

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS DEL RÍO SANTA CRUZ (PRESIDENTE DR. NÉSTOR C. KIRCHNER Y GOBERNADOR JORGE CEPERNIC), PROVINCIA DE SANTA CRUZ

CAPÍTULO 4 – LINEA DE BASE AMBIENTAL

PUNTO 3 - CLIMA

INDICE

| | | |
|------------|----------------------------|-----------|
| 3 | CLIMA | 2 |
| 3.1 | TEMPERATURA | 5 |
| 3.2 | PRECIPITACIONES | 8 |
| 3.3 | VIENTOS | 14 |
| 3.4 | PRESIÓN ATMOSFÉRICA | 19 |
| 3.5 | HUMEDAD ATMOSFÉRICA | 21 |
| 3.6 | HELIOFANÍA | 22 |
| 3.7 | CAMBIO CLIMÁTICO | 23 |
| 3.8 | CONCLUSIONES | 25 |
| 3.9 | BIBLIOGRAFÍA | 27 |

3 CLIMA

El clima está compuesto por la interacción de una serie de factores, tales como la temperatura, humedad, luz solar, viento y presión atmosférica. A su vez, estas variables atmosféricas se encuentran condicionadas en mayor o menor medida por diferentes aspectos en una zona determinada, entre los que se destacan la ubicación geográfica, la topografía, la proximidad a zonas montañosas, la proximidad a grandes cuerpos de agua, las corrientes oceánicas, los suelos y la vegetación, entre otros. El clima, aun en estado relativamente estático es, por lo tanto, sumamente complejo y varía ampliamente de un lugar a otro.

De este modo, en este punto se lleva a cabo la caracterización climática del área de influencia general del proyecto. Como parte de la misma se describe de manera general las características climáticas reinantes en el área, en base a información secundaria. Dicha información es completada con datos provenientes de las Estaciones Meteorológicas existentes en el área de estudio.

Al respecto resulta importante remarcar la escasez de estaciones meteorológicas en la zona analizada, limitando por tanto la información disponible. Vázquez (2005) menciona que el número de estaciones que operan al presente en la cuenca del río Santa Cruz es mucho más reducido que las existentes a mediados del siglo XX. Asimismo, señala que a pesar de que el área de estudio es una de las regiones del mundo con mayor contraste climático, presenta la menor densidad de estaciones meteorológicas terrenas permanentes en Sudamérica.

Para el presente estudio se utilizaron los datos provenientes de las estaciones más cercanas al área de influencia del proyecto: Santa Cruz AERO (50° 01' S, 68° 34' O) y Santa Cruz Puerto (50° 01' S, 68° 32' O), ubicadas al este del sitio de implantación de las presas, y El Calafate AERO (50° 16' S, 72° 03' O) y Lago Argentino AERO (50° 20' S, 72° 18' O), ubicadas al oeste de dicha área. Los datos fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Adicionalmente se incluyeron (a pedido de la Inspección de Obra (UNLP)) los datos meteorológicos medidos en la estación Charles Fuhr (50° 15' 07,60" - 71° 54' 28,10") provistos por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de Nación (SSRH).

Todas las estaciones consideradas están ubicadas dentro de la ecorregión Estepa Patagónica, en zonas hidrológicamente inactivas de la cuenca. No obstante, resulta importante mencionar que el río Santa Cruz, es alimentado mayoritariamente por aguas de deshielo de los glaciares y en menor grado por aportes pluviales (ver Punto 2 y 5).

La estación Lago Argentino AERO comprende el registro histórico del período 1941-2000 tomado en el antiguo aeropuerto, siendo que el período 2001-2014 fue registrado en la actual ubicación del aeropuerto, denominada estación meteorológica Calafate AERO¹. Por su parte, los datos provenientes de la estación Santa Cruz Puerto comprenden el período 1941-1960 y el registro de la estación Santa Cruz AERO, el período 1981-1990. En la estación Charles Fuhr los únicos dos parámetros meteorológicos monitoreados son temperatura y precipitación. La serie de datos precipitaciones incluye el período 1955-2014, mientras que la serie de datos de temperaturas se extiende desde el 1955-1981, por lo que fueron incluidos solamente los datos de precipitaciones.

¹ Para el periodo 2011-2014 se cuenta con datos de Temperatura, Humedad relativa, Presión, viento (sólo velocidad), precipitación y nubosidad.

Dada la corta distancia entre las estaciones meteorológicas Puerto Santa Cruz y Santa Cruz Aero (de ahora en adelante “zona Este”), y entre Lago Argentino AERO y Calafate AERO (de ahora en adelante “zona Oeste”), los registros fueron considerados en conjunto, respectivamente. Sin embargo, la estación Puerto Santa Cruz se encuentra a una elevación de 11 m.s.n.m., mientras que Santa Cruz Aero se halla a una altura de 113 m.s.n.m, por lo que podrían existir ligeras variaciones en las temperaturas y los vientos. Por su parte, Lago Argentino AERO se encuentra ubicada a 220 m.s.n.m. y Calafate AERO a 204 m.s.n.m. Por otro lado, cabe destacar que la estación Charles Fuhr se encuentra ubicada a 206 m.s.n.m.

Salvo la estación Charles Fuhr, la cual registra una cantidad limitada de variables (temperatura y precipitación) y para una de ellas (temperatura) presenta un registro incompleto de datos, las demás estaciones meteorológicas consideradas en el presente informe se encuentran fuera del área de influencia directa de las obras. Esto hace que no sea posible obtener la climatología del sitio con total fidelidad a las condiciones existentes en el área. Si bien las condiciones climáticas no son exactamente las mismas, se considera que los resultados de los análisis de las estaciones meteorológicas antes mencionadas son trasladables a la zona de influencia directa del proyecto.

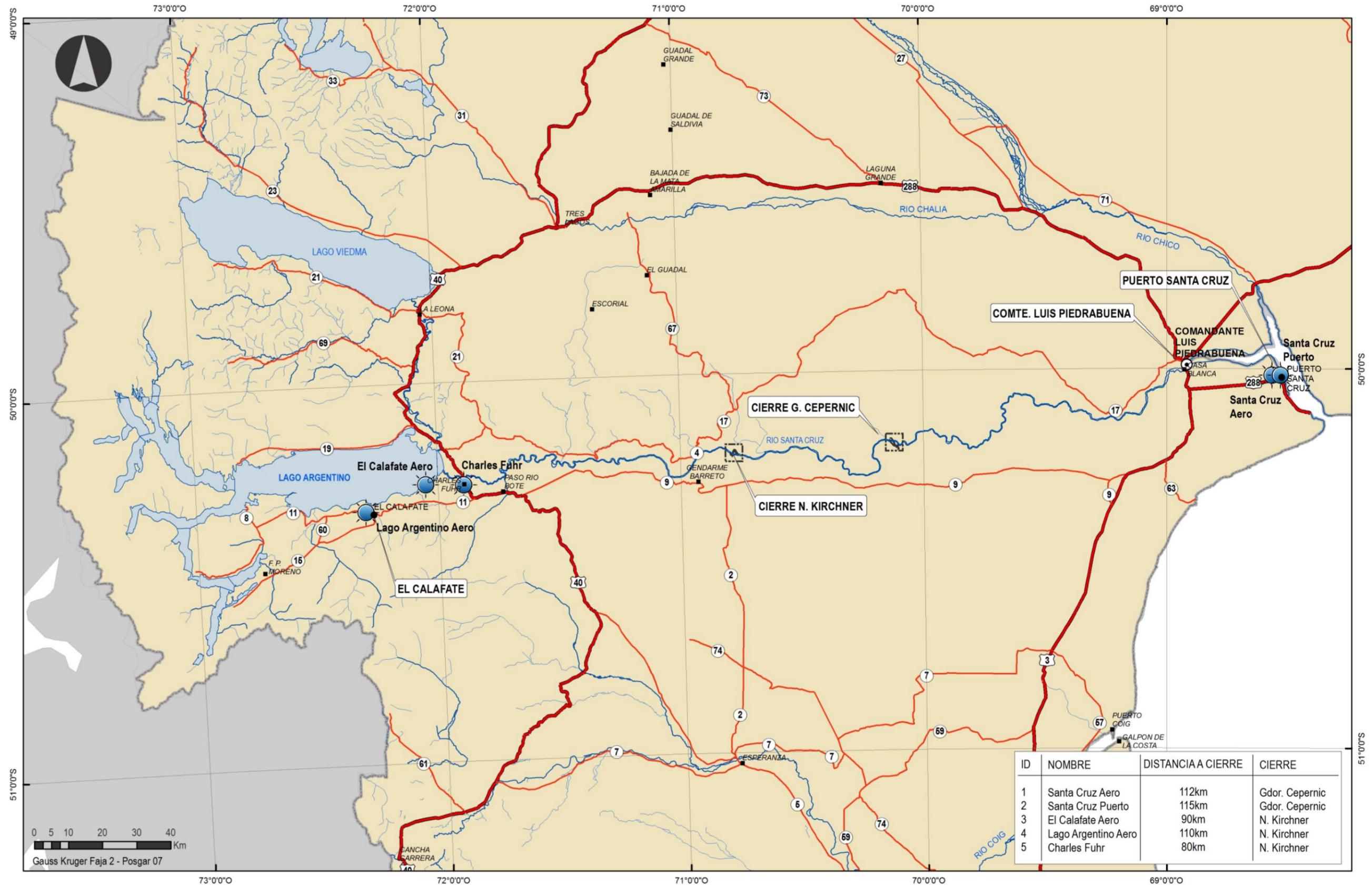


Figura 3-1. Ubicación de estaciones meteorológicas consideradas para el análisis.

América del Sur se caracteriza por la presencia de vientos predominantes del sector oeste, especialmente las latitudes del sur del continente. Posee una zona de convergencia intertropical diferenciada del cinturón de baja presión localizado cerca del Ecuador y dos centros anticiclónicos localizados al sur de los Océanos Pacífico y Atlántico.

Según la clasificación de los climas presentada por Strahler y Strahler (1989), América del Sur posee distintos tipos de clima por región, distribuidos entre el Grupo 1, correspondientes a los climas de bajas latitudes, y el Grupo 2, correspondiente a climas de latitudes medias. Particularmente la República Argentina se encuentra enmarcada mayormente en el Grupo 2, variando de noreste a sudoeste del país desde climas subtropicales húmedos a climas marítimos de costa oeste, atravesando climas secos subtropicales y de latitudes medias.

El clima de la región patagónica está dominado por masas de aire provenientes del océano Pacífico y por los vientos del oeste. Patagonia se encuentra entre el sistema semi-permanente anticiclónico subtropical, cuya influencia directa se extiende hasta aproximadamente los 40° de latitud sur durante todo el año, y el intenso centro subpolar de baja presión que está centrado casi en el Círculo Polar Antártico, a 60°S aproximadamente.

Particularmente, en la provincia de Santa Cruz predomina el clima Templado, siendo el clima Templado Frío –árido y semiárido de meseta, el que caracteriza a la zona de estudio. Las temperaturas medias oscilan entre 0 y 12° C, los veranos son frescos y los inviernos fríos a muy fríos por invasión de masas de vientos polares y subpolares. Predominan el viento del oeste con intensidades importantes. Las temperaturas medias anuales en el oeste no superan los 5°, son mayores en las zonas central y costera que se caracterizan por aridez. La humedad es mayor en el oeste, con precipitaciones (nivales y pluviales) mayores a 700 mm, los registros pluviométricos disminuyen hacia la costa, donde no superan los 200 mm. En todo el área es importante el aporte nival en el invierno (Oliva et al., 2001).

3.1 TEMPERATURA

En la región la temperatura varía con la latitud, pero en mayor medida con la altura sobre el nivel del mar, por lo que se establece un fuerte gradiente longitudinal determinado por el aumento de la altura hacia el Oeste. Por otra parte, el gradiente meridional es relativamente moderado debido al efecto homogeneizador de las corrientes marinas (de hecho la región presenta temperaturas templadas para la latitud a la cual se encuentra).

De este modo, una de las características del patrón de temperatura es la distribución Noroeste-Sudeste de las isotermas, determinado fundamentalmente por la Cordillera de los Andes (Paruelo et al., 1998). La temperatura del aire también se ve afectada por factores locales como la topografía y los vientos. Los fuertes vientos del oeste modifican sensiblemente la sensación térmica, y la reducen 4,2°C en promedio (Paruelo et al, 2005). Este efecto es más marcado en verano, generándose veranos templados o aún fríos, una característica distintiva del clima patagónico (Paruelo et al, 2005).

En los meses de verano el gradiente térmico meridional varía entre los 40° y 60° de latitud sur desde 8°C a 10°C cada 10° de latitud. En invierno, esta variación se encuentra entre los 4°C y 7°C cada 10° de latitud.

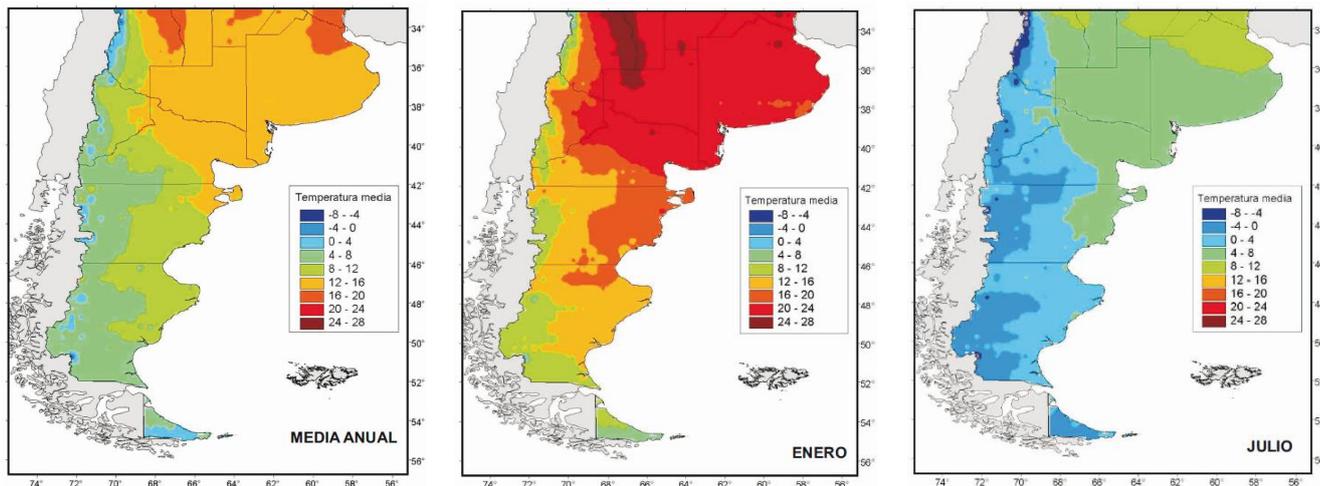


Figura 3-2. Temperatura en la Patagonia. Para la descripción espacial a nivel mensual y anual de los campos de temperatura se utilizó la base de datos elaborada por la Universidad de Delaware compilada a partir de la información de un gran número de estaciones de la red climática histórica global (GHCN). Esta base posee información sólo en regiones continentales. La información se encuentra disponible en un reticulado de 0.5° de latitud x 0.5° de longitud e incluye valores medios mensuales entre enero de 1950 y diciembre de 1999. Fuente: Camilloni (2008).

En el mes de julio, las isotermas presentan una distribución más regular que en enero. Por otra parte, a lo largo de la costa, las isotermas se doblan hacia el sur, indicando el marcado contraste entre el continente frío y el mar relativamente caliente. Según Figura 3-3, la temperatura media del área de influencia de las obras variaría entre 8 y 16°C en verano, y -4 y 4°C en invierno, siendo la temperatura media anual de entre 4 y 12°C.

En la Figura 3-3 y en la Figura 3-4 puede observarse la marcha mensual de la temperatura media, destacándose que la misma sigue un ritmo estacional. La variación de la temperatura a lo largo del año se debe al movimiento de la Tierra alrededor del Sol, en su órbita, una vez al año, dando lugar a las cuatro estaciones: verano, otoño, invierno y primavera.

El eje de rotación de la Tierra está inclinado con respecto al plano de su órbita, lo cual genera que el ángulo de incidencia de los rayos solares varíe estacionalmente, en forma diferente para ambos hemisferios. Así, en el Hemisferios Sur, los meses cálidos se corresponden con diciembre, enero y febrero, ya que durante estos meses recibe más energía solar.

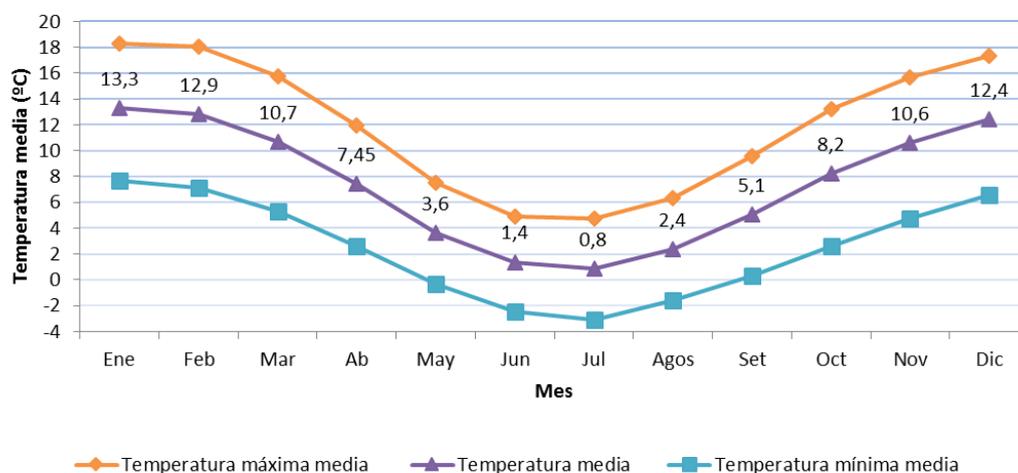


Figura 3-3. Marcha mensual de la Temperatura media, máxima media y mínima media. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1941-2000) y El Calafate (período 2001-2014).

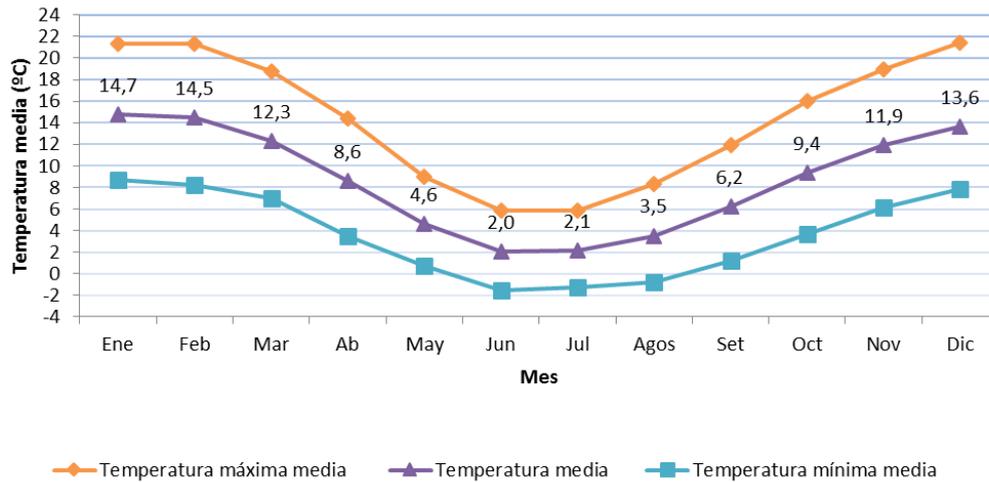


Figura 3-4. Marcha mensual de la Temperatura media, máxima media y mínima media. Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz (período 1941-1960) y Santa Cruz Aero (período 1981-1990).

En este sentido, la temperatura media del mes de enero es de 13,3°C en la zona oeste, y 14,7°C en la zona este, siendo éste el mes más cálido. Las menores temperaturas medias se alcanzan en los meses de junio y julio, siendo de 0,8°C en la zona oeste, y los 2°C en la zona este.

En cuanto a las temperaturas máximas y mínimas medias, se observa que siguen el mismo patrón estacional que las temperaturas medias: los meses con mayor temperatura máxima media son enero y febrero, con un valor de 18,3°C en la zona oeste, y 21,4°C en la zona este; y los meses con menor temperatura mínima media son junio y julio con -3,1°C en la zona oeste, y -1,6°C en la zona este.

La temperatura media anual registrada para la zona oeste es de 7,4°C y 8,6°C en la zona este.

Con respecto a las temperaturas máximas y mínimas absolutas, se registraron temperaturas de 34,9°C en el mes de Diciembre (período 1951-1960), y de -17,9° C en el mes de Julio (período 1981-1990) en la zona este. A su vez, se registraron 30,7°C en el mes de Febrero (período 1961-1970) y -13,7°C en el mes de Julio (año 1995) en la zona oeste.

Tendencias en la Temperatura

Del análisis de los datos registrados en la zona este se observa un valor de 8,7°C de temperatura media para la década del 40 (medida en Puerto Santa Cruz). Se evidencia un aumento de 0,4°C con respecto al valor registrado en la estación Santa Cruz AERO para la década de los 80, incluso a pesar de estar a 100 m más elevado. La década del cincuenta, por su parte, mostró un ligero descenso en las temperaturas.

Por otro lado, Vázquez (2005) señala que los registros de la estación meteorológica Lago Argentino indican una estabilidad de la temperatura media entre 1961-2000. Estos datos fueron complementados con los correspondientes al período 2001-2014 habiéndose hallado una regresión lineal no significativa ($p= 0,3171$) y un deficiente ajuste del modelo a la variabilidad de los datos ($R^2 = 0,02$), por lo que no es posible determinar una tendencia lineal en la temperatura media anual para el período considerado.

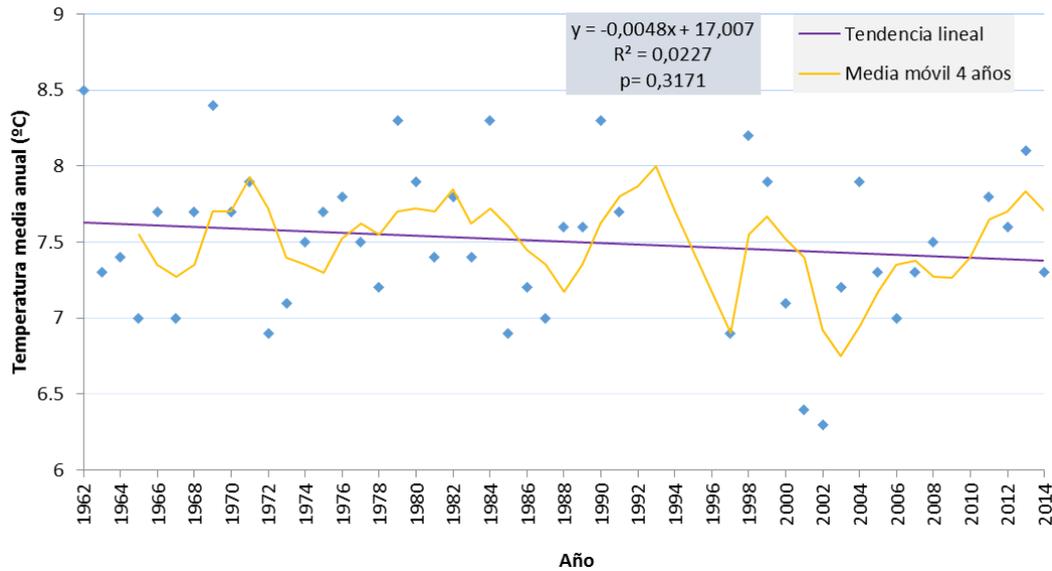


Figura 3-5. Valores medios anuales de temperatura. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1961-2000) y El Calafate (período 2001-2014).

Es así que la zona analizada no refleja el incremento de temperatura media anual registrado en la provincia de Santa Cruz en el período 1961-2010, el cual fue de 0,5°C según Barros et al. (2015), consistente con el aumento de la temperatura observado en toda la región patagónica para el mismo período, de 0,4°C.

3.2 PRECIPITACIONES

La precipitación en la Patagonia, fuera de la zona cordillerana, se produce generalmente asociada a sistemas frontales estacionarios.

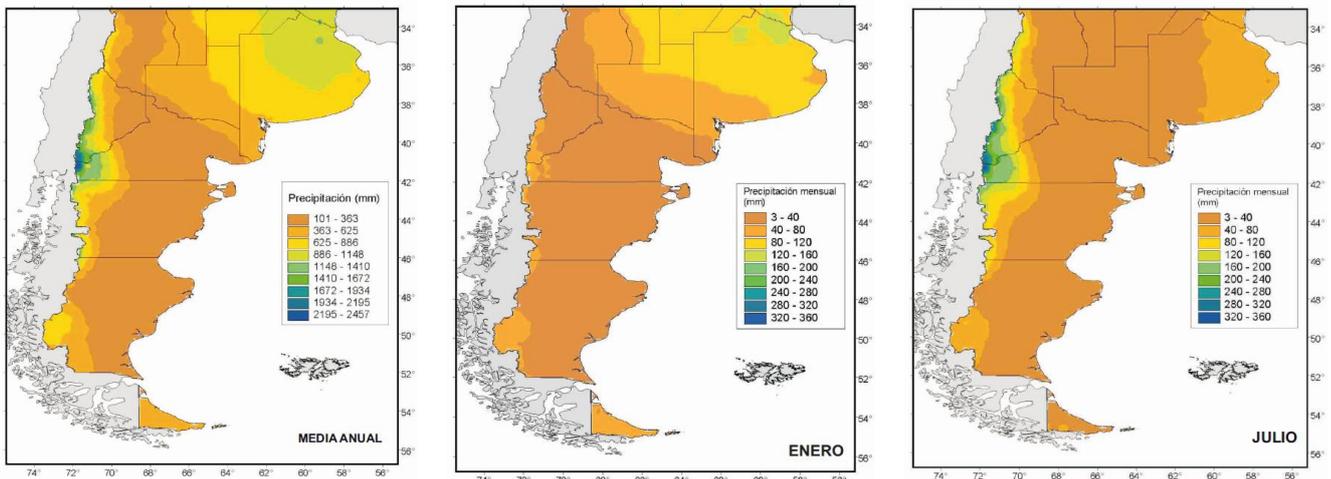


Figura 3-6. Precipitación media anual, precipitación media para el mes de enero y precipitación media para el mes de julio, en la Patagonia. Para la descripción espacial a nivel mensual y anual de los campos de precipitación se utilizó la base de datos elaborada por la Universidad de Delaware compilada a partir de la información de un gran número de estaciones de la red climática histórica global (GHCN). Esta base posee información sólo en regiones continentales. La información de precipitación se encuentra disponible en un reticulado de 0.5° de latitud x 0.5° de longitud e incluye valores medios mensuales entre enero de 1950 y diciembre de 1999. Fuente: Camilloni (2008).

Durante el curso del año, la distribución de las precipitaciones depende principalmente de la predominancia de las correspondientes masas de aire.

El desplazamiento estacional de los centros de alta y baja presión sobre el Pacífico y las corrientes oceánicas costeras con dirección ecuatorial determinan los patrones estacionales de la precipitación (Paruelo et al., 2005). En invierno, la alta intensidad de la zona de baja presión polar y el desplazamiento hacia el norte del anticiclón del Pacífico determinan un aumento de las precipitaciones invernales sobre la región (Paruelo et al., 2005).

La Cordillera de los Andes ejerce una gran influencia sobre el clima patagónico, ya que constituye una importante barrera para las masas de aire húmedo provenientes del océano. Éstas descargan su humedad en las laderas occidentales de los Andes y, al descender en la vertiente oriental, se calientan y se secan (calentamiento adiabático). Esto determina un fuerte gradiente de precipitaciones que decrece exponencialmente de oeste a este. Las estepas y los semidesiertos de la Patagonia reciben entre 600 y 120 mm de precipitaciones. En este sentido, en la mayor parte del territorio las precipitaciones no superan los 200 mm (Paruelo et al., 1998). En la provincia de Santa Cruz, las precipitaciones sobre la cordillera de los Andes varían entre 900 y 300 mm. El centro de la provincia recibe precipitaciones menores a 200 mm y a causa de la influencia del océano Atlántico, hay un incremento menor de las precipitaciones hacia la costa.

La escasa precipitación y la distribución invernal de ésta determinan un fuerte déficit hídrico estival. Sobre la base de la relación evapotranspiración potencial / precipitación anual media, más del 55% de la Patagonia es árida o hiperárida y sólo un 9%, subhúmeda (Paruelo et al., 1998).

A continuación se observan los valores de la precipitación mensual acumulada media, máxima y mínima medias (Figura 3-7, Figura 3-8 y Figura 3-9). Se observa que la precipitación media mensual acumulada se encuentra en general por debajo de los 27,1 mm durante todo el año.

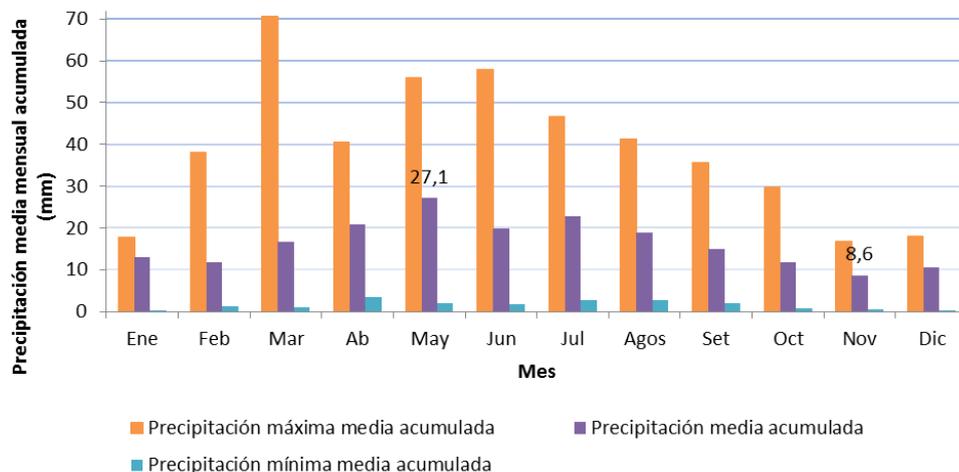


Figura 3-7. Precipitaciones medias mensuales acumuladas. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1941-2000) y El Calafate (período 2001-2014). Precipitaciones máximas y mínimas medias mensuales acumuladas. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1981- 2000) y El Calafate (período 2001- 2010).

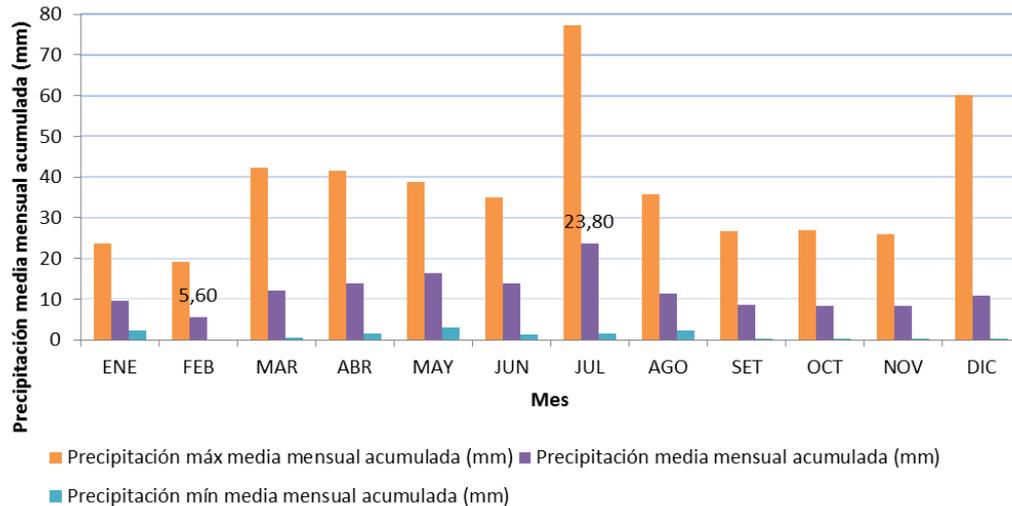


Figura 3-8. Precipitaciones medias, máximas y mínimas medias mensuales acumuladas. Estación Meteorológica Charles Fuhr (período 1955-2014).

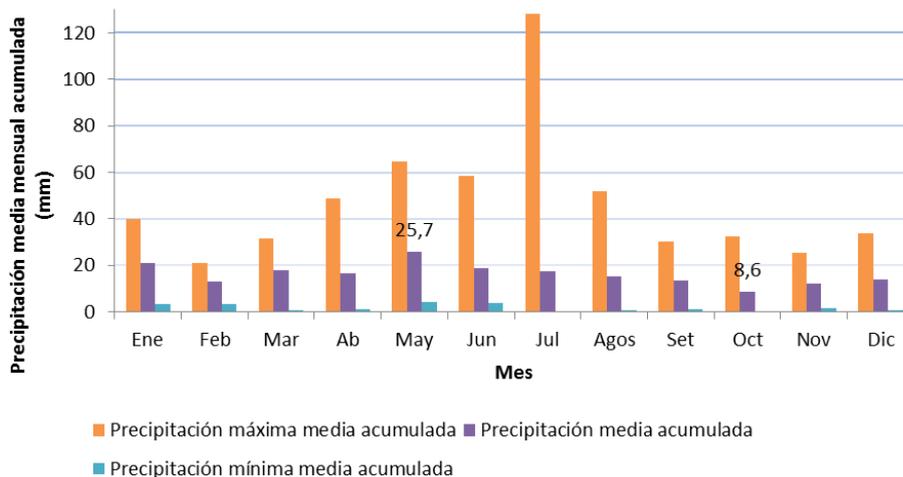


Figura 3-9. Precipitaciones medias, máximas y mínimas medias mensuales acumuladas. Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz (período 1941-1960) y Santa Cruz Aero (período 1981-1990).

El valor medio anual de precipitaciones acumuladas es de 196,7 mm en la zona oeste, y 194,6 mm en la zona este. En la estación Charles Fuhr, por su parte, el valor medio anual de precipitaciones acumuladas fue de 142 mm. Se registra una precipitación máxima media mensual acumulada de 128,2 mm en la zona este, de 70,7 mm en la zona oeste y 77,30 mm en Charles Fuhr.

Los valores de precipitaciones medias acumuladas no presentan un patrón estacional evidente en la zona este. Por su parte, en la zona oeste, las precipitaciones medias acumuladas son menores en los meses cálidos. Mayo es el mes más húmedo alcanzando un valor medio mensual de 27,1 mm en la zona oeste, y 25,7 mm en la zona este. Octubre y Noviembre son los meses más secos en la zona este y oeste, respectivamente, con un valor medio de 8,6 mm. Por su parte, la estación Charles Fuhr presenta un valor máximo de precipitaciones acumuladas en el mes de julio (23,8 mm) y mínimo en Febrero (5,6 mm). Esto coincide con las características propias de la zona patagónica, en la que las precipitaciones son máximas en otoño e invierno.

La frecuencia media anual de precipitaciones (la cantidad de días con precipitaciones mayores a los 0,1 mm) es de 62,2 días con precipitaciones en la zona oeste, y 67,5 días con precipitaciones en la zona este. Se observa cierta tendencia estacional en la zona oeste, siendo mayor la frecuencia durante los meses fríos y un descenso durante los meses cálidos (noviembre a enero). Mayo presenta la máxima frecuencia media mensual de días con precipitaciones (7,35 días); mientras que Diciembre presenta el mínimo (3,4 días) (Figura 3-10). Por su parte, en la zona este, las mayores frecuencias medias de días con precipitaciones se encuentran en Enero, Mayo y Junio (7 días), y las menores en Marzo, octubre y Noviembre (4,35 días) (Figura 3-11).

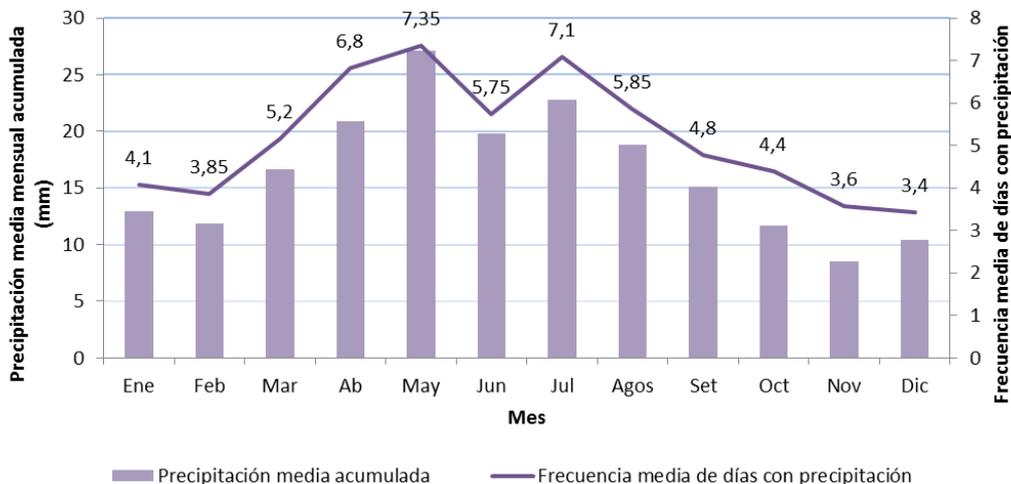


Figura 3-10. Precipitaciones medias mensuales acumuladas y frecuencias de precipitaciones medias mensuales. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1951-2000) y El Calafate (período 2001-2010).

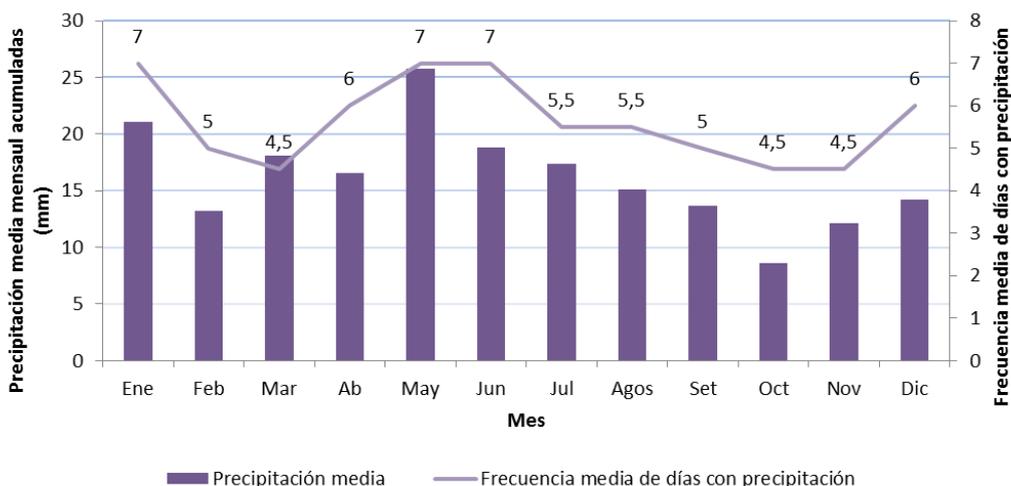


Figura 3-11. Precipitaciones medias mensuales acumuladas y frecuencias de precipitaciones medias mensuales. Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz (período 1951-1960) y Santa Cruz Aero (período 1981-1990).

Tendencias en las precipitaciones anuales

En la zona este se registró un valor de 177,9 mm para la década del 40 y de 185 mm para la década del 50 (medidas en Puerto Santa Cruz), observándose un incremento de 7,1 mm. Por su parte, considerando la estación Santa Cruz Aero, las precipitaciones en los 80's aumentaron notoriamente (39 mm), en comparación con las registradas en la década 40-50 en la estación Santa Cruz Puerto. De acuerdo a Barros et al. (2015), en el período 1961-2000 no hubieron cambios significativos en la precipitación en la mayor parte de la Patagonia. Sin embargo, los autores mencionan un aumento en el este y en el sur en pequeñas zonas, las cuales comprenden la zona costera del estuario del río Santa Cruz. Por lo tanto, el incremento de las precipitaciones observado en la zona costera de Puerto Santa Cruz concuerda con lo descrito por Barros et al. (2015), quienes mencionan un aumento de las precipitaciones anuales en la provincia de Santa Cruz de 4,4 mm en el período 1950-2010.

Por otro lado, Barros et al. (2015) mencionan una fuerte disminución en las precipitaciones en la zona cordillerana de la región patagónica que alcanza el centro de la provincia de Santa Cruz. Al respecto, el análisis de las precipitaciones en la estación Lago Argentino (período 1961-2000) realizado por Vázquez (2005) fue completado con los datos de los últimos 14 años (Figura 3-12), habiéndose hallado una tendencia lineal negativa ($p=0,015$, $R^2=0,15$).

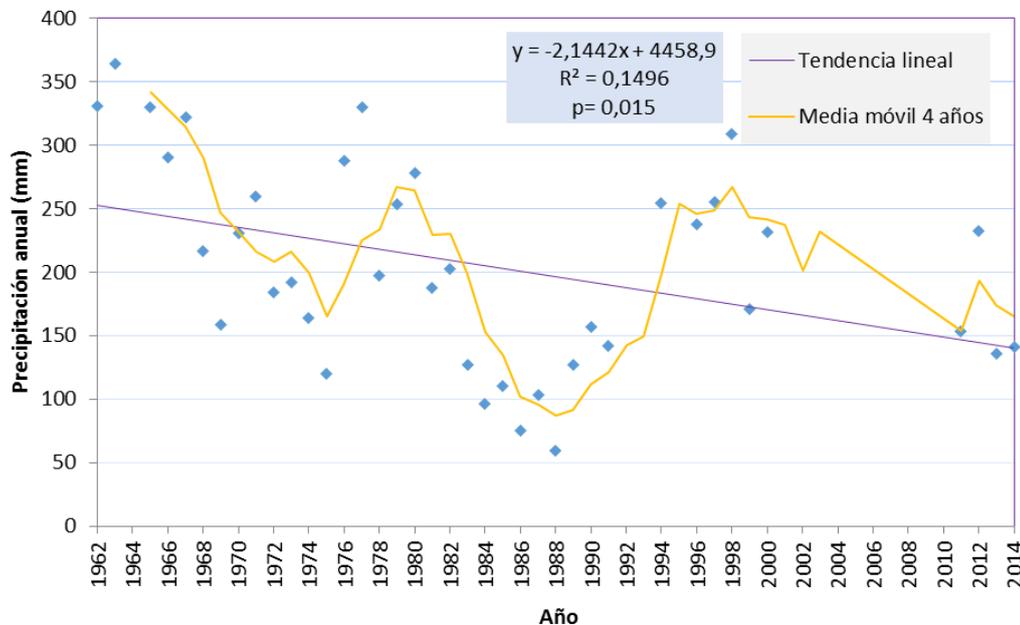


Figura 3-12. Precipitaciones anuales. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1961-2000) y El Calafate (período 2001-2014).

Para la estación Charles Furh, no se observa un cambio en las precipitaciones coincidiendo con lo observado por Barros et al. (2015), en el período 1961-2000 en la mayor parte de la Patagonia.

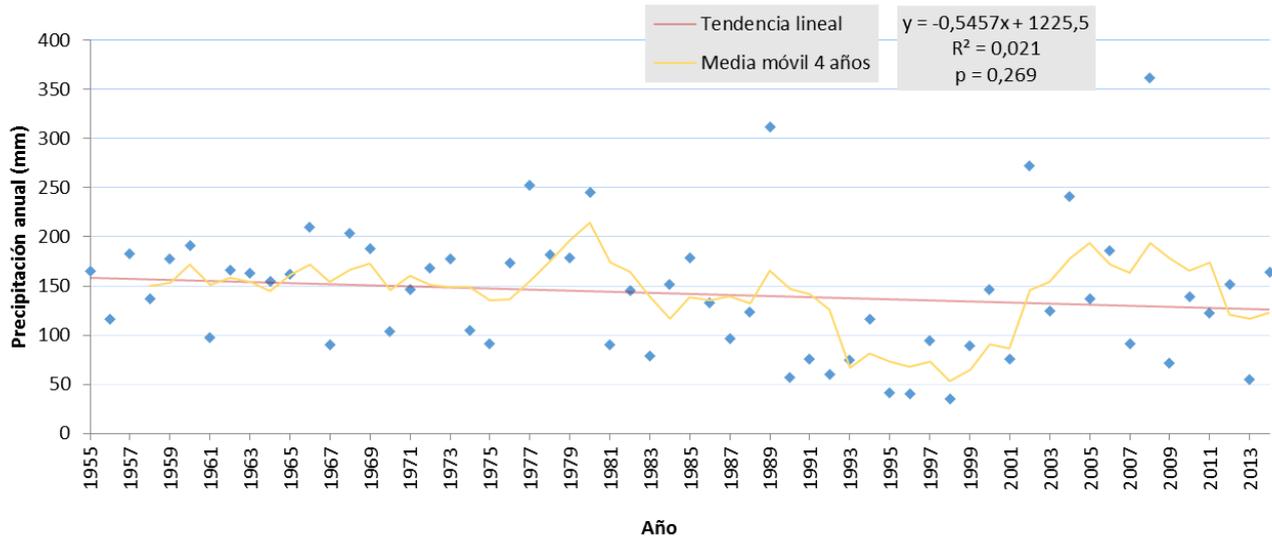


Figura 3-13. Precipitaciones anuales. Estación Meteorológica Charles Fuhr (período 1955-2014).

Eventos Meteorológicos Críticos

Existen distintos eventos meteorológicos críticos que se dan con mayor o menor frecuencia. Las Figura 3-14 y Figura 3-15 muestran las frecuencias medias mensuales de días con helada, nieve o granizo para dichos eventos. En particular se destaca que la frecuencia media anual de días con nieve es 18,1 días en la zona oeste, en contraste con 4,8 días en la zona este (siendo que en el primer caso se analizaron los datos de 50 años, y en el segundo, de una década). A su vez, la frecuencia media anual de días con heladas es 115,3 días en la zona oeste, y 86,5 días en la zona este.

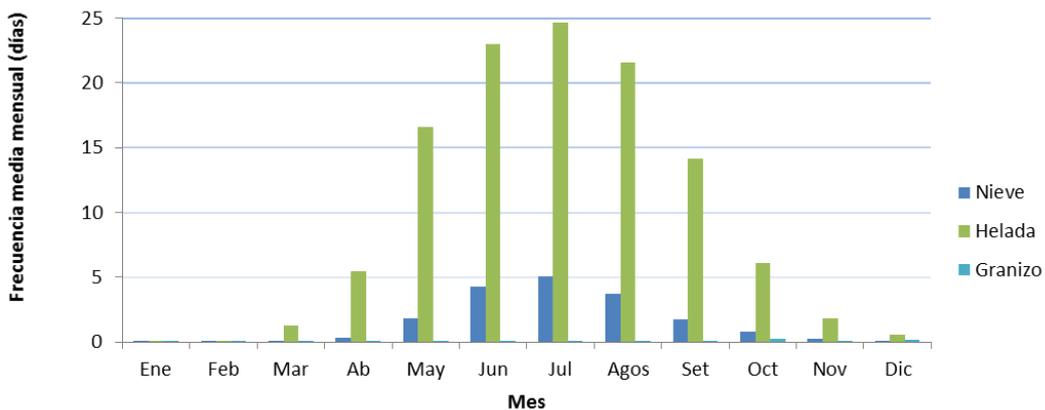


Figura 3-14. Frecuencias medias mensuales de helada (período 1941-2010), nieve (período 1961-2010) y granizo (período 1951-2010). Estación Meteorológica Lago Argentino Aero y El Calafate.

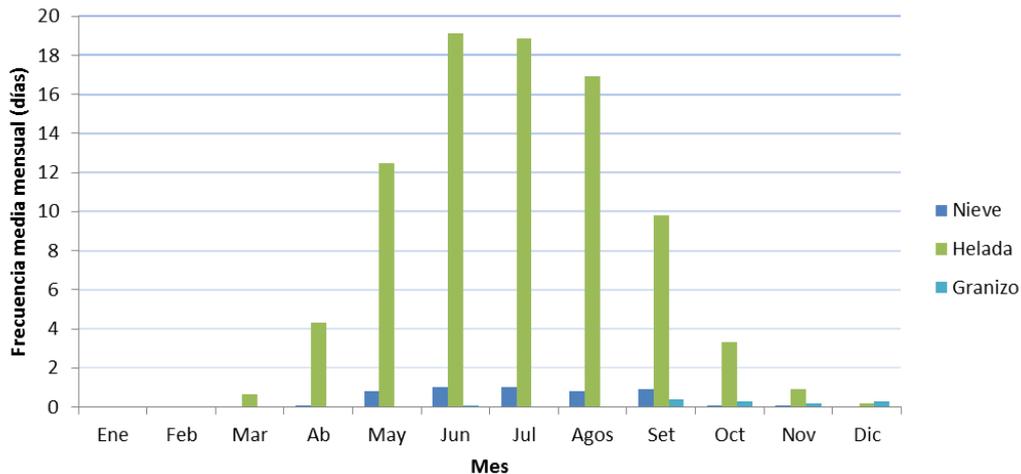


Figura 3-15. Frecuencias medias mensuales de helada (período 1941-1960 / 1981-1990), nieve (período 1981-1990) y granizo (período 1951-1960 / 1981-1990). Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz y Santa Cruz Aero.

3.3 VIENTOS

En la región patagónica, durante los meses de invierno, se presenta una circulación de vientos uniforme proveniente del oeste, mientras que en el verano se observa una débil componente zonal del flujo del aire superpuesta con el gradiente meridional. Este hecho contribuye a que los vientos estivales del oeste tengan una componente sur (oeste-sudoeste y sudoeste).

Los vientos provenientes del sector oeste en la región patagónica no sólo se caracterizan por su predominancia durante todo el año, sino también por su intensidad. Entre octubre y febrero las velocidades medias mensuales son mayores que el valor medio anual. En tanto, entre octubre y marzo, las velocidades de los vientos en la costa son menores que en el continente. Esta relación se invierte entre abril y septiembre, cuando las velocidades medias mensuales de los vientos son sustancialmente menores en el interior del continente que en la costa. Esto se debe a las frecuentes calmas generadas por las intensas inversiones térmicas nocturnas que ocurren en la Patagonia central.

Particularmente en la provincia de Santa Cruz las direcciones prevalecientes de los vientos son oeste, sudoeste y noroeste, que en su conjunto suman alrededor de más del 60% de los vientos registrados. En el norte de la provincia hay una mayor frecuencia de vientos del noroeste que el sudoeste, mientras que en el sur de la región ocurre lo inverso (PASMA, 2001).

Los vientos fuertes que se registran en la Patagonia favorecen la evaporación en un contexto de escasas precipitaciones y actúan como un importante factor erosivo del terreno, fundamentalmente ante las alteraciones de la frágil cubierta vegetal.

A continuación se presentan las rosas de viento correspondientes a la frecuencia y velocidad media anual del mismo. En la zona oeste, los vientos más frecuentes provienen del oeste y sudoeste, lo cual coincide con la dirección de los vientos más intensos (26,5 km/h en dirección oeste y 23,8 km/h en dirección Sudoeste) (Figura 3-16). En la zona este, los vientos más frecuentes provienen del oeste y las direcciones de los vientos más intensos son oeste, sudoeste y sur (entre 31 y 34 km/h) (Figura 3-17).

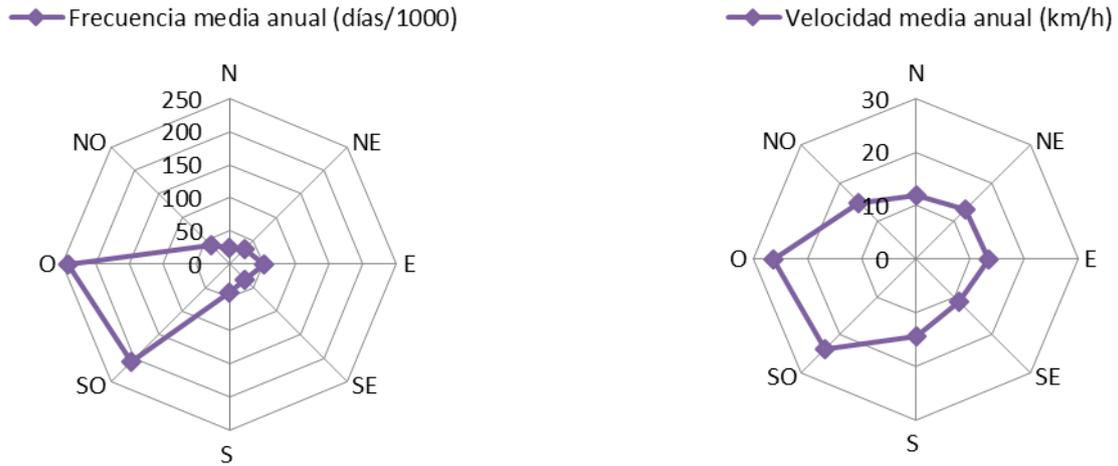


Figura 3-16. Frecuencias medias anuales (izq.) y velocidades medias anuales de los vientos (der.), en función de su dirección. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1941-2000) y El Calafate (período 2001-2010).

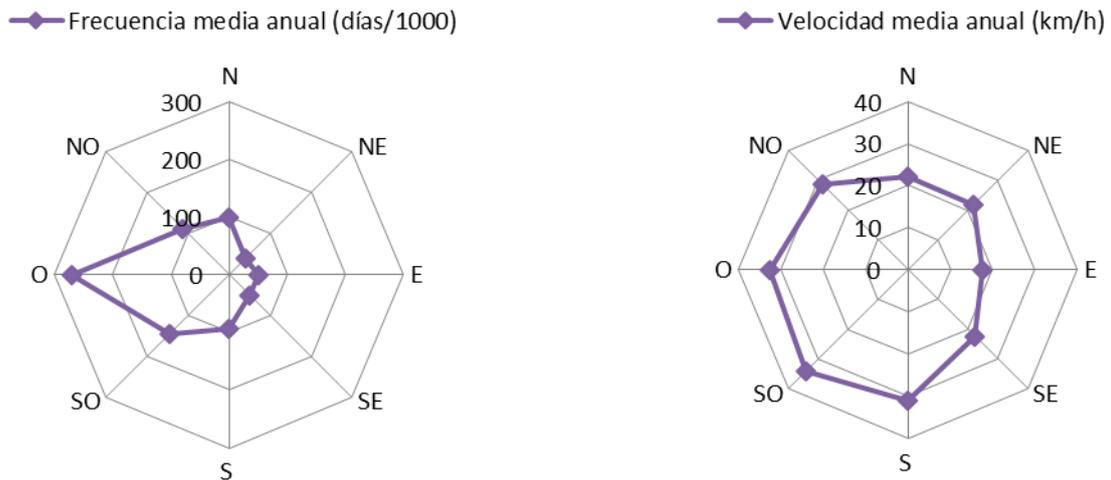
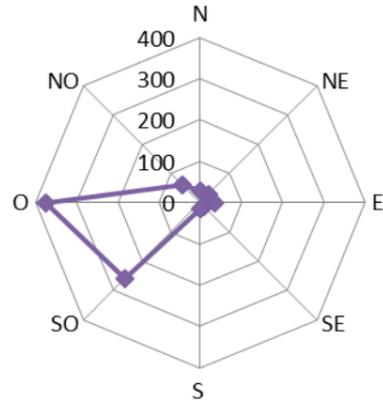


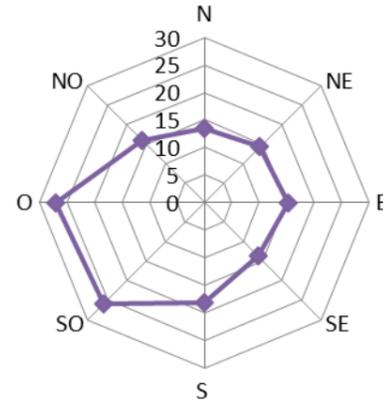
Figura 3-17. Frecuencias medias anuales (izq.) y velocidades medias anuales de los vientos (der.), en función de su dirección. Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz (período 1941-1960) y Santa Cruz Aero (período 1981-1990).

En las Figura 3-18 a Figura 3-25 se presenta un análisis segregado más completo de las frecuencias y las velocidades medias de los vientos en función de las direcciones, segregadas en las cuatro estaciones del año: verano (enero, febrero y marzo), otoño (abril, mayo y junio), invierno (julio, agosto y septiembre) y primavera (octubre, noviembre y diciembre).

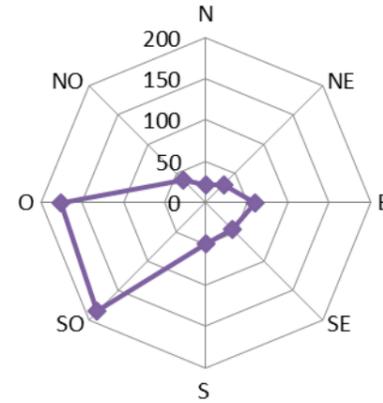
— Frecuencia media en verano (días/1000)



— Velocidad media anual en verano (km/h)



— Frecuencia media en otoño (días/1000)



— Velocidad media anual en otoño (Km/h)

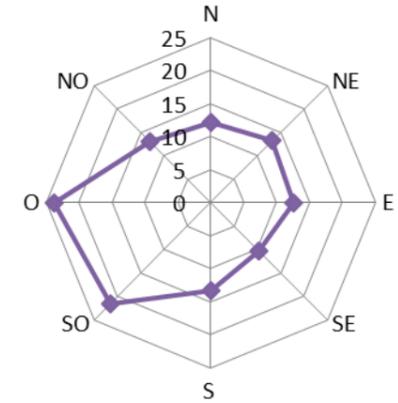
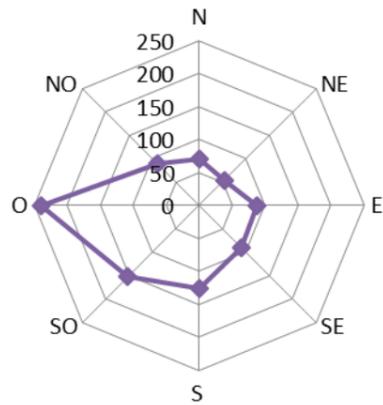


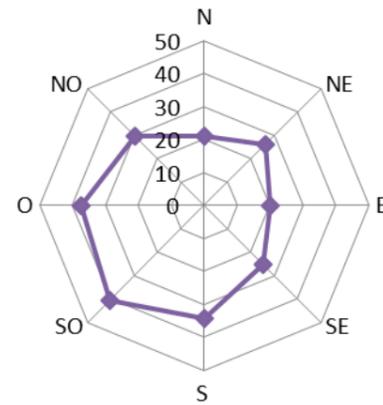
Figura 3-18. Frecuencias medias (izq.) y velocidades medias (der.) de los vientos en verano, en función de su dirección. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1941-2000) y El Calafate (período 2001-2010).

Figura 3-20. Frecuencias medias (izq.) y velocidades medias (der.) de los vientos en otoño, en función de su dirección. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1941-2000) y El Calafate (período 2001-2010).

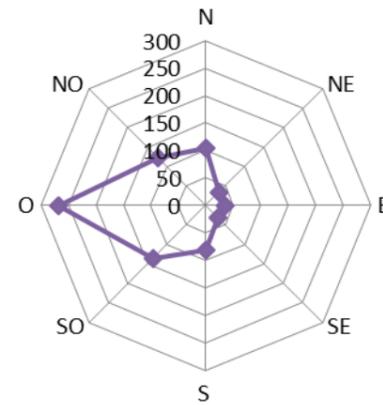
— Frecuencia media anual en verano (días/1000)



— Velocidad media anual en verano (km/h)



— Frecuencia media anual en otoño (días/1000)



— Velocidad media en otoño (km/h)

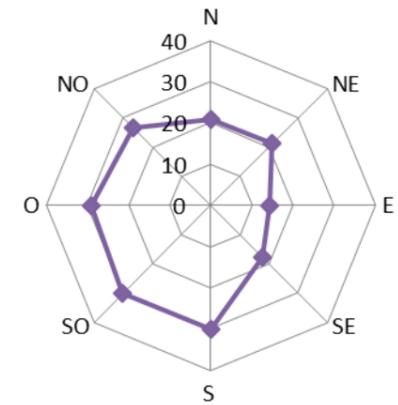
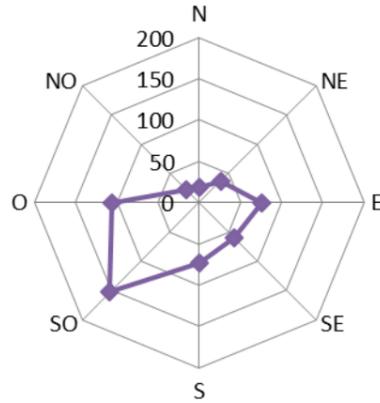


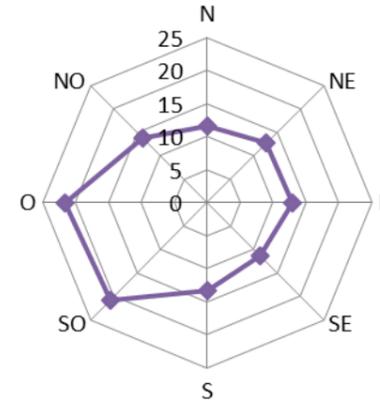
Figura 3-19. Frecuencias medias (izq.) y velocidades medias (der.) de los vientos en verano, en función de su dirección. Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz (período 1941-1960) y Santa Cruz Aero (período 1981-1990).

Figura 3-21. Frecuencias medias (izq.) y velocidades medias (der.) de los vientos en verano, en función de su dirección. Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz (período 1941-1960) y Santa Cruz Aero (período 1981-1990).

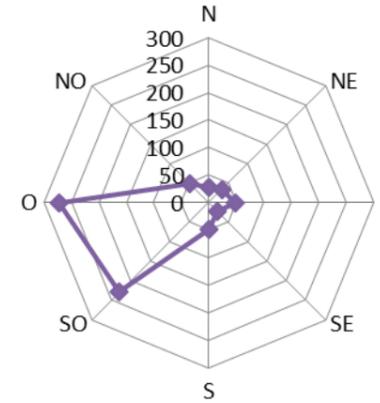
◆ Frecuencia media en invierno (días/1000)



◆ Velocidad media anual en invierno (Km/h)



◆ Frecuencia media en primavera (días/1000)



◆ Velocidad media anual en primavera (Km/h)

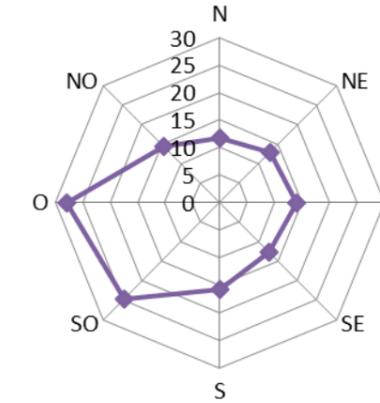
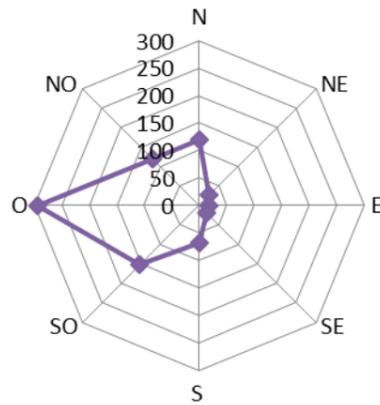


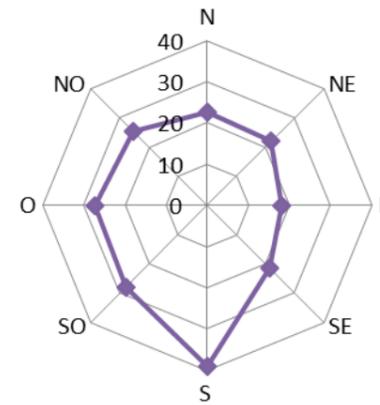
Figura 3-22. Frecuencias medias (izq.) y velocidades medias (der.) de los vientos en invierno, en función de su dirección. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1941-2000) y El Calafate (período 2001-2010).

Figura 3-24. Frecuencias medias (izq.) y velocidades medias (der.) de los vientos en primavera, en función de su dirección. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1941-2000) y El Calafate (período 2001-2010).

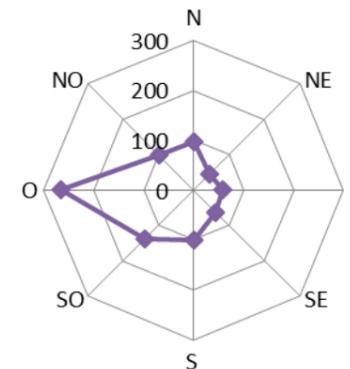
◆ Frecuencia media anual en Invierno (días/1000)



◆ Velocidad media en Invierno (km/h)



◆ Frecuencia media anual en primavera (días/1000)



◆ Velocidad media en primavera (km/h)

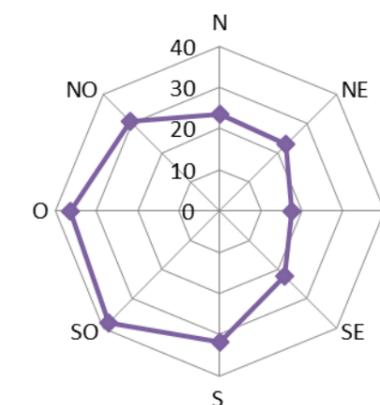


Figura 3-23. Frecuencias medias (izq.) y velocidades medias (der.) de los vientos en invierno, en función de su dirección. Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz (período 1941-1960) y Santa Cruz Aero (período 1981-1990).

Figura 3-25. Frecuencias medias (izq.) y velocidades medias (der.) de los vientos en primavera, en función de su dirección. Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz (período 1941-1960) y Santa Cruz Aero (período 1981-1990).

En cuanto a las frecuencias de los vientos, se observa una marcada tendencia de los mismos en la dirección oeste, y en menor medida, sudoeste. Dicha tendencia se mantiene durante todo el año. En la zona oeste, en otoño e invierno cobran mayor importancia los vientos del sudoeste, llegando a superar incluso a la frecuencia de vientos de dirección oeste.

Con respecto a la velocidad de los vientos, se observa que los vientos con dirección oeste y sudoeste son los más intensos en la región. La zona este presenta a su vez vientos muy intensos con dirección sur; particularmente en esta zona, durante el invierno los vientos con dirección Sur son más intensos aún que los de dirección oeste y sudoeste.

La velocidad media del viento en la zona este (21,1 km/h) es mayor que en la zona oeste (14,8 km/h). El valor medio mensual máximo es de 21,4 km/h registrado para enero y un valor mínimo de 9 km/h registrado para junio, en la zona oeste, mientras que en la zona este se registran valores máximos y mínimos medios mensuales de 26,8 km/h en el mes de Noviembre y 16,3 km/h en el mes de mayo.

En cuanto a la frecuencia de días calmos, el valor medio anual es de 324 días en la zona oeste, y 142,7 días en la zona este. El máximo mensual de días calmos se registra en Mayo (237,7 días) y el mínimo en Diciembre (69 Días) en la zona este; y en Junio (488,4 días) y Diciembre (161,6 días) en la zona oeste.

En las Figura 3-26 y Figura 3-27 se observa una cierta estacionalidad en cuanto a la velocidad de los vientos, siendo más ventosos los meses de verano y primavera (entre octubre y febrero) y menos ventosos los meses de otoño e invierno (entre marzo y septiembre). Además se observa que hay un aumento de la frecuencia de días calmos en los meses de invierno, en coincidencia con los meses de menor velocidad media. Asimismo, en la zona este, se observa una frecuencia de días con calma marcadamente menor que la registrada para las en la zona oeste, siendo a su vez mayores las velocidades medias mensuales.

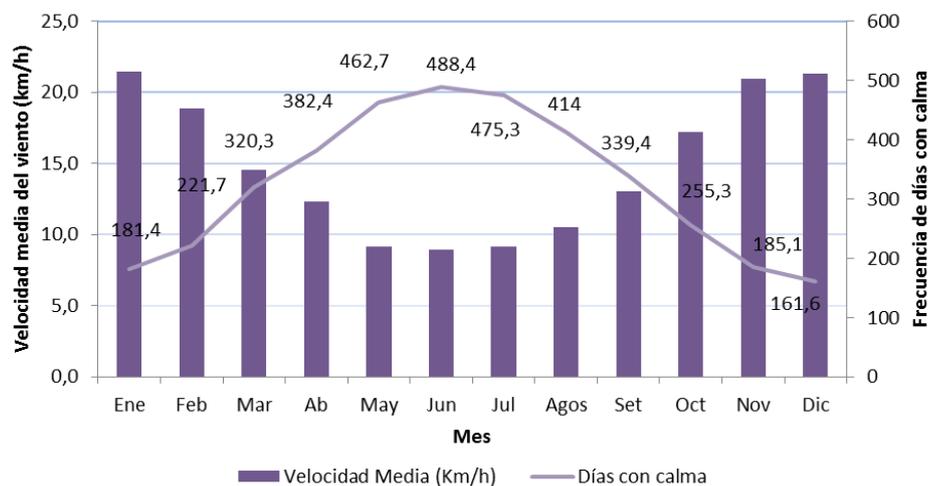


Figura 3-26. Velocidades medias mensuales del viento. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1941-2000) y El Calafate (período 2001-2010).

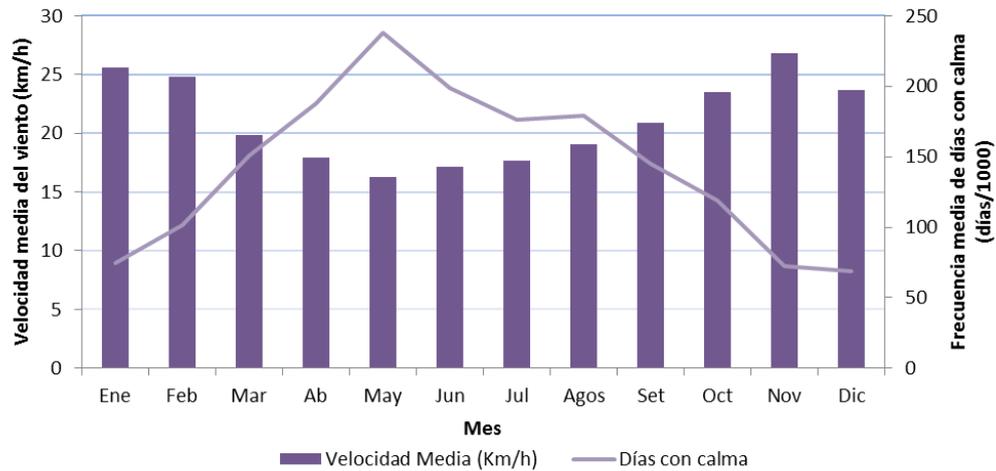


Figura 3-27. Velocidades medias mensuales del viento. Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz (período 1941-1960) y Santa Cruz Aero (período 1981-1990).

3.4 PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Debido a que los sistemas béricos varían poco espacialmente y presentan pocas modificaciones en sus intensidades durante el año, los vientos procedentes del sector oeste prevalecen durante todo el año en la región. En invierno, tal como se observa en la Figura 3-28 las isobaras se presentan casi paralelas a las latitudes sobre los océanos, presentando una cresta muy poco pronunciada sobre el continente. De esta manera, se posibilita la conexión entre los centros de alta presión de los océanos Pacífico y Atlántico que están ubicados casi a la misma latitud sur y cuyas intensidades son similares.

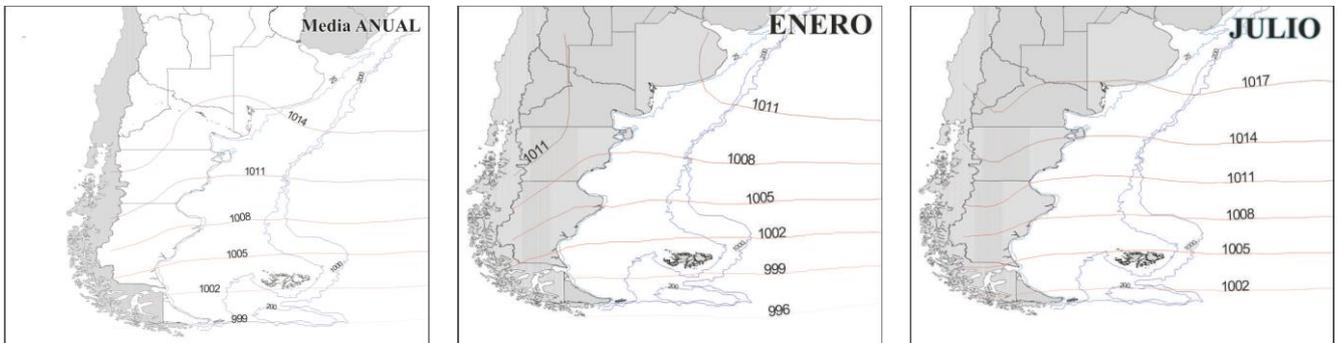


Figura 3-28. Presión media anual, presión media para el mes de enero y presión media para el mes de julio, en la Patagonia. Para la elaboración de los campos mensuales y anual de la presión a nivel del mar se utiliza la base de datos de reanálisis NCEP/NCAR 1 procesados por el National Center for Environmental Prediction (NCEP) y el National Center for Atmospheric Research (NCAR) para el período 1950-99 y disponibles en una grilla de 2.5° lat x 2.5° lon.. Fuente: Camilloni (2008).

Durante los meses de verano, el anticiclón del océano Pacífico se desplaza hacia el sur (en relación con el invierno) y se localiza cerca de la costa sudamericana, mientras que el sistema de alta presión del océano Atlántico se encuentra desplazado hacia el este, más lejos de la costa. Como consecuencia, el gradiente de presión y el sistema de vientos durante el verano son más pronunciados en el oeste que en el este de la Patagonia.

A continuación se presentan las presiones medias mensuales, máximas y mínimas para la zona oeste (Figura 3-29), y las estaciones meteorológicas Santa Cruz Aero (Figura 3-30) y Puerto Santa Cruz (Figura 3-31).

Las presiones máximas y mínimas medias oscilan entre los 970 y 1006 hPa siendo el valor medio anual de 979,5 hPa en la zona oeste, 991,8 hPa en la estación Santa Cruz Aero y de 1003,2 hPa en la estación Puerto Santa Cruz. Cabe destacar que no se observa una clara tendencia de los cambios de presión según los cambios estacionales típicos del año.

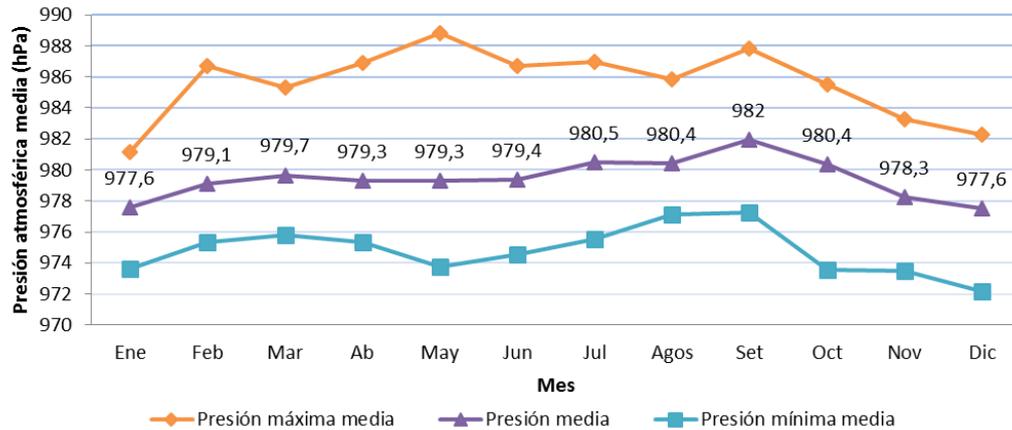


Figura 3-29. Presiones atmosféricas medias mensuales a nivel de la estación. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1941-2000) y El Calafate (período 2001-2014). Presiones atmosféricas medias máxima y mínima mensuales a nivel de la estación. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1981- 2000) y El Calafate (período 2001- 2010).

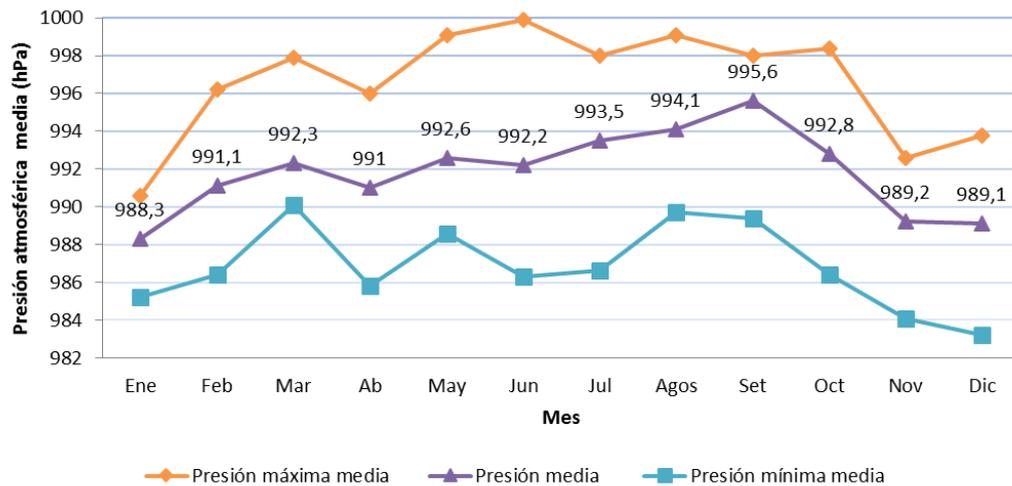


Figura 3-30. Presiones atmosféricas medias, máximas y mínimas medias mensuales a nivel de la estación. Estación Meteorológica Santa Cruz Aero (período 1981-1990).

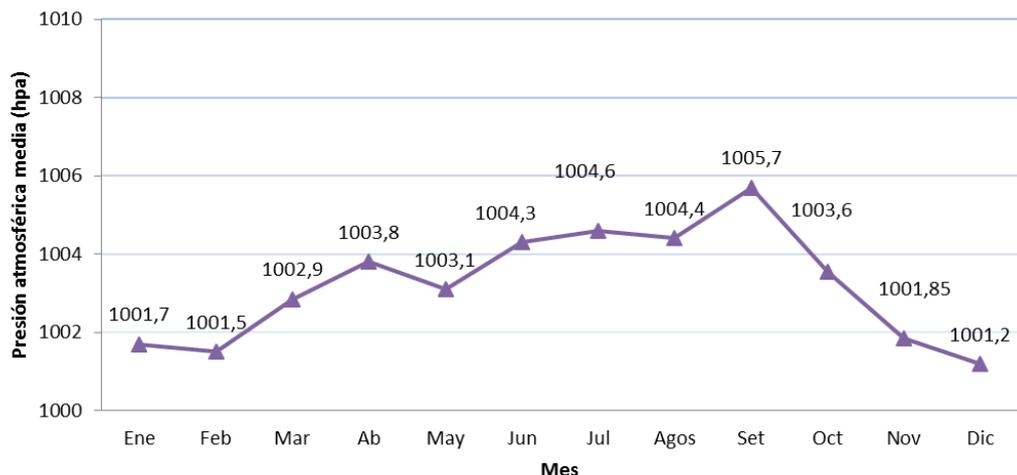


Figura 3-31. Presiones atmosféricas medias mensuales a nivel de la Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz (período 1941-1960).

3.5 HUMEDAD ATMOSFÉRICA

La tensión de vapor media anual es muy baja en toda la región patagónica y es siempre mayor en verano por las mayores temperaturas. Los valores de humedad relativa media anual presentan cierta variabilidad espacial en la Patagonia como consecuencia de la menor temperatura que se registran en las localidades más elevadas. En invierno esta variabilidad espacial es menor.

La humedad relativa del aire tiene un valor medio anual de 59,3% en la zona oeste (Figura 3-32), y de 60,8% en la zona este (Figura 3-33). Los valores medios mensuales varían a lo largo de los distintos meses del año, manteniéndose siempre por arriba del 46,4% en la zona oeste, y del 48,7% en la zona este, evidenciando una importante y persistente saturación atmosférica con vapor de agua.

Los meses de otoño e invierno (abril a septiembre) registran los valores más altos, siendo Julio el que presenta el valor máximo (75,3%). Los valores más bajos se registran en los meses de primavera y verano, siendo enero el mes con menor humedad relativa (46,3%) en la zona oeste, y diciembre (47,7 %) en la zona este. Esto está relacionado con la mayor temperatura del ambiente lo cual permite la acumulación de una mayor cantidad de vapor de agua en el aire.

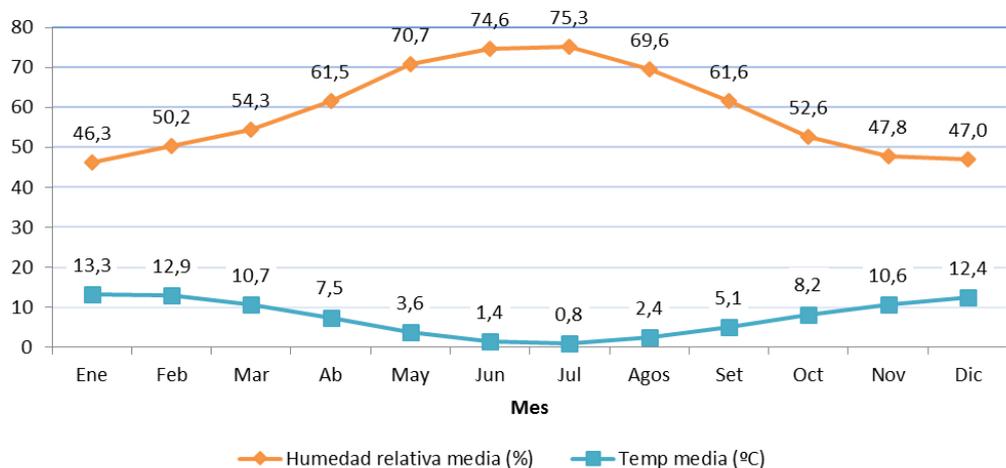


Figura 3-32. Humedad relativa media mensual. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1941-2000) y El Calafate (período 2001-2014).

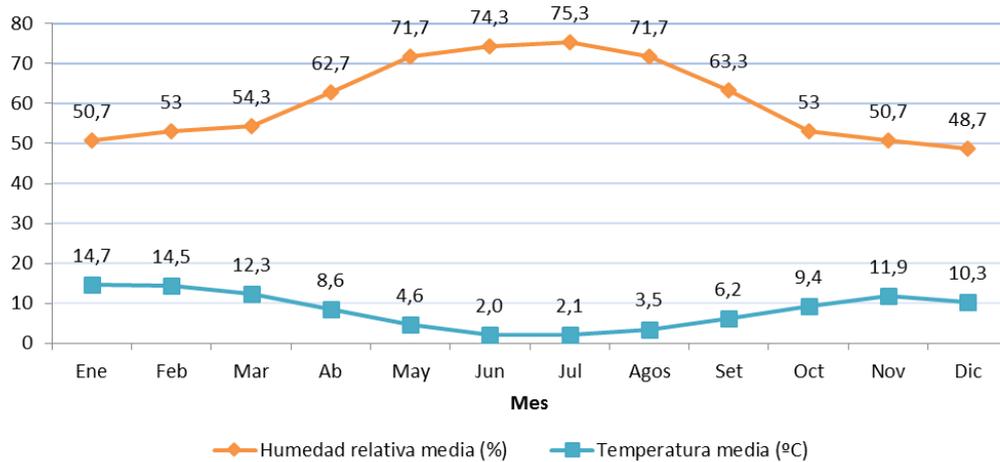


Figura 3-33. Humedad relativa media mensual. Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz (período 1941-1960) y Santa Cruz Aero (período 1981-1990).

3.6 HELIOFANÍA

La heliofanía (horas de sol) está condicionada por la nubosidad, la latitud y la declinación del sol que disminuye con la latitud, especialmente en invierno.

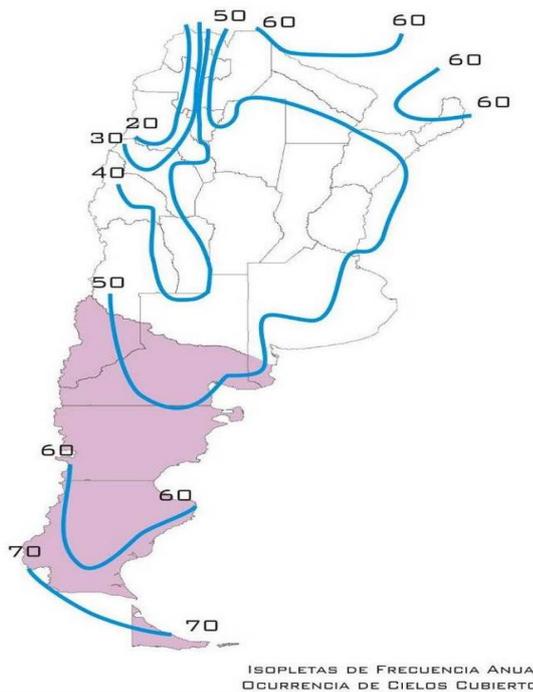


Figura 3-34. Isopletas de frecuencia anual de ocurrencia de cielos cubiertos. Fuente: SEGEMAR (2006).

En la anterior se presentan las isopletas de la frecuencia anual de ocurrencia de cielos cubiertos. En la meseta patagónica se observa una zona caracterizada por menor frecuencia de ocurrencia de días con nubosidad.

La provincia de Santa Cruz se caracteriza por su elevada nubosidad; el porcentaje medio de cielo cubierto va desde el 50% en el norte al 60% en el sur de la provincia, y la mayor parte de la nubosidad es de tipo medio y alto, asociada a fenómenos de escala sinóptica, esto es, de miles de kilómetros de extensión (PASMA, 2001).

En particular, en la zona oeste se registra una frecuencia media anual de 112,5 días con cielo cubierto y 42,3 días con cielo claro (Figura 3-35), mientras que la zona este registra 121 días con cielo cubierto y 37,4 días con cielo claro (Figura 3-36), para el período considerado. La frecuencia media mensual de días con cielo cubierto no presenta variaciones anuales significativas en la zona oeste, siendo el comportamiento mensual, relativamente homogéneo. Por su parte, en la zona este se observa que en los meses más cálidos (Noviembre, Diciembre y Enero) la frecuencia con días con cielo cubierto es mayor. La frecuencia de días con cielo claro aumenta paulatinamente hacia los meses de invierno. La nubosidad media mensual oscila entre 4 y 6 octavos, siendo relativamente homogénea durante todo el año.

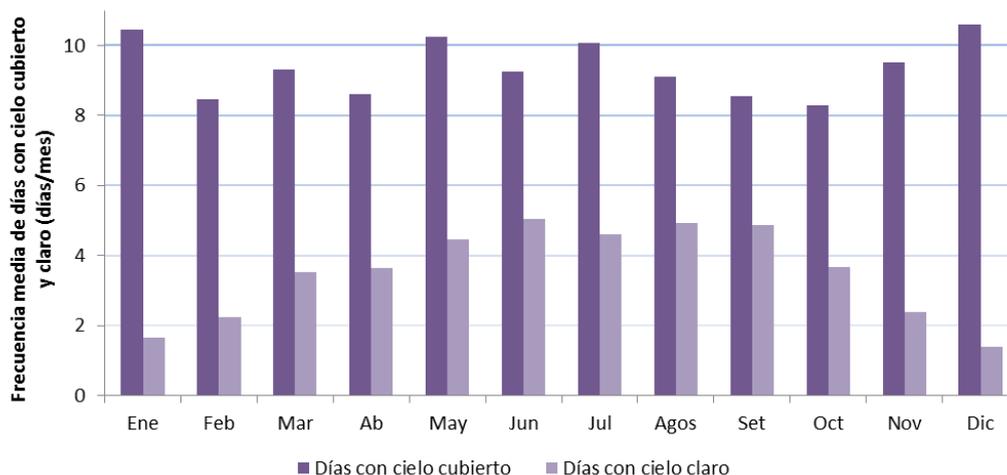


Figura 3-35. Frecuencias medias mensuales de días con cielo cubierto y con cielo claro. Estación Meteorológica Lago Argentino Aero (período 1941-2000) y El Calafate (período 2001-2010).

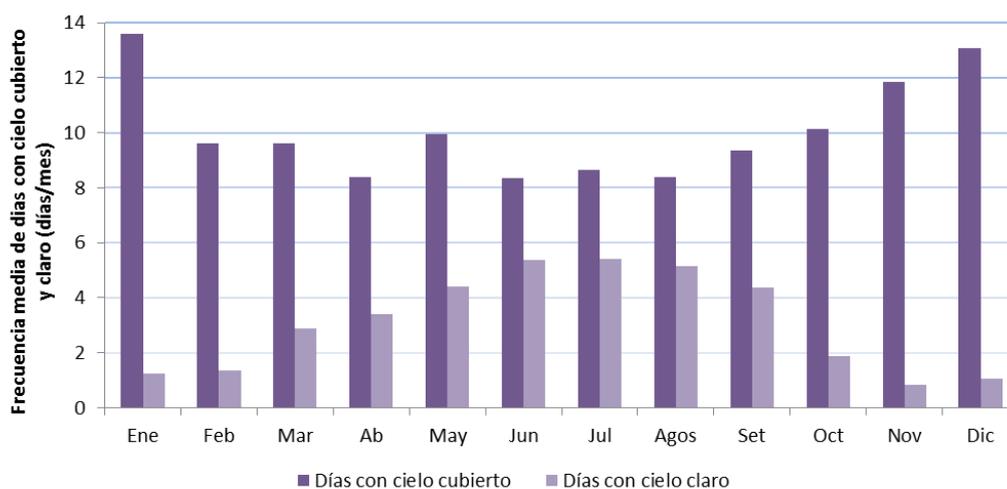


Figura 3-36. Frecuencias medias mensuales de días con cielo cubierto y con cielo claro. Estación Meteorológica Puerto Santa Cruz (período 1941-1960) y Santa Cruz Aero (período 1981-1990).

3.7 CAMBIO CLIMÁTICO

En el marco de la Tercer comunicación nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Barros et al. (2015) describen los cambios que se evidenciaron en el período 1961 a 2010 en la región Patagónica. Describen los posibles escenarios climáticos futuros para la región patagónica, y más precisamente sobre Santa Cruz, según se detalla a continuación.

Como fuera mencionado, en la Patagonia las series con datos meteorológicos completas en periodos que abarcan 4 o más décadas son pocas y muy dispersas en un enorme territorio. Este es un factor que debe evaluarse al considerar estos resultados, en particular en la escala local lejos de lugares con datos climáticos de largo plazo.

Según los autores, la región Patagónica no tuvo cambios de largo plazo relevantes en la precipitación media, excepto un descenso pronunciado en la zona cordillerana norte y central, pero sí una gran variabilidad interanual. Por su parte, en la provincia de Santa Cruz se observó un aumento de 4,4 mm anuales; el cambio en primavera y verano fue mayor, aunque en sentido negativo en verano. Este aumento no resultó significativo.

El aumento de la temperatura en la región Patagónica fue mayor que en el resto del país, siendo esto consistente, según los autores, con el retroceso generalizado de los glaciares. La temperatura aumentó en forma estadísticamente significativa en sus valores medios en el centro de la región entre 0,5°C y 1°C (en el periodo 1961-2010) y 0,4°C en promedio para toda la Patagonia. Por su parte, las temperaturas mínima y máxima han aumentado en forma similar con pocas diferencias en algunas zonas, excepto en Tierra del Fuego. **(Confianza alta)**² En particular, la temperatura media anual en la provincia de Santa Cruz, en el período 1961-2010, aumentó 0,5°C; la temperatura máxima media anual aumentó 0,6°C y la mínima media anual 0,5°C. Los cambios en la temperatura media en la provincia fueron mayores en verano y en menor medida, en otoño.

En el futuro cercano (período 2015-2039) se proyecta para toda la Patagonia un calentamiento moderado de 0,5 a 1°C, mientras que en el futuro lejano (período 2075-2099) habría un máximo de calentamiento a lo largo del centro de la Patagonia hasta el norte de Santa Cruz con valores entre 2,5 y 3°C y con menos calentamiento sobre la cordillera y la costa. A diferencia de otras regiones más continentales, el calentamiento en las temperaturas mínima y máxima no sería muy distinto. **(Confianza alta en el signo del cambio, confianza media-baja en su cuantificación)** Se puede esperar que la región Patagónica siga con el calentamiento observado en el período 1961 -2010, pero con mayor rapidez. Los días con heladas se reducirían sustancialmente en más de 10 días en casi toda la región y las temperaturas máximas y mínimas del año aumentarían en toda la región en forma creciente con el tiempo. **(Confianza alta en el signo del cambio, confianza media-baja en su cuantificación).**

La precipitación en el siglo XXI proyectada por el limitado conjunto de modelos disponibles, tendría muy pequeñas reducciones **(Confianza baja)**. Sólo en la cordillera y en la zona muy próxima a la misma, tendrían alguna relevancia y podrían tener consecuencias desfavorables para la generación de electricidad. El promedio de las proyecciones indica que la Patagonia compartiría con el resto del país la tendencia al aumento en las precipitaciones intensas **(Confianza media)**, aunque la cuantificación de tal cambio por los modelos disponibles presenta una gran dispersión.

Por su parte, Seoane y López (2006), señalan que la física de la tendencia al incremento de la temperatura se debe a la creciente concentración de gases de efecto invernadero. Debido a esto, el balance hídrico sería en general más negativo, pues los escasos aumentos de precipitación serían largamente compensados por el aumento de la evaporación y las reducciones de las precipitaciones se verían agravadas. Señalan que los leves incrementos en la precipitación en la mayor parte de la provincia de Santa Cruz, particularmente en el oeste, zona de los glaciares y lagos, y de estepas y presencia de suelos aptos para la ganadería extensiva, alcanzarían a compensar parcialmente las mayores pérdidas por evaporación.

² En negrita se presentan las consideraciones realizadas en la publicación citada respecto de la confianza de la predicción.

Las alteraciones antrópicas en los sistemas ecológicos de la Patagonia han sido hasta ahora claramente dominantes con respecto a los efectos de las tendencias climáticas. A futuro, se esperan cambios climáticos que agravarían el proceso de degradación existente, pero que serían más dañinos si se persiste en las prácticas dominantes, principalmente las de la mono producción ovina. Estas últimas ya han mostrado ser insostenibles, habida cuenta del descenso de la productividad que ellas mismas han causado (Seoane y López, 2006).

3.8 CONCLUSIONES

El clima templado frío, árido y semiárido de meseta, es el que caracteriza a la zona de estudio. Los veranos son frescos y los inviernos fríos a muy fríos. Predomina el viento del oeste con intensidades importantes. La cordillera de los Andes actúa como una barrera natural a los vientos húmedos provenientes del Océano Pacífico, por lo que la humedad es mayor en el oeste, variando las precipitaciones entre 3000 mm en la cordillera y 100 a 200 mm hacia la costa.

Se utilizaron los datos de precipitaciones provenientes de la estación meteorológica Charles Fuhr, única estación conocida ubicada dentro de la zona de influencia directa de las obras (aunque en el límite de la misma). En forma complementaria, se utilizaron los datos provenientes de las estaciones más cercanas: Puerto Santa Cruz y Santa Cruz Aero, al este, y Lago Argentino AERO y Calafate AERO, al oeste. Es importante mencionar que las estaciones Lago Argentino AERO y Calafate AERO son las que cuentan con el registro de datos más completo.

La temperatura media anual registrada para la zona oeste es de 7,4°C, mientras que en el este es de 8,6°C. La temperatura media del mes de enero es de 13,3°C en la zona oeste, y 14,7°C en la zona este, siendo éste el mes más cálido. Las menores temperaturas medias se alcanzan en los meses de junio y julio, siendo de 0,8°C en la zona oeste, y los 2°C en la zona este. En cuanto a las temperaturas máximas y mínimas medias, se observa que siguen el mismo patrón estacional que las temperaturas medias: los meses con mayor temperatura máxima media son enero y febrero, con un valor de 18,3°C en la zona oeste, y 21,4°C en la zona este; y los meses con menor temperatura mínima media son junio y julio con -3,1°C en la zona oeste, y -1,6°C en la zona este.

El valor medio anual de precipitaciones acumuladas es de 196,7 mm en la zona oeste, y 194,6 mm en la zona este, en tanto que la estación Charles Fuhr presenta un valor de 142 mm. Mayo es el mes más húmedo alcanzando un valor medio mensual de 27,1 mm en la zona oeste, 25,7 mm en la zona este y 23,8 mm en Charles Fuhr. Octubre y Noviembre son los meses más secos en la zona este y oeste, respectivamente, con un valor medio de 8,6 mm, mientras que la estación Charles Fuhr presenta un valor mínimo medio de 5,6 mm en Febrero. Esto coincide con las características propias de la zona patagónica, en la que las precipitaciones son máximas en otoño e invierno. La escasa precipitación y la distribución invernal de ésta determinan un fuerte déficit hídrico estival.

En cuanto a los eventos meteorológicos críticos que pueden darse, se destacan una frecuencia media anual de días con nieve de 18,1 días en la zona oeste, en contraste con 4,8 días en la zona este. A su vez, la frecuencia media anual de días con heladas es 115,3 días en la zona oeste, y 86,5 días en la zona este.

Los vientos fuertes que se registran en la Patagonia favorecen la evaporación en un contexto de escasas precipitaciones y actúan como un importante factor erosivo del terreno, fundamentalmente ante las alteraciones de la cubierta vegetal. En la zona oeste, los vientos más frecuentes provienen del oeste y sudoeste, lo cual coincide con la dirección de los vientos más intensos. En la zona este, los vientos más frecuentes provienen del oeste y las direcciones de los vientos más intensos son oeste, sudoeste y sur. La velocidad media del viento en la zona este (21,1 km/h) es mayor que en la zona oeste (14,8 km/h). Existe una cierta estacionalidad en cuanto a la velocidad de los vientos, siendo más ventosos los meses de verano y primavera (entre octubre y febrero) y menos ventosos los meses de otoño e invierno (entre marzo y septiembre). Además, se observa en la zona este, una frecuencia de días con calma marcadamente menor que la registrada en la zona oeste, siendo a su vez mayores las velocidades medias mensuales.

Los sistemas béricos varían poco espacialmente y presentan pocas modificaciones en sus intensidades durante el año. Las presiones máximas y mínimas medias oscilan entre los 970 y 1006 hPa.

La humedad relativa del aire tiene un valor medio anual de 59,3% en la zona oeste, y de 60,8% en la zona este. Los meses de otoño e invierno (abril a septiembre) registran los valores más altos, siendo Julio el que presenta el valor máximo (75,3%).

La frecuencia media anual de días con cielo cubierto, es de 112,5 días y 42,3 días con cielo claro, en la zona oeste, mientras que la zona este registra 121 días con cielo cubierto y 37,4 días con cielo claro. La nubosidad media mensual oscila entre 4 y 6 octavos, siendo relativamente homogénea durante todo el año.

En cuanto a las tendencias climáticas, Barros et al. (2015) describen los posibles escenarios climáticos futuros para la región patagónica, en base a los cambios que se evidenciaron en el período 1961 a 2010.

La región Patagónica no tuvo cambios de largo plazo relevantes en la precipitación media, excepto un aumento en algunas zonas (como ser la zona del estuario del río Santa Cruz). Si bien el cambio no resultó significativo, en la provincia de Santa Cruz se observó un aumento de 4,4 mm anuales; el cambio en primavera y verano fue mayor, aunque en sentido negativo en verano. Esto concuerda con el incremento de las precipitaciones medias anuales observado en la zona del Puerto Santa Cruz. La precipitación en el siglo XXI proyectada, tendría muy pequeñas reducciones. Sólo en la cordillera y en la zona muy próxima a la misma (alcanzando el centro de la provincia de Santa Cruz como límite sur), tendrían alguna relevancia. Por su parte, el análisis de las precipitaciones en la estación Lago Argentino durante el período 1961-2014, muestra una tendencia negativa.

El aumento de la temperatura en la región Patagónica fue 0,4°C en promedio para toda la Patagonia. Las temperaturas mínima y máxima han aumentado en forma similar con pocas diferencias en algunas zonas, excepto en Tierra del Fuego. En particular, la temperatura media anual en la provincia de Santa Cruz, en el período 1961-2010, aumentó 0,5°C; la temperatura máxima media anual aumentó 0,6°C y la mínima media anual 0,5°C. Los cambios en la temperatura media en la provincia fueron mayores en verano y en menor medida, en otoño. Por su parte, la temperatura media anual registrada en la estación meteorológica Lago Argentino, entre 1961-2014, no permitió determinar la existencia de una tendencia en esta variable. En el futuro cercano (período 2015-2039) se proyecta para toda la Patagonia un calentamiento moderado de 0,5 a 1°C, mientras que en el futuro lejano (período 2075-2099) habría un máximo de calentamiento a lo largo del centro de la Patagonia hasta el norte de Santa Cruz con valores entre 2,5 y 3°C y con menos calentamiento sobre la cordillera y la costa.

Los días con heladas se reducirían sustancialmente en más de 10 días en casi toda la región patagónica y las temperaturas máximas y mínimas del año aumentarían en toda la región en forma creciente con el tiempo.

3.9 BIBLIOGRAFÍA

- BARROS, V., C. VERA, E. AGOSTA, D. ARANEO, I. CAMILLONI, A. CARRIL, M. DOYLE, O. FRUMENTO, M. NUÑEZ, M. ORTIZ DE ZÁRATE, O. PENALBA, M. RUSTICUCCI, C. SAULO y S. SOLMAN. 2015. Cambios climáticos en la región Patagonia, Antártida e islas del Atlántico sur. En: Cambio climático en Argentina; tendencias y proyecciones. Tercer comunicación nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Capítulo 8. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA).
- CAMILLONI, I. 2008. Unidad temática. Clima. Atlas de Sensibilidad Ambiental de la Costa y el Mar Argentino. CONICET/SHN/SAYDS/GEF/UNDP.
- PARUELO, M.J., A. BELTRÁN, E. JÓBBAGY, O.E. SALA y R.A. GOLLUSCIO. 1998. The climate of Patagonia: general patterns and control on biotic processes. *Ecología Austral* 8:85-101. Asociación Argentina de Ecología.
- PARUELO, M.J., R. A. GOLLUSCIO, E. G. JOBBÁGY, M. CANEVARI y M. R. AGUIAR. 2005. La Situación Ambiental en la Patagonia. En: Acerbi y J. Corcuera (Eds.). *La Situación Ambiental Argentina 2005*, Fundación Vida Silvestre Argentina. 303-313 pp.
- PASMA. 2001. Proyecto de Asistencia para el Sector Minero Argentino. <http://www.mineria.gov.ar/ambiente/estudios/inicio.asp?titpag=Estudios%20Ambientales%20de%20B>
- OLIVA, G., L. GONZÁLEZ, P. RIAL y E. LIVRAGHI. 2001. El ambiente en la Patagonia Austral. En: Borelli, P. y G. Oliva (editores). Capítulo 2. Pág. 17-80. *Ganadería Sustentable en la Patagonia Austral*. INTA. Reg. Pat. Sur. 269 pp.
- SEGEMAR. 2006. Estudio de Impacto Ambiental Central Termoeléctrica Río Turbio. Provincia de Santa Cruz. Convenio SEGEMAR - YCRT. Buenos Aires. 255 pp.
- SEOANE, R. y P. LÓPEZ. 2006. Capítulo 4.1 en: Vulnerabilidad de la Patagonia y sur de las provincias de Buenos Aires y La Pampa. Estudio habilitante para la Segunda Comunicación Nacional a la UNFCCC. SAYDS-Fundación e Instituto T. Di Tella, Buenos Aires.
- STRAHLER, A.N. Y A.H. STRAHLER. 1989. *Geografía Física*. Tercera Edición. Omega S.A. Barcelona.
- VÁZQUEZ, M. 2005. Clima. En: Estudio de Prefactibilidad Ambiental de la construcción de las Represas La Barrancosa y Condor Cliff. II Parte. Pág. 358-374. Ministerio de Economía y Obras Públicas, gobierno de la provincia de Santa Cruz- Universidad de la Patagonia Austral. Unidad Académica Río Gallegos.
- VÁZQUEZ, M., L. GONZÁLEZ y P. RIAL. 2004. Tipos de Climas. Cartografía Digital. Atlas de la República Argentina. EEA Santa Cruz. En: González L. y P. Rial (editores). *Guía geográfica interactiva de Santa Cruz*. Estación experimental agropecuaria Santa Cruz. Convenio INTA- Provincia de Santa Cruz- Universidad de la Patagonia Austral. ISBN: 978-987-679-299-8