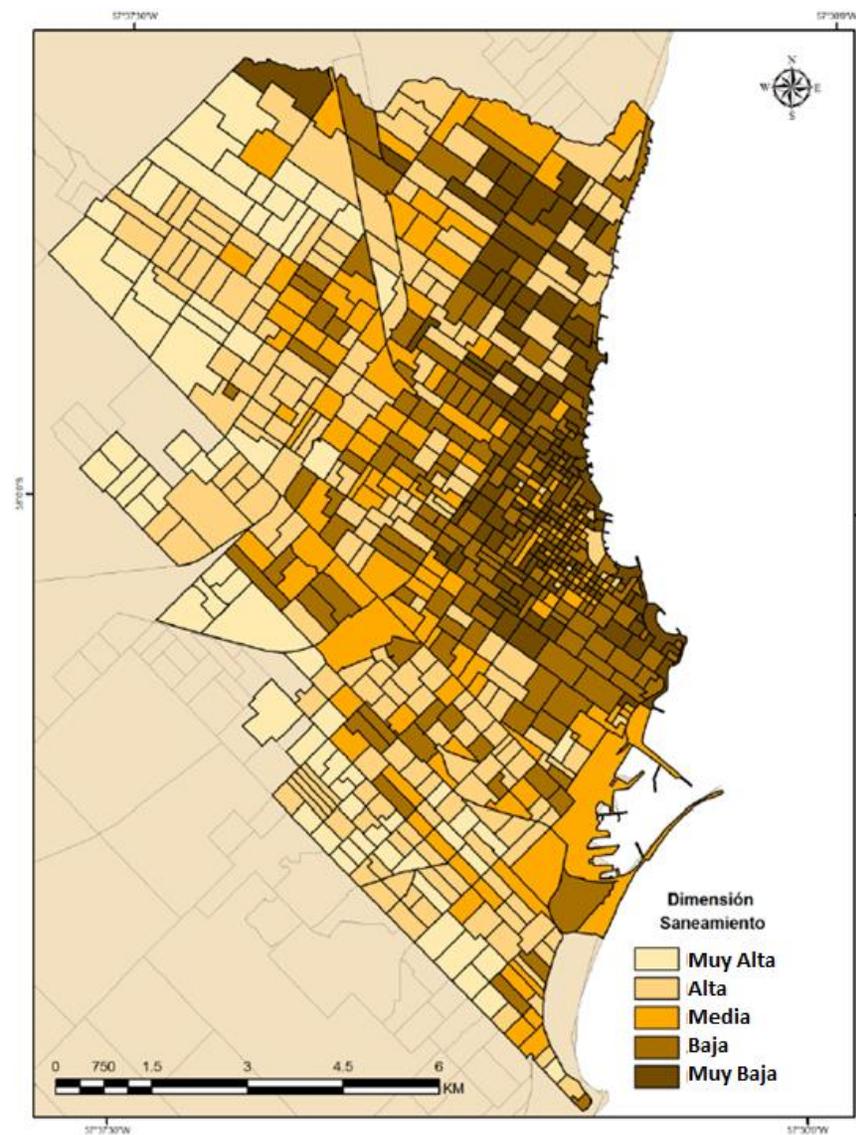


Figura 6.6. Indicador dimensión saneamiento de la ciudad de Mar del Plata

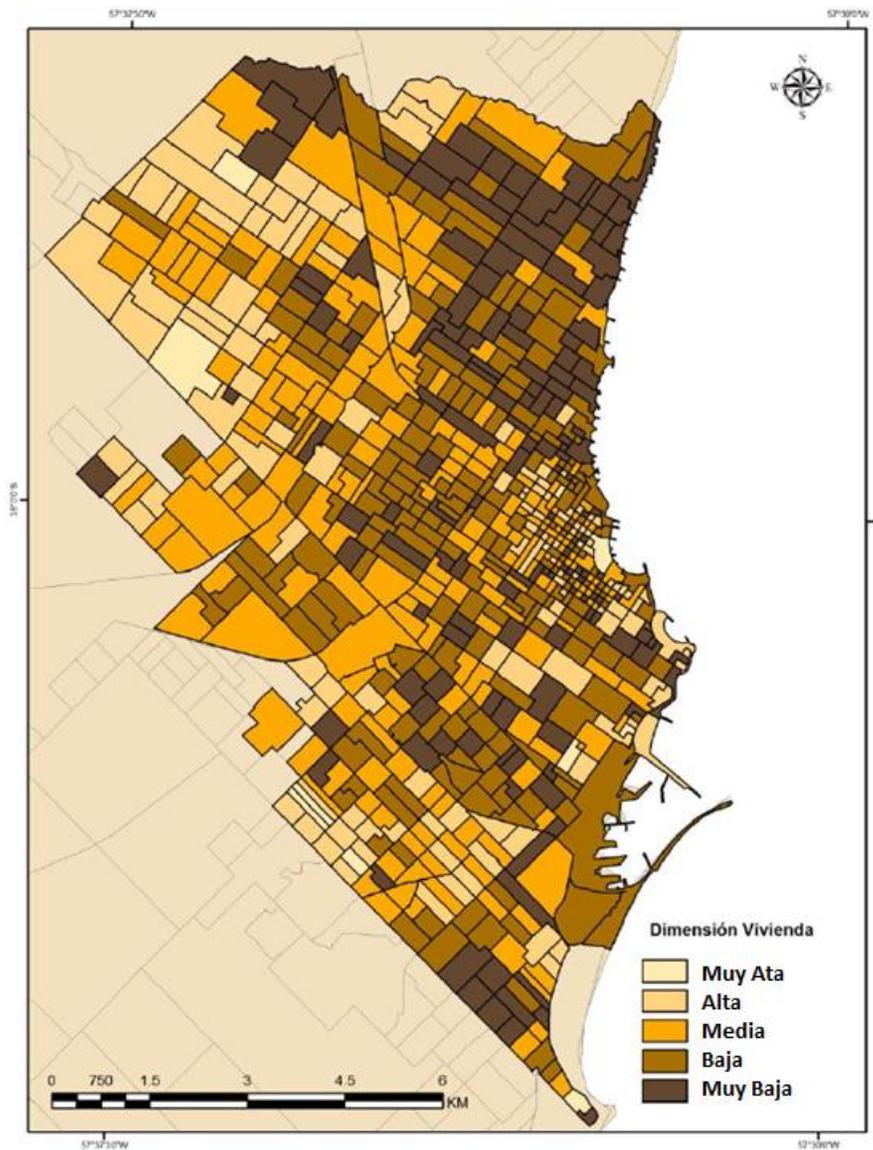


Figura 6.7. Indicador dimensión vivienda de la ciudad de Mar del Plata

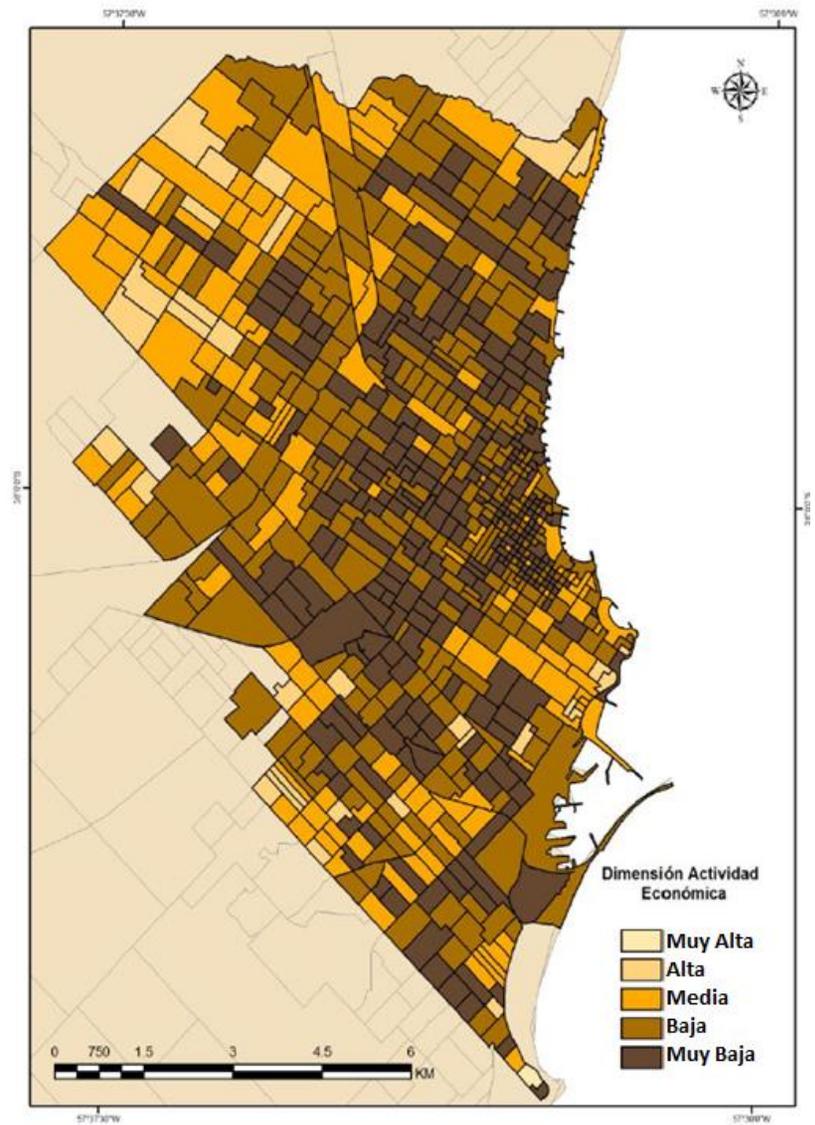


Figura 6.8. Indicador dimensión actividad económica de la ciudad de Mar del Plata

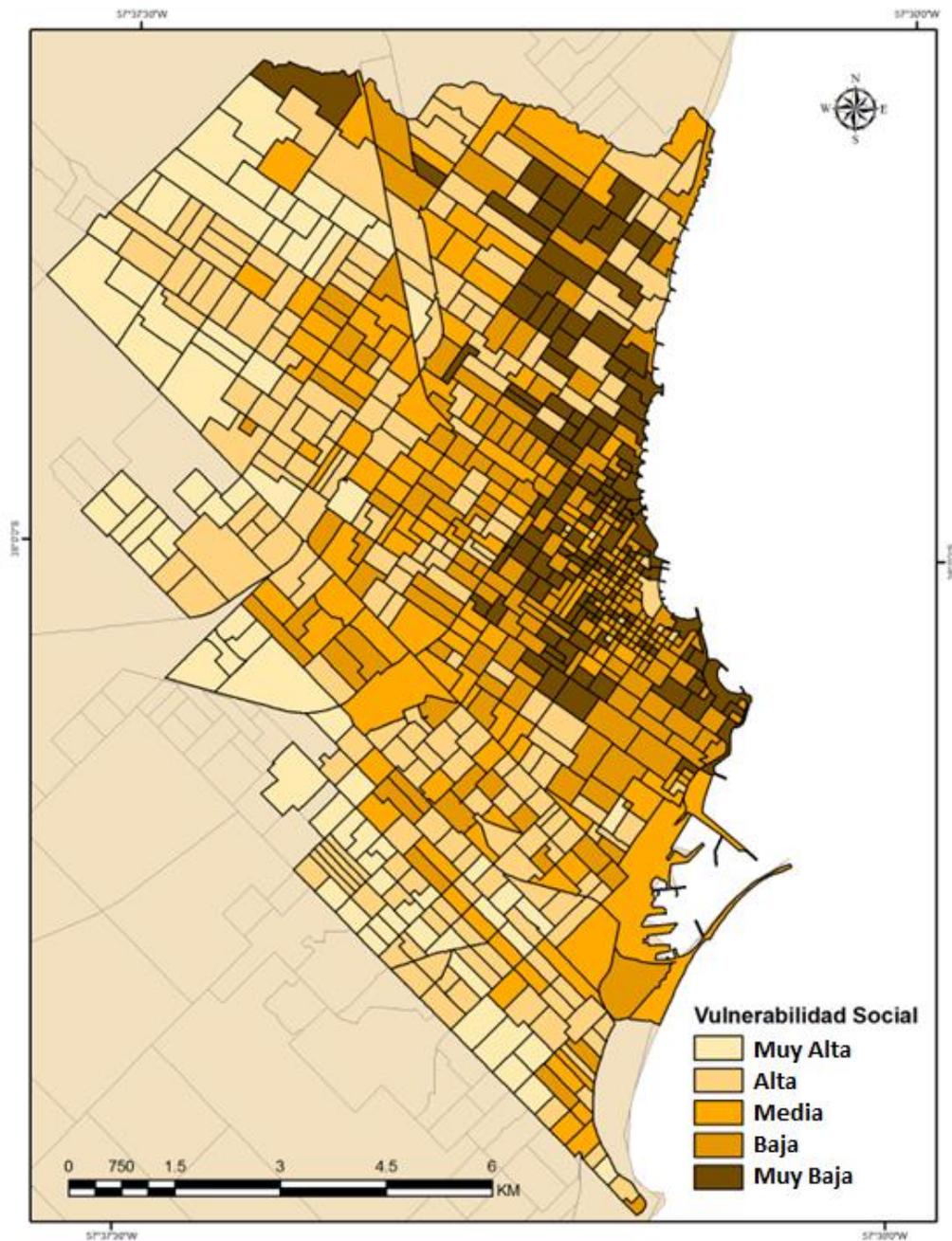


Figura 6.9. Índice de vulnerabilidad social de la ciudad de Mar del Plata

### 6.3.3 Riesgo de inundación en Mar del Plata

El ejido urbano de la ciudad presenta un riesgo a las inundaciones de muy bajo a muy alto. Sin embargo, existen diferencias sustanciales entre el invierno y el resto de las estaciones del año. Durante el invierno (Figura 6.10), se presenta un riesgo muy bajo y bajo, hacia el Este, en gran parte de la zona costera, principalmente en la zona de La Perla, Parque Luro, Constitución, Zacagnini, Stella Maris y Playa Grande mientras que hacia el Oeste predomina la categoría media (ver Figuras 6.10, 6.11 y 6.13). En el norte de la ciudad las categorías predominantes son media, alta y muy alta (mismo patrón se repite hacia el sur). En el resto de las estaciones del año (Figura 6.11), la categoría muy alta solo se encuentra en un radio censal de la costa, mientras que la categoría alta se propaga más en el litoral. A diferencia del invierno, durante la primavera, el otoño y el verano, los eventos extremos de precipitación son más recurrentes y es por eso que el índice de amenaza posee un valor superior que en la estación invernal. Esto propicia que exista una mayor cantidad de radios censales con categorías de riesgo medio, alto y muy alto a diferencia del invierno, donde estas clasificaciones se encuentran más suavizadas.

La combinación de la amenaza y la vulnerabilidad para cada estación del año incrementa el riesgo asociado a eventos extremos de precipitación. Los casos de lluvias con mayor frecuencia junto con la combinación de condiciones socioeconómicas desfavorables y poco desarrollo de infraestructura pluvial determinan el incremento del riesgo en las zonas periféricas de Mar del Plata. En lo que respecta a la construcción de desagües y entubamiento de arroyos, en los últimos años se ha avanzado en el desarrollo de una nueva infraestructura que pueda evitar y/o minimizar las inundaciones en áreas claves. Los arroyos Las Chacras, El Cardalito y Del Barco entre otros (Figura 6.12), fueron entubados en distintas etapas, en la actualidad se plantearon a través de OSSE la expansión de entubamiento de los ramales de dichos arroyos (OSSE, 2015). Los colectores pluviales de Mar del Plata han pretendido drenar sólo la lluvia, sin embargo, en algunos casos, actúan como drenajes combinados (combined sewer outflows), en el sentido que transportan una mezcla de aguas servidas y de tormentas (Moffa, 1996). En el caso de Mar del Plata, la situación más grave es que tanto estos drenajes combinados como la descarga cloacal principal desembocan en zonas de baño (Isla *et al.*, 1998).

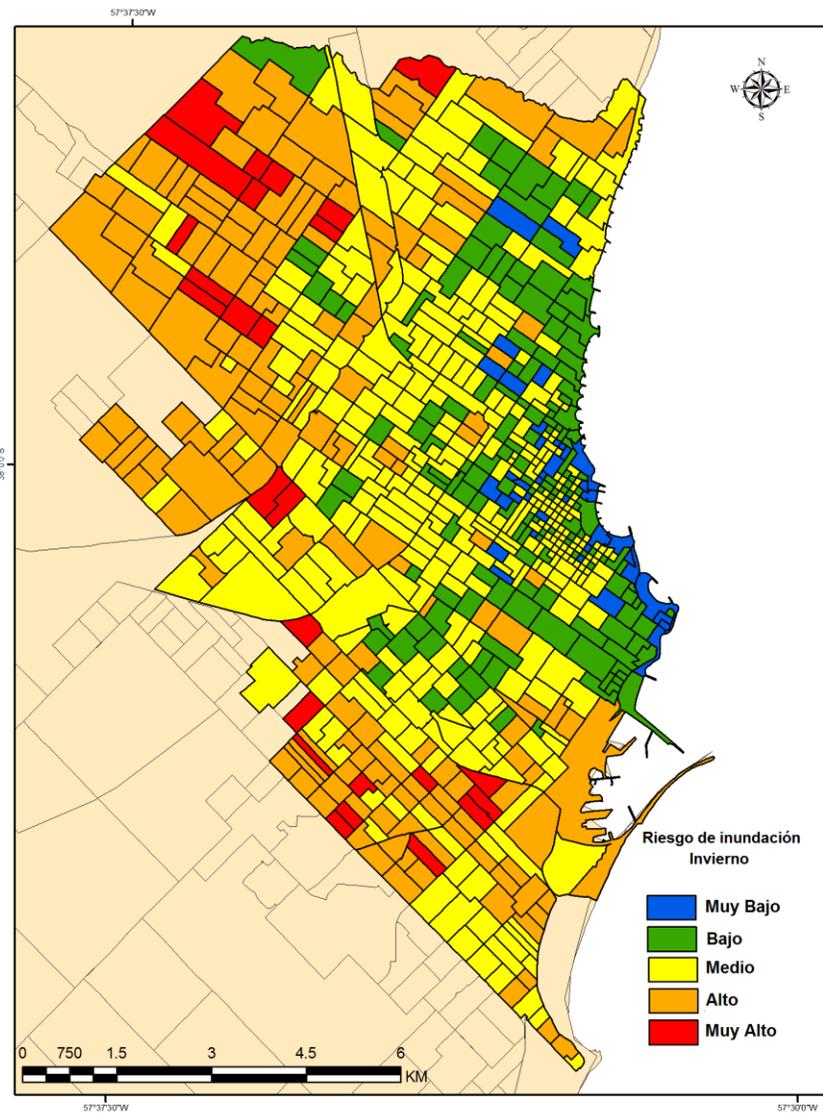


Figura 6.10. Mapa de Riesgo a inundaciones en Mar del Plata durante el invierno

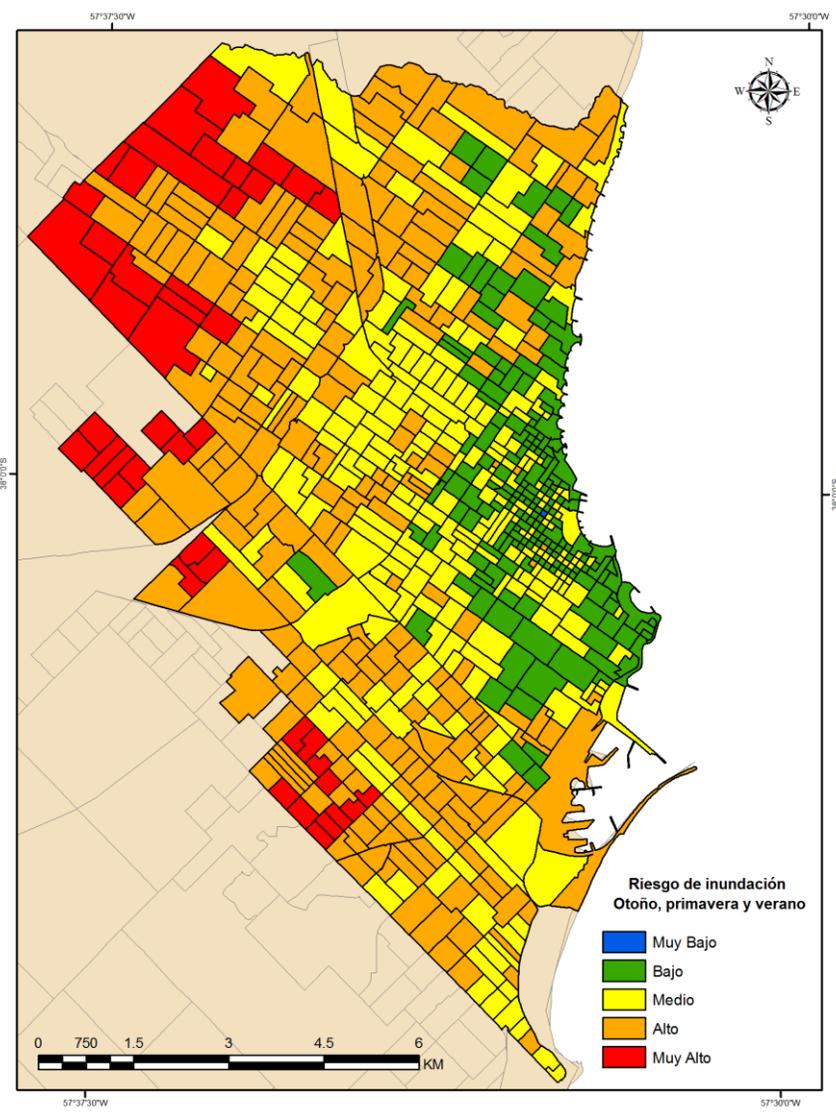


Figura 6.11. Mapa de Riesgo a inundaciones en Mar del Plata durante el otoño, la primavera y el verano

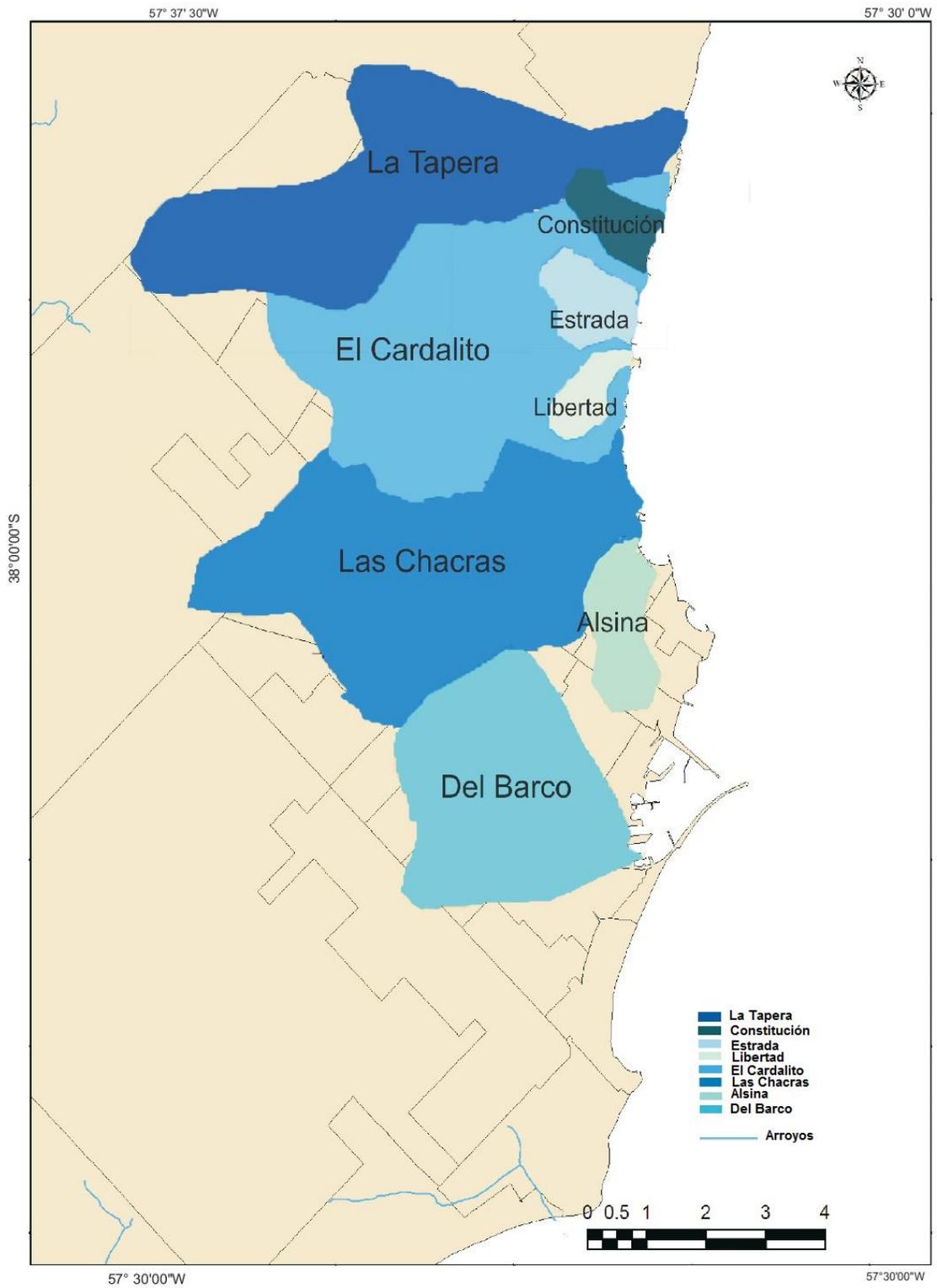


Figura 6.12 Mapa de cuencas de arroyos de Mar del Plata

Los loteos indiscriminados de las áreas rurales de la periferia, por el crecimiento que se dio en la ciudad a partir de la década del '50 como consecuencia de la mano de obra transitoria que se empleaba en la temporada estival en los servicios turísticos y luego fijaba su residencia definitiva en la ciudad, provocaron un crecimiento explosivo que no pudo ser acompañado por la construcción de obras de infraestructura básicas para asegurar la calidad de vida de la población (Lucero *et al.*, 2016). A pesar de la ley 8912/77 de Uso del suelo se autorizaron loteos en áreas deprimidas o que no cubrían las mínimas normas de seguridad. Posteriormente este tipo de loteos siguieron realizándose porque la Municipalidad otorgaba autorización vía mecanismos informales (Juárez *et al.*, 2002). Hasta la década del '90 no hubo inversión municipal significativa en obras públicas destinadas a paliar estos inconvenientes. Las inundaciones, que en su momento afectaban al 5% de la población pasaron a afectar al 20% de manera directa e indirecta, agravando los costos económicos. Mediante los Planes Mar Plata 2000 I y II se realizaron obras de drenaje y nuevas infraestructuras destinadas a paliar en parte estas deficiencias pero las mismas han sido insuficientes (Juárez *et al.*, 2002)

Algunas obras de infraestructura hidráulica han podido resolver el problema de la inundación en sectores clave como la zona Terminal. Esta área es un desagüe natural de aguas de escorrentía de la loma Stella Maris y el área elevada de la costa desde el Casino hasta el Torreón del Monje. Si bien, esta zona no corresponde a una cuenca, es lugar de convergencia de aguas. La puesta en marcha de las etapas 1 y 2 del desagüe de la Terminal, sumados al pluvial Carballo y al aliviador San Lorenzo, supuso una inversión de \$ 12,4 millones. A valores actualizados: \$ 146,9 millones (<http://www.lacapitalmdp.com/noticias/La-Ciudad/2015/08/16/286417.htm>). La zona Terminal ya no se inunda como en años anteriores.

De todas formas, existen en la ciudad, zonas con una alta prioridad en términos de construcción de infraestructura pluvial ya que se encuentran en áreas deprimidas y con una vulnerabilidad social media, alta y muy alta. La ampliación de colectores y ramales de las cuencas hidrográficas disminuiría exponencialmente el impacto de las tormentas en todo el ejido urbano. Por ejemplo, en la cuenca del arroyo Del Barco el aumento de obras de infraestructura pluvial permitirá dar solución al anegamiento y las inundaciones en la zona Puerto, reduciendo el deterioro de calzada y beneficiarán los barrios Las Avenidas, , Puerto, El Progreso, Cerrito Sur, Florencio Sánchez, Juramento y Colinas de Peralta Ramos (Figura 6.13) que incluyen alrededor de 87.000 vecinos (OSSE 2015).

La extensión de más ramales y pluviales en la cuenca del arroyo La Tapera también es prioritaria ya que permitiría dar solución definitiva a los anegamientos y acumulación permanente en una importante zona de la ciudad. En parte de este sector que integra el colector Alió, el agua se estanca, (Figura 6.13 y 6.14) las calles son de tierra y los barrios fueron construidos en fracciones indivisas sin factibilidad hidráulica (OSSE, 2015). Además de ampliar la sección del cauce inferior, los beneficios se extenderían a los barrios La Herradura, San Jorge, Hipódromo, y El Grosellar (Figura 6.13) llegando a un total de 131.000 vecinos (OSSE, 2015).

También la extensión de los ramales en una de las cuencas más grandes como Las Charcas disminuiría el impacto de las inundaciones en los barrios Las Heras, El Martillo, Bosque Grande, , El Progreso, Las Américas, Parque Palermo, Don Emilio, Autódromo, Las Lilas, Bosque Alegre, Bernardino Rivadavia, Los Andes, Don Bosco, Estación Norte, San José, Nueva Pompeya, ,Primera Junta , Divino Rostro, San Carlos y Centro (Figuras 6.13, 6.14, 6.15, 6.16 y 6.17)

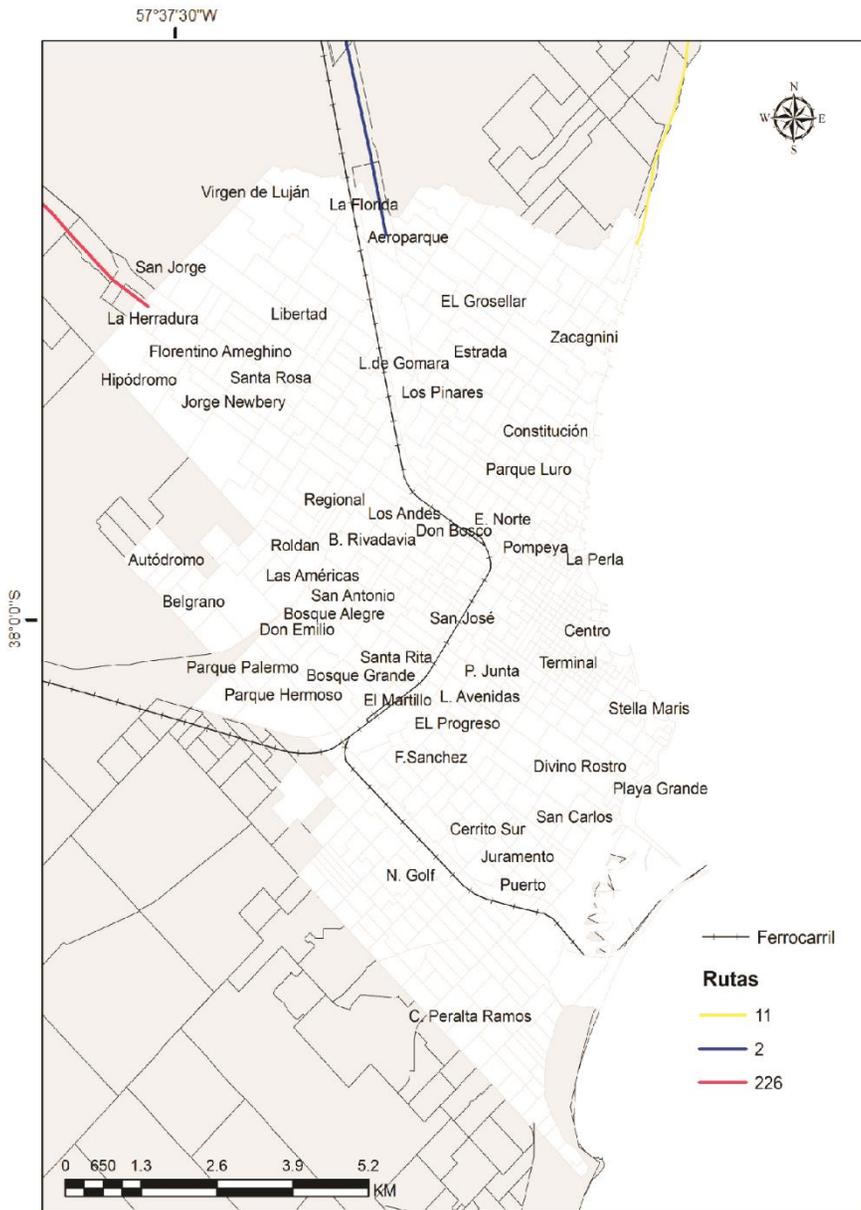


Figura 6.13. Mapa con barrios más propensos a padecer inundaciones



Figura 6.14. Inundación en el barrio Autódromo  
Fuente: www.puntonocias.com



Figura 6.15. Inundación en barrio Parque Palermo.  
Fuente: www.mdphoy.com



Figura 6.16. Inundación en barrio La Herradura.  
Fuente: www.mdphoy.com



Figura 6.17. Pluviales tapados.  
Fuente: OSSE, 2015

A partir de los resultados expuestos puede considerarse que la situación de riesgo asociado a los eventos extremos de precipitación es importante en el área de estudio, por lo cual un plan de gestión del riesgo debería incluir la implementación de medidas de prevención, mitigación y adaptación, como obras de infraestructura, regulaciones legales, aplicación de un ordenamiento territorial, planificación urbana, zonificación de usos del suelo, sistemas de alarma y monitoreo, educación ambiental y comunicación del riesgo entre otras.

#### **6.4. Conclusiones**

La selección de indicadores que conforman el índice de amenaza y vulnerabilidad fueron esenciales para determinar el riesgo a los eventos extremos de precipitación en Mar del Plata. Los resultados hallados brindan conocimiento para establecer estrategias específicas inherentes a la prevención y mitigación para cada área del ejido urbano, las cuales serían efectivas a la hora de elaborar una propuesta de gestión integrada para los eventos extremos de precipitación para la ciudad.

El índice de amenaza tanto para el invierno como para el resto de las estaciones del año, presentó los mayores valores en la periferia del ejido, principalmente hacia el N, NW, W y SW. También, valores altos se reflejaron en la zona del puerto. En cambio, en las zonas aledañas al centro y SE los valores fueron medios para ambos casos. Los valores más bajos de amenaza se localizan en la zona costera y céntrica. Con respecto al índice de vulnerabilidad, la franja costera cercana al centro de la ciudad y parte de la zona norte presenta categorías muy alta, alta y moderada mientras que las categorías más bajas se delimitan en la periferia exceptuando el barrio La Florida al NW sobre la ruta 2.

Con respecto a la vulnerabilidad social, los valores estimados exhiben una distancia notable entre vulnerabilidad alta y muy baja, y la configuración espacial confirma la estructura en patrones de distribución bien diferenciados. El patrón es bien definido, dado por el aumento en los valores de los ocho indicadores desde el centro hacia la periferia arrojando una distribución dispersa y heterogénea. La periferia junto con algunas fracciones censales del centro se la percibe como un

área prioritaria en la aplicación de medidas públicas a partir de la mejora en las condiciones de vida en general de la población.

El sector urbano de Mar del Plata presenta un riesgo a los eventos extremos de precipitación muy bajo a bajo y moderado en todas las estaciones del año en gran parte de la zona costera, principalmente desde Constitución hasta Playa Grande. Los valores más bajos se manifiestan durante el invierno en el área litoral debido a que la amenaza es menor durante dicha estación lo cual disminuye el riesgo. Las categorías más altas de riesgo se localizan, en gran medida, desde el centro hasta la periferia, dado principalmente, por los bajos valores de vulnerabilidad junto con las zonas más deprimidas, y a su vez, donde las obras hidráulicas son escasas o no están terminadas (barrios El sosiego, La Trinidad, Santa Ángela, La Laura, 2 de Abril, Las Margaritas, La Herradura, San Jorge, Hipódromo, Alto Camet, Las Dalias, Las Heras, Pueyrredon, El Martillo, Bosque Grande, , El Progreso, Las Américas, Parque Palermo, Don Emilio, Las Lilas, Regional, , El Gaucho, San Antonio, Bosque Alegre y Bernardino Rivadavia). En estos barrios, el índice alcanza sus valores máximos ya que conforman las fracciones censales con mayor vulnerabilidad social, donde en varios de ellos, se encuentran localizadas villas de emergencias.

En la actualidad, gran parte de la ciudad, más precisamente las zonas noroeste, oeste y sudoeste no poseen capacidad de adaptación a eventos extremos de precipitación. Los esfuerzos realizados por el gobierno local no han podido mitigar por completo el impacto de las inundaciones, especialmente en áreas más precarias.

Las consecuencias de las inundaciones no sólo son producto de un evento natural sino también, de las condiciones físicas del terreno y la insuficiente infraestructura pluvial. A raíz del laboreo intensivo en el cinturón hortícola que rodea la ciudad y el explosivo crecimiento urbano se han introducido importantes interferencias en los drenajes naturales que llevaron a modificaciones totales o parciales en los tramos de las redes de flujo de los arroyos. La escasa pendiente del terreno y estas interferencias introducidas por la acción antrópica (construcciones edilicias, obras varias), dificultan la infiltración, aceleran el escurrimiento superficial y producen frecuentes anegamientos en algunos sectores periféricos y céntricos.

La elección de los indicadores seleccionados han permitido distinguir y, además, cartografiar áreas diferenciadas. El mapa de riesgo obtenido para cada estación del año ha permitido la identificación de áreas con diversos grados de riesgo derivados de la desigual manifestación en el espacio de la amenaza y de la vulnerabilidad. El conocimiento de estas

variables incrementa las chances de reducción del riesgo al permitir la implementación de medidas de prevención y/o mitigación diferenciales de acuerdo a las necesidades de cada área.

## Capítulo 7

### Conclusiones y Recomendaciones Finales

En la presente investigación se realizó un estudio integrado de la variabilidad climática en Mar del Plata, analizando la misma junto con los eventos de precipitación extrema en el ejido urbano de la ciudad, han generado consecuencias socio ambientales negativas.

En primer lugar, se ha caracterizado el clima área de estudio a partir de escalas climáticas de las variables meteorológicas. En un principio, se estudió la escala decádica del clima de Mar del Plata y sus anomalías junto con la posible influencia que tiene la variabilidad del Océano Pacífico tropical sobre los parámetros meteorológicos a partir del índice multivariado del ENSO. La escala decádica es importante a los fines de comprender la evolución temporal de las diversas variables en las distintas décadas, así como identificar los máximos y mínimos decadales en cada estación del año. En base a este estudio, la temperatura presentó una mayor anomalía en la estación estival en la década 1981-1990 (+0.6 °C). La presión atmosférica mostró su mayor valor en la década de 2001-2010 para todas las estaciones del año, principalmente en otoño, alcanzando +1.5 hPa. La humedad relativa presentó sus máximos en el invierno y la primavera de 1951-1960, con valores +2.4% y +1.7% respectivamente y los mínimos en otoño (-1.4%) y en invierno (-1.9%). La mayor anomalía de precipitación se observó en el invierno de la década 1961-1970, (+35.1mm). El verano de la década de 1991-2000 también fue anómalamente lluviosa (+30.9 mm) mientras que el otoño mostró mayores anomalías negativas (-33.8) principalmente durante 1961-1970. En el período de estudio, los eventos ENSO que afectaron en mayor medida a las precipitaciones de Mar del Plata fueron los eventos El Niño entre los años 1991-1992 y 1997-1998 y La Niña 1971-1980, produciendo un notable aumento y disminución en los montos totales, respectivamente.

Posteriormente se analizó el comportamiento cíclico de los datos meteorológicos a partir de la Transformada Rápida de Fourier (FFT). El análisis espectral permitió observar el comportamiento cíclico de cada variable para identificar aquellos que son particularmente importantes. La escala sinóptica indicó que las fluctuaciones en los parámetros meteorológicas fueron de 5 a 14 días. La variabilidad estacional osciló alrededor de los 90 días mientras que la intraestacional fluctuó entre los 43 y 75 días mientras que en la escala interanual se registraron

oscilaciones de los parámetros entre 1.6 y 2.4 años. Con respecto a las escalas inter y multidecadal, las mismas, se presentaron solamente en el viento. La temperatura, presión atmosférica y la humedad relativa mostraron una densidad máxima espectral en la señal anual mientras que el viento mostró su pico máximo en la escala interdecadal. El análisis de la Transformada Rápida de Fourier efectuado fue fundamental para poder explicar la variabilidad temporal y/o periodicidad de diversos parámetros meteorológicos del clima de Mar del Plata observando una conexión espacio-temporal de sus frecuencias con diversos procesos atmosféricos y oceánicos, como los eventos ENSO y sus fases características en escala interanual o intradecadal, aunque se observaron oscilaciones climáticas con una ciclicidad natural con períodos decadales y multidecadales conocidos, que sugirieron una relación entre los procesos terrestres y solares.

A partir de distintas escalas temporales se estudió la variabilidad del clima en Mar del Plata vinculando el fenómeno de las precipitaciones y su relación con los eventos El Niño/La Niña. El estudio de los elementos del clima y el análisis de sus tendencias ha demostrado que existe una gran variabilidad climática en la región. La temperatura media mostró una disminución de  $-0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  donde las anomalías térmicas no mostraron oscilaciones importantes. Las precipitaciones se distribuyen a lo largo del año con máximos en verano y mínimos en invierno. La velocidad máxima del viento mostró una gran variabilidad, siendo ésta mayor durante 1969 y presentando las mayores anomalías ( $+12.5\text{ km/h}^{-1}$ ). Las mayores velocidades medias se registraron en la primavera y las menores en otoño. La presión atmosférica también tuvo un comportamiento significativo presentando una marcada tendencia positiva alcanzando los mayores valores en invierno y los menores en verano. La humedad relativa posee una leve disminución para toda la serie donde las anomalías no han demostrado una oscilación trascendente. La humedad relativa fue mayor en otoño en invierno mientras que disminuye en primavera y verano. En cuanto a las precipitaciones, estas tampoco mostraron oscilaciones anómalas importantes sin embargo, ha guardado una importante relación con el índice ONI infiriendo que los años más lluviosos/secos son donde los eventos El Niño/La Niña han predominado especialmente durante los eventos El Niño intensos como en 1977, 1982 y 2002 y la Niña moderada en 1962. Las mayores precipitaciones predominan en la estación estival mientras que las menores en el invierno.

Posteriormente, se determinó la frecuencia de tormentas junto con los valores extremos y extraordinarios de precipitación a través de medidas de posición no central. Esto permitió demostrar cómo es la distribución de los eventos extremos de precipitación por estación del año

en Mar del Plata. Los resultados mostraron que las tormentas con precipitación extrema disminuyeron mientras que las extraordinarias aumentaron. Además se demostró la variabilidad de las tormentas por estación del año según la distribución de las mismas respecto de los percentiles 95 y 99. El estudio destaca la dirección predominante de las tormentas para cada umbral. Por ejemplo, durante las precipitaciones extremas, las tormentas del NE y ENE son las principales mientras que en los eventos extraordinarios predominan las del SE y ENE. Las tormentas del SE, en general, son las que mayor daño causan en la ciudad, no solo por el anegamiento propio ocasionado por las precipitaciones sino por la intensidad de los vientos. El estudio de la frecuencia estacional de las precipitaciones extremas destaca que en la estación estival y otoñal, predominaron las tormentas del ENE mientras que durante el invierno fueron las del SE y NE. En cambio, la primavera presentó tormentas más recurrentes del sector NE y SWW. Para los eventos extraordinarios imperaron las tormentas del ENE en verano seguido por los episodios originados del sector SSE. En otoño, el mayor registro fue desde el cuadrante SE y del W mientras que en invierno fue del ESE. La primavera no tuvo una dirección predominante de tormentas extraordinarias ya que presentó un solo evento por direcciones variadas. Cabe destacar que la mayor cantidad de tormentas se manifestaron durante los meses de diciembre y enero aunque también en abril y septiembre. Si bien, las tormentas extremas fueron las de mayor predominancia (79% de los casos) y los extraordinarios solo alcanzaron un 21%. Estos últimos fueron los que han ocasionado mayores daños en la ciudad, desde inundaciones en las zonas más bajas hasta destrucción de calzadas, arboles, servicios de luz y agua, entre otros.

Finalmente, el análisis del impacto de los eventos extremos y extraordinarios de precipitación - junto con el análisis del riesgo en el espacio geográfico - ha sido fundamental para identificar qué áreas de la ciudad son más propensas y vulnerables a padecer las consecuencias de dichos eventos. El estudio de los elementos del riesgo se llevó a cabo para todo el ejido urbano y para cada estación del año donde el riesgo a los eventos extremos de precipitación difiere debido a la desigual distribución espacial de sus componentes. La mayor amenaza se manifestó durante el otoño, la primavera y el verano debido, principalmente, a que los extremos de precipitación se concentran en dichas estaciones, a diferencia del invierno donde los extremos son menores. Esto permite que existan condiciones de amenaza muy baja. A su vez, tanto para el invierno como para el resto de las estaciones del año, la amenaza presentó los mayores valores en la periferia del ejido, principalmente hacia el N, NW, W y SW dado que los valores de la pendiente son prácticamente

nulos, a diferencia de las zonas más altas donde el índice de amenaza es bajo. El estudio de los indicadores socioeconómicos que componen la vulnerabilidad, también identificó, aquellas zonas con mayores desigualdades sociales debido a una diferente distribución territorial de las variables estudiadas dentro de cada dimensión. Los valores de los indicadores aumentan desde el centro hacia la periferia arrojando una distribución dispersa y heterogénea. La periferia junto con algunas fracciones censales del centro se la percibe como un área prioritaria en la aplicación de medidas públicas a partir de la mejora en las condiciones de vida en general de la población. En cuanto al riesgo, los valores más bajos se manifiestan durante el invierno en el área litoral, en cambio las categorías más altas se localizan, en gran medida, desde el centro hasta la periferia, dado principalmente, por los bajos valores de vulnerabilidad junto con las zonas más deprimidas, y a su vez, donde las obras hidráulicas son escasas o no están terminadas. El impacto desigual de las precipitaciones debido a la pendiente del terreno y a las condiciones socioeconómicas permite identificar las posibilidades de reducir el riesgo a través de la implementación de medidas de prevención y/o mitigación diferenciales de acuerdo a las necesidades de cada área. Debido a estos resultados, las autoridades locales y provinciales deberán implementar mejores políticas urbanas de planificación y desarrollo para la ciudad las cuales son imperantes a la hora de mejorar no solo la calidad de vida de sus habitantes sino también, el empleo y el consumo. Además de planes de adaptación a los extremos climáticos a partir de políticas específicas de mitigación lo cual permitiría una disminución en la vulnerabilidad de la población y por consiguiente la reducción del riesgo a los eventos extremos.

Por último, en base a los resultados obtenidos con respecto a comportamiento de las precipitaciones, el ambiente y el trazado urbano de la ciudad, se proponen las siguientes recomendaciones:

- a) El avance de la urbanización sin planificación previa en la periferia de la ciudad ha incrementado la vulnerabilidad social y por consiguiente el riesgo a las inundaciones es poca o casi inexistente la infraestructura pluvial. Por consiguiente es de vital importancia incrementar las obras de infraestructura pluvial en todo el ejido urbano y agilizar la canalización de desagües pluviales. El mismo debe diseñarse y construirse en forma separada para evitar que el flujo excesivo de agua de lluvia genere problemas en la operación de sistemas de tratamiento debido a la dificultad de procesar la totalidad de las aguas captadas en época de lluvias.

b) Gestión y manejo del riesgo de áreas inundables. Es preciso destacar el nivel de riesgo en cada área a partir de una zonificación pertinente. Dentro de un plan de manejo del riesgo es importante un correcto diseño, implementación e integración de nuevos códigos de construcción.

c) Inundaciones: ampliar la red de drenaje y limitar la ocupación de zonas con áreas inundables, especialmente en el sector noroeste de la ciudad.

d) Construir reservorios naturales capaces de retener grandes cantidades de agua en lotes particulares y recuperar sitios de infiltración de aguas de lluvia.

e) Implementar incentivos fiscales para evitar que comunidades se asienten en zonas inundables.

f) Fortalecer el sistema de monitoreo ambiental a partir de la instalación de estaciones meteorológicas automáticas que brinden información de acceso gratuito e instantánea a través de internet.

g) Promover un programa de capacitación a la población local sobre cuáles son las medidas de mitigación a tomar respecto al impacto de los eventos extremos. Por ejemplo, que en cada barrio exista al menos una persona con un mínimo de capacitación por cada barrio donde sabe cuál es la zona que más se inunda y las personas más vulnerables. Estas personas designadas generan que el trabajo sea más organizado.

h) Establecer un protocolo de evacuación para que las familias afectadas sepan dónde están los centros de evacuados.

i) Generar mejores oportunidades laborales y mayor acceso a la educación lo cual favorecerá a una mejor inserción laboral y por consiguiente a mejoras habitacionales y en el acceso a infraestructura privada.

j) Incluir la adaptación a los eventos extremos como parte esencial de programas de riesgo de la ciudad.

k) Utilizar equipos multidisciplinarios para proyectos y con profesionales calificados con conocimiento local del clima (geógrafos, meteorólogos, hidrólogos, geólogos).

Por todo el análisis desarrollado, es importante considerar que una propuesta de planificación y gestión del riesgo a los eventos extremos de precipitación es trascendental a la hora de mitigar y/o reducir el mayor daño posible derivado de las inundaciones. Al estipular nuevas capacidades y políticas públicas, se plantea la necesidad de promover una nueva ordenación del territorio más eficiente. Por consiguiente, instaurar políticas de desarrollo social que tiendan a mejorar estructuralmente la calidad de vida de la población residente haría que las mismas tuviesen un capacidad de respuesta mayor a los eventos climáticos. Para ello, hay que favorecer el desarrollo y la aplicación de estrategias de comunicación de la vulnerabilidad entre todos los actores sociales involucrados así también como, el fortalecimiento de la educación ambiental.

La transferencia de conocimientos entre las diversas instituciones del Estado tanto la universidad local como el gobierno de turno juega un rol muy importante a la hora de difundir la información sobre planes de adaptación. Esto implicaría una mayor participación y organización ciudadana. Para finalizar, el monitoreo de las estrategias aplicadas no debería desestimarse. El correcto control sobre las medidas indicaría si las mismas fueron acertadas y reducirían el riesgo o si no han funcionado. Si este es el caso, se deberían replantear los objetivos y estrategias implementadas. El nivel de prioridad que se da a cada medida de adaptación específica debe tener en cuenta la cercanía de la amenaza, los recursos disponibles, las vulnerabilidades del lugar, y las expectativas de la comunidad.

En síntesis, se probó la hipótesis planteada al inicio de la tesis: *La ciudad de Mar del Plata y su zona costera en particular está sometida a eventos extremos y a una importante variabilidad climática que genera inundaciones del núcleo urbano, propiciando e incrementando problemas sociales, económicos y ambientales.* Tanto los resultados obtenidos como las propuestas enumeradas, podrían ser de gran utilidad en el proceso de elaboración de un Plan de Manejo del Riesgo a los Eventos Extremos de Precipitación por las autoridades locales, el cual puede implementarse para futuras investigaciones y planes en diferentes escalas.

## Referencias bibliográficas

- Abdrabo, M. A., y Hassaan, M. A., 2015. An integrated framework for urban resilience to climate change— Case study: Sea level rise impacts on the Nile Delta coastal urban areas. *Urban Climate*, 14, 554-565.
- Aceituno, P., 1988. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate. *Monthly Weather Review* 116: 505-524.
- Adger, W. N., Arnell, N. W., y Tompkins, E. L., 2005. Successful adaptation to climate change across scales. *Global environmental change*, 15(2), 77-86.
- Alessandro, A. P., 1998. Contribuciones al estudio de la climatología sinóptica en la Argentina. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Alessandro, A. P., 2005. Acciones bloqueantes alrededor de los setenta grados oeste en el sur de Sudamérica. *Meteorológica*, 30 (1-2), 3-25.
- Allen. R.L., y Mills. D.W., 2004. *Signal analysis: Time, frequency, scale and structure*. New Jersey. John Wiley and Sons. Incorporated. 937p. [airy.ual.es/papers/analysis1.doc](http://airy.ual.es/papers/analysis1.doc) – Consulta 14-10-08
- Allen Consulting., 2005. *Climate Change Risk and Vulnerability*. Australian Greenhouse Office, Department of the Environment and Heritage, Canberra, Australia, 159.
- Allan, R., y Ansell, T., 2006. A New Globally Complete Monthly Historical Gridded Mean Sea Level Pressure Dataset (HadSLP2): 1850-2004". *J. Climate*, 19, 5816-5842.
- Anabor V, Stensrud D.J, Moraes O.L.L., 2008. Serial upstream propagating mesoscale convective system events over Southeastern South America. *Mon Wea Rev* 136:3087–3105
- Aneas de Castro, S., 2006. En torno al diagnóstico de los riesgos. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales* 10(218):12. <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-218-12.htm>
- Anon., 2014. *NCCARF 2008-2013: The first five years*, Gold Coast. Ed. National Climate Change Adaptation Research Facility. ISBN: 978-1-925039-94-8.
- Arrayanes G., 2006. Mitigación del Cambio Climático mediante la Captura de Carbono. Buenos Aires: Enabling activity for the Second National Communication SA y DS; 168.
- Atucha, A. J., Volpato, G., y Wierny, M., 2000. *Producto Bruto Geográfico de General Pueyrredon. Serie 1993-1999*. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata.

- Atucha, A. J., Errazti, E., Lacaze, M. V., Labrunée, M. E., López, M. T. y Volpato, G., 2012. La estructura productiva del Partido de General Pueyrredon. *FACES*, 18(38-39).
- Atucha, A. J. y Labrunée, M. E., 2014. Los trabajadores escondidos: método de inclusión de la ocupación faltante en las mediciones del Producto Bruto Geográfico de General Pueyrredon. *Trabajo y Sociedad*, 17(22).
- Barros, V.R., Castañeda, M.E., Doyle, M.E., 2000. Recent precipitation trends in southern South America east of the Andes: an indication of climatic variability. In: Smolka, P.P., Volkheimer, W. (Eds.), *Southern Hemisphere Paleo- and Neoclimates*. Springer, Berlin, 187–206.
- Barros, V. R., 2008. Adaptation to climate trends: lessons from the Argentine experience. *Climate Change and Adaptation*, 1, 296.
- Barros, V. R., Boninsegna, J. A., Camilloni, I. A., Chidiak, M., Magrín, G. O., y Rusticucci, M., 2015. Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 6(2), 151-169.
- Barton, J. R. 2009. Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Revista de Geografía Norte Grande*, (43), 5-30.
- Behera SK y Yamagata T., 2001. Subtropical SST dipole events in the southern Indian Ocean. *Geophysical Research Letters* 28: 327–330.
- Benavente, J., Del Río, L., Anfuso, G., Gracia, F.J. y Reyes, J.L. 2002. Utility of morphodynamic characterisation in the prediction of beach damage by storms. *Journal of Coastal Research* SI(36): 56-64.
- Bencardino, C. M., 2000. *Estadística y muestreo*. Ecoe Ediciones.
- Bergman, J., 2005. Ciclo Solar. [http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/sun/activity/solar\\_cycle.sp.html](http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/sun/activity/solar_cycle.sp.html)
- Berman, A. L., y Bischoff, S., 2013. Campos de circulación asociados a extremos de índice showalter en Argentina. *Geoacta*, 38(1).
- Bértola, G., 2006. Morfodinámica de playas del sudeste de la Provincia de Buenos Aires (1983 a 2004). *Latin America Journal of Sedimentology and Basin Analysis*. VOL. 13 (1) 2006, 31-57. Asociación Argentina de Sedimentología - ISSN 1669 7316.
- Bértola, G. y Cortizo, L. 2005. Transporte de arena en médanos litorales activos y colgados del Sudeste de Buenos Aires. *Revista Asociación Geología Argentina*, v.60 (1: 174-1884). Buenos Aires, Enero/marzo.
- Bértola, G.R., 2001. 21 years of morphological modifications in on urbanized beach (Playa Grande, Mar del Plata, Argentina). *Thalassas* 17(2): 21-36.

- Beigt, D., 2007. Balance energético de las planicies de marea del estuario de Bahía Blanca. Tesis doctoral. Departamento de Geografía. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 211 pp.
- Beigt, D y Piccolo, M.C., 2009. Tendencia de la temperatura en una planicie de marea del estuario de Bahía Blanca (período 2000-2007). *Investigaciones geográficas* 48: 253-271.
- Biondi, F., Gershunov, A y Cayan, D.R., 2001. North Pacific decadal climate variability since 1661. *J. Climate*, no. 14, pp. 5-10.
- Bird, E. 2008. *Coastal Geomorphology: an introduction*. John Wiley & Sons Ltd, Inglaterra, 438.
- Birkmann, J. 2007. Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards* 7(1): 20-31 pp.
- Bischoff, S. 2005. Sudestadas. En Barros, V, Menéndez, A y Nagy, G.J (ed). *El Cambio Climático en el Río de la Plata*. CIMA – CONICET – UBA, Buenos Aires, 53-67.
- Bloomfield, P., 1976. *Fourier analysis of time series: an introduction*. John Wiley y Sons (editors). New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore
- Bohórquez, J. E. T., 2013. Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima). Un aporte de método. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2013(81), 79-93.
- Boruff, B.J., Emrich, C. y Cutter, S.L., 2005. Erosion hazard vulnerability of US coastal counties. *Journal of Coastal Research* 21(5): 932-942 pp.
- Boswood, P. K., y Murray, R. J. 2001. *World-wide sand bypassing systems: data report*. State of Queensland, Environmental Protection Agency.
- Boulanger J.P., Leloup J., Penalba O.C., Rusticucci M.M., Lafon F., Vargas W.M., 2005. Observed precipitation in the Paraná -Plata hydrological basin: Long-term trends, extreme conditions and ENSO teleconnections. *Clim Dyn.*, 24, 393-413
- Brandini, A., 1990. La Zona Costera de Argentina: Perfil Ambiental e Institucional. En: *El Manejo de Ambientes y Recursos Costeros en América Latina y el Caribe*, volumen 1, Departamento de Asuntos Científicos y Tecnológicos de la OEA, p. 37- 53
- Brunet India, M. y A. Coronas Salcedo., 1992. La aplicación del análisis de Fourier al establecimiento de contrastes térmicos urbano-rurales. *Revista de Geografía*, vol. XXVI. Barcelona, 1992, pp. 17-33
- Bruniard, E. D., 1981. *El clima de las planicies del norte argentino*. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste. Tesis Doctoral. Resistencia, Argentina.
- Burkett, V. y Davidson, M. 2013. *Coastal impacts, adaptation and vulnerabilities. A Technical Input to the 2013 National Climate Assessment*. Ed. Island Press. 217.

- Bulkeley, H. 2010. Cities and the governing of climate change. *Annul. Review of Environmental Resources.*, 35, pp. 229–253.
- Bustamante, C., Jans, M., e Higuera, E., 2014. El comportamiento del viento en la morfología urbana y su incidencia en el uso estancial del espacio público, Punta Arenas, Chile. *AUS (Valdivia)*. No.15, 28-33 pp. ISSN 0718-7262.
- Cai, F., Su, X., Liu, J., Li, B. y Lei, G., 2009. Coastal erosion in China under the condition of global climate change and measures for its prevention. *Progress in Natural Science* 19(4): 415-426.
- Caldwell, M y Segall, C., 2007. No Day at the Beach: Sea Level Rise, Ecosystem Loss, and Public Access Along the California Coast. *Ecology Law Quaterly* 34:533–578.
- Caló, J.E., Fernández, E., Marcos, A. y Aldacour, H. 2005. Observaciones litorales ambientales de olas, corrientes y vientos de la playa de Monte Hermoso entre 1996 y 1999. *Geoacta* 30:27-38
- Caló, J., Fernandez, E., Marcos, A. y Aldacour, H. 1998. Análisis preliminar del balance sedimentario de la playa de Pehuén-Có, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Geoacta* 23:1-12.
- Cámara Argentina de Biocombustibles, 2014. Disponible en <http://www.carbio.com.ar>.
- Camilloni, I., 1999. Temporal variability of the Buenos Aires urban heat island intensity. *International Conference on Urban Climatology ICUC99 (CD ROM)*. Sydney, Australia.
- Camilloni I y Barros V.R., 2000. The Parana River response to El Niño 1982–1983 and 1997–1998 events. *J Hydrometeorol* 1:412–430
- Camilloni I y Barros V.R., 2003. Extreme discharge events in the Paraná River and their climate forcing. *J Hydrol* 2003, 278:94–106.36.
- Camilloni, I., 2004. Escenarios climáticos futuros. En: *Compilación de los trabajos realizados en Argentina para PNUD, Proyecto ARG/03/01–Contratos de Locación de Obra 48 y 49/2005, Agenda Ambiental Regional, Mejora de la gobernabilidad para el Desarrollo Sustentable*.
- Camilloni, I., 2005. Tendencias climáticas en Barros, V; Menéndez A; Nagy, G. El cambio climático en el Río de la Plata. *Impactos del cambio global en las áreas costeras del Río de la Plata y variabilidad hidroclimática del estuario del Río de la Plata: Influencia humana, ENSO y estado trófico*.
- Camilloni I., 2006. Short-term climate predictability of summer rainfall on the Parana Basin based on Atlantic and Pacific Sea Surface Temperatures. En: *8th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography (ICSHMO), Foz do Iguazu., Proceedings., São José dos Campos, INPE, pp. 711-718*.
- Camilloni, I., 2013. Cambio Climático en la Ciudad de Buenos Aires: cambios observados y escenarios futuros, *APraA*, 34 pp (inédito).

- Camino, M. y Padilla, L. 2008. Evaluación geoambiental preliminar de riesgo costero y diagnóstico ambiental del riesgo en Mar del Sur, partido de General Alvarado, provincia de Buenos Aires. *Párrafos Geográficos* 7(1): 34-59.
- Campo de Ferreras, A. 1998. Hidrografía del río Quequén Grande. Tesis Doctoral en Geografía. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, 141 pp.
- Canziani, O. 2005. La Argentina no está preparada para lo que está por venir. Conicet en los medios. 28-02-05 | Pagina/12 | Sociedad. <http://www.conicet.gov.ar/diarios/2005/febrero/nota53.php>
- Capitanelli, R., 1992. Los ambientes naturales del territorio argentino. Un sistema basado en la diversidad. En: Roccatagliata (coord.). 1992. 2da.ed. La Argentina. Geografía general y los marcos regionales. Buenos Aires, Planeta, 73-143.
- Carbone, M.E., Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E. 2003. Caracterización climática de la cuenca del arroyo Claromecó, Argentina. *Papeles de Geografía*, n° 38, pp. 41-60.
- Carbonell, A., Monserrat, S., y Pereda, P., 2003. Serie histórica de captura anual de gamba e índices climáticos. Proyecto IDEA, Seminario Abril 2-4, 2003.
- Cardona O.D. 2001b, Modelación numérica para la estimación holística del riesgo sísmico urbano, considerando variables técnicas, sociales y económicas, Tesis de Doctorado, Universidad de Cataluña, España - <http://www.desenredando.org>
- Cardona, O. D. 1993. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. En: A. Maskrey (ed.) *Los desastres no son naturales*, 51-74 pp.
- Cardona, O. D. 2001. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: una crítica y una revisión necesaria para la gestión. In *International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice* (pp. 29-30).
- Cardona, O.D. 2004. The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management, en *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*, G. Bankoff, G. Frerks, D. Hilhorst (Ed), Londres: Earthscan Publishers
- Cardona, O.D., 2005. Indicadores de riesgo de desastre y gestión de riesgos: programa para América Latina y el Caribe; informe resumido. In *Indicadores de riesgo de desastre y gestión de riesgos: programa para América Latina y el Caribe; informe resumido*. BID.

- Cardoso, L. F. N., Silva, W. L., y Da Silva, M. G. J., 2016. Long-Term Trends in Near-Surface Wind Speed over the Southern Hemisphere: A Preliminary Analysis. *International Journal of Geosciences*, 7(07), 938.
- Carvalho, T.M.M. y Coelho, C.O.A., 1998. Coastal risk perception: a case study in Aveiro District, Portugal. *Journal of Hazardous Materials* 61(1-3): 263-270.
- Casas Torres, J.M e Higuera Arnal, A., 1977. *Compendio de Geografía General*. Ediciones RIALP Madrid ISBN 84-321-0249-0.
- 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. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Proyecto AIACC TWAS, Canelones, Uruguay, 9 pp.
- Castán Broto, V y Bulkeley, H. 2013. A survey of urban climate change experiments in 100 cities. *Global Environmental Change*, 23 (2013), pp. 92–102
- Ceia, F.R., Patrício, J., Marques, J.C. y Alveirinho Dias, J. 2010. Coastal vulnerability in barrier islands: The high risk areas of the Ria Formosa (Portugal) system. *Ocean & Coastal Management* 53(8): 478-486.
- Celemín, A., 1984. *Meteorología Práctica*, Edición del autor. Mar del Plata. 314 p.
- Celemín, J. P., 2012. Asociación espacial entre fragmentación socioeconómica y ambiental en la ciudad de Mar del Plata, Argentina. *EURE (Santiago)*, 38(113), 33-51.
- Celemín, J.P y Zulaica, M. L., 2012. Future Sea Level Rise Scenarios and the Shoreline of Mar del Plata, Argentina: Assessing Socioeconomic Impacts and Relief Measures. *Lincoln Institute of Land Policy*, 19.
- Cendrero, A. 1987. *Riesgos Geológicos, Ordenación del Territorio y Protección del Medio Ambiente*. I Curso de Riesgos Geológicos. Instituto Geológico Minero de España. Madrid.
- Centro de Información Estratégica Municipal., 2011. *Publicación Censo 2010*. Municipalidad del Partido de General Pueyrredon. Mar del Plata, Argentina.
- Ciappesoni H. y Salio P. 1996. Pronóstico de Sudestadas en el Río de la Plata. *Anales Congremet VII*, 22 5-226 pp. Presentado en sesión de Posters

- Changnon, S.A., Pielk, R.A., Changnon, D., Sylves, R.T. y Pulwarty, R., 2000. Human factors explain the increased losses from weather and climate extremes. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81 (3) 437–442
- Chi-Hsiang Wang, Tim Baynes, Stephen McFallan, Jim West, Yong Bing Khoo, Xiaoming Wang, George Quezada, Salim Mazouz, Alexander Herr, R. Matthew Beaty, Art Langston, Yun Li, Kwok Wai Lau, Steve Hatfield-Dodds, Mark Stafford-Smith & Adrian Waring (2015): Rising tides: adaptation policy alternatives for coastal residential buildings in Australia, *Structure and Infrastructure Engineering*, DOI: 10.1080/15732479.2015.1020500
- Chiozza, E., 1975. El país de los argentinos. La Pampa Surera. Centro Editor de América Latina S. A. Tomo I Fascículo 42, Buenos Aires, Argentina.
- Chiozza, E. y Figueira, R., 1981. Atlas total de la República Argentina. Centro Editor de América Latina. Buenos Aires, Argentina.
- Ciappesoni H. y P. Salio., 1997: Pronóstico de Sudestada en el Río de la Plata. *Meteorológica*. 22 pp.
- Cionchi, J.L., 1993. Estimación de las reservas de aguas subterráneas disponibles en el Partido de General Pueyrredón (Provincia de Buenos Aires). Obras Sanitarias Mar del Plata SE, Informe OSSE – RH. 1/93. Informe Inédito, Mar del Plata, 15 pp.
- City of Rotterdam., 2010. Rotterdam climate proof adaptation programme 2010. The Netherlands: City of Rotterdam. Retrieved from [http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/documents/RCP/English/RCP\\_ENG\\_def.pdf](http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/documents/RCP/English/RCP_ENG_def.pdf).
- Codignotto, J.O. 2004. Erosión costera. En: Gonzalez, M.A. y Bejerman, N.J. (Eds): Peligrosidad geológica en Argentina. Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería, Buenos Aires, Publicación Especial N° 4: 90-111.
- Codignotto, J. O. 2005. Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar y cambio climático en la costa argentina. *Rev. ASAGAIA*, (21-25), 28.
- Compagnucci, R. H., y Agosta, E. A., 2002. La precipitación de verano en el centro-oeste de Argentina y los fenómenos interanual El Niño/Oscilación Sur (ENOS) e interdecádico" tipo. *ENOS. Geoacta*, 33, 97-103.
- Cooley, J. W. y Tukey, J. W., 1965. An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Mathematics of computation*, 19(90), 297-301.
- Coumou, D., y Rahmstorf, S. 2012. A decade of weather extremes. *Nature Climate Change*, 2, 491–496 pp.

- Cuadrat Prats, J. M. y M. F. Pita., 1997. Climatología. Geografía. Ediciones Cátedra. Madrid.
- Currie, R. G., 1991. Luni-solar 18.6-year signal in tree-rings from Argentina and Chile. *Pure and Applied Geophysics Editor Birkhäuser Basel*. Volume 137, Number 3 / septiembre de 1991. 281-300
- Currie, R.G., 2007. Luni-solar 18.6- and solar cycle 10-11-year signals in Chinese dryness-wetness indices. *International Journal of Climatology*. Volume 15 Issue 5, 497 - 515
- Cutter, S.L., Mitchell, J.T. y Scott, M.S., 2000. Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers* 90(4): 713-737 pp.
- Cutter, S.L., Boruff, B.J. y Shirley, W.L., 2003. Indicators of social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly* 84(1): 242-261.
- Cutter, S.L., 1996. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography* 20(4): 529-539.
- Czajkowski, J. D. y Rosenfeld, E., 1992. Regionalización bioclimática de la provincia de Buenos Aires. *Actas XV° Reunión de Asades (Asociación Argentina de Energía Solar)*, San Fernando del Valle de Catamarca, 1992
- Dadon, J. R., 2009. Manejo Costero en la República Argentina. Manejo costero integrado y política pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de cambio. RED IBERMAR (CYTED). España.
- Dai, A., Fung, I.Y. y Del Genio, A.D., 1997. Surface observed global land precipitation variations during 1900–88. *Journal of Climate* 10: 2943-2962.
- D'Ambrosio, G. T., Bohn, V. Y., & Piccolo, M. C. 2013. Evaluación de la sequía 2008-2009 en el oeste de la Región Pampeana (Argentina). *Cuadernos Geográficos*, 52(1), 29-45.
- D'Arrigo, R., Villalba, R y Wiles., G., 2001. Treering estimates of Pacific decadal climate variability. *Climate Dynamics*, no. 18, pp. 219-224
- D'Onofrio E., M. Fiore and S. Romero. 1999. Return periods of extreme water levels estimated for some vulnerable areas of Buenos Aires. *Continental Shelf Research* 19: 1681 – 1693.
- Del Río, L. y Gracia, F.J., 2009. Erosion risk assessment of active coastal cliffs in temperate environments. *Geomorphology* 112(1-2): 82-95.

- Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra). 2013. The National Adaptation Programme – Making the country resilient to a changing climate. London: The Stationary Office. Retrieved from [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/209866/pb13942-nap-20130701.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/209866/pb13942-nap-20130701.pdf)
- DesInventar Argentina: base de datos de desastres. LA RED- OSSO-CENTRO estudios sociales y ambientales
- Diez, P.G., Perillo, G.M.E. y Piccolo, M.C., 2007. Vulnerability to sea-level rise on the coast of the Buenos Aires Province. *Journal of Coastal Research* 23(1): 119-126.
- Di Pace, M. 1992. Las utopías del medio ambiente. Desarrollo sustentable en la Argentina. Centro Editor de América Latina, IIED-AL, CEA, GASE. Buenos Aires, 204 pp.
- Documento País. 2012. Riesgo de Desastres en la Argentina, impulsado por el PNUD y la Cruz Roja Argentina. Proyectos DIPECHO VII del Programa de Preparación ante los Desastres del Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea
- Dolan, A.H. y Walker, I.J. 2006. Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks. *Journal of Coastal Research* SI(39): 1317-1324.
- Domínguez, L., Anfuso, G. y Gracia, F.J., 2005. Vulnerability assessment of a retreating coast in SW Spain. *Environmental Geology* 47(8): 1037-1044.
- Doyle, M. y Barros, V., 2002. Midsummer low-level circulation and precipitation in subtropical South America and related sea surface temperatures anomalies in the South Atlantic. *J. Climate* 15: 3394-3410.
- D'Onofrio, E.E., Fiore, M.M.E. y Pousa, J.L., 2008. Changes in the regime of storm surges at Buenos Aires, Argentina. *Journal of Coastal Research* 24(1A): 260-265.
- Dragani, W.C., Martin, P. B., Simionato, C. G. y Campos, M. I., 2010. Are wind wave heights increasing in south-eastern South American continental shelf between 32° S and 40° S? *Continental Shelf Research* 30, 481-490 pp.
- Dragani, W.C. y Romero, S.I., 2004. Impact of a possible local wind change on the wave climate in the upper Río de la Plata. *International Journal of Climatology* 24(9): 1149-1157.
- Easterling, D.R., Evans, J., Groisman, P.Y., Karl, T., Kunkel, K.E., Ambenje, P., 2000. Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review. *Bull. Am. Meteorological Soc.*, 81, pp. 417–425

- Easterling, D.R., Meehl, G.A., Parmesan, C., Changeon, S.A., Karl, T.R. y Mearns, L.O., 2000. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science*, 289: 2068-2074 pp.
- Escobar, G., Vargas, W., Bischoff S., 2004. Wind tides in the Río de la Plata estuary: Meteorological conditions. *Int. J. Climatol.* 24: 1159–1169.
- European Commission. 2013a. An EU strategy on adaptation to climate change – Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. (COM (2013) 216 final) Brussels: European Commission. European Commission. (2013b). Guidelines on developing adaptation strategies. (SWD (2013) 134 final) Brussels: European Commission.
- European Commission. 2013b. Guidelines on developing adaptation strategies. (SWD (2013) 134 final) Brussels: European Commission.
- Fauchereau, N., Trzaska, S., Richard, Y., Roucou, P., y Camberlin, P., 2003. Sea-surface temperature co-variability in the Southern Atlantic and Indian Oceans and its connections with the atmospheric circulation in the Southern Hemisphere. *International Journal of Climatology*, 23(6), 663-677.
- Farhan, A.R. y Lim, S. 2011. Resilience assessment on coastline changes and urban settlements: A case study in Seribu Islands, Indonesia. *Ocean & Coastal Management* 54(5): 391-400.
- Fatemi, F., Ardalan, A., Aguirre, B., Mansouri, N., y Mohammadfam, I., 2016. Social Vulnerability Indicators in Disasters: Findings from a Systematic Review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.
- Fazey, I., Fazey, J.A., Fischer, J., Sherren, K., Warren, J., Noss, R. F., & Dovers, S.R. 2007. Adaptive capacity and learning to learn as leverage for social-ecological resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 375–380 pp.
- Fernández, R. (director); Allen, A., Navarro, L., Sagua, M., Barry, T., Catterino, G., Herrero, A., y Sarasíbar, M. 1997. *Habitar Necochea-Quequén. Problemática de Vivienda, Tierra y Desarrollo Urbano de Necochea-Quequén. Diagnóstico y propuestas.* Convenio Universidad Nacional de Mar del Plata y Programa Arraigo, (presidencia de la Nación, Comisión de Tierras Fiscales Nacionales), Edición Programa Arraigo-FAUD, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata.
- Fernández, R. (director), Fernández Wagner, R., Navarro, L., Nuñez, A., Abbate, J., Barry, T., Mazza, A., Nasi, L., y Santella, H. 1995. *Habitar Mar del Plata. Problemática de Vivienda, Tierra y Desarrollo Urbano de Mar del Plata. Diagnóstico y propuestas.* Convenio Universidad Nacional de Mar del

- Plata y Programa Arraigo (Presidencia de la Nación, Comisión de Tierras Fiscales Nacionales), Edición Programa Arraigo- FAUD, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata.
- Fernández García, F., 1995. Manual de Climatología Aplicada. Col. Espacios y Sociedades. Ed. Síntesis S. A., Madrid.
- Ferraz, S. E. T. y Grimm, A.M., 2000. Modos de variabilidade intrasazonal no sur y sudeste do Brasil y sur da América do Sur durante o verão. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, em CD, Rio de Janeiro, outubro de 2000, Sociedade Brasileira de Meteorologia
- Ferreira, 2006. The role of storm groups in the erosion of sandy coasts. *Earth Surface Processes and Landforms* 31(8): 1058-1060.
- Ferrelli, F. y Aliaga, V. S., 2015. Variabilidad de las precipitaciones y sus efectos sobre la respuesta espacio-temporal de cuerpos de agua en la Región Pampeana, Argentina. Trabajo de aplicación final de Especialización en teledetección y Sistemas de Información Geográfica aplicados al estudio del medio ambiente. Universidad Nacional de Luján, Luján, Argentina.
- Ferrelli, F., 2016. Análisis del clima local y micro-local de la ciudad de Bahía Blanca. Tesis de doctorado. Universidad Nacional del Sur. Bahia Blanca, Argentina.
- Fiore, M.M.E, D’Onofrio, E.E, Pousa, J.L, Schanak, Bértola, G.R., 2009. Storm surges and coastal impacts at Mar del Plata, Argentina. *Continental Shelf Research* (29) 1643–1649.
- Foltz G.R. y McPhaden, M.J., 2004. The 30–70 day oscillations in the tropical Atlantic. *Geophys. Res. Lett.*, 31,
- Ford, J. y Berrang-Ford, L 2015. The 4Cs of adaptation tracking: consistency, comparability, comprehensiveness, coherency. *Mitigation Adaptation Strategies Global Change*, pp. 1–21
- Formenti, D., 2000. Choosing a Spectral Measurement for Data Analysis. *Sound and Vibration. Questions and Answers*. California
- Foschiatti, A.M.H. 2007. Las vulnerabilidades del Nordeste argentino como área de riesgos ambientales y sociales. *Revista Geográfica Digital* 4: 16 pp. <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/homeig0.htm>
- Frazier, T.G., Wood, N., Yarnal, B. y H. Bauer, D.H. 2010. Influence of potential sea level rise on societal vulnerability to hurricane storm-surge hazards, Sarasota County, Florida. *Applied Geography* 30(4): 490-505.

- Frigerio, I., Ventura, S., Strigaro, D., Mattavelli, M., De Amicis, M., Mugnano, S., y Boffi, M., 2016. A GIS-based approach to identify the spatial variability of social vulnerability to seismic hazard in Italy. *Applied Geography*, 74, 12-22.
- Gallopín, G. 2003. Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico, CEPAL.
- Galindo, L.M, Samaniego, J.L, Alatorre, J.E, Ferrer, J.A., 2013. Cambio climático y adaptación en América Latina. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos CEPAL. Unidad de Cambio Climático. Chile.
- Gan M.A y Rao V.B., 1991. Surface cyclogenesis over South America. *Mon Wea Rev* 19:1293–1302
- García, M. C., 1999. El régimen de vientos en la ciudad de Mar del Plata y sus implicancias turístico - ambientales. En *Revista Nexos*, Univ. Nacional de Mar del Plata, n° 10, Año 6, 16- 21, Mar del Plata
- García, M. C., 2001. Percepción de Vulnerabilidad Ambiental en Poblaciones Urbanas. Tesis Maestría en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano, Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata
- García, M.C. 2004. Algunas problemáticas ambientales en municipios costeros del sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Tiempo y Espacio*, Universidad de Bio-Bio, Chillan, Chile, 151-161
- García, M.C. y Piccolo, M.C. 2004. Brisas de mar estivales en Mar del Plata y Necochea, Pcia. de Buenos Aires, Argentina. V° Jornadas Nacionales de Geografía Física. Santa Fe, 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). VI° Jornadas Nacionales de Geografía Física. Río Gallegos, pp. 154-164.
- García, M.C. y Piccolo, M.C. 2006b. Precipitaciones máximas en el sudeste bonaerense. *Geoacta*, n° 31, pp. 165-174.
- García, M.C, 2009. El clima urbano costero en la zona atlántica comprendida entre 37° 40' y 38° 50 S y 57° 59' W. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- García, M. C. 2014. Escenario de riesgo climático por tormentas severas y granizadas en Mar del Plata y Necochea-Quequén, Argentina. *Revista Brasileira de Climatologia*, 14(1)
- García, M.C y Veneziano, M.F. 2014. Comportamiento temporal y tendencias climáticas en la ciudad de Mar del Plata (período 1971-2010). *Actas Congreso Internacional de Geografía*. San Juan, 24 al 27 de octubre de 2014. pp77-93.

- García N.O., y Vargas W. M., 1998. Análisis de la variabilidad climática en la Cuenca del Río de la Plata, a través de sus caudales y búsqueda de precursores de extremos hídricos. Reporte Final del Proyecto de la Comunidad Europea “Assessing the impact of future climatic change on the water resources and the hydrology of the Río de la Plata Basin, Argentina. Contract N° ARG/B7-3011/94/25, 1999.
- Gastaldi L, Galetto A, Lema D. 2009. El seguro como herramienta para la administración de riesgo climático en empresas tamberas del norte de Santa Fe, Argentina. *Revista Argentina de Economía Agraria*, 11:5–28.
- Gastaldi L, Osgood D, Podestá G, Lema D., 2011. Seguro climático índice para la producción de soja en Argentina. *Revista, Artículo Breve. III Congreso Regional de Economía Agraria. Santiago de Chile: XVI Congreso de Economistas Agrarios de Chile.*
- Gershunov, A., y Barnett, T., 1998. Interdecadal modulation of ENSO teleconnections. *Bull. Amer. Met. Soc.*, no. 79, pp. 2715-2726.
- Gianibelli, J. C., Köhn, J. y Kruse, E.E., 2001. The precipitation series in La Plata, Argentina and its possible relationship with geomagnetic activity. *Geofísica Internacional* (2001), Vol. 40, Num. 4, 309-314
- Gibbs, R., 1987. Definiendo el clima. *Boletín de la OMM*, n° 3, 306-312
- González, M. y Barros, V., 1996. Statistical features of mean rainfall annual cycle and its anomalies in subtropical Argentina. *Meteorológica* 21: 15-26.
- Gonzalez, S., Barrenechea, J., Gentile, E. y Natenzon, C.E., 1998. Riesgos en Buenos Aires. Caracterización preliminar. Seminario de Investigación Urbana El Nuevo Milenio y lo Urbano, Buenos Aires. Actas: 22 pp.
- Gornitz, V., 1990. Vulnerability of the East Coast, U.S.A. to future sea level rise. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 9: 201-237.
- Gutzler, D.S., 2015. Climate and Climate Change | Climate Variability: Seasonal and Interannual Variability. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, from *Encyclopedia of Atmospheric Sciences* (Second Edition) 61-68.
- Greater London Authority (GLA), 2011. Managing risk and in-creasing resilience: The mayor’s climate change adaptation strategy. London: Greater London Authority. Retrieved from <http://www.london.gov.uk/sites/default/files/Adaptation-oct11.pdf>.

- Grimm, A. M., Barros, V. R., y Doyle, M. E., 2000. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of climate*, 13(1), 35-58 pp.
- Grimm, A.M y Tedeschi R.G., 2009. ENSO and extreme rainfall events in South America. *J Clim* 22:1589–1609
- Guerreiro Pérez, 2014. Estudio del actual cambio climático en Cataluña a través del análisis de índices climáticos extremos. Tesis de maestría. Universidad Politécnica de Cataluña, España
- Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R.J., Corfee-Morlot., J. 2013. Future flood losses in major coastal cities. *Nat. Clim. Change*, 3, pp. 802–806
- Hansen, J.E. y Barnard, P.L. 2009. The observed relationship between wave conditions and beach response, Ocean Beach, San Francisco, CA. *Journal of Coastal Research* SI(56): 1771-1775.
- Hanson, S., Nicholls, R., Ranger, N., Hallegatte, S., Corfee-Morlot, J., Herweijer, C., Chateau., J. 2011. A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes *Climate Change*, 104, pp. 89–111.
- Hare, S. R. y Mantua, N.J., 2000. Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. *Prog. Oceanogr.* no. 47, pp. 103-145
- Haylock, M.R., Peterson, T.C., Alves, L.M., Ambrizzi, T., Anunciação, 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. *Journal of Climate* 19(8): 1490-1512.
- He, Canfei, Lei Yang, y Guicai Li., 2010. Urban Development and Climate Change in the Pearl River Delta. Working Paper. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy.
- Hegde, A.V. y Reju, V.R. 2007. Development of coastal vulnerability index for Mangalore coast, India. *Journal of Coastal Research* 23(5): 1106-1111 pp.
- Hendon, H. H., y Salby, M. L., 1994. The life cycle of the Madden-Julian oscillation. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 51(15), 2225-2237.
- Herzer, H., Caputo, G. y Celis, A., 2008. Regiones y ciudades bajo el agua en Argentina. Una historia recurrente. En Lavell, A. *Riesgo y Clima: procesos, patrones y gestión en América*. Publicación IAI-LA RED, Oxfam.
- Hinkel, J., 2011. Indicators of vulnerability and adaptive capacity: towards a clarification of the science policy interface. *Global Environ. Change* 21 (1), 198–208

- 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. *Meteorologische Zeitschrift* 6(1): 3-11.
- Houghton, D. D., 2002. Introduction to climate change: Lecture notes for meteorologists. WMO-No. 926.
- Hulme, M., Adger, W.N., Dessai, S., Goulden, M., Lorenzoni, I., Nelson, D., Naess, L.-O., Wolf, J., Wreford, A. 2007. Limits and Barriers to Adaptation: Four Propositions. Tyndall Briefing Note No. 20, Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich, UK.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC): Base de usuarios del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010. Definiciones. Ministerio de Economía de la Nación, Buenos Aires.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Climate Change 2007. AR4 synthesis report: Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC 2001. Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson (eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA, 2001. No. of pages: 881. ISBN 0-521-01495-6
- Isla, F. I. 2004. Geología del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires. En Boschi E. y Cousseau, M. B. (editores) *La vida entre Mareas: Vegetales y animales de las costas de Mar del Plata, Argentina*: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, 19-28.
- Isla, F.I.1994. Evaluación del deterioro de playas causado por el temporal del 24 de junio de 1994. Honorable Concejo Deliberante, Municipalidad de Pinamar, 18 pp.
- Isla, F.I. 1990. Tendencias litorales y transversales de transporte en playas y boca de marea: Mar Chiquita, Buenos Aires. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología* 21(1/4): 75-87.
- Isla, F.I., 2005. Ciudad de dos historias. En *Fragilidad Costera*. Denegil, G., Cermelo, L., Farías, A., y Crowder, P. (eds). Ed. Martin. 168 pp
- Isla, F. I., 2013. From touristic villages to coastal cities: The costs of the big step in Buenos Aires. *Ocean & coastal management*, 77, 59-65.
- Isla, F. I., y Cortizo, L. C. 2014. Sediment input from fluvial sources and cliff erosion to the continental shelf of Argentina. *RGCI-Revista de Gestão Costeira Integrada*, 14(4).

- Isla, F., Denegil, G., Cermelo, L., Farías, A., & Crowder, P. 2005. Mar del Plata: fragilidad costera: Editorial Martin.
- Isla, F.I., Cortizo, L.C. y Turno Orellano, H.A., 2001d. Dinámica y evolución de las barreras medanosas, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 2(1): 73-83.
- Isla, F., Witkin, G; Bértola, G. y Farenga, M.O. 1994. Variaciones morfológicas decenales (1983- 1993) de las playas de Mar del Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 49 (3-4): 359-364 pp.
- Isla, F.I y Pérez, C. 1998. Efectos de la capa urbano-canopea en los registros meteorológicos de Camet, Mar del Plata. V Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses. 59-64 pp.
- Jackson, L., & Hornsey, W. 2003. An Artificial Reef to Protect Surfers Paradise Beach Developing & Implementing the Science: Molendinar, Australia: Soil Filters Australia Pty Ltd.
- Jaime, P y Menéndez, A., 2002. Análisis del Régimen Hidrológico de los Ríos Paraná y Uruguay. Proyecto “Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo. Prevención y Control de la Contaminación y Restauración de Hábitats”. Instituto Nacional del Agua. Subsecretaria de Recursos Hídricos. Secretaría de Obras y Servicios Públicos. República Argentina. Buenos Aires.
- Jeremy G. Carter, Gina Cavan, Angela Connelly, Simon Guy, John Handley, Aleksandra Kazmierczak 2015. Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation. *Progress in Planning* 95 1-66 pp.
- Jiménez Quiroz, M. C., 2011. Anexo del Informe Técnico: Elaboración de un boletín con información hidroclimática de los mares de México. Disponible en: <http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/BOLETINES/hidroclimatico/INDICES-CLIMATICOS.pdf>
- Jozami, E., Constanzo, M., y Coronel, A., 2015. Influencia de “El Niño-Oscilación Sur” sobre las precipitaciones en Paraná y Lucas González (Entre Ríos, Argentina). *Revista de Climatología*, 15, 85-92
- Juarez, V., Isla, F. I. y Farenga, M., 2002. El deterioro de la balneabilidad costera y las inundaciones como consecuencia del mal manejo de las cuencas de drenaje en la ciudad de Mar del Plata. IX Jornadas Cuyanas de Geografía, 25-28 de septiembre de 2002. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza. Trabajo 188, en CD.
- Juárez, V., Isla, F.I y Farenga, M., 2002. El deterioro de la balneabilidad costera y las inundaciones como consecuencia del mal manejo de las cuencas de drenaje en la ciudad de Mar del Plata. IX Jornadas

- Cuyanas de Geografía, 25-28 de septiembre de 2002, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Trabajo 188, en CD
- Kamphuis, J. W. 2000. Introduction to coastal engineering and management. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. London, UK. 440 pp.
- Keppen, C. L y Ghil, M., 1992. Adaptive filtering and prediction of the Southern Oscillation index. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 97(D18), 20449-20454.
- Kinsman, B., 1984. Wind waves. Their Generation and Propagation on the Ocean Surface. Doner Publications, New York, 676 pp.
- Klein, R. J., 2003. Adaptation to climate variability and change: what is optimal and appropriate. *Climate Change in the Mediterranean: Socio-Economic Perspectives of Impacts, Vulnerability and Adaptation*, 32.
- Klein, R. J. T., S. Huq, F. Denton, T. E. Downing, R. G. Richels, J. B. Robinson y F. L. Toth. 2007. Interrelationships between adaptation and mitigation. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II. IPCC* .
- Kokot, R.R. y Otero, M., 1999. Factores ambientales y de riesgo geológico en el área costera de Puerto Quequén, provincia de Buenos Aires. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente* 13: 87-100.
- Kokot, R. R., Codignotto, J. O., y Elisondo, M., 2004. Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar en la costa de la provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59(3), 477-487 pp.
- Komar, P.D., 1976. Beach processes and sedimentation. Prentice-Hall, Inc., USA, 429 pp.
- Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf y F. Rubel, 2006: World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.*, 15, 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
- Kumar, P., Geneletti, D., y Nagendra, H., 2016. Spatial assessment of climate change vulnerability at city scale: A study in Bangalore, India. *Land Use Policy*, 58, 514-532.
- Labrunée, M.E., y Gallo, M.E., 2005. Vulnerabilidad social: el camino hacia la exclusion Nulan. 133-154 pp
- Labrunée, M.E; Laguyás, M.M. y Goñi, M. E., 2016. Potencialidades locales para el abordaje integral del trabajo infantil en el Partido de General Pueyrredon, Argentina. *Trabajo y Sociedad*, (26), 309-325. ISSN 1514-6871

- Lacaze, M. V., Atucha, A. J., Bertoloti, M. I., Gualdoni, P. A., Labrunée, M. E., López, M. T., Pagani, A. N., y Volpato, G. G., 2014. Producto Bruto Geográfico del Partido de General Pueyrredón. 2004-2012. 1ra ed. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Lanari, M. E. y Gallo, M. E., 2014. Informe Sociolaboral del Partido de General Pueyrredon. Diciembre 2014, N° 12.
- Lanfredi N., J. Pousa and E. D'Onofrio 1998: Sea-level Rise and Related Potential Hazards on the Argentine Coast. *Journal of Coastal Research*. 14:1, 47-60 pp.
- Latrubesse, E.M., 2010. Natural hazards and human-exacerbated disasters in Latin America. Special volumes of geomorphology. Development in earth surface processes. Elsevier B.V. ISBN: 978-0-444-53117-9
- Lavell, A., 2000. Draft Annotated Guidelines for Inter-Agency Collaboration in Programming for Disaster Reduction, unprinted for Emergency Response División at UNDP, Ginebra
- Lavell, A., 2003. La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica La gestión local del riesgo: Nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica: Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC); PNUD.
- Liebmann, B., Vera, C.S, Carvalho, L.M.V, Camilloni, I, Hoerling, M.P, Barros, B.R, Báez, J y Bidegain, M., 2004b: An observed trend in central South American Precipitation. *Journal of Climate*, 17, 4357-4367.
- Lohmann, H., 2016. Comparing vulnerability and adaptive capacity to climate change in individuals of coastal Dominican Republic. *Ocean and Coastal Management* 132, 111-119.
- Londoño, O. M. Q., Grondona, S. I., Massone, H. M., Farenga, M., Martínez, G., & Martínez, D. E. 2013. Modelo de anegamiento y estrategia de predicción-prevención del riesgo de inundación en áreas de llanura: el sudeste de la provincia de Buenos Aires como caso de estudio. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (13\_1), 76-98.
- López, R.A. y Marcomini, S.C., 2004. Análisis de los riesgos ambientales por antropogénesis y su valoración frente a los futuros cambios climáticos en el área metropolitana de la ciudad de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59(3): 416-422.
- Lough, J.M. 1997. Regional indices of climate variation: temperature and rainfall in Queensland, Australia. *International Journal of Climatology* 17(1): 55-66.

- Lucero, P.; Riviere, I.; Mikkelsen, C. y Sabuda, F., 2005. Brechas socioterritoriales vinculadas con la calidad de vida de los habitantes de Mar del Plata en los inicios del siglo XXI. En: Velazquez, G. y Gómez Lende, S. (Comp.). *Desigualdad y Calidad de Vida en la Argentina (1991-2001)*. Aportes empíricos y metodológicos. Buenos Aires: Centro de Investigaciones Geográficas, FCH, UNCPBA, Editorial Reun, p. 319-360.
- Lucero, P.; Mikkelsen, C.; Ares, S.; Sabuda, F.; Aveni, S. y Ondartz, A. 2008. Calidad de vida y espacio: una mirada geográfica desde el territorio local. En: Lucero, P. (Directora) *Territorio y Calidad de Vida: una mirada desde la geografía local*. Mar del Plata: EUDEM.
- Lucero, P.I y Riviere, I.M. 2015. *Atlas de Mar del Plata y del Partido de General Pueyrredon II. Problemáticas socio-territoriales contemporáneas*. EUDEM. Universidad Nacional de Mar del Plata. ISBN 978-987-1921-44-7
- Lucero, P.I., Ares, S.E., Aveni, S.M., Mikkelsen, C. A. y Sabuda, F.G. 2016. Las brechas en la calidad de vida de la población: Desigualdades socio-territoriales en Mar del Plata y el Municipio de General Pueyrredon. IV Jornadas Nacionales de Investigación y Docencia en Geografía Argentina - X Jornadas de Investigación y Transferencia del Centro de Investigaciones Geográficas. Tandil, Argentina.
- Ludueña, C; Wilk, D y Quiroga, R. 2012. Argentina: Mitigación y adaptación al cambio climático. Marco de preparación para la estrategia 2012-2016 del BID Argentina. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático y Sostenibilidad. Departamento de países del conosur. Nota técnica Nro IBD-TN-621
- MacDonald, G. M. y Case, R.A., 2005. Variations in the Pacific Decadal Oscillation over the past millennium. *Geophys. Res. Lett.*, no. 32, L08703.
- Machado, A. A., Calliari, L. J., Melo, E. y Klein, A. H. F. 2010. Historical assessment of extreme coastal sea state conditions in southern Brazil and their relation to erosion episodes. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 5(2): 277-286 pp.
- Madden, R. A., y Julian, P. R., 1971. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 28 (5), 702-708.
- Maderey Rascon, E. y Jimenez Román, A., 2005. Principios de Hidrogeografía. Estudio del Ciclo Hidrológico. En Serie Textos Universitarios, Num. 1, México. 106 p.
- Mangoyana, R., Thomsen, D. C., Smith, T. F., Preston, B. L., Heinz, S., Maloney, M., Withycombe, G. y O'Dwyer, S., 2012. Literature Review of Adaptation to Climate Change in the Coastal Zone.

Report prepared for the Sydney Coastal Councils Group and the Australian Department of Climate Change and Energy Efficiency.

- Mahendra, R.S., Mohanty, P.C., Bisoyi, H., Srinivasa Kumar, T. y Nayak, S., 2011. Assessment and management of coastal multi-hazard vulnerability along the Cuddalore-Villupuram, east coast of India using geospatial techniques. *Ocean & Coastal Management* 54(4): 302-311.
- Mantecón, C. L., 2013. Consideraciones sobre el desarrollo urbanístico y la problemática ambiental en la costa de la provincia de Buenos Aires. *Revista Electrónica del Instituto de Investigaciones Jurídicas y Sociales Ambrosio Lucas Gioja*, 7(10), 118-143.
- Mantua, N. J., y Hare, S. R., 2002. The Pacific decadal oscillation. *Journal of oceanography*, 58(1), 35-44.
- Marcomini, S.C. y López, R.A. 1997. Influencia de la urbanización en la dinámica costera, Villa Gesell, provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 4(2): 79-96.
- Marcomini, S.C. y López, R.A. 2001. Método de evaluación de vulnerabilidad de playa. Caso tipo: Las Toninas. III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio y I Reunión de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio del Área del Mercosur, Mar del Plata. *Actas*: 6.
- Marino, M. B. 2007. Variabilidad de la precipitación en Argentina en diferentes escalas temporales, relacionada con actividad convectiva observada. Documentación de la metodología para el tratamiento de la información. Verificación del desempeño de un modelo regional de pronóstico de precipitación. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Marshall, G.J., 2003. Trends in the Southern Annular Mode from Observations and Reanalyses, *J. Climate*, 116, 4134-4143.
- 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
- Masgrau, L.R. 2004. Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. *Documents d'Anàlisi Geogràfica* 43:153-171.
- Maspataud, A., Ruz, M-H. y Hequette, A., 2009. Spatial variability in post-storm beach recovery along a macrotidal barred beach, southern North Sea. *Journal of Coastal Research* SI(56): 88-92.

- Maskrey A. 1993, Los desastres no son naturales, LA RED, 166 pp.
- Masselink, G. y Hughes, M.G. 2003. Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. Oxford University Press Inc., New York, 354 pp.
- Massone, H., Quiroz Londoño, M., Tomas, M., & Ferrante, A. 2007. Evaluación de vulnerabilidad de acuíferos libres en cuencas de llanura periserranas. Estudio de caso: Balcarce, Provincia de Buenos Aires. V Congreso de Hidrogeología y III Seminario hispanoamericano de Temas Actuales de la Hidrogeología Subterránea. Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Massone, H. y Martínez, D., 2008. Consideraciones metodológicas acerca del proceso de gestión del impacto y riesgo de contaminación de acuíferos. Revista Ingenierías 7(12): 9-21.
- McCarthy, J. J. 2001. Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- McIllwan, G. 2010. Opciones para el sistema de bypass de sedimento 58 REV. GEO. SUR 5(8): 42-58 en Argentina. Cardno, Brisbane, Queensland. 7 pp
- Mc Kee, T, Doesken, N y Kleist, J. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society. 223-236 pp.
- Meffret, D., 2008. The Resilience of New Orleans: Urban and Coastal Adaptation to Disasters and Climate Change. Working Paper. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy.
- Mendes, D., 2006. Regimes de circulação no Atlântico Sul e sua relação com a localização e intensidade de sistemas activos e como balanço de vapor na região. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad de Lisboa, Portugal.
- Mendoza, E. T., y Jiménez, J. A. 2008. Clasificación de tormentas costeras para el litoral catalán (Mediterráneo NO). Ingeniería hidráulica en México, 23(2), 23-24 pp.
- Méndez González, J., Ramírez Leyva, A., Cornejo Oviedo, E., Zárate Lupercio, A., y Cavazos Pérez, T., 2010. Teleconexiones de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) a la precipitación y temperatura en México. Investigaciones geográficas, (73), 57-70.
- Merlotto, A., Verón, E.M. y Sabuda, F.G., 2008. Riesgo de erosión costera en el Balneario Parque Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires. Párrafos Geográficos 7(1): 103- 121.

- Merlotto, A. y Bértola, G.R. 2009. Coastline evolution at Balneario Parque Mar Chiquita, Argentina. *Ciencias Marinas* 35(3): 271-286.
- Merlotto, A., y Piccolo, M.C. 2009. Tendencia climática de Necochea-Quequén (1956-2006), Argentina. *Investigaciones Geográficas*, n° 50 (2009) pp. 143-167.
- Merlotto, A., Bértola, G.R. y Piccolo, M.C., 2010. Características del oleaje y vientos del sector costero del partido de Necochea, Buenos Aires, Argentina. *Revista Geográfica* 147: 113-131 pp.
- Merlotto, A. 2011. Consecuencias de la ocupación urbana en el ambiente costero de las ciudades de Necochea y Quequén, Provincia de Buenos Aires. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.
- Metzger, M.I.J., Leemans, R., Schröter, D. 2005. A multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerability to global change. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7, 253-267 pp.
- Milán Pérez, J. A., 2012. Apuntes sobre el cambio climático en Nicaragua. Disponible en:
- Miller, A. J., D. R. Cayán, T. P. Barnett, N. E. Graham y J. M. Oberhuber., 1994. The 1976-77 climate shift of the Pacific Ocean. *J. Oceanography*, no. 7, pp. 21-26
- Minetti J. L., E. M Sierra y A. G. Pobrete. 1987. Las fluctuaciones de la circulación regional en Sudamérica. *Anales del II Congreso Interamericano y V Congreso Argentino de Meteorología*. Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Minetti, J. L. y W. M. Vargas., 1997. Trends and jumps in the annual precipitation in South America, south of the 15°S, *Atmósfera*, 11, 205-221.
- Mo K.C y White G.H, 1985. Teleconnections in the Southern Hemisphere. *Mon Wea Rev* 113, 22-37.
- Mo, K. C., 2000: Relationships between Low-Frequency Variability in the Southern Hemisphere and Sea Surface Temperature Anomalies. *J. Climate*, 13, 3599–3610. doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<3599:RBLFVI>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<3599:RBLFVI>2.0.CO;2).
- Moffa, P. E., 1996. The control and treatment of industrial and municipal stormwater. Van Nostrand Reinhold, USA, 310 pp.
- Moncho, R., y Caselles, V., 2011. Distribución potencial de la precipitación extrema en el País Vasco. *Revista de meteorología y climatología mediterránea*. 3-12 pp
- Montealegre Bocanegra, J.E., y Pabón Caicedo, J. D., 2000. La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña-Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombiana*, 2, 7-21.

- Montealegre Bocanegra, J. E., 2012. Análisis de la variabilidad climática inter-anual (El Niño y La Niña) en la Región Capital, Bogotá Cundinamarca. Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital Bogotá–Cundinamarca (PRICC).
- Monti, A.J.A. 1999. Evaluación geoambiental preliminar de riesgo costero en Playa Magagna, Chubut. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente* 13:125-136.
- Moschini RC, Fortugno C., 1996. Predicting wheat head blight incidence using models based on meteorological factors in Pergamino, Argentina. *Eur J Plant Pathol*, 102:211–218.
- Moschini RC, Perez BA., 1999. Predicting wheat leaf rust severity using planting date, genetic resistance, and weather variables. *Plant Dis*, 83:381–384.
- Moschini RC, Martínez MI, Sepulcri MG., 2013. Modeling and forecasting systems for Fusarium head blight and deoxynivalenol content in wheat in Argentina. En: Alconada Magliano T, Chulze SN, eds. *Fusarium head blight in wheat in Latin-America*. Berlin; Heidelberg; New York: Springer; 205–227.
- Murray, R.J. y Simmonds, I., 1991a. A numerical scheme for tracking cyclone centres from digital data. Part I: Development and operation of the scheme. *Australian Meteorological Magazine*, 39, 155-166.
- Murray, R.J. y Simmonds, I., 1991b. A numerical scheme for tracking cyclone centres from digital data. Part II: Application to January and July general circulation model simulations. *Australian Meteorological Magazine*, 39, 167-180
- Natenzon, C.E., N., M., González, S.G., Ríos, D., Barrenechea, J., Murgida, A.M., Boudín, M.C., Gentile, E. y Ludueña, S. 2005. Vulnerabilidad social estructural. En: Vicente Barros, V., Menéndez, A. y Nagy, G. (Eds): *El Cambio climático en el río de la Plata*. R. Grancharoff e hijos, Buenos Aires, 113-118
- Natenzon, C.E. 2007. La vulnerabilidad social como dimensión del riesgo. Análisis de la zona costera del río de La Plata. En: Fernández Caso, M.V. (Ed): *Geografía y territorios en transformación. Nuevos temas para pensar la enseñanza*. NOVEDUC, Buenos Aires, 85-111.
- Natenzon, C. y González, S. 2015. El uso de la información sobre vulnerabilidad social para la gestión de riesgos de desastres. Seminario internacional “Ciencias Sociales y riesgo de desastres en América Latina: un encuentro inconcluso”. Buenos Aires, 15-17 de septiembre de 2015
- Nobre, P., y Shukla, J., 1996. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *Journal of Climate*, 9(10), 2464-2479.

- Nuñez, M.N., Solman, S., Menéndez, C., Rolla, C.C.A., Cabré, M.F. 2005. Estimación de escenarios regionales de cambio climático mediante el uso de modelos climáticos regionales. 2da Comunicación Nacional de Cambio Climático. Proyecto GEF. BIRF PF 51286 AR. CIMA/CONICET B-9 Modelos Climáticos Regionales. Buenos Aires.
- 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. *Journal of Geophysical Research* 113, D06111, doi:10.1029/2007JD008638.
- Obras Sanitarias Sociedad de Estado., 2015. Plan de Mejoramiento y Expansión del Sistema de Abastecimiento de AGUA 2012-2020 y Proyecto de Obras 2012-2015.
- O'Brien, D. P. y Currie, R.G., 1993. Observations of the 18.6-year cycle of air pressure and a theoretical model to explain certain aspects of this signal. *Climate Dynamics*. Springer Berlin / Heidelberg Editor. Vol. 8, N° 6 / julio de 1993. 297-298
- O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U.I., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., Javed, A., Bhadwal, S., Barg, S., Nygaard, L., West, J. 2004. Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change* 14, 303-313 pp.
- O'Brien, K., S. Eriksen, L. P. Nygaard y A. Schjolden. 2007. Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate Policy*, no. 7, pp. 73-88.
- Oke, T.R. 1978. *Boudary layer climates*. Methuen and Co., NY, 435 pp.
- Oke, T.R. 1990. The urban energy balance. *Progress in Physical Geography*, 471-508 pp.
- Önöz, B., y Bayazit, M., 2003. The power of statistical tests for trend detection. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 27(4), 247-251.
- Organización Meteorológica Mundial, 1992. *Vocabulario meteorológico internacional*. WMO N° 182, 91, Ginebra, Suiza.
- Pabón, D., 1997. Variabilidad Climática. En: *Técnicas Agrometeorológicas en la Agricultura Operativa de América Latina*: 99-103. Organización Meteorológica Mundial,
- Pabón J.D. y Montealegre J.E., 1997. Probabilidad de afectación de la precipitación en Colombia por el fenómeno El Niño. *Nota Técnica No. IDEAM/METEO/002-97*. 1-39. Ed.
- Paulino, M. y Thouyaret, L., 2006. Abordaje de los procesos de salud-enfermedad-atención: una reflexión desde las ciencias sociales. En: *Gaceta Urbana: Proyecto urbano de salud N°4*. Universidad

Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. MÉXICO. Disponible en:  
[http://bidi.xoc.uam.mx/fasciculos\\_revista.php?id\\_revista=14](http://bidi.xoc.uam.mx/fasciculos_revista.php?id_revista=14)

- Pearce, D.W., Cline, W.R., Achanta, A.N., Fankhauser, S., Pachauri, R.K., Tol, R.S.J., Vellinga, P., 1996. The social costs of climate change: greenhouse damage and the benefits of control. In: Bruce, J.P., Lee, H., Haites, E.F. (Eds.), *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions—Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, 179–224 pp.
- Pedèlaborde, P., 1970, *Introduction a l'étude scientifique du climat*. Edit. Sedes, Paris, France.
- Penalba O.C. y Vargas W.M., 1993. Study of homogeneity of precipitation in a humid region in the province of Buenos Aires. *Theoretical and Applied Climatology*, 47, 4, 223-229.
- Penalba, O. C., y Vargas, W.M., 2004. Interdecadal and Interannual variations of annual and extreme precipitation over central-northeastern Argentina. *Int. J. Climatology*, 24, 12, 1565-1580.
- Penalba, O. C., Beltran, A., y Messina, C., 2005. Monthly rainfall in central-eastern Argentina and ENSO: a comparative study of rainfall forecast methodologies, *Rev. Bras. Agrometeorologia*, 13, 49–61.
- Penalba, O. C., y Rivera, J. A., 2016. Precipitation response to El Niño/La Niña events in Southern South America—emphasis in regional drought occurrences. *Advances in Geosciences*, 42, 1-14.
- Pérez, M. E., 2006. Fluctuaciones Climáticas Y Variabilidad Temporal Del Clima En El Norte Argentino—1931/2005. *Revista Geográfica Digital. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE*, 3(6).
- Perez Guzzi, J., Isla, F. I., Zamora, A. S., Folabella, A. M y De Luca, L.C., 2000. Evaluación de la contaminación microbiológica en cuencas hídricas que drenan en la costa del Partido de Gral. Pueyrredon. *Diversidad y Ambiente*, Universidad de Flores, 59-66 pp.
- Pezza, A. B. y Ambrizzi, T., 2003. Variability of Southern Hemisphere Cyclone and Anticyclone Behavior: Further Analysis. *American Meteorological Society*. 1075-1083.
- Philander, G. y Rasmusson, E., 1985. Southern Oscillation and El Niño. *Advances in Geophysics* 28:197-215. Academic Press Inc,
- Perry, R.W. y Montiel, M., 1996. Conceptualizando riesgo para desastres sociales. *Desastres y Sociedad* 6: 3-8.
- Pittock A. B., 1980. Patterns of climatic variation in Argentina and Chile I. Precipitation. 1931-60. *Mon. Weath. Rev.*, 108, 1347-1360
- PNUD y SECYT, 1998. Evaluación de la vulnerabilidad de la costa Argentina al ascenso del nivel del mar. Resumen ejecutivo. Proyecto ARG/95/G/31, 68 pp.

- Pontrelli Albisetti, M., Lazarow, N., García, M.C., Isla, F.I. y Piccolo, M.C. 2014. Refulado como estrategia para superar la obstrucción de la deriva litoral originada por el Puerto de Mar del Plata, Argentina: comparación con la estrategia de Tweed, Australia. Análisis comparativo entre el Puerto de Mar del Plata, Argentina y el Río Tweed en Australia. El proceso de bypass como estrategia para superar la obstrucción de la deriva litoral. *Revista Geográfica del Sur*. Volumen V N°8. Departamento de Geografía. Universidad de Concepción. ISSN 0718-7653. 42-59 pp.
- Pontrelli Albisetti, M., 2011. Peligrosidad, vulnerabilidad y riesgos en la costa norte de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. Caso de estudio: playas Danilo y Sun Rider. *Revista Geográfica Digital*. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE. Año, 8(16).
- Pousa, J.L., Tosi, L., Kruse, E., Guaraglia, D., Bonardi, M., Mazzoldi, A., Rizzetto, F. y Schnack, E.J., 2007. Coastal processes and environmental hazards: the Buenos Aires (Argentina) and Venetian (Italy) littorals. *Environmental Geology* 51(8): 1307-1316.
- Preston, B.L, Smith, T.F, Brooke, C, Gorddard, R., Measham, T.G, Withycombe, G., McInnes, K., Abbs, D., Beveridge, B., y Morrison, C. 2008. Mapping Climate Change Vulnerability in the Sydney Coastal Councils Group. City of Sydney. Australia
- Preston, B. L., Dow, K., y Berkhout, F. 2013. The climate adaptation frontier. *Sustainability*, 5(3), 1011-1035.
- Ramos, M.B y Campo, A.M., 2008. Caracterización de estados de tiempo en el suroeste bonaerense, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, 40: 85-97
- Rasmusson, E.G., y Carpenter, T.H., 1982. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Mon. Wea. Rev.*, 110, 354-384.
- Reason, C.J.C. P, Rouault, F.M, Veitch, J., 2006. Influences of Large Scale Climate Modes and Agulhas System Variability on the BCLME Region. *Large Marine Ecosystems*, Vol. 14 V. Shannon, G. Hempel, P. Malanotte-Rizzoli, C. Moloney and J. Woods (Editors) 2006 Elsevier B.V./Ltd.
- Revi, A., Satterthwaite, D.E., Aragón-Durand, F., Corfee-Morlot, J., Kiunsi, R.B.R., Pelling, M., Roberts, D.C W., y Solecki. W. 2014. Urban Areas. En Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White., L.L (Eds.) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate*

- Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (2014), pp. 535–612
- Regnaud, H., Pirazzoli, P.A., Morvan, G. y Ruz, M. 2004. Impacts of storms and evolution of the coastline in western France. *Marine Geology* 210(1-4): 325-337.
- Reta, R. 1998. Sistemas meteorológicos de meso-escala en la costa marplatense: La brisa de mar durante el verano 1997-1998. V Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses. Mar del Plata, 9, 10 y 11 de Diciembre de 1998.
- Rimondi, M. M., 1999. Mar del Plata, una aproximación a la caracterización de las precipitaciones.
- Ríos, D.M. y Murgida, A.M. 2004. Vulnerabilidad cultural y escenarios de riesgo por inundaciones. *GEOUSP-Espacio y tiempo* 16: 181-192.
- Rivero, O y Bischoff, S., 1971. Ciclogénesis, movimiento y distribución de depresiones en los océanos Atlántico y Pacífico durante el período abril 1967 a marzo 1968. *Meteorológica*. Vol. II. Centro Argentino de Meteorología. Buenos Aires.
- Robledo, F. A., y Penalba, O. C., 2007. Análisis estacional de la frecuencia diaria y la intensidad de los extremos de precipitación sobre el sudeste de Sudamérica. *Meteorológica*, 32(1-2), 31-49.
- Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F.S., Lambin, E., Foley, J. 2009. Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14, Article 32.
- Rodríguez, O. C., 2008. Daños del viento en zonas urbanas. *Arquitectura y Urbanismo* 29(2-3): 64-67 pp.
- Ropelewski, C. F y Halpert, M. S., 1986. North American precipitation and temperature patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation (ENSO), *Mon. Weather Rev.*, 114, 2352–2362.
- Ropelewski, C. F y Halper, M., 1996. Quantifying Southern Oscillation – Precipitation Relationships. *Journal of Climate*, 9:1043-1059. American Meteorological Society
- Rosenblüth, B.N., Fuenzalida, H.A. y Aceituno, P., 1997. Recent temperature variations in Southern South America. *International Journal of Climatology* 17(1): 67-85 pp.
- Rosenzweig, C., Major, D.C., Demong, K., Stanton, C., Horton, R., Stults, M., 2007. Managing climate change risks in New York City’s water system: assessment and adaptation planning. *Mitigation Adapt. Strateg. Global Change*, 12. pp. 1391–1409.
- Rosenzweig, C., Solecki, W. D., Hammer, S. A., & Mehrotra, S. (Eds.), 2011. *Climate change and cities first assessment report of the urban climate change research network*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Rosenzweig, C, Solecki, W.D., Blake, R., Bowman, M., Faris, C., Gornitz, V., Horton, R., Jacob, K., LeBlanc, A., Leichenko, R., Linkin, M., Major, D., O'Grady, M., Patrick, L., Sussman, E., Yohe, G., Zimmerman, R., 2011. Developing coastal adaptation to climate change in the New York City infrastructure-shed: process, approach, tools, and strategies. *Climate Change*, 106 pp. 93–127.
- Rosenzweig, C. y Solecki, W., 2014. Hurricane sandy and adaptation pathways in New York: lessons from a first-responder city. *Global Environmental Change*, 28, pp. 395–408.
- Ruiz-Perez, M. y Grimalt Galabert, M., 2012. Análisis de la vulnerabilidad social frente a desastres naturales: el caso de las isla de Mallorca. *Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Programa de Estudios Geográficos (PROEG). Universidad Nacional de Luján, Argentina.* <http://www.gesig-proeg.com.ar> (ISSN 1852-8031) pp 1-26
- Rusticucci, M. y Penalba, O. 2000. Interdecadal changes in the precipitation seasonal cycle over Southern South America and their relationship with surface temperature. *Climate Research* 16(1): 1-15 pp
- 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 días extremos. *Meteorológica*, 26, 69-84.
- Rusticucci, M M, Venegas, S.A y Vargas, W.M., 2003. Warm and cold events in Argentina and their relationship with South Atlantic and South Pacific Sea. *J. Geophys. Res*, 2003 – [www.dcess.ku.dk](http://www.dcess.ku.dk)
- Sagua, M. y Goyeneche, H., 2007. Utilización de los Sistemas de Información Geográfica para determinar la vulnerabilidad social ante las inundaciones urbanas. Análisis espacial cuantitativo. El caso de la ciudad de Mar del Plata. XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica, Ciudad de Buenos Aires. Actas: 19 pp.
- Salas de León, D. A., Monreal Gómez, M.A y Aldeco Ramírez, J., 1992. Períodos característicos en las oscilaciones de parámetros meteorológicos en Cayo Arcas, México. *Atmósfera*, año /vol 5, n° 004. Universidad Autónoma de México, México, 193-205.
- Salio P, Nicolini M y Zipser E.J., 2007. Mesoscale convective systems over southeastern South America and their relationship with the South American low-level jet. *Mon Wea Rev* 135:1290–1309
- Sano, M., Gainza, J., Baum, S., Choy, D. L., Neumann, S y Tomlinson, R., 2015. Coastal vulnerability and progress in climate change adaptation: An Australian case study. *Regional Studies in Marine Science*, 2, 113-123.

- Saulo, 2008. Factores que modulan la predecibilidad en escala sinóptica. <http://www.cima.fcen.uba.ar/~saulo/saulo.htm>
- Schnack, E.J. y Pousa, J.L. 2004. Episodic Processes (Storm surges and tsunamis). En: Isla, F.I. (Ed): Coastal zones and Estuaries, Encyclopedia on Life Support Systems. Eolss Publishers Co. Ltd, Oxford, UK, 61-105.
- Schnack, E. J., Pousa, J. L. e Isla, F. I. 1998. Erosive processes on the sandy coastline of Argentina. *Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft*, Band 20, 133-136 pp.
- Scian, B., 2002. Variabilidad de las condiciones hídricas en la región semiárida pampeana, Argentina. *GEOACTA*, 27: 30-52.
- Scian, B., Labraga, J., Reimers, W., & Frumento, O. 2006. Characteristics of large-scale atmospheric circulation related to extreme monthly rainfall anomalies in the Pampa Region, Argentina, under non-ENSO conditions. *Theoretical and applied climatology*, 85(1-2), 89-106.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable., 2008. El Cambio Climático en Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires, 90.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable; Subsecretaría de Desarrollo y Fomento Provincial, Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. Manual de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático para la Gestión y Planificación Local. Buenos Aires, 2011. En: <http://www.ambiente.gov.ar/?IdArticulo=10487>
- Selucchi, M. y Marengo, J., 2000. Tropical-midlatitude exchange of air masses during summer and winter in South America: climatic aspects and examples of intense events. *International Journal of Climatology* 20(10): 1167.
- Servicio Meteorológico Nacional, 1989. Tormentas. Boletín Informativo N° 42. Buenos Aires.
- Severov D.N, Mordecki E, Pshennikov V.A., 2004. SST anomaly variability in Southwestern Atlantic and El Niño/Southern Oscillation. *Adv Space Res* 33:343–347
- Silvestri, G. E., y Vera, C. S., 2003. Antarctic Oscillation signal on precipitation anomalies over southeastern South America. *Geophysical Research Letters*, 30 (21).
- Simionato C, C. Vera and F. Siegmund. 2004. Surface wind variability on seasonal and interannual scales over Río de la Plata. *Continental Shelf Research* (en prensa).
- Sinclair, M.R., 1995. A climatology of cyclogenesis for the Southern Hemisphere. *Monthly Weather Review*, 123, 1601-1619.

- Sinclair, M.R., 1996. A climatology of anticyclones and blocking for the Southern Hemisphere. *Monthly Weather Review*, 124, 245-263.
- Smit, B. y Pilifosova, O., 2001. Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equito, Contribution of the Working Group to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Smit, B. y Wandel, J. 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change* 16, 282-292.
- Smit, B., O. Pilifosova, I. Burton, B. Challenger, S. Huq, R.J.T. Klein and G. Yohe. 2001: Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. In: *Climate Change 2001—Impacts, Adaptation, and Vulnerability* [McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 877–912.
- Smith, J.B., Lenhart, S.S. 1996. Climate change adaptation policy options. *Clim. Res.* 6, 193–201.
- Solecki, W., Seto, K. C., Balk, D., Bigio, A., Boone, C. G., Creutzig, F., y Zwickel, T., 2015. A conceptual framework for an urban areas typology to integrate climate change mitigation and adaptation. *Urban Climate*, 14, 116-137.
- Sonu, C.J., Murray, S.P., Hsu, S.A., Suhayda, J.N. y Waddell, E., 1973. Sea breeze and coastal processes. *Transactions American Geophysical Union*, 54, 9, 820-833.
- Speroni, J.O., Dragani, W.C., Mazio, C.A. y Manganiello, N., 1999. Observaciones costeras en Pinamar, Pcia. de Buenos Aires. Descripción del ambiente litoral. Informe Técnico N° 108/99, Servicio de Hidrografía Naval, Departamento Oceanografía, Buenos Aires, 15 pp.
- Strahler, A. y Strahler, A., 1994. *Geografía Física*. Ediciones Omega, 3ª. Edición, Barcelona.
- Su, B, Gemmer, M y Jiang,T., 2008. Spatial and temporal variation of extreme precipitation over the Yangtze River Basin *Quaternary International*, 186. 22–31
- Suero, E. E., Santa Cruz, J. N., Busso, A. S., Della Maggiora, A. I., Irigoyen, A. I., Costa, J. L., y Gardiol, J. M., 2001. Caracterización de los recursos naturales en sistemas bajo riego del sudeste bonaerense. Bases para propuestas de aplicación sustentable del riego. *Revista de investigaciones agropecuaria*, 30(1), 71-90.
- Telesca, L., Pierini, J. O., y Scian, B., 2012. Investigating the temporal variation of the scaling behavior in rainfall data measured in central Argentina by means of detrended fluctuation analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 391(4), 1553-1562.

- Tencer, B., y Rusticucci, M. 2012. Analysis of interdecadal variability of temperature extreme events in Argentina applying EVT. *Atmósfera*, 25(4), 327-337.
- Toharia Cortés, M., 1985. *Tiempo y clima. Predecir el tiempo: tarea difícil, tarea importante*. Colección Temas Clave. Ed. Salvat. Barcelona. España
- Tol, R.S.J., 1998. Climate change and insurance: a critical appraisal. *Energy Policy* 26(3) 257–262.
- Toyoda, T., Masuda, S., Sugiura, N., Mochizuki, T., Igarashi, H., Kamachi, M., y Awaji, T., 2009. A possible role for unstable coupled waves affected by resonance between Kelvin waves and seasonal warming in the development of the strong 1997–1998 El Niño. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 56(4), 495-512.
- Travasso, M.I, Magrin, G.O, Rodríguez, G.R., 2003. Crops yield and climatic variability related to ENSO and South Atlantic Sea Surface Temperature in Argentina. En: 7th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography (7ICSHMO), Wellington, pp. 74-75.
- Trenberth, K. E., 1990. Recent observed interdecadal climate changes in the northern hemisphere. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, no. 71, pp. 988-993
- Trenberth, K. E., y Hoar, T. J., 1996. The 1990–1995 El Niño-Southern Oscillation event: Longest on record. *Geophysical Research Letters*, 23(1), 57-60.
- Trenberth, K.E y Caron, J.M., 2000. The Southern Oscillation Revisited: Sea Level Pressures, Surface Temperatures, and Precipitation. *Journal of Climate*, 13, 4358-4365
- UNDRO, 1979. *Natural Disasters and Vulnerability Analysis*. Report of Expert Group Meeting, United Nations Disaster Relief Coordinator, UNDRO, Ginebra, Suiza, 49 pp.
- US Global Change Research Programme (USGCRP). 2009. *Global climate change impacts in the United States*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vargas, W. y Bisschoff, S. 2005. Precipitaciones. En *Vulnerabilidad en la zona costera*. Informe Final Argentina: 2ª Comunicación de cambio climático. Fundación Torcuato Di Tella. 75-86.
- Velasco I y Fritsch J.M., 1987. Mesoscale convective complexes in the Americas. *J Geophys Res* 92(D8):9591–9613
- Velázquez, G. A., Lucero, P. I., Mantobani, J. M., Sagua, M. C., Aguirre, L. S., Riviere, I. M., y Ferrante, E. B. 2004. *Nuestra Geografía Local. Población, urbanización y transformaciones socio-territoriales en el Partido de General Pueyrredon, Argentina 1975-2000*.
- Venegas S., Mysak L.A y Straub D.N., 1997. Atmosphere–ocean coupled variability in the South Atlantic. *Journal of Climate* 10:2904–2920.

- 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. *Journal of Climate* 18(23): 5011-5023
- Vicente - Serrano, S; Beguería, S y López Moreno, J. 2010. Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration". *Index. J. Climate.* 1-18 pp.
- Wang, B. y S.-I. An., 2002. A mechanism for decadal changes of ENSO behavior: Roles of background wind changes, *Clim. Dyn.*, 18, 475–486.
- Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H. (Eds.). 1996. Scientific-Technical Analyses of Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change. *Climate Change 1995: The IPCC Second Assessment Report*, vol. 2. Cambridge University Press, Cambridge.
- White, W. B., 2004. Comments on "synchronous variability in the Southern Hemisphere Atmosphere, Sea, Ice and Ocean resulting from Annular Mode". *Am. Met. Soc.* 17, 224 -2254.
- Wierny, M., Atucha, A. J., Errazti, E., López, M. T., Volpato, G., Governatori, V., Labrunée, M. E., y Lacaze, M. V., 2012. *Producto Bruto Geográfico del Partido de General Pueyrredon: año base 2004: estimaciones y metodología.* 1ra ed. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Wilbanks, T.J., 2011. Overview: climate change adaptation in the urban environment en Ford, J.D., Berrang-Ford, L. (Eds.), *Climate Change Adaptation in Developed Nations: From Theory to Practice*, Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 281–288.
- Wolter, K., 1987. The Southern Oscillation in surface circulation and climate over the tropical Atlantic, Eastern Pacific, and Indian Oceans as captured by cluster analysis. *Journal of Applied Meteorology*, 26, pp. 540-558
- Wolter, K., y Timlin, M. S., 1993. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. *Proc. of the 17<sup>th</sup> Climate Diagnostics Workshop*, Norman, OK, NOAA/NMC/CAC, NSSL, Oklahoma Clim. Survey, CIMMS and the School of Meteor., Univ. of Oklahoma, pp. 52-57.
- Wu, S., Yarnal, B. y Fisher, A., 2002. Vulnerability of coastal communities to sea-level rise: a case study of Cape May County, New Jersey, USA. *Climate Research* 22(3): 255- 270 pp.

- Wyrski, K., 1975. El Niño - The dynamic response of the equatorial Pacific to atmospheric forcing. *Journal of Physics Oceanography*: 572-584. American Oceanography Society.
- Yanes Luque, A. y Marzol Jaén, M.V., 2009. Los temporales marinos como episodios de riesgo en Tenerife a través de la prensa (1985-2003). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 22(1-2): 95-104.
- Yao-Dong, D., Xu-Hua, C., Xian-Wei, W., Hui, A., Hai-Lai, D., Jian, H., y Xiao-Xuan, W., 2013. A review of assessment and adaptation strategy to climate change impacts on the Coastal Areas in South China. *Advances in Climate Change Research*, 4(4), 201-207.
- Yenneti, K., Tripathi, S., Wei, Y. D., Chen, W., y Joshi, G., 2016. The truly disadvantaged? Assessing social vulnerability to climate change in urban India. *Habitat International*, 56, 124-135.
- Zea, J. y Montealegre, E., 1987. Estudio sobre el fenómeno El Niño. Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, Bogotá. 27 pp.
- Zhang, Y., Wallace, J.M y Battisti, D.D., 1997. "ENSO-like interdecadal variability", *J. Climate*, no. 10, pp. 1004-1020.
- Zhang, C., 2005. Madden-Julian oscillation. *Reviews of Geophysics*, 43(2).
- Zhang, T y Wei, F.Y., 2009. Probability distribution of precipitation extremes during raining seasons in South China *Acta Meteorologica Sinica*, 67 (3) 442-451.
- Zulaica, L, y Celemín, J.P., 2008. Análisis territorial de las condiciones de habitabilidad en el periurbano de la ciudad de Mar del Plata (Argentina), a partir de la construcción de un índice y de la aplicación de métodos de asociación espacial. *Revista de geografía Norte Grande*, (41), 129-146.
- Zulaica, L., y Aguilar, R. R., 2009. Problemáticas socioambientales en un área del borde urbano de la ciudad de Mar del Plata (Provincia de Buenos Aires, Argentina). 12º Encuentro de Geógrafos de América Latina. Montevideo.

# ANEXO

## Anexo

### Recopilación de archivos periodísticos de la base de datos Desinventar para cada tipo de evento

Información obtenida a partir de los diarios La Capital Mar del Plata, Clarín, La Nación, La Prensa, Crónica y Página 12

#### 1. Inundaciones

Fecha Inicio	Tipo de evento	Sitio	Fuentes	Observaciones de efectos	Observaciones de causa	Muertos	Heridos; enfermos	Damnificados	Afectados	Evacuados	Viviendas afectadas	Otras pérdidas
17/03/1969	Inundación	MDP	LC	Calles anegadas. Daños severos	100 Km/h – rafagas de viento 70 mm							
19/05/1969	Inundación	MDP	LC	Calles anegadas	153 mm					120		
17/06/1969	Inundación	MDP	LC	Calles anegadas	68 mm							
05/07/1969	Inundación	MDP	LC	Calles anegadas	68 mm							
02/04/1971	Inundación	MDP	LN	Vías anegadas	120 mm / 24 hs				Si	100	Si	Autos afectados
25/04/1973	Inundación	MDP	CI	Calles y avenidas anegadas					Si			
01/01/1974	Inundación	MDP	LN - La Prensa	Vías anegadas					Si	Si	Si	
27/12/1976	Inundación	MDP	LN	Vías anegadas					Si		Si	
06/10/1977	Inundación	MDP	CI	Vías anegadas; calles cortadas. Mil afectados sin teléfono. Barrios afectados: General Belgrano; Hospital Regional.	104mm/48hs				1000	120	Si	
18/03/1978	Inundación	MDP	CI	Calles anegadas.						Si	Si	
03/05/1980	Inundación	MDP	LN	RN 2 anegada.				Si	Si	229	Si	
01/09/1980	Inundación	MDP	LN	Temperaturas sup. a 36°C. Vías anegadas atascamiento de tránsito. 40000 personas afectadas al tener que abandonar balnearios.					40000			
27/01/1981	Inundación	MDP	CI - LN	Vías anegadas. Inconvenientes en servicios de teléfono y electricidad. (DI6Author : PGS DI6Date : 25/09/02)				Si	Si			4 comercios anegados
30/10/1981	Inundación	MDP	LN	Vías anegadas. Aeropuerto cerrado. Cortes de teléfono.	60mm / 4hs				Si	Si	Si	Autos dañados
25/01/1985	Inundación	MDP	CI - LN	Cortes electricidad y teléfono por varias horas; semáforos fuera de funcionamiento. Zona más	Lluvia y vientos				Si		Si	

				afectada: centro de la ciudad.								
10/11/1985	Inundación	MDP	CI - LN	Caminos anegados. Localidades aisladas.	Régimen lluvias superado, desborde arroyos.			Si	Si	750	Si	
14/11/1985	Inundación	MDP	CI - LN	Casco urbano anegado. Corte de energía eléctrica (4 horas). El 16/11 se suspendió el servicio ferroviario Bs. As.- Mar del Plata.					Si	25	Si	
14/01/1987	Inundación	MDP	LN	Alcantarillado desbordado. Vías anegadas. Inicio evento: 13/1/78. Fin: 15/1/78.	50mm / 1hs				Si	Si	Si	
28/01/1990	Inundación	MDP	LN	Vías anegadas					Si			Suspensión de espectáculos.
02/01/1992	Inundación	MDP	CI	500 líneas telefónicas afectadas.	140 mm.				2000			
20/02/1992	Inundación	MDP	LN	Vías con hasta 3.5 m de agua; corte de rutas 11 y 88.		1	Si	Si	Si	2200	Si	Automoviles particulares
12/01/1997	Inundación	MDP	CI	Vías anegadas, desagües obstruidos con basura. Más afectados: Terminal de Omnibus y puerto.	50 mm. en 1 hora	1		Si	Si		Si	Automóviles
05/01/2000	Inundación	MDP	LN	Vías anegadas por alcantarillado obstruido con basura.	15mm				Si			
30/01/2000	Inundación	MDP	CI - LN	Vías anegadas: Rambla, Alem, zona Casino (80% del centro), zona puerto, Bº Belgrano, terminal bus. Suspensión de transporte y partido futbol. Autos arrasados por corriente. 100 sótanos/cocheras anegadas. Zanjas con 3 m profundidad en playas (Las Toscas, Bristol, Popular y Torreón del Monje). 140 manzanas sin luz. Residuos desperdigados. Desagües tapados e insuficientes (obras inconclusas). Desmoronamiento en pavimento en Alsina 2100 (2/2). \$15.000 para reparación veredas.//; rotura pavimento.	65 mm/35'; 80 mm/2 hs granizo			Si	100000		Si	60 carpas, vidrieras, comercios, baldosas, rambla y árboles
05/01/2001	Inundación	MDP	LN	Vías anegadas. Cortes de energía. Alcantarillas sobrepasadas. Descenso temperatura de 36°C a 26°C en 3hs.					Si			

21/10/2001	Inundación	MDP	CI - LN	Cortes de energía. Vías anegadas en Bº Puerto, Jorge Newbery, la Terminal y el Alfar.	120mm/24hs. Desborde de Aº Corrientes			Si	Si	120	Si	5 autos y comercios afectados
14/05/2002	Inundación	MDP	CI - LN	Cortes de energía. Vías anegadas. Suspensión de clases en colegios y universidades. Puerto clausurado. Autos dañados. Bº anegados: cercanos al puerto, a la terminal. Hipódromo, Las Heras, General Belgrano, Santa Paula, Libertad, 2 de Abril, Parque Palermo, Los Pinares, Jorge Newbery, 180 y Alfar.	205 mm / 24hs				Si	878	Si	Árboles, carteles y postes. Comercios y estadio anegados. Autos.
13/10/2002	Inundación	MDP	CI - LN	Las Brusquitas. Desagües insuficiente. Inicio: 13/10 al 16/10/02. Evacuados y autoevacuados. Viviendas con 1m agua. Corte luz, suspensión de clases. Bº más afectados.: Newbery, Los Tilos, Don Emilio, Autódromo, zona estación de ómnibus.	150mm/4hs. Desborde arroyos La Tapera, Corrientes y El Cardalito			YES	Si	1350	Si	Pérdida de mercaderías
08/01/2003	Inundación	MDP	CI - LN	Calles con 50 cm de agua. Problemas de tránsito. Estacionamientos de edificios anegados. Terminal de omnibus anegada. Alcantarillas tapadas. Bº Terminal y Los Troncos anegados.	30 mm/24 hs				Si			Sotanos y comercios anegados. Autos detenidos en calles anegadas.
30/01/2003	Inundación	MDP	CI	Desagues con deficiencias en los barrios de la Terminal el Puerto y periféricos. Vías anegadas. Problemas en el tránsito.					Si			
10/03/2003	Inundación	MDP	CI - LN	Viviendas y vías anegadas. Inicio de clases suspendidas. Autos dañados. Zona de la terminal de ómnibus, del puerto y de la periferia afectadas. Evacuados. Olas de 3 m.	80/90 mm				Si	24	Si	Árboles
29/12/2004	Inundación	MDP	LN	Vías anegadas en Calle Güemes.					Si			
04/02/2006	Inundación	MDP	LN	Vías anegadas (Güemes y Rawson)	2 horas de lluvia torrencial				Si			Comercios anegados
12/12/2006	Inundación	MDP	CI - LN	Vías anegadas.					Si			
22/02/2007	Inundación	MDP	CI - LN	Vías anegadas					Si	80	Si	
01/03/2007	Inundación	MDP	LN	Viviendas y vías anegadas.					Si	25	Si	
02/10/2007	Inundación	MDP	LN	Paseo comercial Güemes anegado.				Si	Si			Comercios afectados
28/08/2008	Inundación	MDP	LN	Lluvias intensas a fines de agosto. Tormenta de Santa Rosa.					Si			Anegamientos en plaza pública

## 2. Tempestad

Tipo de evento	Fuentes	Observaciones de efectos	Observaciones de causa	Damnificados	Afectados	Evacuados	Viviendas afectadas	Otras pérdidas
Tempestad	LN	Vías obstruidas. Caída de postes de teléfonos sobre calles. Tránsito interrumpido.	70 km/h	Si			Si	Árboles y letreros caídos. Galpón derrumbado
Tempestad	CI	Anegamientos. Barco obligado a volver a puerto.					Si	Balnearios afectados
Tempestad	CI - LN	Puerto clausurado	Lluvias (250mm/5días); vientos del S.E. a 80 km/h.		6000	400		
Tempestad	CI	Caída postes de electricidad y tel. Vías anegadas	24 mm. Viento 165 km/h 30'					Caída de árboles y carteles
Tempestad	CI	Vías y Viviendas precarias anegadas. Interrupción del servicio telefónico y energía por aneamiento de cámaras transformadoras	Vientos 90 km/ h	Si			Si	Voladura de carpas y carteles
Tempestad	LN	Zonas anegadas. Interrupción suministro de energía por corte de cables y caída de postes.	Lluvia viento (60 km/ h) granizo y aneg.				Si	
Tempestad	LN	Vías anegadas. Corte de agua teléfono y energía.	102 km/h				Si	Arboles y postes destruidos
Tempestad	CI - LN	Vías anegadas. RP 88 anegada	140 km/h; 160 mm / 24 hs			150	Si	
Tempestad	Crónica	Vías anegadas						
Tempestad	LN	Vías anegadas. Corte energía y teléfono. Puerto y aeropuerto cerrados.	110 km/h	Si		21	Si	Árboles, carteles y postes
Tempestad	CI	Restaurant destrozado en Playa La Perla. Puerto cerrado. Piletas en Punta Iglesias destrozada. Soc: P.N.	Lluvias; vientos(70Km/h); olas de 6 mts. altura.	Si				Restaurant destruido por cimientos socavados. Piletas destrozadas
Tempestad	LN	Teléfono y energía cortados.	Vientos:140km/h	Si			Si	Comercios, postes, árboles y carteles destruidos
Tempestad	LN	Calles anegadas. Alcantarillas con capacidad superada. Corte suministro telefónico. Bº afec: Villa Lourdes.	Lluvias 135mm / 12hs; Vientos 115 km/h del O	Si		800	Si	Comercios dañados. Árboles caídos.
Tempestad	CI	Vías anegadas					Si	
Tempestad	LN	Vías y Viviendas anegadas.					Si	
Tempestad	CI	700 líneas de teléfono cortadas. Cortes energía. Vías. aneg.	Lluvias vientos y granizo: 120 km/h.		700	Si	Si	
Tempestad	LN	Vías anegadas. Cortes de energía y teléfono.	60 mm/ 24hs	Si		Si	Si	
Tempestad	CI	Arboles y postes caidos.	Lluvias; vientos.					
Tempestad	CI	Vías anegadas. 35 carpas destruidas y 35 carpas dañadas.	Lluvias (99mm/6hs); vientos.			Si	Si	
Tempestad	CI	Vías anegadas. Cortes de energía eléctrica, teléfono, radio TV.; aviones atrasados.	Frente frío y viento 100 km/h.	Si				
Tempestad	CI	Vías anegadas	Vientos (40 Km/h); llluvias.					
Tempestad	CI	Barco pesquero hundido.	Lluvias; vientos (100 Km/h).	Si				
Tempestad	CI	Vías anegadas	Lluvias; vientos (120Km/h);frío (10ºbajo cero).	Si		Si	Si	
Tempestad	CI - LN	Casco urbano anegado. Voladura de techos. Aeropuerto fuera de servicio. Caída de cables alta tensión y teléfono.	Lluvias y vientos (100 km/h)		11000		Si	Caída de árboles
Tempestad	CI - LN	Aeropuerto funcionó con demoras. Vías anegadas	Lluvias (20 mm.) viento (45 Km/h)			Si	Si	Actividad portuaria afec.
Tempestad	CI	Vías anegadas. Caída de cables de alta tensión.	Lluvias y viento					

Tempestad	CI	Actividad portuaria afectada. Cortes de energía. Líneas telefónicas fuera de servicio.	Lluvias y viento (60 Km./h)						
Tempestad	CI	Vías anegadas	Granizo rayos Lluvias.	Si					Éxodo de turistas
Tempestad	CI	Cierre del puerto	Vientos hasta 150 Km/h Lluvias. Sudestada		Si				
Tempestad	CI	Vías anegadas en zonas bajas. Aeropuerto cerrado. Afectados: servicio eléctrico y teléfonos. Naufragio en altamar.	Viento (110 km/h) y lluvia		Si				2 Barcos pesqueros.
Tempestad	CI	Aeropuerto cerrado.	Vientos (hasta 80 km/h) y Lluvias		Si				
Tempestad	CI - LN	Vías anegadas. Destrucción de carpas y balnearios. Naufragio de busque pesquero.	Vientos (55 Km/h); olas de 4 m.						Naufragio de 1 Buque pesquero
Tempestad	CI	Puerto y aeropuerto cerrados.	Lluvias y vientos (hasta 60 km/h)		Si				
Tempestad	CI	Vías anegadas	Vientos ( 50 a 80 Km/h)		Si				1 barco pesquero
Tempestad	CI	10 barrios anegados. 25000 Viv. sin electricidad. Rutas 2 226 y 11 afectadas. Contaminación de agua corriente.	Vientos (hasta 130 km/h) Lluvias (100 mm.)	Si	100000	1400	Si		
Tempestad	CI - LN	Vías anegadas	95 6 mm. vientos (110 Km/H)	Si	Si	2800	Si		8000 árboles caídos y voladura techos.
Tempestad	CI	90% de la ciudad sin energía	vientos 100 Km/h Sudestada.		Si				
Tempestad	CI	Vías anegadas	33mm. caído en 30 minutos vientos a 120 km/h		Si				carteles
Tempestad	LN	Vías anegadas	vientos 60 km/h		Si				
Tempestad	CI	Vías anegadas	Vientos (50 km/h) y Lluvias (47 5 mm)	Si	Si	12	Si		Voladura carteles y marquesinas
Tempestad	CI - LN	Vías con hasta 1 m. de agua; corte de cables de media tensión. Viviendas sin energía. Crecida Arroyo Las Chacras.	50 mm. en 1 hora vientos a 80 km/h granizo	Si	Si	400	Si		autos e inmuebles.
Tempestad	CI - LN	Calles anegadas. Cierre puerto y aeropuerto. Susp. clases 20 escuelas anegadas. Casos bronquitis y diarreas.	Vientos (34 a 75 Km/h); Lluvias: 300 mm/ 3días	Si	Si	1000	Si		
Tempestad	CI	Rescatan 9 marineros. Suspensión de clases. Aconsejan a la población permanecer en sus viviendas.		Si	Si	400	Si		Árboles caídos. Encalla 1 buque.

Tempestad	CI	Vías anegadas.	Lluvias vientos	Si				
Tempestad	LN	Vías anegadas	Lluvias vientos (76 Km/h)		Si			árboles
Tempestad	LN	Vías anegadas.	Lluvias(60mm/4hs); vientos; rayos.	Si	Si		Si	
Tempestad	CI	Vías obstruidas. Corte energía. Postes destruidos.	80km/h		Si			
Tempestad	LN	Clases suspendidas. Cortes de energía. Vías anegadas	Vientos 80km/h	Si	Si	Si	Si	Daños en postes, árboles, marquesinas, estación de servicio y autos.
Tempestad	CI	Vías anegadas. Caída de postes y corte de energía.	80 km/h		Si			
Tempestad	CI	Clases suspendidas. Temp. desciende a -2°C. Vías del ferrocarril obstruidas.	Vientos 80km/h	Si	Si		Si	Árboles, cables, carteles y comercios destrozados
Tempestad	LN	Erosión de playas y acantilados.	40 a 60km/h (del sudoeste)		Si			Árboles caídos
Tempestad	LN	Caída postes de luz. Corte energía. Escuelas anegadas. Vías anegadas	39mm / 24hs. 60 a 90 km/h	Si	Si	6	Si	Arboles carteles y marquesinas destrozadas
Tempestad	CI - LN	Bº más afectados.: Autódromo, Cerrito Sur, Belgrano, Parque Hermoso, Pueyrredón	lluvia 170mm viento 90km/h desb. arroyos desagües insuf.			570	Si	120 árboles caídos, mercaderías, electrodomésticos y colchones
Tempestad	CI - LN	Cables de energía destruidos. Caída de árboles, Voladura de techos de 19 viviendas.	90 km/h 50mm/24hs		Si	176	19	97 árboles caídos y un auto dañado
Tempestad	CI - LN	Bañeros de Punta Mogotes y del sur del Faro sombrillas y 120 carpas arrasadas.	90 km/h. olas de 3 y 4 mts. de altura		Si			Sombrillas y carpas afectadas
Tempestad	CI - LN	Bº afec: Autódromo, Las Heras, Jorge Newbery, Alfara, Cerrito Sur y San Salvador.	Lluvia: 70mm/30 min vientos y granizo		Si	80	Si	Comercios anegados, autos y caída de árboles
Tempestad	LN	Vías anegadas (calle Güemes sector de la ex terminal y el puerto). Desagües pluviales tapados.	Lluvia y granizo	Si	Si			comercios aneg.
Tempestad	LN	Caída de semáforos, carteles, cables y árboles. Corte de servicio de energía	Lluvia y viento (ráfagas de 70km/h)	Si	Si			Caída de árboles y carteles
Tempestad	CI - LN	caída de 20 torres de alta tensión Vías anegadas e inconvenientes de tránsito			Si			
Tempestad	CI - LN	miles de usuarios sin servicios en Necochea Mar del Plata y Partido de la Costa.		Si	Si			

Tempestad	CI	Vías anegadas.	Lluvias vientos	Si				
Tempestad	LN	Vías anegadas	Lluvias vientos (76 Km/h)		Si			árboles
Tempestad	LN	Vías anegadas.	Lluvias(60mm/4hs); vientos; rayos.	Si	Si		Si	
Tempestad	CI	Vías obstruidas. Corte energía. Postes destruidos.	80km/h		Si			
Tempestad	LN	Clases suspendidas. Cortes de energía. Vías anegadas	Vientos 80km/h	Si	Si	Si	Si	Daños en postes, árboles, marquesinas, estación de servicio y autos.
Tempestad	CI	Vías anegadas. Caída de postes y corte de energía.	80 km/h		Si			
Tempestad	CI	Clases suspendidas. Temp. desciende a -2°C. Vías del ferrocarril obstruidas.	Vientos 80km/h	Si	Si		Si	Árboles, cables, carteles y comercios destrozados
Tempestad	LN	Erosión de playas y acantilados.	40 a 60km/h (del sudoeste)		Si			Árboles caídos
Tempestad	LN	Caída postes de luz. Corte energía. Escuelas anegadas. Vías anegadas	39mm / 24hs. 60 a 90 km/h	Si	Si	6	Si	Arboles carteles y marquesinas destrozadas
Tempestad	CI - LN	Bº más afectados.: Autódromo, Cerrito Sur, Belgrano, Parque Hermoso, Pueyrredón	lluvia 170mm viento 90km/h desb. arroyos desagües insuf.			570	Si	120 árboles caídos, mercaderías, electrodomésticos y colchones
Tempestad	CI - LN	Cables de energía destruidos. Caída de árboles, Voladura de techos de 19 viviendas.	90 km/h 50mm/24hs		Si	176	19	97 árboles caídos y un auto dañado
Tempestad	CI - LN	Bañeros de Punta Mogotes y del sur del Faro sombrillas y 120 carpas arrasadas.	90 km/h. olas de 3 y 4 mts. de altura		Si			Sombrillas y carpas afectadas
Tempestad	CI - LN	Bº afec: Autódromo, Las Heras, Jorge Newbery, Alfara, Cerrito Sur y San Salvador.	Lluvia: 70mm/30 min vientos y granizo			80	Si	Comercios anegados, autos y caída de árboles
Tempestad	LN	Vías anegadas (calle Güemes sector de la ex terminal y el puerto). Desagües pluviales tapados.	Lluvia y granizo	Si	Si			comercios aneg.
Tempestad	LN	Caída de semáforos, carteles, cables y árboles. Corte de servicio de energía	Lluvia y viento (ráfagas de 70km/h)	Si	Si			Caída de árboles y carteles
Tempestad	CI - LN	caída de 20 torres de alta tensión Vías anegadas e inconvenientes de tránsito			Si			
Tempestad	CI - LN	miles de usuarios sin servicios en Necochea Mar del Plata y Partido de la Costa.		Si	Si			
Tempestad	CI	Vías anegadas en zona sur. Viviendas anegadas en zona puerto. Cortes de electricidad. Caída de postes y cables de tendido eléctrico	120mm / 24 hs viento		Si	50	Si	árboles caídos
Tempestad	CI - LN	Bº aneg: Parque Palermo, Belgrano, El Autódromo, Las Heras y El Martillo. Viviendas con 1 m de agua. 5000 usuarios sin electricidad.	vientos 90 Km/h. 80 mm/3 hs; 105 mm en tot.	Si	20000	240	Si	90 árboles, marquesinas y carteles. Suspensión Festival de cine.
Tempestad	CI - LN	Calles anegadas. 15 escuelas sin clases por anegamiento		Si	Si			
Tempestad	CI - LN	1 marinerero desaparecido. Oleaje más 3m causa daños en Paseo Dávila. Calles instalaciones balnearios	sudestada 50 mm/ 1 día 70 km/h		Si	80	20	Club de Pescadores y muelle dañados

### 3. Vendaval

Fecha Inicio	Tipo de evento	Sitio	Fuente	Observaciones de efectos	Observaciones de causa	Heridos	Afectados	Viviendas afectadas	Otras pérdidas
16/12/1971	Vendaval	MDP	La Prensa	Vías obstruidas. Corte energía y teléfono. Escuela afectada. Puerto y aeropuerto cerrados.	Rafagas 170 km/h	18		Si	Árboles, postes, carteles, iglesia y autos destruidos
03/08/1972	Vendaval	MDP	LN	Vías anegadas. Puerto cerrado.	Vientos fuertes.		Si	Si	
05/01/1973	Vendaval	MDP	La Prensa	Socorro: lanchas de apoyo	Viento 60 km/h				20 barcos volcados. 1 embarcación dañada
07/01/1973	Vendaval	MDP	CI	Voladura techos en viviendas.	Viento 140 km/h			Si	Destrucción de carpa de circo, árboles y carteles
31/01/1973	Vendaval	MDP	LN	Cables de teléfono. 1200 abonados sin tel.	viento		4800		
01/12/1985	Vendaval	MDP	LN	Vías anegadas	vientos		Si		Caída de árboles
27/11/1986	Vendaval	MDP	LN	Vías anegadas. Caída de tendido eléctrico.	viento 70 km/h		Si		Caída de árboles
08/03/1987	Vendaval	MDP	CI - LN	Vías anegadas. Destrucción de balnearios	Viento olas de 10 m.		Si		Destrucción de balnearios, rotura de vidrios y voladura de carteles
18/07/1991	Vendaval	MDP	CI - LN - Pag.12	80 % de la población sin luz, agua y gas.	Vientos 170 Km/h	50	Si	Si	Daños en 2 buques y 100 autos, comercios, techos de casas y carteles.
15/04/1993	Vendaval	MDP	CI	50 edificios con daños	Vientos 150 Km/h	30	400	100	
15/04/1993	Vendaval	MDP	CI	Accidentes	Vientos 150 Km/h	2			
17/02/1995	Vendaval	MDP	CI	Vías anegadas	vientos 70 km/h				18 botes de regata
28/09/1998	Vendaval	MDP	LN	Vías anegadas	vientos: 60 Km/h				Encalla un buque de 60 m. de eslora.
23/03/2001	Vendaval	MDP	LN	Cortes de energía.	Vientos de 80km/h		Si	Si	Dos barcos a la deriva. Postes caídos
23/02/2002	Vendaval	MDP	LN	Cortes de energía en zonas cercanas a la costa.	vientos de 40 a 60 km/h		Si		
09/06/2002	Vendaval	MDP	LN	Cables de energía eléctrica cortados. Puerto cerrado por intenso oleaje.	50 a 70 km/h		Si		
09/01/2006	Vendaval	MDP	CI	Vías anegadas. Corte de servicio de energía y teléfonos por caída de postes del tendido. Bº afec. principalmente la periferia.	viento del oeste		Si		Árboles caídos