

## Tesis de Maestría

# Análisis del posible impacto ambiental que produciría la instalación de aerogeneradores en la región central de la provincia de Santa Cruz

Sánchez, Ana

2013-11-27

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Sánchez, Ana. (2013-11-27). Análisis del posible impacto ambiental que produciría la instalación de aerogeneradores en la región central de la provincia de Santa Cruz. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Cita tipo Chicago:

Sánchez, Ana. "Análisis del posible impacto ambiental que produciría la instalación de aerogeneradores en la región central de la provincia de Santa Cruz". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2013-11-27.

**EXACTAS** UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



**UBA**

Universidad de Buenos Aires



*Universidad de Buenos Aires*



## **MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**

# **Análisis del posible impacto ambiental que produciría la instalación de aerogeneradores en la región central de la provincia de Santa Cruz.**

**Tesista:** Lic. Ana Sánchez

**Directora:** Dra. Bibiana Ceme

**Codirectora:** Ing. Mariela Beljansky

**Lugar de trabajo:**

**Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos**

**FCEN/UBA**

**Centro de Investigaciones del Mary la Atmósfera**

**FCEN/UBA-CONICET**

Julio 2013

## **Agradecimientos**

Agradezco enormemente a mi familia, por el acompañamiento brindado desde la distancia y sus palabras de ánimo durante los últimos años, alentándome siempre a hacerlo que me gusta a pesar de estar lejos de casa.

A mi directora Bibiana Ceme, por su acompañamiento constante, buena predisposición, por el conocimiento transmitido y por su apoyo y motivación para la culminación de esta Tesis.

A mi codirectora Mariela Beljasky, por su buena predisposición, sus explicaciones y por el ánimo dado para culminar esta Tesis.

A Federico Otero por su ayuda y explicaciones para el cálculo para la distribución de Weibull.

A los biólogos Santiago Imberti y Silvia Ferrari por el suministro de información de sus trabajos relacionados con aves.

A mis amigos, por estar pendientes del progreso de esta Tesis y por sus opiniones y comentarios a quienes leyeron parte de la misma.

También deseo agradecer a las instituciones que me brindaron el apoyo necesario, ya sea técnico o a través del acceso a las fuentes de información, para realizar esta Tesis:

Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata, por el suministro de información a través de su servicio de biblioteca.

Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA) y Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO) por los

subsidios otorgados que hicieron posible la presentación de este trabajo en congresos.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN) Por el suministro de datos meteorológicos.

Esta Tesis fue parcialmente financiada por el proyecto de la Universidad de Buenos Aires UBACyT ES02 y 20620110200010.

## Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>xii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>xv</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>xvii</b>
<b>Índice de Tablas</b> .....	<b>xxvii</b>
<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Aportes originales y objetivo de la tesis.....	8
<b>Capítulo 2. Estado actual de la energía eólica</b> .....	<b>11</b>
2.1 Marco histórico.....	11
2.2 La energía eólica en el mundo.....	12
2.3 La energía eólica en Argentina.....	15
2.4 Variables para la instalación de generadores eólicos.....	19
2.5 Conclusiones parciales.....	22
<b>Capítulo 3. Aspectos teóricos de la energía eólica</b> .....	<b>24</b>
3.1 Física de la conversión de energía eólica.....	24
3.2 Aspectos Aerodinámicos.....	27
3.3 Curvas de Potencia y el viento.....	29
3.4 Tecnologías de generadores eólicos.....	32
3.4.1 Tipo de Turbinas: disposición eje.....	33
3.4.2 Tipo de Turbinas: palas paso variable y paso fijo.....	34
3.4.3 Componentes de un generador eólico.....	35
3.4.4 Sistema Generador.....	37

3.4.5	Sistemas de Control.....	38
3.4.6	Control de Potencia .....	39
3.5	Densidad de aerogeneradores en un parque eólico .....	40
3.6	Tendencias futuras.....	40
3.7	La generación eólica y su interrelación con el sistema eléctrico .....	42
3.8	Conclusiones parciales.....	44
<b>Capítulo 4. Impactos ambientales de la energía eólica.....</b>		<b>47</b>
4.1	Beneficios de la energía eólica .....	47
4.1.1	Reducción de emisiones.....	47
4.1.2	Otros beneficios ambientales .....	49
4.1.3	Desarrollo Económico y Social.....	49
4.2	Impactos ambientales adversos de la energía eólica .....	52
4.2.1	Impactos sobre la fauna .....	54
4.2.2	Tipos de impactos a la avifauna .....	55
4.2.2.1	Impactos directos.....	55
4.2.2.2	Impactos indirectos.....	55
4.2.2.3	Impactos acumulativos.....	56
4.2.2.4	Colisiones.....	57
4.2.2.5	Molestias y desplazamiento .....	61
4.2.2.6	Efecto barrera .....	62
4.2.2.7	Destrucción del hábitat.....	63
4.2.3	Ruido .....	63
4.3	Parpadeo de sombras y destello de las palas.....	66
4.4	Ocupación de terreno .....	66

4.5 Impacto paisajístico .....	67
4.5 Desprendimiento de palas/hielo .....	68
4.7 Impactos al medio antrópico construido .....	68
4.7.1 Interferencia electromagnética y navegación aérea .....	68
4.7.2 Impactos sobre el sistema eléctrico .....	69
4.7.3 Impacto en áreas de valor patrimonial.....	70
4.8 Conclusiones parciales.....	70
<b>Capítulo 5. Aspectos socioeconómicos.....</b>	<b>72</b>
5.1 Instrumentos legales de promoción de la energía eólica en la provincia de Santa Cruz.....	72
5.2 Proyectos eólicos a instalarse .....	73
5.3 Ubicaciones preferenciales de proyectos eólicos .....	76
5.4 Red de transporte y ampliaciones necesarias .....	76
5.5 Demografía .....	81
5.6 Actividades económicas más relevantes en la provincia .....	84
5.6.1 Agricultura y desarrollo forestal.....	84
5.6.2 Ganadería .....	86
5.6.3 Pesca .....	86
5.6.4 Minería .....	87
5.6.5 Turismo .....	87
5.7 Patrimonio cultural.....	88
5.7.1 Pueblos originarios .....	88
5.7.2 Yacimientos arqueológicos y paleontológicos. ....	90
5.8 Marco legal ambiental de la provincia .....	97

5.9 Costos de la generación eólica:.....	98
5.10 Conclusiones parciales .....	100
<b>Capítulo 6. Aspectos físicos del área de estudio .....</b>	<b>103</b>
6.1 Relieve de la región .....	103
6.2 Suelos.....	105
6.3 Erosión y Desertificación .....	106
6.4 Sismicidad.....	110
6.5 Recursos hídricos.....	111
6.6 Conclusiones parciales.....	112
<b>Capítulo 7. Descripción de algunas características climatológicas de la provincia de Santa Cruz.....</b>	<b>114</b>
7.1 Información meteorológica .....	114
7.2 Análisis de consistencia .....	116
7.3 Temperatura .....	116
7.3.1 Datos faltantes.....	117
7.4 Temperatura media mensual por estación.....	121
7.4.1 Temperaturas extremas diarias.....	128
7.4.2 Temperatura media anual por estación.....	132
7.5 Precipitación.....	136
7.5.1 Datos faltantes.....	136
7.5.2 Acumulados mensuales y anuales .....	138
7.5.3 Extremos de precipitación.....	149
7.6 Viento .....	153
7.6.1 Análisis de la calidad de la información de viento .....	154



7.6.2	Análisis de Calmas.....	159
7.6.3	Análisis de la dirección del viento.....	168
7.6.4	Análisis de la intensidad del viento.....	174
7.6.4.2	Intensidad media mensual.....	179
7.6.4.3	Intensidad media anual.....	181
7.7	Conclusiones parciales.....	188
<b>Capítulo 8. Aspectos biológicos .....</b>		<b>194</b>
8.1	Metodología .....	194
8.2	Sitios de alta sensibilidad.....	195
8.2.1	Áreas Naturales Protegidas .....	195
8.2.2	Áreas Importantes para la Conservación de las Aves.....	197
8.2.3	Humedales.....	198
8.2.3.1	Criterios Ramsar.....	200
8.3	Áreas sensibles posiblemente afectadas por proyectos eólicos.....	202
8.4	Avifauna .....	207
8.4.1	Tratados internacionales.....	217
8.4.1.1	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).....	217
8.4.1.2	Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias (CMS).....	219
8.4.1.3	Acuerdo para la Conservación de Albatros y Petreles (ACAP).....	221
8.4.2	Aves migratorias.....	222
8.4.2.1	Periodos y recorridos de las aves migratorias .....	225
8.4.2.2	Aves con riesgo de colisión.....	227

8.4.2.3 Efecto barrera .....	230
8.4.3 Ocupación del hábitat .....	230
8.4.4 Aves playeras.....	232
8.4.5 Aves y cambio climático .....	232
8.5 Vegetación.....	236
8.5.1 Regiones Fito geográficas.....	236
8.5.2 Impacto sobre la Vegetación .....	238
8.5.3 Plantas endémicas en peligro .....	240
8.5.4 Plantas en C IES.....	241
8.6 Mamíferos.....	241
8.7 Herpetofauna .....	244
8.8 Ictiofauna .....	244
8.9 Posible aislamiento (incluye varios grupos de fauna).....	244
8.10 Especies clave (paraguas).....	245
8.11 Especies “carismáticas” .....	245
8.12 Conclusiones parciales .....	246
<b>Capítulo 9. Análisis de reducción de emisiones .....</b>	<b>248</b>
9.1 Metodología para la cuantificación de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero .....	249
9.1.2 Escenario de referencia o línea de base .....	249
9.1.3 Evolución y proyección del factor de emisiones de la red eléctrica argentina .....	251
9.2 Mercados de carbono .....	256
9.3 Cálculo de reducción de emisiones en la provincia de Santa Cruz..	258

9.3.1 Calidad de los datos.....	258
9.3.2 Cálculo del viento medio a la altura del aerogenerador.....	261
9.3.3 Cálculo de factor de capacidad.....	263
9.3.4 Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> con los proyectos eólicos a instalarse en la provincia de Santa Cruz.....	269
9.4 Cálculo de Bonos de carbono o CER's.....	270
9.5 Conclusiones parciales.....	272
<b>Capítulo 10. Recomendación de sitios para la producción sustentable de energía eólica en la provincia de Santa Cruz.....</b>	<b>275</b>
Colisiones.....	279
Ruido.....	280
Parpadeo de sombras y destello de palas.....	281
Impacto paisajístico.....	281
10.1 Conclusiones parciales.....	282
<b>Capítulo 11. Conclusiones finales.....</b>	<b>284</b>
Anexo 1. Áreas protegidas, AICAS y cuerpos de agua importantes de la provincia de Santa Cruz.....	300
Anexo 2. Categorías de manejo de Áreas Protegidas.....	320
Anexo 3. Definición de las categorías de estado de conservación.....	322
Anexo 4. Plantas más comunes de la provincia de Santa Cruz.....	324
Anexo 5. Plantas endémicas en la Lista Roja de la provincia de Santa Cruz.....	327
Anexo 6. Plantas con Valor de uso de la provincia de Santa Cruz.....	330
Anexo 7. Mamíferos más relevantes de la provincia de Santa Cruz.....	331
Anexo 8. Reptiles más comunes de la provincia de Santa Cruz.....	333

Anexo 9. Anfibios más comunes de la provincia de Santa Cruz.....	334
Anexo 10. Peces más comunes de la provincia de Santa Cruz.....	335
Anexo 11. Reducción de emisiones.....	336
Referencias Bibliográficas.....	346

## Resumen

Los beneficios de la utilización de energía eólica son múltiples, se trata de un recurso extremadamente limpio, totalmente renovable y económicamente muy competitivo. Sin embargo, también tiene algunos impactos adversos que deben ser considerados a la hora de la elección de la ubicación del parque eólico.

La provincia de Santa Cruz cuenta para el año 2012 con un parque eólico en funcionamiento y 12 proyectos, donde los EIA presentados no tienen la suficiente calidad ya que no existe ningún tipo de normativas estandarizadas a nivel nacional para valorar la factibilidad ambiental del establecimiento de parques eólicos. El propósito de este trabajo es desarrollar una recomendación de sitios dentro de la provincia donde la generación eólica resulte sustentable en términos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y de los posibles impactos ambientales en especial para la avifauna, que sirva para determinar parámetros para la obtención de permisos de instalación de parques eólicos.

A partir de las ubicaciones de los proyectos conocidos y de las ubicaciones preferenciales para la instalación de parques eólicos, se analizaron las áreas y especies más sensibles y cómo podrían ser afectadas. Es así como se determinó que 15 de las 27 áreas más sensibles de la provincia entre Áreas Naturales Protegidas Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y Humedales podrían ser afectadas por la instalación de parques eólicos, además de 5 sitios de interés cultural por ser reservas arqueológicas y/o paleontológicas. En cuanto a las especies de aves, de las 199 listadas en este trabajo 175 corren el riesgo de ser afectadas, Al considerar las aves que se encuentran en un estado de conservación diferente a no amenazada y las que, sin cumplir esta

condición se pudieran ver afectadas por sus características biológicas o ecológicas, resultaron 39 las especies en riesgo, muchas de las cuales se encuentran en peligro a nivel global. Adicionalmente se realizó un análisis similar aunque no tan profundo con los grupos faunísticos de mamíferos, reptiles y peces, y también de la vegetación.

Se requiere un relevamiento de campo intensivo para definir la viabilidad de un proyecto eólico, pero es determinante evitar la construcción de parques a lo largo de rutas migratorias al igual que en los sitios que cuentan con protección internacional en la provincia, el estuario de Río Gallegos y el Monumento Natural Bosques Petrificados.

El análisis de viento de 7 estaciones meteorológicas disponibles en la provincia, coincide cualitativamente con el atlas de viento para la provincia elaborado por la Secretaría de Energía. En un primer intento por evaluar la capacidad para producir energía en Santa Cruz, se concluye que la región de Perito Moreno, Puerto Deseado y San Julián registraron la mayor intensidad de viento y que las estaciones ubicada en el SO de la provincia registraron la menor, por hallarse geográficamente protegidas del viento. Se puede decir que el funcionamiento de los parques eólicos que se instalen en la provincia de Santa Cruz al norte de los 50°S tendrán un funcionamiento excelente según su factor de capacidad, más aún ningún año mostró valores estimados inferiores al 45% en los 18 años analizados.

Se estima que la generación de energía a partir del viento en la provincia de Santa Cruz permitirá reducir alrededor de 112 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en un periodo de 20 años. De esta manera se obtendrán 112 millones de CERs requiriendo una inversión de 4,6 millones de dólares para los 1832 MW a instalarse. Es indiscutible que la generación eólica permitirá reducir

emisiones de Gases de efecto invernadero. Su desarrollo tendrá muchos impactos positivos para el país, es por esta razón que es muy importante compatibilizar estos proyectos con la conservación de los ecosistemas, especies y sobre todo de la avifauna.

## **Abstract**

There are multiple benefits resulting from the use of wind power. This is an extremely clean resource which is totally renewable and financially competitive. Nevertheless, it also has adverse impacts that must be considered when choosing the location of a wind farm.

The province of Santa Cruz has in the year 2012 an wind farm operating and 12 projects, where the results of an Environmental Impact Analyses (EIA for its acronym is Spanish) do not have enough quality as there are not any type of standardized regulations to a national level in order to value the environmental feasibility when setting up a wind farm. The purpose of this work is to develop a recommendation of places within the province where the wind power generation results sustainable regarding the reduction of CO<sub>2</sub> and the possible environmental impacts, especially to the bird life, so as to determine parameters in the procurement of installation permits of wind farms.

Onward the location of the known projects and of the preferential locations for the installation of wind farms; areas and susceptible species were analyzed as well as the way they could be affected. In this context it has been ascertained that 15 out of the 27 more susceptible areas of the province among Natural Protected Areas, Important Bird Preservation Areas and Wetlands, could be affected by the installation of wind farms, besides 5 places of cultural interest by its archaeological and/or paleontological reserve nature. Regarding the species of birds, from the 199 species listed on this work, 175 would run the risk of being affected. When considering the birds that are in a different conservation state from not threatened and the ones that, failing to comply with this condition could be affected by its biological or ecological characteristics, the species in risk



resulted in 39, many of them currently endangered at a global level. Furthermore, a similar analysis was conducted, although it was not as acute, with the faunal groups of mammals, reptiles and fish.

An intensive field-work study is required in order to define the viability of a wind power project but it is decisive to avoid the construction of wind farms along migratory routes as well as places under international protection in the province, the Estuary of Río Gallegos and the Petrified Forest Natural Monument.

The wind analysis of 7 weather stations available in the province qualitatively coincides with the wind atlas for the province developed by the Power Secretary. In a first attempt to evaluate the capacity to produce power in Santa Cruz, it is concluded that the Region of Perito Moreno, Puerto Deseado and San Julián registered the largest intensity of wind, and that stations located in the southwest of the province registered the least, as they are geographically protected from the wind. It can be said that the operation of the wind farms that might be set up in the province of Santa Cruz to the north of the 50°S will have an excellent operation according its capacity factor, although it never showed estimated values inferior to 45% in the 18 years analyzed.

The generation of energy from the wind in the province of Santa Cruz is estimated to allow reducing about 112 million of tons of CO<sub>2</sub> in a period of twenty years. In this way 112 million of CERs will be obtained demanding an inversion of 4,6 millions of dollars for the installation of 1832 MW. It cannot be denied that the wind power generation will allow the reduction of the greenhouse gases emissions. Its development will have many positive impacts on the country. For this reason it is very important to combine these projects with the conservation of the ecosystems, species and mostly of the bird life.

## Índice de Figuras

**Figura 2.1.** Capacidad mundial instalada (MW) de 2001 a 2011. Fuente: WWEA, 2012.

**Figura 3.1.** Esquema del flujo a través de una turbina eólica. Fuente Wind Energy Handbook, Tony Burton et al. 2001 en Beljansky, 2010.

**Figura 3.2.** Flujo de aire moviéndose a través de una turbina eólica ideal. Fuente Johnson, 2006 en Waimann, 2011.

**Figura 3.3.** Diagrama de rendimiento de conversión de la energía del viento Fuente: Boletín Energético N° 13, CAMMESA.

**Figura 3.4.** Fuerzas principales sobre un perfil alar. El Angulo de Ataque ( $\alpha$ ) es el formado por la línea de cuerda del perfil aerodinámico y la dirección del viento que incide. Fuente: Beljansky, 2010.

**Figura 3.5.** Curva de potencia del aerogenerador IMPSA IWP-70. (Waimann, 2011).

**Figura 3.6.** Regiones de funcionamiento dentro de la curva de potencia. Fuente: Beljansky, 2010.

**Figura 3.7.** Cálculo de la energía anual producida por un aerogenerador. Fuente: Beljansky, 2010.

**Figura 3.8.** Diagrama de conversión de la energía del viento

**Figura 3.9.** Turbinas de eje horizontal (a) y vertical (b).

**Figura 3.10.** Componentes básicos de un generador eólico. Fuente: WWEA.

**Figura 3.11.** Evolución del tamaño y potencia turbinas eólicas (EWEA) a) pasadas y b) estimaciones futuras.

**Figura 5.1.** Ubicación de los proyectos eólicos en la provincia de Santa Cruz.

**Figura 5.2.** Área de posible generación eólica de acuerdo a redes existentes y futuras.

**Figura 5.3.** Red de Transporte de Argentina 2012.

**Figura 5.4.** Ampliaciones requeridas para exportar 2.000 MW desde Patagonia.

**Figura 5.5.** Ampliaciones requeridas para exportar 2.000 y 3.500 MW desde Patagonia.

**Figura 5.6.** Ampliaciones requeridas para exportar 4000 MW desde Patagonia.

**Figura 5.7.** Erosión eólica como limitante de la productividad del suelo.  
Fuente:

<http://www.ambiente.gov.ar/aplicaciones/mapoteca/mostrara.asp?idmapa=58>, 2012.

**Figura 5.8.** Ubicación principales yacimientos paleontológicos y arqueológicos de la provincia de Santa Cruz.

**Figura 5.9.** Costo variable de generación con combustible líquidos vs. Costo de generación eólica. Fuente: CADER, 2009.

**Figura 6.1.** Perfil topográfico de la provincia de Santa Cruz dirección Oeste-Este, latitud aproximada 47°44'S Según G. Cruzate (2007) Fuente: <http://anterior.inta.gov.ar/info/mapa/suelosambiente/Scruz.jpg>.

**Figura 6.2.** Erosión eólica e hídrica del suelo. Fuente: <http://www.ambiente.gov.ar/aplicaciones/mapoteca/mostrara.asp?idmapa=14>, 2012.

**Figura 6.3.** Desertificación de la provincia de Santa Cruz. Degradación de suelos y vegetación en zonas áridas y semiáridas Fuente: Atlas Argentino, Dirección de Conservación de Suelos (SAyDS)-PAN-GTZ, 2003.

**Figura 7.1.** Ubicación de las estaciones meteorológicas analizadas.

**Figura 7.2.** Temperatura media en cada estación.

**Figura 7.3.** Temperatura máxima, mínima y media mensual Perito Moreno periodo 1983-2009.

**Figura 7.4.** Temperatura máxima, mínima y media mensual Puerto Deseado periodo 1980-2009.

**Figura 7.5.** Temperatura máxima, mínima y media mensual Gobernador Gregores periodo 1981-2008.

**Figura 7.6.** Temperatura máxima, mínima y media mensual San Julián periodo 1980-2009.

**Figura 7.7.** Temperatura máxima, mínima y media mensual Lago Argentino periodo 1980-2000.

**Figura 7.8.** Temperatura máxima, mínima y media mensual Calafate periodo 2001-2009.

**Figura 7.9.** Temperatura máxima, mínima y media mensual Río Gallegos periodo 1980-2009.

**Figura 7.10.** Temperatura media anual en estación Perito Moreno periodo 1983 a 2009.

**Figura 7.11.** Temperatura media anual en estación Puerto Deseado período 1980 a 2008.

**Figura 7.12.** Temperatura media anual en estación Gobernador Gregores período 1980 a 2008.

**Figura 7.13.** Temperatura media anual en estación Calafate período 2001 a 2009.

**Figura 7.14.** Temperatura media anual en estación Lago Argentino período 1980 a 2000.

**Figura 7.15.** Temperatura media anual en estación San Julián período 1980 a 2008.

**Figura 7.16.** Temperatura media anual en estación Río Gallegos período 1980 a 2008.

**Figura 7.17.** Precipitación media anual en cada estación.

**Figura 7.18.** Acumulado mensual y días de precipitación Perito Moreno período 1983-2009.

**Figura 7.19.** Acumulado mensual de precipitación Puerto Deseado período 1980-2009.

**Figura 7.20.** Acumulado mensual de precipitación Gobernador Gregores período 1981-2008.

**Figura 7.21.** Acumulado mensual de precipitación San Julián período 1980-2009.

**Figura 7.22.** Acumulado mensual de precipitación Lago Argentino período 1980-2000.

**Figura 7.23.** Acumulado mensual de precipitación Calafate periodo 2001-2009.

**Figura 7.24.** Acumulado mensual de precipitación Río Gallegos periodo 1980-2009.

**Figura 7.25.** Acumulado anual de precipitación Perito Moreno periodo 1983-2009.

**Figura 7.26.** Acumulado anual de precipitación Puerto Deseado periodo 1980-2009.

**Figura 7.27.** Acumulado anual de precipitación Gobernador Gregores periodo 1981-2008.

**Figura 7.28.** Acumulado anual de precipitación San Julián periodo 1980-2009.

**Figura 7.29.** Acumulado anual de precipitación Lago Argentino periodo 1980-2000.

**Figura 7.30.** Acumulado anual de precipitación Calafate periodo 2001-2009.

**Figura 7.31.** Acumulado anual de precipitación Río Gallegos periodo 1980-2009.

**Figura 7.32.** Climatograma Río Gallegos periodo 1980-2009.

**Figura 7.33.** Climatograma San Julián periodo 1980-2009.

**Figura 7.34.** Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en Perito Moreno, periodo 1991 a 2009.

**Figura 7.35.** Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en Puerto Desado, período 1991 a 2009.

**Figura 7.36.** Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en Gobernador Gregores, período 1991 a 2009.

**Figura 7.37.** Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en San Julián, período 1991 a 2009.

**Figura 7.38.** Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en Lago Argentino, período 1991 a 2000.

**Figura 7.39.** Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en Calafate, período 2001 a 2009.

**Figura 7.40.** Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en Río Gallegos, período 1991 a 2009.

**Figura 7.41.** Frecuencias porcentuales de calmas por hora en Perito Moreno, período 1991-2009.

**Figura 7.42.** Frecuencias porcentuales de calmas por mes en Perito Moreno, período 1991-2009.

**Figura 7.43.** Frecuencias porcentuales de calmas por hora en Puerto Desado, período 1994-2009.

**Figura 7.44.** Frecuencias porcentuales de calmas por mes en Puerto Desado, período 1994-2009.

**Figura 7.45.** Frecuencias porcentuales de calmas por hora en San Julián, período 1992-2009.

**Figura 7.46.** Frecuencias porcentuales de calmas por mes en San Julián, período 1992-2009.

**Figura 7.47.** Frecuencias porcentuales de calmas por hora en Calafate, período 2001-2007.

**Figura 7.48.** Frecuencias porcentuales de calmas por mes en Calafate, período 2001-2007.

**Figura 7.49.** Frecuencias porcentuales de calmas por hora en Lago Argentino, período 1991-1999.

**Figura 7.50.** Frecuencias porcentuales de calmas por mes en Lago Argentino, período 1991-1999.

**Figura 7.51.** Frecuencias porcentuales de calmas por hora en Río Gallegos, período 1991,1993-2009.

**Figura 7.52.** Frecuencias porcentuales de calmas por mes en Río Gallegos, período 1991,1993-2009.

**Figura 7.53.** Distribución de frecuencias relativas por dirección (1991-2009).

**Figura 7.54.** Distribución de frecuencias relativas por dirección (1994-2008).

**Figura 7.55.** Distribución de frecuencias relativas por dirección (1992-2008).

**Figura 7.56.** Distribución de frecuencias relativas por dirección (1991-1999).

**Figura 7.57.** Distribución de frecuencias relativas por dirección (2001-2007).

**Figura 7.58.** Distribución de frecuencias relativas por dirección (1991-2009).

**Figura 7.59.** Distribución de frecuencia porcentual mensual de vientos del oeste en San Julián período 1992-2009.

**Figura 7.60.** Distribución de frecuencias porcentuales por dirección Estación Río Gallegos período 2000 a 2004.



**Figura 7.61.** Distribución del viento (barras) y función de distribución de Weibull (línea) con  $v=8,90$ , parámetro de escala  $c=9,8623$  y parámetro de forma  $k=2,0579$ .

**Figura 7.62.** Distribución del viento (barras) y función de distribución de Weibull (línea) con  $v=9,24$ , parámetro de escala  $c=10,4852$  y parámetro de forma  $k=2,2575$ .

**Figura 7.63.** Distribución del viento (barras) y función de distribución de Weibull (línea) con  $v=8,53$ , parámetro de escala  $c=10,1948$  y parámetro de forma  $k=1,9649$ .

**Figura 7.64.** Distribución del viento (barras) y función de distribución de Weibull (línea) con  $v=6,61$ , parámetro de escala  $c=7,4554$  y parámetro de forma  $k=2,2$ .

**Figura 7.65.** Distribución del viento (barras) y función de distribución de Weibull (línea) con  $v=5,48$ , parámetro de escala  $c=5,95$  y parámetro de forma  $k=1,5454$ .

**Figura 7.66.** Distribución del viento (barras) y función de distribución de Weibull (línea) con  $v=6,85$ , parámetro de escala  $c=8,0763$  y parámetro de forma  $k=1,8043$ .

**Figura 7.67.** Detalle de ubicación Calafate y Lago Argentino rodeados por cordilleras.

**Figura 7.68.** Velocidad Media del Viento [m/s] a 50 m. Fuente: Secretaría de Energía, en Beljansky, 2010.

**Figura 7.69.** Intensidad media anual Perito Moreno período 1991 -2009.

**Figura 7.70.** Intensidad media anual perito Puerto Deseado período 1994 -2008.

**Figura 7.71.** Intensidad media anual Gobernador Gregores período 1991 - 2009.

**Figura 7.72.** Intensidad media anual San Julián período 1992 -2008.

**Figura 7.73.** Intensidad media anual Lago Argentino período 1991 -2009.

**Figura 7.74.** Intensidad media anual Calafate período 1991 -2007.

**Figura 7.75.** Intensidad media anual Río Gallegos período 1991 -2009.

**Figura 8.1.** Áreas Naturales Protegidas de la provincia de Santa Cruz.

**Figura 8.2.** Áreas Importantes para la Conservación de las Aves de la provincia de Santa Cruz. Fuente: Di Giacomo. 2007.

**Figura 8.3.** Humedales más importantes de la provincia de Santa Cruz.

**Figura 8.4.** Radio de afectación de la Granja eólica Caleta Olivia.

**Figura 8.5.** Radio de afectación del Parque eólico Puerto Deseado

**Figura 8.6.** Número de especies de aves presentes en las áreas sensibles posiblemente afectadas.

**Figura 8.7.** Principales rutas migratorias de la provincia de Argentina.

**Figura 8.8.** Rutas migratorias de Santa Cruz, adaptación de Figura 8.7

**Figura 8.9.** Regiones fitogeográficas de La provincia de Santa Cruz según Cabrera, Fuente: <http://www.ambiente.gov.ar/?aplicacion=mapoteca&idseccion=76&IdAplicacion=2>, 2012.

**Figura 8.10.** Dominios fisonómico-florísticos de la provincia de Santa Cruz,  
Fuente : C.A Baettien Guía geográfica interactiva de Santa Cruz 2004, Cart  
digital: L González y P. Rial INTA EEA Santa Cruz.

**Figura 9.1.** Evolución por tipo de potencia instalada y de potencia máxima  
[MW]. 1992-2011. Fuente : Beljansky, 2010.

## Índice de Tablas

**Tabla 2.1.** Aumento Capacidad instalada de 2009 a 2011. Fuente: WWEA, 2012.

**Tabla 4.1.** Factores de emisión de CO<sub>2</sub> en generación eléctrica. Fuente: CADER, 2009.

**Tabla 4.2.** Lista de posibles impactos de importancia para la conservación de la naturaleza. Fuente: Basado en Wind farm development and nature conservation, 2001.

**Tabla 5.1.** Proyectos eólicos a instalarse en la provincia de Santa Cruz.

**Tabla 5.2.** Densidad de población y población total por departamento de la provincia de Santa Cruz. Fuente: <http://www.sig.indec.gov.ar/censo2010/>, 2012.

**Tabla 5.3.** Costos de generación eólica, inversión, operación y mantenimiento en Santa Cruz. Fuente: Beljansky, 2011.

**Tabla 7.1.** Coordenadas geográficas de las estaciones meteorológicas utilizadas.

**Tabla 7.2.** Periodos analizados por estación con el total de datos analizados y faltantes.

**Tabla 7.3.** Datos faltantes de temperatura máxima y mínima mensual por mes en todas las estaciones.

**Tabla 7.4.** Detalle de datos faltantes por mes de toda la serie de datos en todas las estaciones.

**Tabla 7.5.** Temperatura media anual y desviación estándar de cada una de las estaciones.

**Tabla 7.6.** Extremos de temperatura máxima por mes en todas las estaciones. Se resalta el valor extremo mensual de la provincia y la fecha de ocurrencia.

**Tabla 7.7.** Extremos de temperatura máxima por mes en todas las estaciones. Se resalta el valor extremo mensual de la provincia y la fecha de ocurrencia.

**Tabla 7.8.** Numero de meses sin datos de precipitación en cada estación.

**Tabla 7.9.** Promedio del acumulado mensual de precipitación y promedio de número de días con precipitación en todas las estaciones a través de toda la serie.

**Tabla 7.10.** Máximos de precipitación por mes en todas las estaciones. Se resalta el valor máximo por estación y la fecha de ocurrencia.

**Tabla 7.11.** Intensidad media mensual del viento.

**Tabla 7.12.** Intensidad media de viento ( $\text{ms}^{-1}$ ) por dirección para la estación Río Gallegos periodo 2000 a 2004.

**Tabla 7.13.** Intensidad media anual del viento.

**Tabla 8.1.** Aves presentes dentro del radio de afectación con condiciones de mayor sensibilidad.

**Tabla 8.2.** Aves con estados de conservación diferente a no amenazada o datos insuficientes y su ubicación en las áreas protegidas dentro del radio de afectación.

**Tabla 8.3.** Avifauna en el tratado de CIES. Fuente: <http://www.cites.org/eng/resources/species.html>, 2012.

**Tabla 8.4.** Avifauna incluida en CMS Fuente: [http://www.cms.int/documents/appendix/appendices\\_s.pdf](http://www.cms.int/documents/appendix/appendices_s.pdf), 2012

**Tabla 8.5.** Avifauna incluida en ACAP. Fuente: <http://www.acap.aq/es/especies-acap?id=12>, 2012

**Tabla 9.1.** Factor de emisiones de la red para energía eólica de 2010 a 2030  
Fuente: Beljansky, 2010.

**Tabla 9.2.** Valores medios anuales de la velocidad del viento a 70m por cada una de las estaciones en  $\text{ms}^{-1}$ .

**Tabla 9.3.** Cálculo de Factor de capacidad Puerto Moreno periodo 1991-2009.

**Tabla 9.4.** Cálculo de Factor de capacidad Puerto Deseado periodo 1991-2009.

**Tabla 9.5.** Cálculo de Factor de capacidad San Julián periodo 1992-2008.

**Tabla 9.6.** Cálculo de Factor de capacidad Calafate periodo 2001-2007.

**Tabla 9.7.** Cálculo de Factor de capacidad Lago Argentino periodo 1991-1999.

**Tabla 9.8.** Cálculo de Factor de capacidad Río Gallegos periodo 1991,1993-2008.

**Tabla 9.9.** Factor de capacidad estimado para proyectos eólicos cercanos a cada una de las estaciones meteorológicas.

**Tabla 9.9.** Calificación del funcionamiento de las instalaciones eólicas según el factor de capacidad. Fuente: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia48/HIML/articulo03.htm>, 2012.

## Capítulo 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes

Las energías renovables suponen una importante contribución para combatir los perjuicios medioambientales ocasionados por el cambio climático, al reducir la dependencia de los combustibles fósiles y, por tanto, disminuir las emisiones nocivas de gases de efecto invernadero.

Entre las tecnologías más avanzadas de producción de energía renovable, la eólica es la que más está aumentando su contribución a la producción energética en todo el mundo, para el año 2012, se encuentran instalados 238.604 MW provenientes de ésta energía. Los países que encabezan la lista son: China con 62.733 MW, EEUU-46.919 MW, Alemania-29.075MW, España-21.673 MW, India- 15.800, Italia-6.747 MW, Francia-6.640 MW, Reino Unido-6.018 MW, resto del mundo-42.999 MW, total en el mundo-238.604 MW. (<http://wwindea.org/> de WWEA, 2012).

En Argentina, el aprovechamiento de la energía eólica se encuentra en una etapa inicial, lo cual es evidenciado por la diferencia entre el potencial eólico a lo largo del territorio nacional y su utilización. El país posee 112 MW de potencia instalada para este tipo de energía para el año 2012 ([www.portalwebcammesa.com](http://www.portalwebcammesa.com), 2013) y las perspectivas son alentadoras, ya que se estima que el potencial eólico patagónico al sur del paralelo 42 encierra una cantidad de energía decenas de veces mayor al contenido en toda la producción anual argentina de petróleo (<http://energia3.mecon.gov.ar>, 2011).

Existen dos hechos desde el marco político que vislumbran un mayor desarrollo de la industria:



-La ley 26.190 promulgada en diciembre de 2007, que declara de interés nacional la generación de energía a partir del uso de fuentes renovables cuya producción este destinada al mercado mayorista o a la prestación de servicios públicos. Establece que en el plazo de 10 años, el 8% del consumo eléctrico tiene que ser abastecido a partir de fuentes de energías renovables.

-El lanzamiento del programa GENREN (Licitación de Generación Eléctrica a partir de Fuentes Renovables) por parte de la empresa estatal ENARSA, en Mayo del 2009, implica la licitación de 1015 MW de fuentes renovables de energía, de los cuales 500 MW corresponden a energía eólica.

Una de las regiones con mayor potencial eólico de Argentina es la región centro-norte de la provincia de Santa Cruz (Barros et al, 1997). El parque eólico Jorge Romanutti es el único en funcionamiento en la provincia y se ubica en la localidad de Pico Truncado. Se desconoce si realmente dicha región es apta o no en su totalidad, desde un punto de vista ambiental, para producir energía destinada al mercado mayorista como se especula actualmente considerando solamente la potencialidad eólica. Sin embargo, es importante resaltar que durante 1997 este parque evitó la emisión de 1500 a 3000 toneladas de gases contaminantes a la atmósfera. (<http://www.ambiente.gov.ar>, 2012). Pero aunque dicho potencial exista, y también el interés económico, la efectivización de la instalación de parques eólicos en la región requiere de un riguroso estudio de impacto ambiental (EIA).

Algunos de los EIA conocidos en este trabajo hasta el año 2012 corresponden a los siguientes proyectos eólicos: La Deseada en la localidad de Pico Truncado, (<http://santacruz.gob.ar/ambiente/archivos/2009->

09%20EIA%20Granja%20E%3%B3lica%20%E2%80%9CLa%20De se a da%E2%80%9D.pdf, 2011), Puerto De se a do en Puerto De se a do ([http://www.santacruz.gov.ar/ambiente/audiencia\\_pd/EIAPEPD\\_01-09\\_SOW.pdf](http://www.santacruz.gov.ar/ambiente/audiencia_pd/EIAPEPD_01-09_SOW.pdf), 2011), y Vientos Argentinos en Las Heras. ([http://www.intigob.ar/cirso/c/pdf/accion\\_viento/EIAPEVA\\_001\\_09\\_SOW.pdf](http://www.intigob.ar/cirso/c/pdf/accion_viento/EIAPEVA_001_09_SOW.pdf), 2011).

A pesar que, la energía eólica es una de las formas de energía que menos impactan sobre el medio ambiente, no está exenta de ciertas consecuencias potencialmente negativas, por lo que existe la necesidad de equilibrar los riesgos con los beneficios y minimizar cualquier efecto medioambiental adverso. De acuerdo a lo anterior, es necesario tener en cuenta en sentido general, las ventajas, desventajas y posibles impactos ambientales.

Entre las ventajas más notables cabe mencionar:

1. La protección del medio ambiente.
2. La diversificación de la matriz energética con recursos autóctonos, disminuyendo la dependencia de los combustibles fósiles, tanto domésticos como importados.
3. Proviene de un recurso abundante, sin costo e inagotable como es el viento.
4. Promueve el crecimiento económico de las regiones, creando puestos de trabajo y transferencia de tecnología.
5. Su instalación es rápida.

Como contrapartida, entre las desventajas se encuentran:

1. Elevados costos de inversión unitaria con respecto a la generación

convencional.

2. Algunos impactos ambientales
3. Lejanía a los centros de consumo: en Argentina, el mayor potencial está en la Patagonia muy alejado de los grandes centros de consumo.
4. Impacto en la redes de transporte: variabilidad de la producción, variaciones de tensión y frecuencia. (Beljansky, 2010).

Los impactos ambientales negativos varían en cada una de las siguientes etapas:

Fase de construcción: Concentra numerosas afecciones en razón de las obras, movimiento de maquinaria, desmonte, aperturas de viales y pasos, etc., acciones de las que derivan efectos como destrucción de la cubierta vegetal, activación de procesos erosivos, compactación del terreno, emisión de gases, molestias a la fauna.

Fase de explotación: La presencia de los aerogeneradores en el paisaje además de impacto visual, genera emisión de ruidos y el movimiento de las palas conlleva a la colisión de aves y altera la conectividad biológica. Se trata de los impactos de mayor magnitud y permanencia. Además se debe tener en cuenta los residuos producidos por cada molino, principalmente el aceite.

Fase de abandono: Causa un efecto negativo sobre el paisaje.

Debido a lo anterior, la construcción de parques eólicos ha originado una fuerte polémica en la que se han visto implicados las organizaciones ecologistas y conservacionistas, la administración pública, las empresas eléctricas, los distintos medios de comunicación y la propia comunidad.

Los trabajos realizados para el análisis de los impactos mencionados se han desarrollado en los países que lideran la lista en generación de energía eólica, la mayoría de éstos son enfocados principalmente al impacto en la avifauna debido a que es donde se presenta la mayor afectación.

De esta manera, desde el inicio de los años ochenta se están llevando a cabo trabajos que tratan de estudiar el posible impacto de los parques eólicos pueden ejercer principalmente sobre aves. Sin embargo, a pesar de la proliferación de parques eólicos en gran parte del mundo, no existe una metodología estandarizada que se pueda aplicar a los estudios de la incidencia de este tipo de infraestructura en la avifauna (Bevanger, 1999 en Lekuona, 2001). Por otro lado, algunas asociaciones nacionales de energía eólica pertenecientes a los países líderes en su producción como Estados Unidos, España, Dinamarca y otros, han establecido directrices sobre las mejores prácticas para el desarrollo de parques eólicos, en Australia, por ejemplo, las directrices elaboradas por la Auswind (Australian Wind Energy Association) acerca de la construcción, operación y desmantelamiento, incluyendo la seguridad, el ruido, impacto visual, las aves y la participación de la comunidad. En Italia, la Asociación Italiana de Energía Eólica ha elaborado directrices, junto con las principales asociaciones ambientales-WWF, Legambiente y Greenpeace. (<http://www.gwec.net>, 2012).

El grupo de trabajo de vida silvestre de la National Wind Coordinating Collaborative en Estados Unidos reúne a varios interesados y colaboradores para identificar, definir y analizar los problemas del desarrollo la energía eólica y su impacto en la vida silvestre, promueven las prioridades en la investigación de los impactos para el desarrollo de los mercados. (<http://www.nationalwind.org>, 2012).

La Asociación Americana de Energía Eólica (AWEA) publicó un documento generado por el Servicio de Pesca y Fauna de Estados Unidos en el mes de Julio de 2011, en donde se plasman las directrices para el desarrollo de este tipo de energía para impactarlo menos posible sobre la fauna silvestre. (<http://www.awea.org>, 2012).

La Sociedad Española de Ornitología junto con BirdLife Internacional y el Gobierno de España, generaron las Directrices para la Evaluación de Impacto de Parques Eólicos en Aves y Murciélagos en diciembre de 2008. (<http://www.seo.org>, 2011).

Se supone que los parques eólicos son menos dañinos para las aves que otros sectores energéticos u otras estructuras hechas por el hombre tales como líneas eléctricas (Nelson y Cury 1995 ; Osborn *et al.* 1998 en Barrios y Rodríguez, 2004), pero esta creencia se basa en un número limitado de estudios. Las primeras investigaciones mostraron que las aves chocan con las turbinas y las tuberías de alimentación (Avery, Springer y Cassel 1976 en Barrios y Rodríguez, 2004). Algunos autores han reportado bajas tasas de mortalidad de aves en los parques eólicos (Byrne 1983 ; Karlsson 1983; Winkelman 1985 en Barrios y Rodríguez, 2004), mientras que otros han registrado muchas muertes que involucran principalmente a las aves rapaces (Orloff y Flannery 1992). Por otra parte, las turbinas pueden perturbar la búsqueda de alimento y reproducción de aves acuáticas (Winkelman 1989 , Pedersen y Poulsen 1991 en Barrios y Rodríguez, 2004), resultando en la pérdida de hábitat (Osborn *et al.* 1998. , Larsen y Madsen 2000 , Guillemette y Larsen 2002 en Barrios y Rodríguez, 2004) similar a la causada por el tráfico rodado (Gill , Sutherland y Watkinson 1996 en Barrios y Rodríguez, 2004).

Una evaluación previa a la construcción puede indicar si el desarrollo de ese tipo de energía puede causar impactos sobre la fauna silvestre en los niveles de preocupación. Estas evaluaciones pueden incluir información relevante existente, inspecciones, el uso de la observación directa y tecnológica con métodos diseñados para documentar los niveles de consumo de aves, además de su comportamiento (Anderson et al, 1999; Kunz et al, 2007 en [www.nationalwind.org](http://www.nationalwind.org), 2012).

Por lo tanto, se necesita trabajo adicional para determinar qué aspectos referentes a la muerte de las aves en un momento pre-construcción están relacionados con las muertes post-construcción. Aún no está claro cuáles la mejor manera de utilizar las evaluaciones previas para el seguimiento posterior a la construcción, incluyendo tipos de datos a recopilar, la duración y la intensidad del estudio. ([www.nationalwind.org](http://www.nationalwind.org), 2012).

En cuanto a los proyectos a nivel internacional, existen pocos estudios completos, y menos aún publicados. Muchos estudios adolecen de una falta de análisis antes y después de la construcción en la zona de referencia, comparaciones, o una ausencia total de evaluación de los factores pertinentes, tales como riesgo de colisión, colisión, las diferencias en el comportamiento de las aves entre la noche y de día, o de una duración insuficiente para proporcionar resultados concluyentes. (Seo/Bird life, 2008).

Es evidente la necesidad en generar estudios de base sólidos para reducir al mínimo efectos nocivos. Existe una clara distinción que debe hacerse entre los efectos temporales frente a los permanentes. También hay una necesidad para poner en contexto las escalas espaciales en las cuales aplican los impactos potenciales, por ejemplo: sitio, local, regional,

nacional y/o internacional. (BirdLife International en nombre de la Convención de Berna, 2003).

Las razones que motivan esta baja calidad en los EIA son diversas. En muchos casos la información ambiental de las Administraciones públicas es inaccesible para las consultoras, que por otra parte realizan poco trabajo de campo para obtener datos propios, basándose demasiado en la escasa información publicada.

En el caso de que se haga trabajo de campo más allá de una mera prospección, difícilmente se realizan muestreos estacionales durante un año completo e incluso muchas veces ni siquiera se estudia en detalle el impacto sobre las especies prioritarias de la zona.

## **1.2 Aportes originales y objetivo de la tesis.**

Aunque estudios acerca de los impactos de este tipo de energía renovable se están llevando a cabo sobre todo en países que lideran la lista de producción, en Argentina no existe ningún tipo de normativas estandarizadas a nivel nacional para valorar la factibilidad ambiental del establecimiento de parques eólicos, por lo que tampoco existen directrices que sirvan a los organismos encargados de autorizar la instalación de los mismos. Este trabajo pretende proporcionar una herramienta de trabajo que ayude a establecer las bases que regulen de forma más racional los aspectos de los EIA de este tipo de energía en el país.

Los EIA presentados hasta el momento por los promotores en la provincia de Santa Cruz, no tienen la suficiente calidad para poder tomar la decisión confiable de si se deben o no autorizar en un sitio concreto. Uno de los más grandes factores radica en contemplar tan solo los territorios próximos a la

posible ubicación de un parque eólico, cuando se ha demostrado que en muchos casos se producen grandes episodios de muertes de aves que se desplazan hacia la zona desde muy lejos. (SEO/Bird Life, 2011).

Es necesario realizar un estudio extensivo e integral sobre algunos aspectos del posible impacto ambiental que provocaría la instalación de parques eólicos en la región de mayor potencial que dicho tipo de energía presenta en Argentina.

### **Objetivo general:**

*Desarrollar una recomendación de sitios dentro de la provincia de Santa Cruz donde la generación eólica resulte sustentable en términos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y de los posibles impactos ambientales en especial para la avifauna, que sirva para determinar parámetros para la obtención de permisos de instalación de parques eólicos.*

*Como objetivos particulares se proponen:*

- ✓ *Identificar las zonas sensibles por criterios ambientales (áreas protegidas, yacimientos paleontológicos y arqueológicos, lugares con presencia de especies protegidas, rutas migratorias, etc.) a ser excluidas de cualquier proyecto de energía eólica.*
- ✓ *Analizar detalladamente la fauna (principalmente la avifauna), presente en la región y los posibles impactos que en ella puede tener la generación eólica.*
- ✓ *Describir el clima de la región para definir que localidad es más apta para el aprovechamiento del recurso eólico.*



- ✓ *Cuantificar las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero que resultarían de la implementación de los potenciales proyectos que actualmente tienen algún grado de avance (solicitud de autorización, etc.) para que este impacto positivo pueda compararse con los impactos negativos que puedan surgir.*

## Capítulo 2. Estado actual de la energía eólica

### 2.1 Marco histórico

A través de grabados pertenecientes a civilizaciones antiguas, se ha comprobado que el aprovechamiento del viento con fines energéticos se remonta a por lo menos 3.000 años antes de la era cristiana, habiendo sido utilizada en aquellos tiempos principalmente para la navegación como una forma de impulsión. Posteriormente se amplió su uso en las industrias textil, maderera y metalúrgica.

Los primeros molinos eran muy rudimentarios, basando su diseño en la rotación un eje colocado en forma vertical. Los holandeses modificaron esa tecnología y a partir del año 1350 comenzaron a utilizarse máquinas de eje horizontal y de cuatro palas, muy similares en aspecto a los que se ven hoy en día en los típicos paisajes de ese país. A partir de entonces se los empezó a utilizar principalmente para desecar pantanos y lagos y también aserraderos, para la fabricación de papel y para extraer aceites. Eran máquinas lentas, pesadas y de baja eficiencia.

A mediados del siglo pasado se desarrolló el comúnmente llamado molino americano, que se puede observar en casi todo el interior de Argentina. Este molino es también un convertidor en energía mecánica, pero con una eficiencia muy superior a la de los anteriores y se destina casi exclusivamente al bombeo de agua.

Las primeras máquinas equipadas con generadores eléctricos, hacen su aparición hacia 1900. Durante la primera mitad del siglo, a pesar que no hubo una activa utilización de la energía eólica, se produjeron gran variedad de diseños cuyos principios fundamentales son válidos hasta el presente.

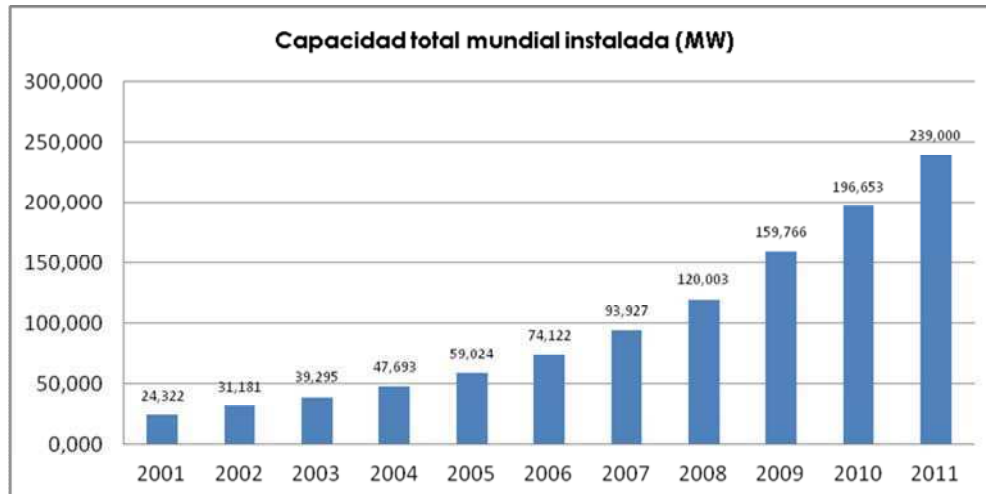
Desde la década del 30 y hasta comienzos de los 50 se popularizaron máquinas de pequeño porte (hasta unos 3kW) en el medio rural, donde todavía no existía un sistema de electrificación por redes que cubriera amplias zonas.

Con la crisis energética de los años 70, que ocasionó un abrupto encarecimiento del petróleo, se buscaron soluciones alternativas a los grandes desequilibrios económicos que esta situación creó. Es así como se empezó a pensar seriamente en lo que dio en llamarse ahorro o conservación de energía y al mismo tiempo se comenzó a replantear el tema de la utilización de las energías no convencionales, apareciendo entonces la energía eólica, desde el punto de vista económico, como una fuente más competitiva para la producción de electricidad. Esta situación incentivó la realización de nuevos estudios que llevaron a una importante mejora de las tecnologías de aprovechamiento, logrando equipos convertidores de energía eléctrica cada vez más confiables y potentes. Hoy en día es destacable la explotación que efectúan países como Estados Unidos, Dinamarca, Alemania, Holanda, España, India y China entre muchos otros. ([http://energia3.mec on.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro\\_energia\\_eolica.pdf](http://energia3.mec on.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_eolica.pdf), 2012).

## **2.2 La energía eólica en el mundo**

El mercado de la energía eólica ha incrementado notablemente su participación en la producción mundial de energía, como puede observarse claramente en la Figura 2.1. El aumento sostenido en la capacidad instalada es del orden de diez veces su valor en 10 años, y alcanzando una capacidad mundial total de 239 GW, que de acuerdo a los datos preliminares recogidos por World Wind Energy Association (WWEA,

2012), es lo suficiente para cubrir el 3% de la demanda mundial de electricidad.



**Figura 2.1. Capacidad mundial instalada (MW) de 2001 a 2011. Fuente: WWEA, 2012.**

Los mercados emergentes están tomando la iniciativa, y se presenta estancamiento en varios países industrializados. China mantuvo su posición y alcanzó un tamaño de mercado similar al año 2010, instaló cerca de 18 GW de nuevas turbinas de viento en 2011, llegando a una capacidad total de 63 GW, más de una cuarta parte de la capacidad eólica mundial. El segundo mayor mercado es los EE.UU. con 6,8 GW, seguido por India (2,7GW), Alemania (2GW) y Canadá con 1,3 GW de nueva capacidad instalada. España, Francia e Italia, añadió cada uno alrededor de 1 GW (Tabla 2.1).

Otros países con altas tasas de crecimiento se pueden encontrar en el este y el sur de Europa: Grecia aumentó su capacidad de 1208 MW en 2010 a 1627 MW a finales de 2011, Turquía desde 1179 MW a 1616 MW, Rumania de 591 MW a 826 MW y Ucrania casi duplicó su capacidad eólica 87 a 151 MW.

También varios países de América Latina han mostrado un crecimiento alentador, por ejemplo, México que también casi ha duplicado su capacidad eólica de 521 MW a 929 MW.

País	Ttal capacidad finales 2011 (MW)	Capacidad adicionada 2011 (MW)	Ttal capacidad finales 2010 (MW)	Capacidad adicionada 2010 (MW)	Ttal capacidad finales 2009 (MW)
China *	62.733	18.000	44.733	18.928	25.810
Estados unidos	46.919	6.810	40.180	5.600	35.159
Alemania	29.075	2.007	27.215	1.551	25.777
España	21.673	1.050	20.676	1.515	18.865
India *	15.800	2.700	13.065	1.258	11.807
Italia *	6.747	950	5.797	950	4.850
Francia	6.640	980	5.660	1.086	4.574
Reino unido	6.018	730	5.203	962	4.245
Canadá	5.265	1.267	4.008	690	3.319
Portugal*	4.290	588	3.702	345	3.357
Dinamarca	3.927	180	3.803	309	3.460
Suecia	2.816	746	2.052	603	1.450
Japón	2.501	167	2.334	251	2.083
Resto del mundo*	24.200	6.000	18.201	3.191	15.010
Ttal*	238.604	42.175	196.629	37.642	159.766
*Datos preliminares WWEA 2012					

**Tabla 2.1. Aumento Capacidad instalada de 2009 a 2011 Fuente: WWEA, 2012.**

Un fuerte aumento en la utilización de la energía eólica se puede observar especialmente en el los mercados emergentes. Esto abre nuevas ventanas

para un mayor crecimiento, ya que estos países tienen una creciente necesidad de electricidad que puede ser abastecida, al menos en parte, por la energía eólica de una forma muy económica y segura.

Por otro lado, varios de los mercados de Europa mostraron un estancamiento o incluso disminución. En los EE.UU. el mercado presentó un estancamiento incluso más fuerte que en 2010, sin embargo, las perspectivas a medio plazo no son muy alentadoras, debido a una falta de claridad con respecto a los esquemas de apoyo político. Algunos países con leyes de Energía Verde (bajo costo, bajo riesgo y no contaminante) han sido capaces de crear nuevas industrias y miles de puestos de trabajo. (WWEA cuarto boletín-energía eólica alrededor del mundo, Marzo, 2012).

Para que los países más pobres también puedan participar y beneficiarse de la energía eólica, la comunidad mundial debe crear herramientas especiales de financiamiento y los fondos, como el Fondo Climático Global Verde y programas de desgravación arancelaria, según lo sugerido por la WWEA y la Alianza Internacional de Energías Renovables.

Otro tema crucial para el éxito futuro de la energía eólica es el apoyo del público. Para maximizar esta, las políticas deben garantizar y permitir a la comunidad la participación activa, de manera que se beneficien las comunidades locales directamente de los parques eólicos en sus proximidades. (WWEA cuarto boletín-energía eólica alrededor del mundo, Marzo, 2012).

### **2.3 La energía eólica en Argentina**

Como país pionero en Latinoamérica, dispone 16 parques eólicos instalados para el año 2011([http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/OAMD/1212\\_poa\\_en](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/OAMD/1212_poa_en)

energiaeolica\_wpd\_esp.pdf, 2012). Varios de estos emprendimientos han crecido al amparo de los beneficios fiscales concedidos por el “Régimen Nacional de la Energía Eólica y Solar” introducido por la Ley 25.019/98. El más representativo es el parque eólico “Antonio Morán” de la Sociedad Cooperativa Popular de Comodoro Rivadavia, que con 24 aerogeneradores en servicio, es uno de los más grandes de Sudamérica.

Casi todos los parques en operación abastecen a una red local de usuarios clientes de la cooperativa, como distribuidora local, mandando los excedentes al sistema interconectado nacional. ([http://energia3.mec.on.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos\\_didacticos/publicaciones/libro\\_energia\\_eolica.pdf](http://energia3.mec.on.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos_didacticos/publicaciones/libro_energia_eolica.pdf), 2012).

La experiencia mundial indica que con vientos medios superiores a 5 m/s es factible el uso del recurso eólico para la generación eléctrica. La Argentina tiene en alrededor del 70% de su territorio vientos cuya velocidad media anual, medida a 50 metros de altura sobre el nivel del suelo, supera los 6 m/s

(<http://www.argentinaeolica.org.ar/porta/images/stories/Eolica%20en%20Argentina.pdf>, 2012). Sin embargo, este trabajo se centra en una provincia de la región Patagónica ya que es una de las regiones de mayor potencial eólico del planeta, con vientos casi permanentes del sector oeste –sur-oeste (<http://www.mineria.gov.ar/estudios/im/santacruz/z-2.asp#m2>, 2012). Para muchos especialistas, el viento patagónico es el de mejor calidad en todo el mundo como recurso continental debido a su velocidad y constancia. En el resto del mundo sólo se encuentran vientos de energía o persistencia equivalentes en algunas islas del Mar del Norte y del Pacífico Norte, o en instalaciones "off shore". (<http://www.argentinaeolica.org.ar/porta/images/stories/Eolica%20en%20>

Argentina.pdf, 2012). Por otra parte, no existe gran competencia por usos alternativos del terreno (agricultura, ganadería, turismo) por lo que el costo de la tierra es relativamente bajo. De acuerdo a lo informado por Beljansky, (2010), si se instalaran 50.000 turbinas eólicas de 3 MW cada una se dispondría de un total de 150.000 MW de potencia instalada, y se requeriría una superficie del orden de 11.300 km<sup>2</sup>, lo que representa el 0,4% de la superficie total del país. El factor de capacidad medio es del 33% (36-37% para Chubut y Santa Cruz), con máximos que alcanzan valores del 58% (considerando aerogeneradores de 2-3 MW de capacidad según el análisis de tendencias). (Beljansky, 2010).

Las perspectivas del país en materia de energía eólica son francamente alentadoras. Se estima que el potencial eólico patagónico al sur del paralelo 42 encierra una energía decenas de veces mayor al contenido en toda la producción anual argentina de petróleo. En este sentido, el Plan Nacional de Energía Eólica encomendado por el Ministerio de Planificación Federal al Centro Regional de Energía Eólica del Chubut (CREE), sienta las bases para el primer desarrollo nacional de envergadura en esta materia. El plan no sólo comprende la confección del mapa eólico nacional (ideado para identificar los sitios de emplazamiento óptimos) sino que también prevé la instalación de parques con una potencia sumada del orden de los 300 MW en un lapso cercano a tres años. ([http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro\\_energia\\_eolica.pdf](http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_eolica.pdf), 2012). Desde el punto de vista del marco político se destacan dos hechos que aportan al panorama alentador de generación de energía eólica:



- La ley 26190, reglamentada a través del decreto N° 562/09: establece que en el plazo de 10 años, el 8% del consumo eléctrico tiene que ser abastecido a partir de fuentes de energías renovables.
- El lanzamiento del programa GENREN por parte de la empresa estatal ENARSA, en Mayo del 2009 (<http://www.argentinaeolica.org.ar/porta/images/storie/Anuario%20E&N.pdf>, 2012) implica la licitación de 1015 MW de fuentes renovables de energía, de los cuales 500 MW corresponden a energía eólica. Sus aspectos sobresalientes son:

1. ENARSA, el ente regulador del mercado eléctrico, compra la energía eléctrica proveniente de los adjudicatarios de la licitación para entregarla a CAMMESA, la compañía administradora del mercado mayorista eléctrico, siempre dentro de los sistemas vinculados a la red interconectada nacional, operaciones garantizadas a precio constante en US\$ por el lapso de 15 años.
2. Los módulos licitados deberán ser mayores que 1MW hasta un máximo de 50MW.
3. Las ofertas deberán contener componentes locales en proporción adecuada en cada caso.
4. Las empresas extranjeras deberán asociarse con una compañía local para poder licitar.
5. Los contratos se realizarán en US\$.
6. Se estima una inversión de 2.500 millones de US\$.

7. Se estima una generación de más de 8.000 puestos de trabajo directos.

Entre las nuevas iniciativas orientadas al desarrollo de esta industria, el Programa GENREN se presenta como la propuesta más destacada para fomentar el desarrollo de la energía eólica y promover su utilización, contribuyendo a la diversificación de la matriz energética y a la mitigación del cambio climático. (<http://www.argentinaeolica.org.ar/porta/images/stories/Eolica%20en%20Argentina.pdf>, 2010).

En este punto cabe también mencionar los beneficios de los proyectos dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que pueden hacer más atractivo un proyecto desde el punto de vista económico-financiero, a tal punto que sólo puede servir de cuenta con ellos. (Este aspecto será más detallado en el Capítulo 9 Análisis de reducción de emisiones).

#### **2.4 Variables para la instalación de generadores eólicos.**

El recurso del viento: Aunque se cuenta con el potencial suficiente, siempre se debe realizar un estudio adecuado de medición previa para estimar la obtención energética a través de la curva de distribución de vientos y la curva de potencia del generador a instalar.

Unidades productivas requeridas: La empresa IMPSA Wind cuya planta ubicada en la provincia de Mendoza tiene una capacidad productiva de casi 80 molinos por año y la empresa NRG. Ambas desarrollan modelos que superan el MW (AAEE Panorama de la Energía Eólica en la Argentina, 2010).

A nivel de infraestructura: Existe espacio necesario y adecuado para la instalación de los molinos, sin embargo, las carreteras para el transporte de los materiales y las redes eléctricas para la conexión de los molinos a la red, son un limitante para poder desarrollar plenamente el recurso eólico, ya que al día de hoy se estima que sólo pueden instalarse 200 MW, debido a la falta de nodos por la estructura del sistema de redes para no desequilibrar la misma. La estructura de tipo radial y con convergencia a los grandes centros de consumo y con pocas interconexiones, trae como consecuencia pocos puntos de acceso (nodos) para las granjas eólicas, obligando a construir líneas relativamente largas de acceso a los mismos. (AAEE Panorama de la Energía Eólica en la Argentina, 2010).

#### Ampliación de la red de transporte.

Los proyectos de parques eólicos y el resto de las alternativas de generación en el área Patagónica compiten por la red de transporte. Se prevén importantes inversiones en centrales hidroeléctricas (1400 MW) y térmicas (800 MW) en el mediano plazo que limitan el “espacio” para generación eólica o en su defecto “compiten” por la capacidad de las líneas de transporte (Bejlansky, 2010).

Si la perspectiva de instalación de generación en el área Patagónica es del orden de los 4000 MW, la alternativa de expansión de las redes es la transmisión en Corriente Continua, pudiéndose construir las estaciones convertoras en dos etapas de 1500 MW cada una. Bajo esta modalidad, se podrían instalar entre 1500-2000 MW de origen eólico con conexión en la Patagonia y 1350 MW correspondientes al parque eólico Gastre (Lat 42° 21'2,7''S, Lon 69°21'58,8''O), que si bien se implantaría en Chubut, se conectaría en las redes de la región Comahue. (Bejlansky, 2010).

### Diversificación de la matriz energética.

La matriz energética Nacional depende altamente de los combustibles fósiles. Al año 2007, el 90 % de las fuentes primarias de energía estaban compuestas por gas y petróleo.

En comparación con otros países de la región, tenemos una de las matrices energéticas menos diversificadas, similar a países exportadores de petróleo como Rusia o el Medio Oriente. Además debemos agregar el hecho de que el crecimiento de la demanda de energía, tanto en el sector industrial como domiciliario, en los últimos años y la falta de disponibilidad de gas (existe una caída de productividad de los pozos y de las reservas comprobadas según Asociación Argentina de Presupuesto y Administración Financiera (en AAEE Panorama de la Energía Eólica en la Argentina, 2010) llevaron a que Argentina deba importar combustibles líquidos como es el gasoil y el fueloil. Durante el 2008 se otorgaron subsidios por alrededor de 16.000 millones de pesos para el sector energético, de los cuales 8.400 millones de pesos se destinaron a CAMMESA para financiar el abastecimiento de las centrales térmicas (Asociación Argentina de Presupuesto y Administración Financiera, en AAEE Panorama de la Energía Eólica en la Argentina, 2010).

Se concluye que al tener una matriz energética que no logra cubrir el total de la demanda del país, lo cual implica que se debe incurrir en un costo muy alto para poder cumplir con la misma. La utilización de la energía eólica tendrá como ventajas:

- Diversificar la matriz energética.
- Implementar una tecnología que no emite gases de efecto de invernadero en su generación.

- Generación de nuevas fuentes de trabajo.
- Independizamos parcialmente del abastecimiento de los combustibles fósiles y de lo que ello implica dado el riesgo existente por la volatilidad de sus precios.

## **2.5 Conclusiones parciales**

- La energía eólica cuenta con más de 3.000 años de uso. Inicialmente se la usó principalmente para navegar, moler, irrigar, etc. Probablemente fue la principal fuente de energía mecánica hasta el siglo XVIII.

- Durante la primera mitad del siglo XX, aparecen las primeras máquinas equipadas con generadores eléctricos y se produjeron gran variedad de diseños cuyos principios fundamentales son válidos hasta el presente.

- La crisis energética de los años 70, incentivo la aparición de energías no convencionales como la energía eólica que se vio como una fuente competitiva en cuanto ahorro de energía y desde el punto de vista económico.

- El mercado de la energía eólica establece un nuevo record con 42 GW para año 2011 frente 37,6 GW en 2010, alcanzando una capacidad mundial total de 239 GW, que, de acuerdo a los datos preliminares recogidos por WWEA, es lo suficiente para cubrir el 3% de la demanda mundial de electricidad.

- Los mercados emergentes están creciendo en la producción de energía eólica, mientras que en Europa se presentó un estancamiento. Sin embargo, para que los países más pobres también puedan participar y beneficiarse de la energía eólica, la comunidad mundial debe crear herramientas especiales de financiamiento y los fondos.

- Argentina es país pionero en Latinoamérica en producción de energía eólica. Cuenta con una de las regiones con mayor potencial eólico del planeta como es la Patagonia, con factores de capacidad superiores al 35%. Por otra parte, el panorama de producción eólica es alentador debido a la reglamentación de la ley 26190 y el Programa GENREN que promueve su utilización, contribuyendo a la diversificación de la matriz energética y a la mitigación del cambio climático. Además, si los proyectos están dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) tienen una ventaja desde el punto de vista económico-financiero.

-En cuanto a las variables a tener en cuenta para la instalación de generadores eólicos, se cuenta con el espacio adecuado y con la producción de unidades necesarias, sin embargo, las carreteras para el transporte de los materiales y las redes eléctricas para la conexión de los molinos a la red, son un limitante. También es necesario considerar una ampliación de la red de transporte ya que los proyectos de parques eólicos y el resto de las alternativas de generación en el área Patagónica compiten por la capacidad de las mismas.

### Capítulo 3. Aspectos teóricos de la energía eólica

La producción de energía eólica está regida por varios principios básicos que determinan cuanta energía es capaz de extraerse del viento según las características propias de cada tipo de aerogenerador. A continuación se describen algunos conceptos teóricos a tener en cuenta.

#### 3.1 Física de la conversión de energía eólica

La potencia contenida en el viento que sopla a una velocidad  $V$  a través de un área  $A$  (perpendicular a  $V$ ) se representa con la siguiente ecuación:

$$P_{\text{viento}} = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad [\text{Ec. 3.1}]$$

Dónde:

$P$ = potencia contenida en el viento [W]

$\rho$ = densidad del aire [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$V$ = velocidad no perturbada del viento [m/s]

$A$ = área perpendicular al viento en [ $\text{m}^2$ ]

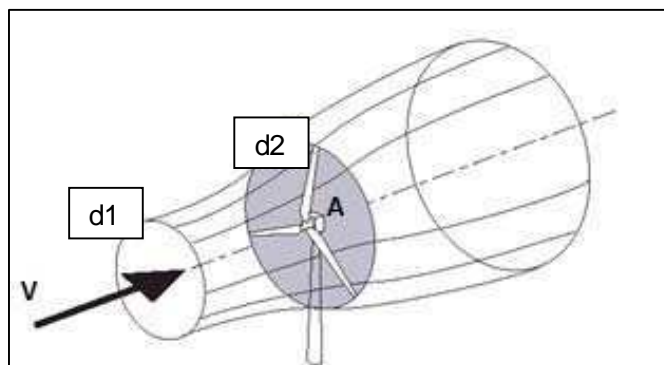


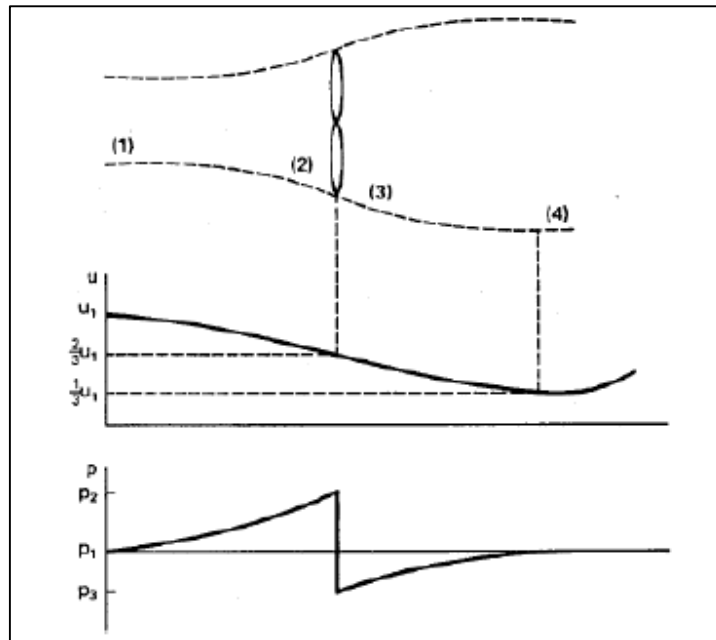
Figura 3.1 Esquema del flujo a través de una turbina eólica. Fuente: Wind Energy Handbook, Tony Burton et al 2001 en Bejjansky, 2010.

La potencia del viento es proporcional a la densidad del aire, asimismo la densidad es función de la altitud, la temperatura y de la humedad, sin embargo, comúnmente es aproximada a  $1.225 \text{ kg/m}^3$ .

No toda la potencia contenida en el viento puede ser extraída, ya que el flujo de aire no perturbado al atravesar las aspas experimenta una reducción en la velocidad debido a la presencia de la turbina. Esto se explica más detalladamente a continuación.

Consideremos un cilindro de aire (asumiendo que es unidireccional, enteramente axial, incompresible y sin viscosidad) fluyendo libremente con una velocidad ( $u_1$ ), con un diámetro ( $d_1$ ) y una presión inicial ( $P_1$ ) mientras se aproxima a la turbina. La velocidad del aire va decreciendo mientras la parcela se acerca aún más al aerogenerador, causando que el diámetro del cilindro de aire aumente a  $d_2$  (Figura 3.1). La presión del aire alcanza su valor máximo justo en frente del aerogenerador y cae abruptamente detrás de la turbina (Figura 3.2). Parte de la energía cinética del aire es convertida en energía potencial, asociado a este aumento de presión. Incluso más energía cinética será convertida en energía potencial detrás de la turbina, de manera tal de alcanzar la presión atmosférica del aire nuevamente. Esto causa que la velocidad del viento continúe decreciendo aun cuando las presiones están en equilibrio. Una vez que el mínimo valor de velocidad es alcanzado, la velocidad del aire vuelve a incrementarse alcanzado al valor inicial, mientras recibe la energía cinética del aire circundante.





**Figura 3.2. Flujo de aire moviéndose a través de una turbina eólica ideal. Fuente Johnson, 2006 en Waimann, 2011. U (velocidad), p (presión), los subíndices corresponden a las distintas ubicaciones relativas al aerogenerador.**

La condición de máxima extracción de energía del flujo se realiza cuando la velocidad del viento a través de las aspas es  $\frac{2}{3}$  de la velocidad no perturbada del viento y la velocidad aguas abajo es  $\frac{1}{3}$  de la misma (Figura 3.2). La potencia máxima bajo condiciones ideales es referida a la velocidad del viento incidente ( $V_1$ ) es:

$$P_{max} = \frac{16}{27} \left( \frac{1}{2} \rho A V_1^3 \right) \quad [\text{Ec. 3.2}]$$

El factor  $\frac{16}{27}$  es conocido como “Coeficiente de Betz”, quien por primera vez lo dedujo en 1926. A través de este coeficiente se puede afirmar que la máxima potencia extraíble del viento es  $\frac{16}{27} = 59,3\%$ . Este límite obedece a que las turbinas no pueden extraer el total de la energía del viento, ya que las mismas deben dejar fluir el mismo, por lo que existe cierta cantidad de energía cinética que no se puede aprovechar. Dado que esta teoría se

basa en simplificaciones importantes, los coeficientes de rendimientos reales serán menores al límite de Betz. En la práctica la fracción de potencia extraída será siempre menor debido a imperfecciones mecánicas como se muestra en forma esquemática en la Figura 3.3. Una buena fracción es 35-40 % de la potencia del aire bajo óptimas condiciones, aunque se han alcanzado valores superiores al 50%. (Beljansky, 2010).

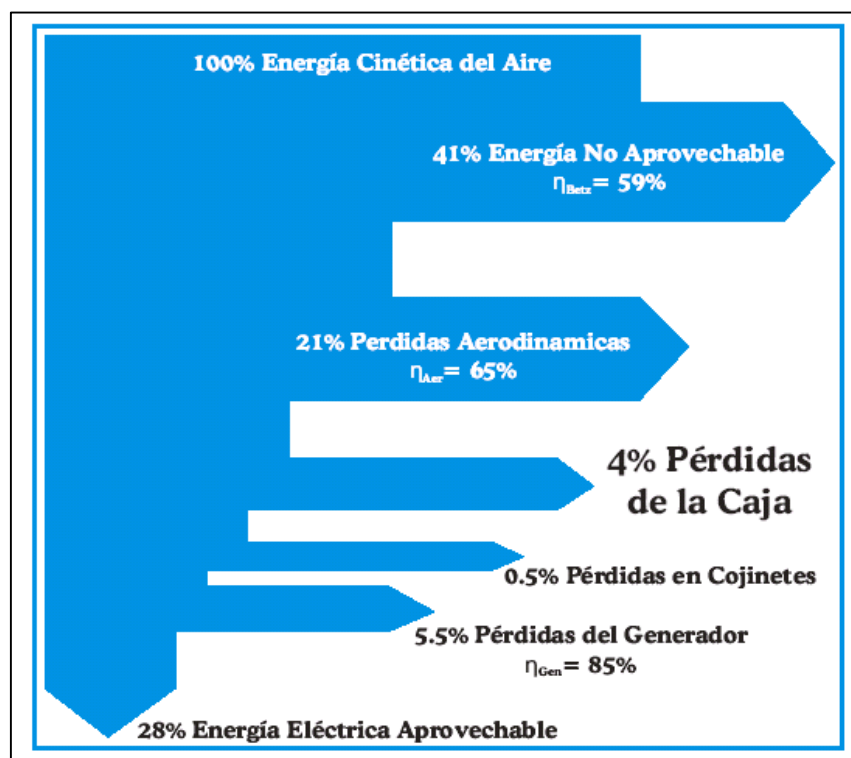


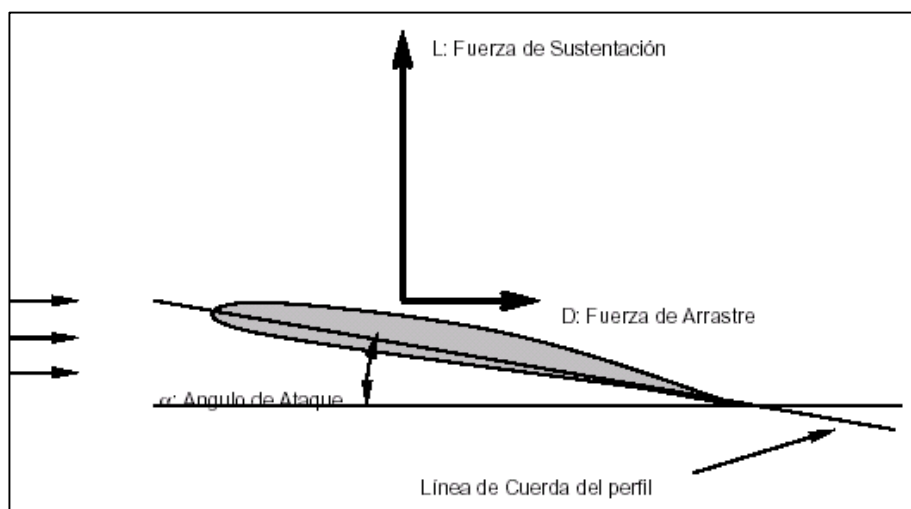
Figura 3.3 Diagrama de rendimiento de conversión de la energía del viento. Fuente: Boletín Energético N° 13, CAMMESA.

### 3.2 Aspectos Aerodinámicos

El conocimiento de los aspectos aerodinámicos básicos es de fundamental importancia, no sólo para calcular la eficiencia aerodinámica real de una

turbina, sino para conocer los principios básicos de su control.

En términos físicos, la fuerza que el aire ejerce sobre las aspas de una turbina, se produce por cambios en la velocidad y dirección del flujo alrededor de las mismas. Las variaciones de velocidad del aire provocan cambios de presión alrededor de las aspas y estas diferencias de presión son lo que producen la fuerza aerodinámica.



**Figura 3.4 .Fuerzas principales sobre un perfil alar. El Angulo de Ataque ( $\alpha$ ) es el formado por la línea de cuerda del perfil aerodinámico y la dirección del viento que incide. Fuente: Beljansky, 2010.**

La fuerza aerodinámica total es la suma vectorial de la fuerza de Sustentación (L: Lift) y de Arrastre (D: Drag). Diferentes formas aerodinámicas tendrán características distintas según la composición de dichas fuerzas. Guía para la utilización de la energía eólica para generación eléctrica, (UPME 2003 en Beljansky, 2010) El principio de operación de las turbinas de eje horizontal se basa en el fenómeno aerodinámico de sustentación que se presenta en álabes y formas aerodinámicas, tal como sucede con los perfiles de las alas de los aviones y representado en la Figura 3.4).

### 3.3 Curvas de Potencia y el viento

La curva de potencia de un generador eólico se ilustra en un esquema que indica cuál será la potencia eléctrica disponible en el aerogenerador a diferentes velocidades del viento. Dicha curva de potencia es propia para cada tipo de aerogenerador. A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 3.5 la curva de potencia para un aerogenerador IMPSA IWP-70.

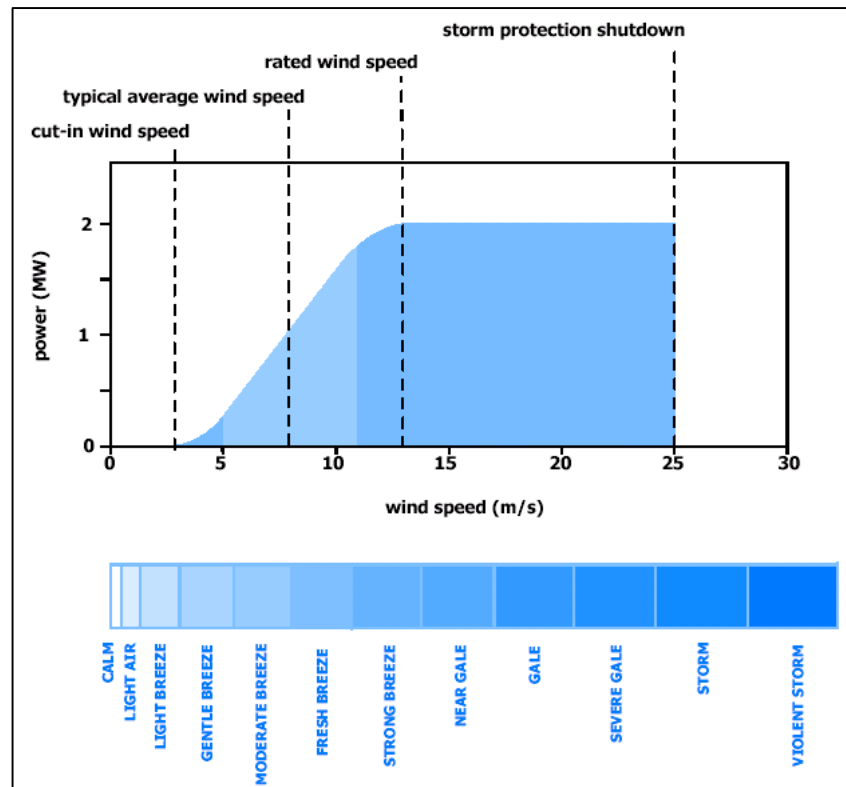


Figura 3.5. Curva de potencia del aerogenerador IMPSA IWP-70. Fuente: Waimam, 2011.

Las curvas de potencia se obtienen a partir de mediciones realizadas en túneles de viento o en campo, dónde un anemómetro es situado sobre un mástil relativamente cerca del aerogenerador. Como es difícil realizar medidas exactas de la propia velocidad del viento, las curvas de potencia pueden tener errores hasta de  $\pm 10\%$  incluso en curvas certificadas. Están basadas en medidas realizadas en zonas de baja intensidad de turbulencias, y con el viento viniendo directamente hacia la parte delantera de la turbina. Las turbulencias locales y los terrenos complejos pueden implicar que ráfagas de viento golpeen el rotor desde diversas direcciones. Por lo tanto, puede ser difícil reproducir exactamente la curva en una localización cualquiera dada.

La curva de potencia posee varias regiones de funcionamiento características (Figura 3.6):

1. Cut-in-Speed: cuando el viento supera la velocidad mínima, la máquina comienza a suministrar potencia, en el ejemplo de las Figuras 3.5 y 3.6 ese valores 3m/s.
2. Cut-in-speed hasta Rated Wind Speed: es la zona típica de funcionamiento, en donde la potencia aumenta en la medida que se incrementa la velocidad del viento, hasta que éste alcanza la velocidad nominal de la turbina (rated speed) que se corresponde con la potencia nominal del generador. En las Figuras 3.5 y 3.6 ese valor corresponde a 13m/s.
3. Rated wind speed hasta Storm Protection Shut Down: para velocidades superiores los sistemas de control mantienen constante la potencia, evitando una sobrecarga en la turbina y en el generador. Al llegar a los 25 m/s de velocidad de viento, los sistemas de control hacen que el rotor se detenga en forma paulatina.



**Figura 3.6. Regiones de funcionamientos dentro de la curva de potencia. Fuente: Bejjansky, 2010.**

Entendiendo que la distribución de frecuencia del viento es la duración en el tiempo de una velocidad de encontrarse entre dos velocidades ( $V$  y  $V + \Delta V$ ), en consecuencia la multiplicación (integración) de la distribución de frecuencia para cada rango de velocidad de viento y la curva de potencia eléctrica produce la curva de energía eléctrica (Figura 3.7). El área bajo la curva de integración corresponde a la generación anual (Bejjansky, 2010).

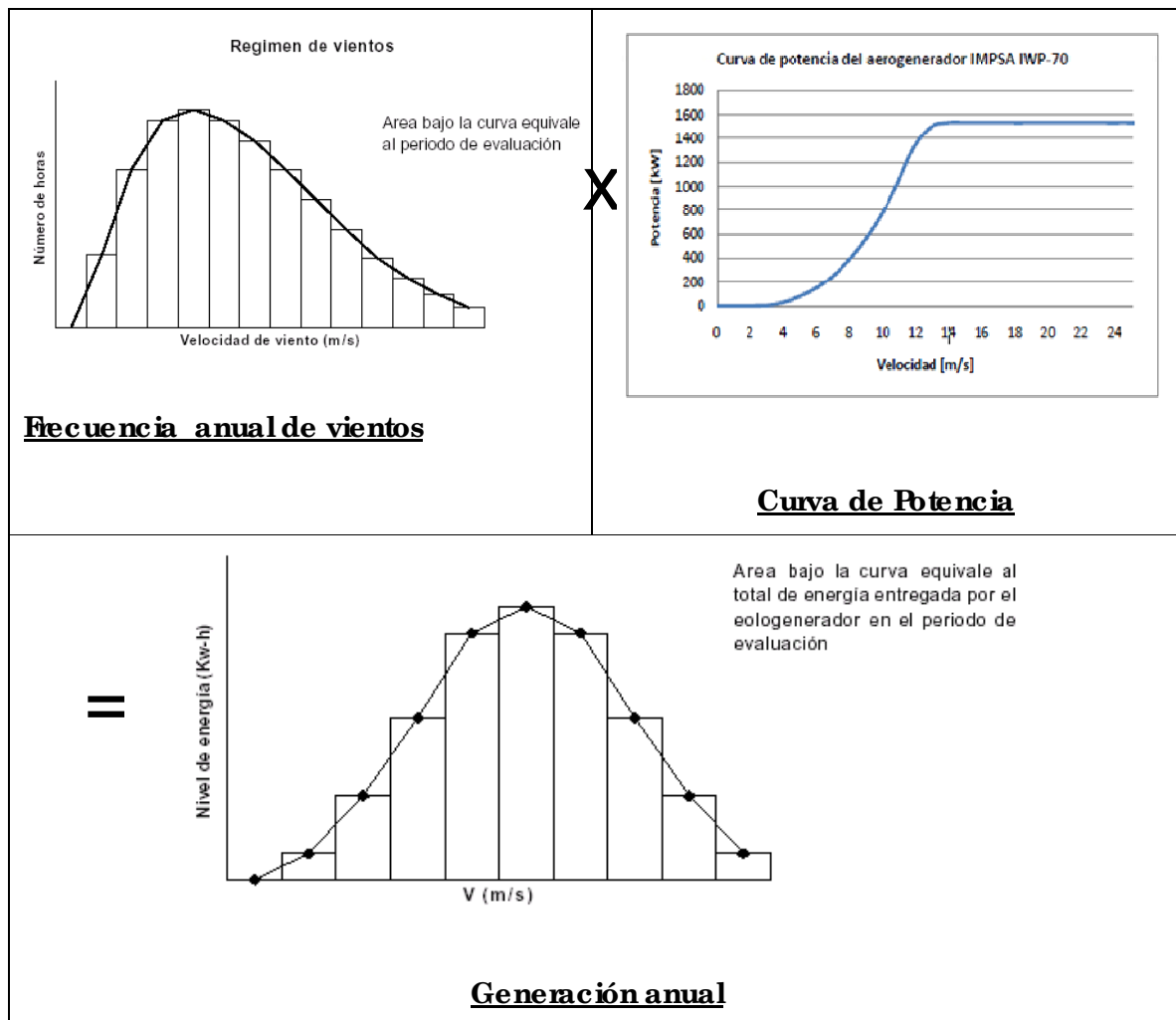
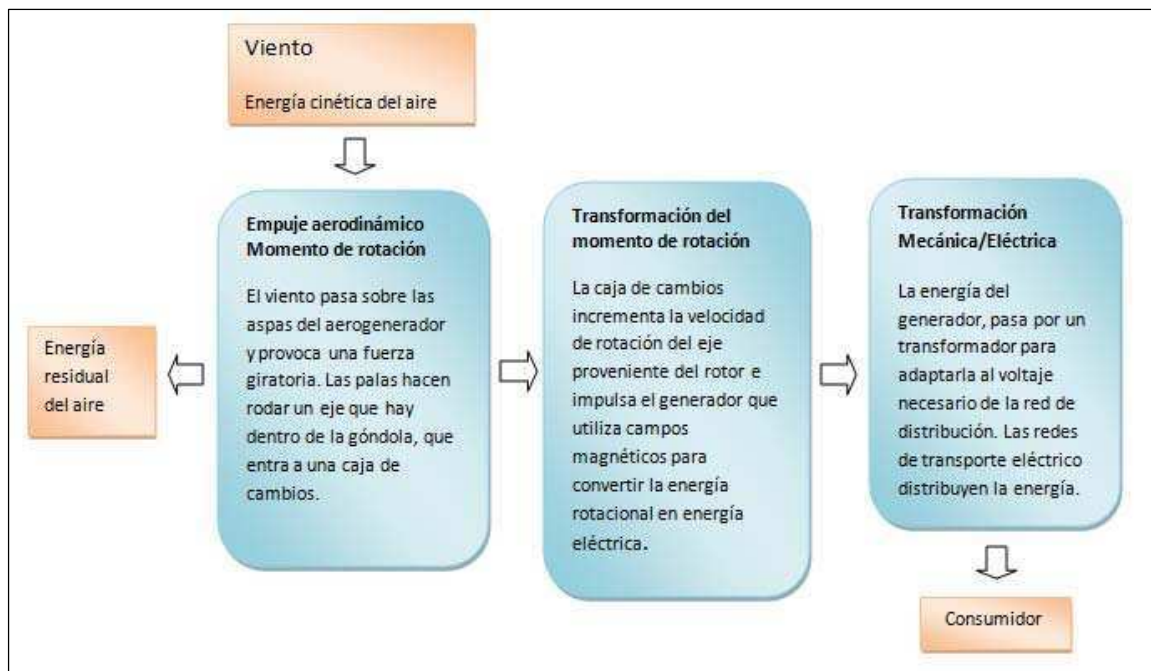


Figura 3.7. Cálculo de la energía anual producida por un aerogenerador. Fuente: Beljansky, 2010.

### 3.4 Tecnologías de generadores eólicos

La tecnología que envuelve la conversión de la energía del viento consta de las siguientes etapas:



**Figura 3.8 .Diagrama de conversión de la energía del viento. Elaboración propia.**

### 3.4.1 Tipo de Turbinas: disposición eje

Las turbinas eólicas pueden clasificarse en función de que el eje de rotación de las palas sea horizontal o vertical.

1. Los sistemas de eje horizontal, se subdividen en turbinas de baja velocidad (muchas aspas) o de alta velocidad (pocas aspas). Son las más ampliamente utilizadas, por lo que serán las tratadas en esta tesis (Figura 3.9.a).
2. Los sistemas de eje vertical, se subdividen de la misma forma que las de eje horizontal y si bien no son muy comunes, en los últimos años han adquirido importancia creciente. (Figura 3.6.b).



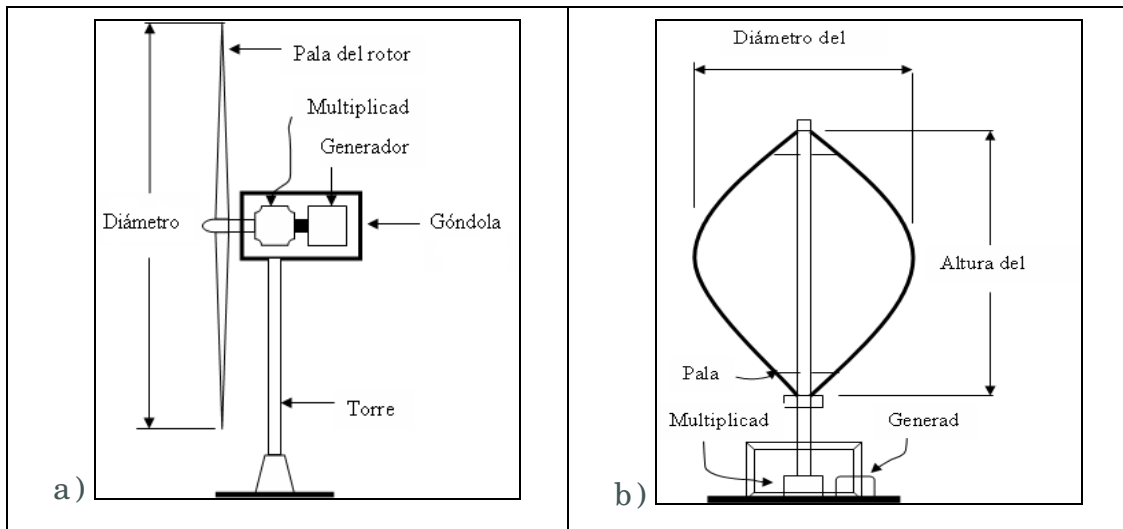


Figura 3.9 Turbinas de eje horizontal (a) y vertical (b).

### 3.4.2 Tipo de Turbinas: palas paso variable y paso fijo

Los diseños actuales de aerogeneradores se pueden clasificar en aquellos de pala de paso fijo y de pala de paso variable:

1. Palas de Paso fijo: presentan un ángulo de inclinación de la pala constante cara al viento. Sus ventajas fundamentales son la simplicidad del equipo y costo, por lo que se utilizan mayoritariamente en sistemas de baja potencia.
2. Palas de Paso variable: permiten adaptar la inclinación de pala en función de la velocidad del viento, rotando alrededor del eje longitudinal, modificando por lo tanto las propiedades aerodinámicas frente al viento incidente. Se emplean en los sistemas de alta potencia, ya que es rentable instalar un mecanismo de giro de inclinación de las palas, a pesar de la mayor complejidad y costo del equipo, además presenta ventajas como la optimización del aprovechamiento de la energía del viento en todo el rango de velocidades, menores cargas mecánicas sobre las palas y el resto

del aerogenerador, disminuye el ruido a altas velocidades de viento, entre otras.

### 3.4.3 Componentes de un generador eólico

La Figura 3.10 muestra un esquema de los componentes típicos externos e internos de un generador eólico:

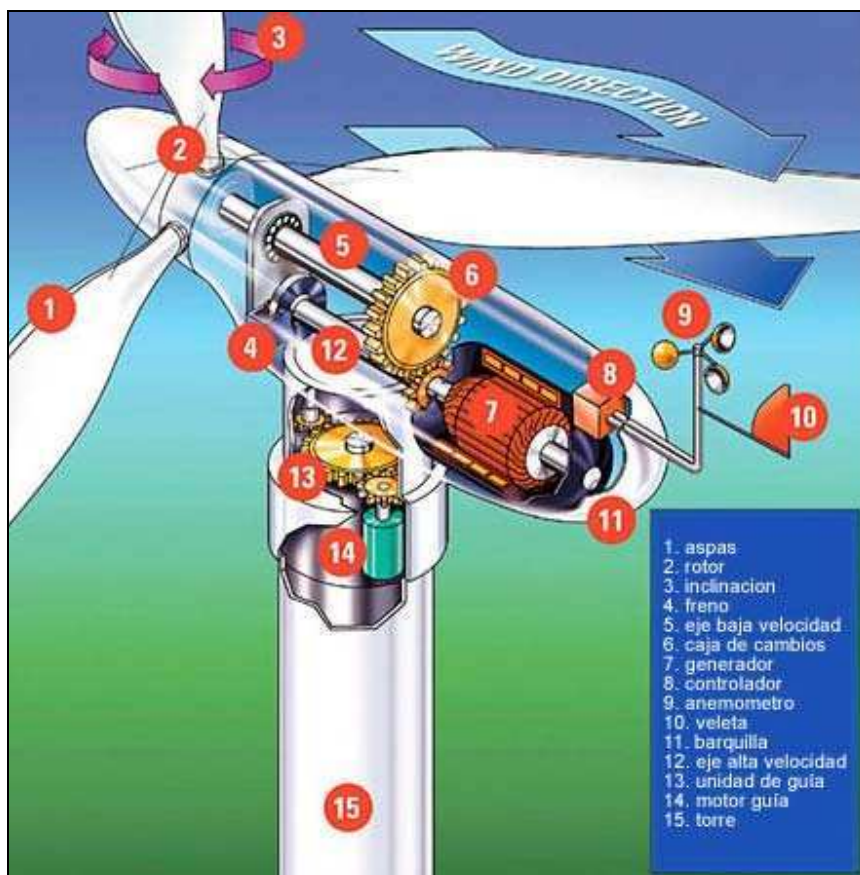


Figura 3.10 Componentes básicos de un generador eólico. Fuente: WWEA, 2012.

La fundación: la torre soportará todo el empuje del viento sobre el molino y el viento por ráfagas, dependiendo del lugar puede llegar, a 20 o 25 m/s, por lo que para garantizar la estabilidad y vida útil de la turbina se requiere

de una base de buena calidad y ubicación de la cimentación.

La torre (15): Soporta la góndola y el rotor. Hoy en día suelen ser tubulares de acero. Las torres de perfiles de acero soldados son más económicas, pero han dejado de usarse por estética y por ser más incómodas e inseguras para los trabajadores. Las alturas de torres típicas son:

- 40-65 m:  $\approx$  600 kW; diámetro rotor entre 40 y 65 m
- 65-114 m: 1,5 a 2 MW; diámetro rotor 70 m
- 120-130 m: 4,5 a 6 MW; diámetro rotor 112 a 126m

Rotor(2): Conjunto formado por las palas y el buje que las une. Transforma la energía cinética del viento en energía mecánica. Cuanto mayor sea el área barrida del rotor mayor será la producción. Los rotors pueden ser de paso variable (que permiten girar sobre sí mismas a las palas) o de paso fijo (en el que no pueden girar). También puede ser de velocidad variable (cuando la velocidad de giro del rotor es variable) o constante.

Las palas o aspas (1): La mayoría de las turbinas cuentan con tres palas. Y suelen ser de poliéster o epoxy reforzado con fibra de vidrio. También se emplea fibra de carbono.

Góndola o hub: En su interior se encuentran los diferentes dispositivos que transforman la energía mecánica del rotor en energía eléctrica. Además, en su exterior cuentan con un anemómetro y una veleta que facilitan información continua a todo el sistema para su control. Dentro del hub se encuentran:

- *Caja Multiplicadora (6)*: Multiplica la velocidad de giro que llega del rotor para adaptarla a las necesidades del generador. El movimiento de

- giro de los aerogeneradores suele ser bastante lento. El multiplicador aumentará esta velocidad hasta las 1.500 rpm (generador de 4 polos)
- *Generador (7)*: Transforma la energía mecánica en energía eléctrica.
  - *Controlador electrónico (8)*: Un ordenador controla continuamente las condiciones de funcionamiento del aerogenerador mediante el análisis de las señales captadas por múltiples sensores que miden temperaturas, presiones, velocidad y dirección del viento, tensiones e intensidades eléctricas, vibraciones.
  - *Sistemas hidráulicos*: Elementos auxiliares que permiten el accionamiento del giro de las palas sobre su eje, así como el frenado del rotor el giro y frenado de la góndola.
  - *Sistema de orientación*: Los aerogeneradores disponen de un sistema de orientación que, con ayuda de los datos recogidos por la veleta, coloca siempre el rotor de manera perpendicular al viento.

Transformador: se encuentra sobre la base de la torre y eleva la tensión obtenida en los bornes del generador para su transporte hasta la subestación o sistema más cercano.

#### **3.4.4 Sistema Generador**

Las turbinas eólicas pueden ser diseñadas tanto con generadores sincrónicos como asincrónicos, y con varias formas de conexión directa o conexión indirecta del generador a la red. Las formas más comunes de generación eléctrica en los generadores eólicos comerciales son: de velocidad de generación eólica fija con conexión directa, de inducción (asincrónico), con generador sincrónico y velocidad variable con generador de doble inducción. La estructura del aerogenerador de

velocidad fija es básicamente un sistema multiplicador y un generador asíncrono directamente acoplado a la red por su estator (la que le fija la frecuencia), con unas baterías de condensadores para compensar la energía reactiva que demanda. La mayoría de los aerogeneradores de gran potencia que operan hoy en día en parques eólicos son de este tipo. Incorporan un generador asíncrono de rotor estándar (jaula de ardilla), el más económico de todos. (World Wind Energy Association y “Guía para la utilización de la energía eólica para generación eléctrica, UPME 2003 en Beljansky, 2010).

### **3.4.5 Sistemas de Control**

Los sistemas de control y controladores electrónicos de potencia que regulan el suministro de potencia para una aplicación requerida, son una pieza fundamental en el diseño de un generador eólico. Los sistemas de control de un generador eólico tienen por función:

- Mantener el rotor eólico dentro de un margen preestablecido de condiciones de operación,
- Limitar la velocidad de rotación, especialmente en condiciones de alta intensidad de viento
- Mantener el rotor enfrentado al viento
- Limitar el momento-par transmitido, la potencia suministrada al sistema de carga y las cargas de empuje ejercidas sobre el rotor.
- Mantener los parámetros eléctricos dentro de los límites preestablecidos

Se han desarrollado diversos tipos de controles, entre los cuales están los sistemas de protección para velocidades de desbrote, los sistemas sencillos de control y protección en tormentas y los sistemas de control

rápido.

Generalmente la limitación de potencia eléctrica se logra con sistemas pasivos de control, con el diseño de las palas del rotor las cuales, en algunos casos, son flexibles torsionalmente y las puntas de las palas pueden deformarse actuando como frenos aerodinámicos para limitar la velocidad de rotación.

### **3.4.6 Control de Potencia**

Los aerogeneradores están generalmente diseñados para rendir al máximo a velocidades alrededor de 15 m/s. En el caso de vientos más fuertes es necesario emplear parte del exceso de la energía del viento para evitar daños en el aerogenerador. En consecuencia, todos los aerogeneradores están diseñados con algún tipo de control de potencia. Hay dos formas de hacerlo con seguridad en los modelos aerogeneradores:

- "Pitch controlled": por cambio del ángulo de paso, o de regulación activa, donde el controlador envía una orden al mecanismo de cambio del ángulo de paso, que inmediatamente hace girar las palas del rotor ligeramente fuera del viento. Y a la inversa, las palas son vueltas hacia el viento cuando éste disminuye de nuevo.
- "Stall controlled": por pérdida aerodinámica, o de regulación pasiva, donde las palas del rotor unidas al buje en un ángulo fijo. Sin embargo, el perfil de la pala ha sido aerodinámicamente diseñado para asegurar que, en el momento en que la velocidad del viento sea demasiado alta, se creará turbulencia en la parte de la pala que no da al viento, provocando pérdida de sustentación y evitando que la fuerza ascensional de la pala actúe sobre el rotor.

### **3.5 Densidad de aerogeneradores en un parque eólico**

Para determinar la ubicación de los parques eólicos, hay que tener en cuenta que no todas las regiones presentan vientos en cantidad y calidad suficiente como para ser utilizado en forma rentable y competitiva, pero también se debe determinar la densidad de turbinas por  $\text{km}^2$  para minimizar las condiciones de turbulencia internas del parque eólico. Para lograr el máximo rendimiento de los recursos eólicos, las turbinas deben alinearse de forma perpendicular a la dirección predominante de los vientos. Además, la rotación de las aspas de la turbina y la torre de apoyo provocan turbulencia en la dirección en que avanza el viento. Por esta razón, el espaciamiento de turbinas para evitar efectos de turbulencia es generalmente representado en función del diámetro de rotor. Existen varios criterios para el espaciamiento:

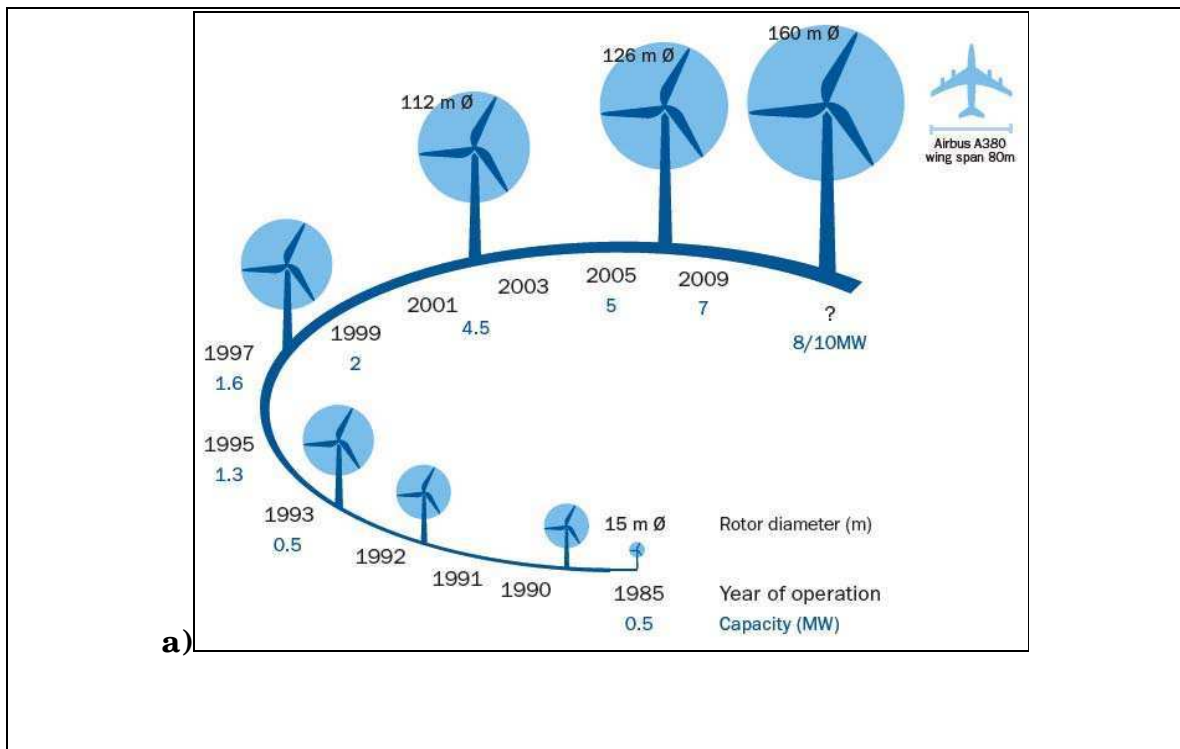
- IDAE (España): Generalmente se superan los 2,5 diámetros del rotor para aerogeneradores situados en una misma hilera y los 7,5 diámetros para aerogeneradores de hileras paralelas.
- Cada turbina ocupa un área rectangular de 4 por 7 diámetros. ( $4D \times 7D = 28 D^2$ ) (Bejjansky, 2010).

### **3.6 Tendencias futuras**

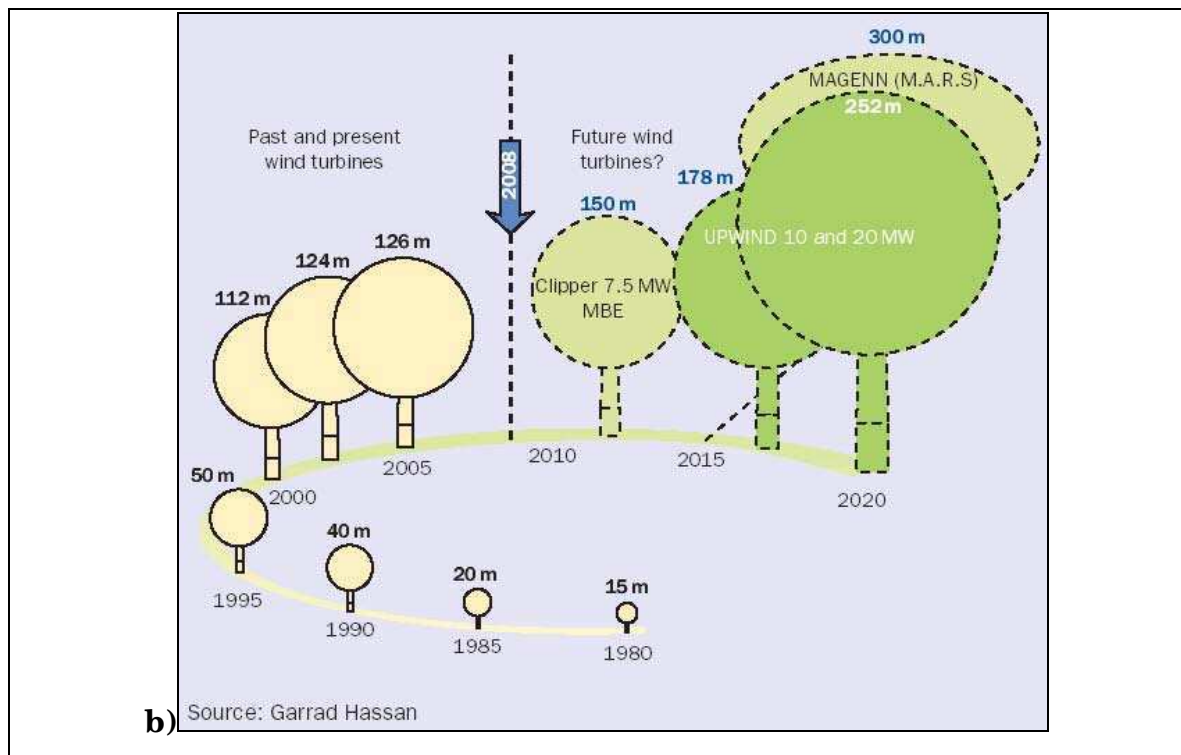
- Las tendencias futuras en relación a la tecnología de generación eólica plantea cambios relacionados con mayor eficiencia de las turbinas, con las potencias actuales y también con mayores, lo que implicará un aumento del diámetro y la altura del aerogenerador. Por lo anterior, se considera que será más problemático el tema de la logística y de transporte. La Figura 3.11a, muestra cómo fue la evolución del aumento de la capacidad de producción de energía y su relación con el

aumento del diámetro del rotor de 15 m en 1985 hasta alcanzar los 160 m en 2009.

Para el año 2020 se estima que se habrán desarrollado turbinas de 20 MW de potencia, con rotores de más de 250 m de diámetro (Figura 3.11.b).







**Figura 3.11 .Evolución del tamaño y potencia turbinas eólicas (EWEA) a) pasadas y b) estimaciones futuras Fuente: Masters, G. M. Renewable and efficient electric power systems, John Wiley & Sons, New York, 2004 en Beljansky, 2010.**

### 3.7 La generación eólica y su interrelación con el sistema eléctrico

Los sistemas eléctricos de potencia están experimentando un gran cambio en su estructura con la incorporación de la producción eléctrica de las energías renovables. La generación eólica impacta negativamente en el sistema eléctrico en dos ámbitos: incrementos en los costos de operación y control del despacho, y sobre las redes como consecuencia de la introducción de perturbaciones. (Beljansky, 2010).

Con la excepción de su intermitencia, las características técnicas de la potencia eléctrica suministrada por un parque eólico moderno son comparables con aquellas suministradas por una central de generación convencional.

(<http://energia3.mec on.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/Insercion%20Eolica.pdf>, 2012).

Cuestiones como la influencia de los parques eólicos en la regulación de frecuencia y tensión, reserva del sistema, oscilaciones sincrónicas, huecos de tensión, etc., vienen siendo estudiados desde hace dos décadas. (Bejjansky, 2010).

Los principales efectos negativos de la generación eólica sobre el sistema eléctrico se deben fundamentalmente a la variabilidad del recurso eólico, cuyos efectos sobre el sistema son:

1. Aumento de variaciones de los flujos de potencia
2. Aumento de las reservas
3. Aumento significativo de las reservas lentas para regulación secundaria
4. Aumento de la incertidumbre en el despacho de unidades en reserva fría

Si la generación eólica se incrementa, se requiere más reserva de potencia debido a que dicha generación:

- Aumenta la variabilidad neta de la carga (minutos, horas, días)
- Aumenta la incertidumbre de la carga neta (horaria, diaria, semanal)
- Aumenta la incertidumbre en la producción energética

Mediante un preciso pronóstico del viento se puede obtener una significativa reducción de las reservas.

La previsibilidad de la generación eólica es una herramienta muy valiosa para la operación de un sistema electro energético. Ante una menor producción eólica, se requiere el empleo de las Reservas de Corto Plazo, con posibilidad de que se reduzcan los márgenes de seguridad. En el caso de mayor energía eólica no pronosticada, la misma desplaza energía con capacidad de almacenamiento, por ejemplo hidroeléctrica, o se deben quitar de servicio unidades de bajos costos de arranque y parada.

Los modelos de predicción eólicos colaboran en la reducción de los costos operativos, disminuyendo los requerimientos de reserva.

### **3.8 Conclusiones parciales**

-La producción de energía eólica está determinada por las características propias de cada tipo de aerogenerador que permiten extraer cierta cantidad de energía. Sin embargo, independientemente del aerogenerador, no toda la potencia contenida en el viento puede ser extraída, ya que el flujo de aire no perturbado experimenta una reducción en la velocidad al atravesar las aspas debido a la presencia de la turbina.

-El "Coeficiente de Betz", plantea que la máxima potencia extraíble del viento es  $16/27 = 59,3\%$ . En la práctica la fracción de potencia extraída será siempre menor debido a imperfecciones. Una buena fracción es 35-40 % de la potencia del aire bajo óptimas condiciones, aunque se han alcanzado valores superiores al 50%.

-La potencia eléctrica disponible para cada tipo de aerogenerador a diferentes velocidades del viento se representa en una curva de potencia. Esta curva posee varias regiones de funcionamiento características, la primera conocida como Cut-in-Speed y se da cuando el viento supera la velocidad mínima. La segunda es Cut-in-speed hasta Rated Wind Speed, y

es la zona típica de funcionamiento, en donde la potencia aumenta en la medida que se incrementa la velocidad del viento, hasta que éste alcanza la velocidad nominal de la turbina (rated speed) que corresponde con la potencia nominal del generador. La tercera es Rated wind speed hasta Storm Protection Shut Down, para velocidades superiores los sistemas de control mantienen constante la potencia, evitando una sobrecarga en la turbina y el generador.

-La integración de la distribución de frecuencia para cada rango de velocidad de viento y la curva de potencia eléctrica produce la curva de energía eléctrica, el área bajo la curva de integración corresponde a la generación anual.

-En cuanto a la estructura del aerogenerador, estos se clasifican en dos tipos en función de que el eje de rotación de las palas sea horizontal y vertical, los primeros son las más ampliamente utilizadas. En cuanto a las turbinas también está las de paso fijo y variable, estas últimas son las de mayor complejidad y mayor optimización de energía. El sistema generador puede ser sincrónicos o asincrónicos, y con varias formas de conexión directa o conexión indirecta del generador a la red, la mayoría de los que operan son asincrónicos. Todos los aerogeneradores emplean algún tipo de control de potencia para el caso de vientos fuertes por lo general superiores a 15 m/s, ya que es necesario emplear parte del exceso de la energía del viento para evitar daños.

-Las tendencias futuras en tecnología de generación eólica plantea mayor eficiencia de las turbinas, con las potencias actuales y también con mayores, lo que implicará un aumento del diámetro y la altura del aerogenerador. Para el año 2020 se estima que se habrán desarrollado turbinas de 20 MW de potencia, con rotores de más de 250 m de diámetro.

-La generación eólica impacta negativamente en el sistema eléctrico en dos ámbitos: incrementos en los costos de operación y control del despacho, y sobre las redes como consecuencia de la introducción de perturbaciones. La influencia de los parques eólicos en la regulación de frecuencia y tensión, reserva del sistema, oscilaciones sincrónicas, huecos de tensión, etc., vienen siendo estudiados desde hace dos décadas.

## **Capítulo 4. Impactos ambientales de la energía eólica**

Los beneficios de la utilización de energía eólica son múltiples, se trata de un recurso extremadamente limpio, totalmente renovable y económicamente muy competitivo. Sin embargo, también tiene algunos impactos adversos que deben ser considerados a la hora de la elección de la ubicación del parque eólico. A continuación se presentan estos aspectos.

### **4.1 Beneficios de la energía eólica**

#### **4.1.1 Reducción de emisiones**

El sector energético representa aproximadamente el 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, y alrededor del 25% de las emisiones globales. (<http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Wind-climate-fact-sheet-low-res.pdf>, 2008). Para lograr una reducción notable de emisiones antes del 2020, como lo sugiere el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), este sector tiene básicamente tres opciones: la eficiencia energética y la conservación, el cambio de combustibles de carbón a gas y las energías renovables, una de ellas es la eólica. Uno de los mayores beneficios que provee ésta energía es evitar emisiones a la atmósfera de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y material particulado, generados en el uso de fuentes de energía convencionales (fósiles).

La producción de energía eólica en sí misma no emite los contaminantes anteriormente mencionados, que en las ciudades, representan costos para la salud y daños a las infraestructuras. Sin embargo durante la fabricación, transporte, montaje, operación y final

desmantelamiento de turbinas, torres, palas y demás instalaciones se generan emisiones de dióxido de carbono, aunque en cantidades mínimas en comparación a otras fuentes (Tabla 4.1). La fase de fabricación concentra aproximadamente el 90% de dichas emisiones.

Fuentes	Tn-CO <sub>2</sub> /MWh
Carbón Mineral (Pulverizado)	0,9
Fuel Oil (Turbo Vapor)	0,66
Diesel (Ciclo Combinado)	0,41
Gas Natural (Ciclo Combinado)	0,34
Eólico	0,01

**Tabla 4.1. Factores de emisión de CO<sub>2</sub> en generación eléctrica. Fuente: CADER, 2009.**

El valor de 0.01 toneladas de CO<sub>2</sub>/MWh emitidas por fuente eólica, (Tabla 4.1) se calculó sobre los datos de la turbina Vestas V80 2 MW10 con consumo energético de 3,6 GWh en el ciclo de vida. Para generar esta turbina, se requirió una mezcla de combustibles fósiles, energía nuclear y renovable con un factor de emisión promedio de 0,5 ton-CO<sub>2</sub>/MWh. Este volumen de emisiones se dividió luego entre la energía generada a lo largo de su vida útil de 20 años funcionando a un Factor de Capacidad del 40%, 140 GWh (CADER, 2009). El período de repago energético, o Energy Pay-Back, es decir el tiempo necesario para que una turbina genere una cantidad de energía igual a la que ella utiliza durante su ciclo de vida, para este caso es de apenas 6 meses. En otras palabras, una turbina eólica genera en aproximadamente 6 meses la misma cantidad de energía que se utilizó en su fabricación, instalación, operación, montaje y desmantelamiento, para funcionar por el resto de su vida útil de 20 años libre de carbono.

Para 2020, la energía eólica podría ahorrar hasta 1,5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, lo que suman más de 10 millones de toneladas en este período de tiempo (2012-2020). La energía eólica puede cubrir hasta el 30% de la electricidad del mundo a mediados de siglo XXI (<http://www.gwec.net>, 2012).

#### **4.1.2 Otros beneficios ambientales**

La energía eólica evita los numerosos problemas asociados con el descubrimiento y la explotación de combustibles fósiles, las muertes por la minería, la destrucción masiva de la minería a cielo abierto, los derrames de combustible, molestias derivadas la perforación de pozos, estaciones de compresores ruidosos y pozos de aguas residuales, que pone en peligro los hábitats de vida silvestre.

En cuanto a la salud, de acuerdo al departamento de medio ambiente del gobierno canadiense, la contaminación del aire causa un estimado de 5.000 muertes prematuras al año en ese país, donde cerca del 12% del smog es el resultado de la quema de combustibles fósiles para producir electricidad. ([www.gwec.net](http://www.gwec.net), 2012).

#### **4.1.3 Desarrollo Económico y Social**

Uno de los principales beneficios de la energía eólica es su aporte al desarrollo de las economías regionales, en efecto, la mayoría de los emprendimientos eólicos se encuentran emplazados fuera de las grandes ciudades y permiten contar con una actividad económica adicional a las tradicionales y es altamente demandante de mano de obra.



En el caso de Argentina el desarrollo descentralizado adquiere aún más relevancia porque se daría principalmente fuera de las áreas tradicionalmente agrícola-ganaderas o de las zonas centrales del país, como son las regiones más áridas de la Patagonia.

Las actividades de desarrollo de proyectos, fabricación de aerogeneradores y sus componentes, instalación, operación y mantenimiento de parques eólicos requieren de mano de obra altamente especializada. Sin embargo, una vez instalados, los aerogeneradores no crearán demasiados puestos de trabajo, porque requieren de poco mantenimiento, aunque en algunas poblaciones de Argentina estos empleos pueden ser muy representativos al tratarse por ejemplo de áreas rurales muy alejadas.

Los mayores beneficios que un parque eólico entrega a los municipios o comunidades cercanas son por concepto de impuestos (actividades económicas, bienes inmuebles), concesión de licencias municipales y alquiler de los terrenos donde se emplazan los aerogeneradores.

El despliegue de la energía eólica se da en meses y los ingresos se obtienen tan pronto como los primeros aerogeneradores están conectados a la red, en comparación con la construcción de una central eléctrica convencional que puede tardar 10, 12 años o más, y hasta que se haya concluido, inicia la entrega energética.

La producción de energía eólica, proporciona una respuesta sostenible a la creciente preocupación sobre la seguridad del abastecimiento energético y los volátiles precios de los combustibles fósiles.

En caso de cumplirse las proyecciones de instalación de energía eólica de la Secretaría de Energía (1.250 MW hasta 2016), se estima que la energía eólica podría abastecer con energía limpia el consumo de cerca de un millón de hogares argentinos.

En países con industrias eólicas desarrolladas, la incidencia de éstas ayuda a abaratar el costo que los ciudadanos pagan por la energía en general ya que reemplaza generación con combustibles líquidos (generalmente caros y en muchos casos importados) y tecnologías menos eficientes.

En España, por ejemplo, la generación eólica efectiva del año 2007 alcanzó los 27 TWh (11% del total). En la hipótesis de que se hubiesen requerido combustibles fósiles para generar la misma cantidad de energía eléctrica aportada por la eólica, dichos combustibles habrían tenido en 2007 un costo de € 1.000 millones o 37 €/MWh (este costo se habría más que duplicado en 2008 con las pronunciadas subas experimentadas en el precio del petróleo). Asimismo, la generación eólica permitió evitar la emisión de 18 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (con un valor de mercado de € 360 millones), 11 mil toneladas de NO<sub>x</sub> y 34 mil toneladas de SO<sub>2</sub>. Considerando que España durante 2007 pagó incentivos a generadores eólicos por un monto de € 990 millones, surge que en realidad el sistema en su conjunto experimentó un ahorro de € 370 millones (14 €/MWh), (CADER, 2009).

Además, la utilización eficaz del recurso eólico garantiza la diversificación de la matriz energética, ayuda a evitar factores de dependencia geopolítica y promueve la estabilización de los precios pagados por energía en el largo plazo, favoreciendo la previsibilidad económica.

## **4.2 Impactos ambientales adversos de la energía eólica**

A pesar del innegable valor de la energía eólica como herramienta para luchar contra el cambio climático, su producción no está exenta de consecuencias negativas, tanto para la sociedad como para la conservación de la naturaleza. Es evidente que con la rápida aparición de parques eólicos a lo largo de Argentina, muchos de éstos, no cuentan una adecuada planificación y seguimiento, lo que podría generar un incremento de los efectos ambientales negativos.

Cuando se habla de los impactos de un parque eólico, es importante estimar la magnitud e intensidad de los mismos, ya que pueden ser mayores o menores dependiendo de la magnitud geográfica de construcción, el número, tamaño y configuración de turbinas, magnitud de la excavación, remoción de vegetación y otras perturbaciones involucradas en la preparación del sitio.

Dichos impactos se producen en todas las fases del proceso, tanto en la construcción de las instalaciones y del tendido eléctrico asociado, como en las fases de explotación y desmantelamiento como se indican en la Tabla 4.2.

Impacto	Fase
Pérdida directa de hábitat (por ejemplo, por cableado, amares) y asociados a los impactos biológicos (por ejemplo, pérdida de la alimento o hábitat de reproducción en el caso de las aves)	c/o
Daño a los hábitats (por ejemplo, los caminos de acceso, cableado) y a las especies (por ejemplo, reducción de diversidad de especies, pérdida de alimento, hábitat de reproducción, cambios en los regímenes de manejo de ganado)	p/c/o/d
Interferencia en procesos geológicos, geomorfológicos (por ejemplo, procesos de ladera)	c/o
Interferencia con los procesos hidrológicos (por ejemplo, aumento de la escorrentía de los sitios de las tierras altas, erosión de las tuberías)	c/o
Interferencia con los procesos costeros (por ejemplo, mayor erosión)	c/o
Alteración de las especies móviles (por ejemplo, mamíferos, aves, peces, incluida la migración, alimentación, reproducción)  i) Los efectos de sombra de las palas  ii) Nivel de ruido  iii) las vibraciones	i) o  ii) c/o/d  iii) c/o
Colisión de aves	O

Por Infraestructura asociada, incluyendo :	i) p/c/o/d
i) Acceso (pistas o caminos, amares)	ii) c/o/d
ii) Centro de Visitantes (perturbación)	iii) c/o
iii) Las líneas eléctricas aéreas	
Movimiento vehículos (perturbación)	p/c/o/d
<p><b>p</b> = pre-construcción, <b>c</b> = fase de construcción, <b>o</b> = fase de operación,  <b>d</b> = desmantelamiento</p>	

**Tabla 4.2 Lista de posibles impactos de importancia para la conservación de la naturaleza.**  
**Fuente: Basado en Wind farm development and nature conservation, 2001.**

#### **4.2.1 Impactos sobre la fauna**

Se ha demostrado que los grupos faunísticos más afectados son las aves y los murciélagos, sin embargo otros grupos como mamíferos también pueden verse afectados. Debido a los alcances de esta Tesis, se dará relevancia a los impactos relacionados con las aves.

La ubicación de un parque eólico es de importancia crítica para determinar la probabilidad de impactos negativos sobre las aves. Éstos deben ser ubicados, diseñados y gestionados de manera que no tengan impactos adversos significativos sobre aves de reconocida importancia nacional o internacional, o sobre sus hábitats. Como mínimo, los proyectos de energía eólica deben evitar áreas de biodiversidad excepcional, tales como las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS) y otro tipo de áreas protegidas. Debe prestarse especial atención a los parques eólicos ubicados en rutas migratorias.

Cualquier proyecto de energía eólica debería formar parte de un marco global de planificación estratégica (a nivel nacional), que incluya “mapas de sensibilidad” de la biodiversidad y evaluaciones de impacto ambiental de alta calidad preparadas a nivel de plan y proyecto. ([http://www.birdlife.org/climate\\_change/pdfs/CambioClimatico.pdf](http://www.birdlife.org/climate_change/pdfs/CambioClimatico.pdf), 2008).

## **4.2.2 Tipos de impactos a la avifauna**

### **4.2.2.1 Impactos directos**

Se refiere específicamente a las colisiones de aves y murciélagos con las palas de la turbina, torres meteorológicas y cables tensores. Los posibles impactos directos se determinan mediante la revisión de todos los datos antes de la instalación de aerogeneradores y permite evaluar las especies que pueden chocar con turbinas y que factores no biológicos (tales como topografía, clima, y el diseño de la turbina) podría contribuir a algún riesgo. La presencia de especies con estado especial en las áreas donde se pueden poner en riesgo es suficiente para determinar que existen impactos potenciales. (California guidelines for reducing impacts to birds and bats from wind energy development, 2007).

### **4.2.2.2 Impactos indirectos**

Se refiere a la alteración de las poblaciones locales y el desplazamiento posterior o evitación del sitio y la interrupción de patrones de migración o movimiento por parte de las aves (NWCC, 2004 en California guidelines for reducing impacts to birds and bats from wind energy development, 2007). Varios estudios han sido publicados o están en curso sobre los efectos de

desplazamiento y evitación de los aerogeneradores e infraestructura asociada, algunos de éstos han documentado la disminución de la densidad poblacional y evasión en función de la distancia a los aerogeneradores y las carreteras (Leddy et al, 1999; Erickson et al, 2003; Schmidt et al, 2003 en California guidelines for reducing impacts to birds and bats from wind energy development, 2007).

Los impactos indirectos también pueden resultar de las actividades de construcción y operación, así como los cambios en el uso de la tierra (por ejemplo, cambios en las prácticas de pastoreo, la alteración de los suelos, o la introducción de plantas que atraen presas como insectos y pequeños mamíferos. Estas presas pueden, a su vez atraer a las aves rapaces, aves insectívoras y murciélagos a la zona de turbinas y ponerlos en mayor riesgo de colisión. (California guidelines for reducing impacts to birds and bats from wind energy development, 2007).

#### **4.2.2.3 Impactos acumulativos**

Se presentan cuando los impactos de un proyecto combinados con los de otros proyectos incrementan. También se presentan con la expansión de un solo parque eólico. (California guidelines for reducing impacts to birds and bats from wind energy development, 2007).

#### Determinación del efecto acumulativo

Sólo un estudio a largo plazo revela la tendencia del impacto que podría presentarse en las aves de alrededor del parque eólico, o que puede manifestarse en las poblaciones o subpoblaciones a cierta distancia, a través de cambios en la inmigración y emigración. Además, es difícil establecer un adecuado margen geográfico para un análisis de

impacto acumulativo, para asegurar la información general sobre los proyectos existentes y previstos, y para medir la contribución relativa de los impactos de un proyecto en comparación con los impactos que ya están ocurriendo. (California guidelines for reducing impacts to birds and bats from wind energy development, 2007).

Los impactos inmersos en las categorías anteriores se describen a continuación.

#### **4.2.2.4 Colisiones**

Las colisiones se dan cuando las aves o murciélagos no consiguen esquivar los aerogeneradores o líneas eléctricas de evacuación, siendo causa de mortalidad directa, así como de lesiones debido a la turbulencia que generan los rotores. Sus efectos son más evidentes y medibles, siendo uno de los motivos principales de preocupación a la hora de considerar los riesgos de los parques eólicos.

Aunque las aves colisionan con los aerogeneradores en algunos sitios, las modernas plantas de energía eólica son menos dañinas para las aves que muchos otros peligros. La muerte de las aves debido al desarrollo de la producción eólica nunca será más que una fracción muy pequeña de las causadas por otras actividades humanas. De acuerdo con el servicio de pesca y fauna de los Estados Unidos, las principales causas relacionadas con la muerte de aves en los Estados Unidos y su número estimado anual son: los gatos (39 millones), los edificios (hasta 976 millones), vehículos (60 millones), así como torres de comunicación (entre 4 y 5 millones aunque puede estar entre los 40 y 50 si se considera el impacto acumulativo),



líneas eléctricas (174 millones), pesticidas (72 millones) y rotores de turbinas eólicas (33 mil). (<http://www.fws.gov/birds/mortality-fact-sheet.pdf>, 2012)

Las aves pueden llegar a aprender a esquivar obstáculos que lleguen a su espacio como lo son las aspas de las turbinas y son capaces de seguir alimentándose y reproduciéndose, el problema ocurre cuando el sitio está en una ruta de migración, con grandes bandadas de aves que pasan por la zona, o la utilizan para la alimentación o anidación. (<http://www.gwec.net>, 2012).

Estudios hechos confirman que las tasas de colisión dependen fuertemente de los parámetros de evitación activa de los molinos por parte de las aves y las alturas de vuelo, además de otros factores como el número de aerogeneradores que las aves deben cruzar, la distancia entre ellos, el diseño de la turbina, iluminación, propiedades paisajísticas, número de aves volando, rutas migratorias, comportamiento y consideraciones de tipo meteorológico (Mateos et al, 2012).

Un factor importante para comprender las colisiones son las características del sentido de la visión en las aves. Las colisiones ocurren bajo condiciones de alta y baja visibilidad. Durante el vuelo las aves pueden girar sus cabezas tanto en inclinación como en orientación, ya sea con el campo binocular o con la parte lateral del campo visual del ojo. Este tipo de comportamiento es habitual y los resultados de estudios obtenidos en determinadas especies, incluyendo grullas, buitres y otras rapaces, demuestran que, al menos temporalmente, permanecen ciegas en la dirección de vuelo, lo que las hace particularmente vulnerables a las colisiones. Por otro lado, especies como garzas, patos y gansos tienen una cobertura visual ininterrumpida, incluso cuando inclinan sus cabezas, lo que hace que sean menos vulnerables a las colisiones.

Las aves probablemente emplean la visión lateral para detectar a otras aves, para la búsqueda de alimento y para detectar depredadores. Estos puntos pueden ser más importantes que mirar al frente durante el vuelo en el espacio aéreo abierto. Incluso cuando las aves miran al frente, es posible que no vean un obstáculo, ya que no pueden predecirlo; perceptualmente no tienen ningún 'aviso previo' para estructuras artificiales tales como edificios, líneas eléctricas o aerogeneradores.

Cada especie de ave puede volar sólo dentro de un rango limitado de velocidades y, por lo tanto, no pueden ajustar la velocidad en la que obtienen información visual de un entorno que supone un continuo desafío para los sentidos (poca visibilidad al amanecer y anochecer, lluvia, niebla, etc.). En otras palabras, las aves no pueden reducir la velocidad de viaje simplemente porque la visibilidad disminuya. (Graham, 2012).

De acuerdo a la información disponible sobre colisiones se puede hacer las siguientes aproximaciones:

-La tasa de mortalidad por aerogenerador y año varía entre 0,63 y 10 aves en Estados Unidos (NWCC, 2004). En España, varía entre 1,2 en Oíz (Vizkaya; Unamuno et al, 2005 en SEO/Bird life, 2008) y 64,26 en el Parque eólico El Perdón (Navarra; Leikona, 2001 en SEO/Bird life, 2008).

-Hay estudios que sugieren que la mortalidad de aves en los parques eólicos se correlaciona positivamente con la densidad de aves (Everaert, 2003, en SEO/Bird life, 2008).

-Las malas condiciones meteorológicas, principalmente los días nublados o con niebla, aumentan la mortalidad de aves (Kingsley y Whittam, 2007 en

SEO/Bird life, 2008), como ya ocurre con otro tipo de instalaciones humanas (Case et al., 1965; Seets y Bohlen, 1977; Elkins, 1988 en SEO/Bird life, 2008).

-Los aerogeneradores situados en los bordes de una alineación presentan un mayor riesgo de colisión, al evitar muchas aves pasar entre ellos (Orloff y Flannery, 1992; Dirksen et al., 1998 en SEO/Bird life, 2008). Los aerogeneradores tubulares parecen mostrar una menor mortalidad que los de celosía, sin embargo, no se han demostrado diferencias en la mortalidad de otros avances tecnológicos (Orloff y Flannery, 1992; Anderson et al., 2000 en SEO/Bird life, 2008).

-Parece que las aves invernantes tienen tasas de mortalidad superiores a las residentes (Kingsley y Whittam, 2007 en SEO/Bird life, 2008) y en especial se ven afectadas las aves migratorias (Johnson et al., 2002 en SEO/Bird life, 2008). La probabilidad que las aves en migración colisionen con los aerogeneradores dependerá de varios factores, especialmente de la especie, de la topografía del lugar, de las condiciones meteorológicas del día, de la hora en la que crucen por el parque eólico (la altura de migración varía según el horario), de la cantidad de hábitat adecuado para el reposo, de la densidad de migración por la zona, etc. (Kerlinger, 1995; Richardson, 2000; Robbins, 2002; Langston y Pullan, 2002; Mabey, 2004 en SEO/Bird life, 2008).

-Aunque hay pocos estudios al respecto, parece que el tamaño del aerogenerador no influye en la tasa de mortalidad en aves (Howell, 1995), aunque varios autores alertan de que si se aumenta más la altura de los mismos podría aumentarse la tasa de mortalidad al interceptar la altura de vuelo de las aves que realizan migraciones nocturnas (Kingsley y Whittam, 2007 en SEO/Bird life, 2008).

-Las luces de señalización blancas atraen más a las aves que las rojas (U.S. Fish and Wildlife Service, 2003 en SEO/Birdlife, 2008) llegando incluso a hacerlas girar alrededor de las mismas (Gauthreaux y Belser, 1999; Gauthreaux, 2000 en SEO/Birdlife, 2008) aumentando aún más el riesgo de colisión. En Argentina, se utilizan las luces rojas para obstáculos de baja intensidad como edificios y blanca para obstáculos alta intensidad. (AIP Argentina, 2008).

-Las aves planeadoras utilizan para sus desplazamientos las corrientes ascendentes de aire, ya sean térmicas o vientos de ladera. Por ejemplo, el buitre leonado (*Gyps fulvus*) utiliza las laderas de las montañas y colinas para ganar altura y, de hecho, es una de las especies que colisiona con mayor frecuencia con los aerogeneradores de parques eólicos situados sobre este tipo de elevaciones del terreno en España. (Barrios et al, 2012).

-Las rapaces se encuentran entre las aves más sensibles al impacto de los parques eólicos, ya que al pasar gran parte de su tiempo volando, usan amplias zonas de alimentación. Características del comportamiento y morfológicas, tales como la capacidad de maniobra en vuelo, o la exactitud de la visión frontal también pueden determinar esta sensibilidad (Tomé, 2012).

#### **4.2.2.5 Molestias y desplazamiento**

Los aerogeneradores, el ruido, el electromagnetismo y las vibraciones que ellos provocan, así como el tráfico de personas o vehículos durante las obras suponen molestias para las aves que pueden llevar a que éstas eviten las zonas donde están emplazadas, viéndose obligadas a desplazarse a otros hábitats. El problema surge cuando estas áreas

alternativas no tienen la suficiente extensión o se encuentran demasiado lejos, en cuyo caso el éxito reproductivo y supervivencia de la especie puede llegar a disminuir. De igual manera, la mortalidad así como otros efectos negativos provocados por un parque eólico pueden depender de la cantidad de hábitat adecuado presente en la zona ya que la escasez de hábitat obliga a las aves a estar más cerca de los aerogeneradores (Landscape Design Associates, 2000 en SEO/Bird Life, 2008). Estas molestias se presentan en especial en aves marinas y en aves esteparias (Kingsley y Whittam, 2007 en SEO/Bird Life, 2008).

#### **4.2.2.6 Efecto barrera**

Los parques eólicos suponen una barrera para la movilidad de las aves, ya que fragmentan la conexión entre las áreas de alimentación, invernada, cría y muda. Además, los rodeos necesarios para esquivar los parques eólicos provocan un mayor gasto energético que puede llegar a empeorar su estado físico. Este tipo de efecto puede darse tanto en el caso de un gran parque eólico como por el efecto acumulativo de varios parques. (SEO/Bird Life, 2006). Aunque a este impacto apenas se le ha prestado atención, puede representar un importante efecto sinérgico que comprometa la conservación de ciertas especies de fauna. (García et, al. 2012).

Determinadas características del paisaje, principalmente el relieve, pueden aumentar la mortalidad en parques eólicos. Los parques situados en crestas, valles, en pendientes muy pronunciadas, cerca de cañones y en penínsulas y estrechos pueden producir una mayor mortalidad entre las aves (Orloff y Flannery, 1992; Anderson et al., 2000; Kingsley y Whittam, 2007. en SEO/Bird Life, 2008).

#### **4.2.2.7 Destrucción del hábitat**

La ocupación de terreno por los parques eólicos supone que dichas áreas ya no estén disponibles para las aves, o que sufran una degradación importante en sus valores naturales y sistémicos. (SEO/BirdLife, 2006). Por tanto, puesto que el rápido crecimiento del número de parques eólicos que se prevé en un futuro supondrá una presión cada vez mayor sobre los espacios protegidos y la biodiversidad, es importante asegurarse de que este desarrollo se dé de forma que se minimicen los impactos negativos medioambientales.

#### **4.2.3 Ruido**

Es producido por los componentes del aerogenerador, tanto mecánica como aerodinámicamente. También habría que añadir el ocasionado en la fase de construcción (maquinaria, tráfico de camiones, etc.). El efecto del ruido producido por las turbinas eólicas depende del nivel de ruido ambiental circundante y de la posición del observador. Cuando el viento sopla a bajas velocidades, el ruido de las turbinas eólicas es bajo y por lo general su nivel no es significativamente mayor al ruido ambiental presente en los alrededores. A medida que la velocidad del viento aumenta, también aumenta el ruido ambiental causado por el viento y el ruido de las turbinas eólicas. Este aumento en el ruido ambiental tiende a opacar el ruido de las turbinas eólicas.

En cuanto a la ubicación del receptor, a una distancia mayor de 350 metros el ruido producido por la turbina eólica es muy bajo por lo tanto pasa desapercibido. La zona afectada por el sonido sólo se extiende a una distancia de unos pocos diámetros de rotor desde la máquina. El nivel

sonoro máximo se produce a aproximadamente 1.6 veces el diámetro del rotor y a la altura del buje del aerogenerador. (Beljansky, 2010 de Manual de Energía Eólica 2006). Por lo tanto este efecto se limita a un espacio muy cercano a los aerogeneradores.

Según la Asociación Británica de Energía Eólica (<http://www.fibb.utn.edu.ar/utec/38/n6.html>, 2012) "los aerogeneradores bien diseñados son silenciosos durante la operación, y comparados con el ruido del tráfico por carretera, trenes, aviones, y las actividades de la construcción, por citar sólo unas pocas, el ruido de las turbinas eólicas es muy bajo. En el exterior de las casas más cercanas, al menos a 300 metros de distancia, el sonido de una turbina eólica generando electricidad es probable que sea aproximadamente del mismo nivel que el del ruido de una corriente de agua que fluye a 50-100 metros de distancia o el ruido de la hojarasca durante una brisa suave"; mientras que para un crítico "el ruido producido por las turbinas de viento posee un golpeteo, de carácter intermitente, especialmente en la noche, cuando es más audible".

Investigadores de la Organización para la Investigación Aplicada (TNO en inglés), determinaron las curvas dosis-respuesta para el ruido de turbinas eólicas. Los resultados para quienes no tienen beneficios económicos por las turbinas de viento se graficaron en el caso en que la respuesta es "molestia" y "molestia severa" (percibido ya sea en exteriores o interiores) y cuando la respuesta es la "perturbación del sueño" (ser despertado por el sonido al menos una vez al mes). Aquí, el nivel de dosis (exposición al ruido) es el nivel de sonido extemo en  $L_{dtn}$  (promedio ponderado durante el día, tarde y noche) o  $L_{noche}$ ;  $L_{dtn}$  está 4,7 dB por encima y  $L_{noche}$  1,6 dB por debajo del nivel de sonido que habría con una velocidad de viento de 8 m/s.

Cuatro de cada diez residentes encuentran las turbinas de viento más ruidosas de noche que de día, y otros cuatro no las diferencian claramente. Una turbina generadora de 60 m de altura produce el mismo nivel sonoro tanto para una ubicación tierra adentro como costera en cualquier momento del día o de la noche, cuando se promedia durante un largo período. Las turbinas de viento más altas son en realidad más ruidosas de noche que de día, aunque la diferencia es pequeña (0,5 dB para 100-120 m de altura de eje).

Según un informe hecho por la agencia de Protección de la Salud de Dinamarca, el ruido de turbina eólica y la sombra de las turbinas de viento no afectan la salud del 90% de los vecinos, y en este mismo valor no se sienten significativamente molestos por estos factores. Además señala, que el ruido de las turbinas eólicas no es ni más ni menos perjudicial o dañino que, por ejemplo el ruido de la carretera que, después de todo, muchas más personas tienen que vivir. En cuanto a la posición del observador, el informe muestra que alrededor del 10% de los vecinos pueden estar muy molestos por el actual límite de 39 dB, en comparación con 8% de los vecinos molestos con el ruido de la carretera con los actuales niveles de 58 dB. ([http://www.windpower.org/da/aktuel/aktuel\\_i\\_vindmoelleindustrien/news\\_q1\\_2011/vindmoeller\\_skader\\_ikke\\_naboers\\_helbred.html](http://www.windpower.org/da/aktuel/aktuel_i_vindmoelleindustrien/news_q1_2011/vindmoeller_skader_ikke_naboers_helbred.html), 2012).

Los impactos del ruido no deberán exceder los niveles establecidos ni resultaren un aumento máximo de los niveles de ruido de fondo de 3 dB en la ubicación receptora más cercana. Es importante tener en cuenta que los niveles de emisión sonora de los nuevos diseños de aerogeneradores han bajado considerablemente. (Corporación Financiera Internacional, 2007).



### **4.3 Parpadeo de sombras y destello de las palas**

El parpadeo de sombras se produce cuando el sol pasa por detrás de la turbina eólica y proyecta una sombra. Al girar las palas del rotor, las sombras pasan por el mismo punto, provocando un efecto denominado parpadeo de sombras, que puede constituir un problema cuando existen residencias ubicadas en las proximidades o con una orientación específica hacia el parque eólico.

El destello de la pala o torre se produce cuando el sol ilumina una pala o torre con una orientación especial. Esto puede tener un impacto sobre la comunidad, dado que el reflejo de la luz solar en la pala del rotor puede proyectarse sobre las residencias cercanas. Este fenómeno es temporal y propio de las turbinas nuevas exclusivamente, ya que suele desaparecer cuando las palas se ensucian después de unos meses de operación (Corporación Financiera Internacional, 2007).

### **4.4 Ocupación de terreno**

La obra civil necesaria para la implantación de un parque eólico supone un levantamiento y movimiento de tierras, no sólo en el emplazamiento final de los aerogeneradores, sino en las zonas colindantes, en las que frecuentemente se construyen subestaciones, tendidos eléctricos de evacuación, vías de acceso para trasladar la maquinaria, etc. En caso de que se lleven a cabo desmontes y aplanamientos, también la geomorfología del terreno se verá afectada pudiéndose acentuar el riesgo de erosión y sedimentación de las aguas superficiales. Además, el terreno se despeja, eliminándose la cubierta vegetal existente en él.

Aunque un proyecto de energía eólica se puede propagar a través de una superficie grande, realmente no ocupa todo el espacio. Si se

considera que un parque típico de 25 turbinas (aproximadamente 50 MW) requiere una superficie de 1.000 hectáreas, esto representa una extensión mucho mayor a la requerida para la ubicación de una central convencional. De todas formas, la ocupación efectiva varía entre un 1% y un 3% del terreno, por lo que los aprovechamientos agrícolas o ganaderos pueden coexistir en la misma superficie. Finalmente, se requiere abrir o mejorar los accesos e instalar líneas de media tensión entre las turbinas y la estación transformadora del parque, las que en ocasiones son subterráneas. (Beljansky, 2010 de Manual de Energía Eólica, 2006).

La European Wind Energy Association ha estimado que el número de parques eólicos necesarios para contribuir con un 20% del suministro de electricidad en Europa ocuparía sólo unos cientos de kilómetros cuadrados. (<http://www.gwec.net/index.php?id=141&L=0%EF%BF%BD%27>, 2012).

#### **4.5 Impacto paisajístico**

Éste es uno de los aspectos que más preocupa a la sociedad, puesto que la implantación de los aerogeneradores no suele darse en zonas degradadas, industriales o las cercanas a núcleos poblacionales, sino en áreas naturales de montaña, meseta o costa, donde la fuerza del viento se aprovecha mejor.

En comparación con la energía nuclear, centrales eléctricas de gas o la minería a cielo abierto de carbón, los parques eólicos tienen un impacto visual muy bajo. Sin embargo, la mayoría de los países con una industria de energía eólica han establecido reglas que excluyen a ciertas áreas del desarrollo, tales como parques nacionales o reservas naturales.

#### **4.5 Desprendimiento de palas/hielo**

Una falla en la pala del rotor o la formación de hielo pueden provocar que se desprenda una pala del rotor de hielo procedente de la turbina eólica (el riesgo de sufrir un golpe por las piezas de una turbina o fragmentos de hielo a una distancia de 210 metros es de 1:10.000.000. (Taylor y Rand, 1991)) pudiendo afectar la seguridad pública, aunque el riesgo de desprendimiento de hielo sólo será relevante en los climas fríos y el riesgo general de desprendimiento de una pala es extremadamente bajo (los datos indican que la mayoría de los fragmentos de hielo descubiertos en el suelo se sitúan entre los 0,1 y 1 kilogramo de masa y se encuentran a 15-100 metros de distancia de la turbina eólica) (Morgan et al. 1998) (Corporación Financiera Internacional, 2007).

#### **4.7 Impactos al medio antropológico construido**

La instalación y la producción de energía eólica pueden producir otro tipo de impactos que si bien son negativos no están directamente relacionados con el ambiente natural.

##### **4.7.1 Interferencia electromagnética y navegación aérea**

Un parque eólico puede generar otros impactos que, sin ser de carácter ambiental, también deben ser tenidos en consideración. Estos son la interferencia electromagnética y la afectación en la navegación aérea.

Las palas del aerogenerador pueden reflejar las ondas electromagnéticas, pero se estima poco probable que produzcan interferencias en las señales de radio y navegación salvo a distancias pequeñas de la máquina.

La señal de televisión puede quedar afectada a distancias de unos centenares de metros e, incluso, hasta 1 ó 2 km. Esto puede ocurrir si la máquina está emplazada a gran altura y si los receptores de televisión reciben normalmente señales débiles, debido a la distancia o a efectos de blindaje causados por el terreno sobre la estación de televisión.

La afectación en la navegación aérea se produce ya sea por el obstáculo que representan en sí mismos los aerogeneradores o por su influencia sobre las instalaciones radioeléctricas de ayuda a la navegación. (Beļjansky, 2010 de Manual de Energía Eólica 2006).

#### **4.7.2 Impactos sobre el sistema eléctrico**

El aumento de la participación de la energía eólica requiere cambios en la operación, en los sistemas de protección y de control de un sistema eléctrico.

Los efectos de la generación eólica sobre el sistema eléctrico se pueden clasificar en:

- Incrementos en los costos de operación y control del despacho debido a la variabilidad de la fuente primaria de energía: el viento introduciendo perturbaciones en las redes.

- Cuestiones tales como la influencia de los parques eólicos en la regulación de frecuencia y tensión, reserva del sistema, oscilaciones sincrónicas, huecos de tensión, etc., vienen siendo estudiados a nivel mundial desde hace más de dos décadas en el marco de este nuevo escenario energético (Beļjansky, 2010 de Manual de Energía Eólica 2006).

### **4.7.3 Impacto en áreas de valor patrimonial**

Actividades necesarias para la instalación de un parque eólico como la limpieza de la vegetación, excavaciones y otros disturbios en la superficie de la tierra, representan la posibilidad de afectar recursos arqueológicos o paleontológicos presentes en el área.

Los recursos arqueológicos o culturales son la evidencia estructural de la historia del desarrollo humano. Incluye recursos prehistóricos e históricos, así como recursos etnográficos que constituyen la herencia de un grupo cultural particular. También están asociados a los recursos culturales ciertos rasgos naturales de un lugar, así como plantas o especies empleadas con propósitos tradicionales. Los recursos paleontológicos son los restos fosilizados o trazas de la evidencia de plantas y animales prehistóricos preservados en suelos o rocas.

La instalación de un parque eólico, puede afectar estos recursos por su extensión y requerimientos, y es necesario realizar un estudio muy profundo antes de iniciar cualquier trabajo en la zona a fin de identificarlos y no interferir con los mismos. (Moragues y Rapallini, 2012).

### **4.8 Conclusiones parciales**

Los beneficios de la utilización de energía eólica son múltiples, se trata de un recurso extremadamente limpio, totalmente renovable y económicamente muy competitivo, Los valores de referencia para las emisiones y efuentes de proceso en este sector son indicativos de la buena práctica industrial internacional.

La Evaluación de Impacto Ambiental es la herramienta que debe proporcionar medios eficaces para integrar factores ambientales en los procedimientos de planeamiento y toma de decisiones, de forma que se reduzcan al mínimo las consecuencias negativas para el medio ambiente.

En el momento de la selección del lugar es importante prestar atención a las rutas migratorias, ya que al alterar estos espacios se potencia el impacto negativo a la conservación de las especies que los usan. También deberá considerarse un estudio extensivo para identificar posibles áreas con yacimientos arqueológicos o paleontológicos en la ubicación de los parques eólicos.

Una importante medida para reducir molestias como el ruido y el impacto paisajístico es involucrar a la comunidad en la planificación de un parque eólico y compartir sus beneficios.

El grado de afectación por parte de los aerogeneradores a las aves depende de varios factores como la estructura del paisaje, comportamiento y ecología de las especies y diseño en general del parque entre otros. Las aves rapaces son el grupo que mayor número de muertes por colisión tiene registradas mundialmente.

## **Capítulo 5. Aspectos socioeconómicos**

En este capítulo se describen los proyectos eólicos a instalarse y su relación con la estructura socioeconómica de la provincia.

### **5.1 Instrumentos legales de promoción de la energía eólica en la provincia de Santa Cruz**

Aparte de los instrumentos legales para promoción de energías renovables y en especial de la eólica que existen a nivel nacional nombradas en el Capítulo 2 (apartado 2.3), la provincia cuenta con el Sistema Provincial de Promoción y Desarrollo Industrial de Ley 3092. Ley Provincial de Fomento de las Energías Renovables N° 2796, contempla tres tipos de beneficios para proyectos que utilicen fuentes renovables de energía en el ámbito de la provincia:

- a) Exención del Impuesto Inmobiliario Rural (Art. 4° / Proyectos de generación eléctrica o térmica con Energías Renovables).
- b) Desgravación o Exención de Impuestos Provinciales (Art. 5° / Proyectos de fabricación de equipos que utilicen Energías Renovables). La alícuota de Desgravación va de 50 a 100% de acuerdo al porcentaje de fabricación local.
- c) Subsidio para generación eléctrica con Energías Renovables para inyección de potencia a Redes Eléctricas Públicas (Art. 6°) El subsidio oscila entre \$0,01 y \$0,03/kWh de acuerdo al porcentaje de equipamiento de origen local, nacional e importado utilizado en el Sistema. Este subsidio es

adicional al que prevé la Ley Nacional N° 25019 y sus ampliaciones en la Ley 26190 de enero de 2007.

La Ley N° 2796 crea un Fondo Energético Provincial, destinado al pago de los subsidios y además al financiamiento de proyectos y estudios en el área de las Energías Renovables, que se nutre de las regalías petroleras que recibe la provincia. (Oliva, 2008).

## 5.2 Proyectos eólicos a instalarse

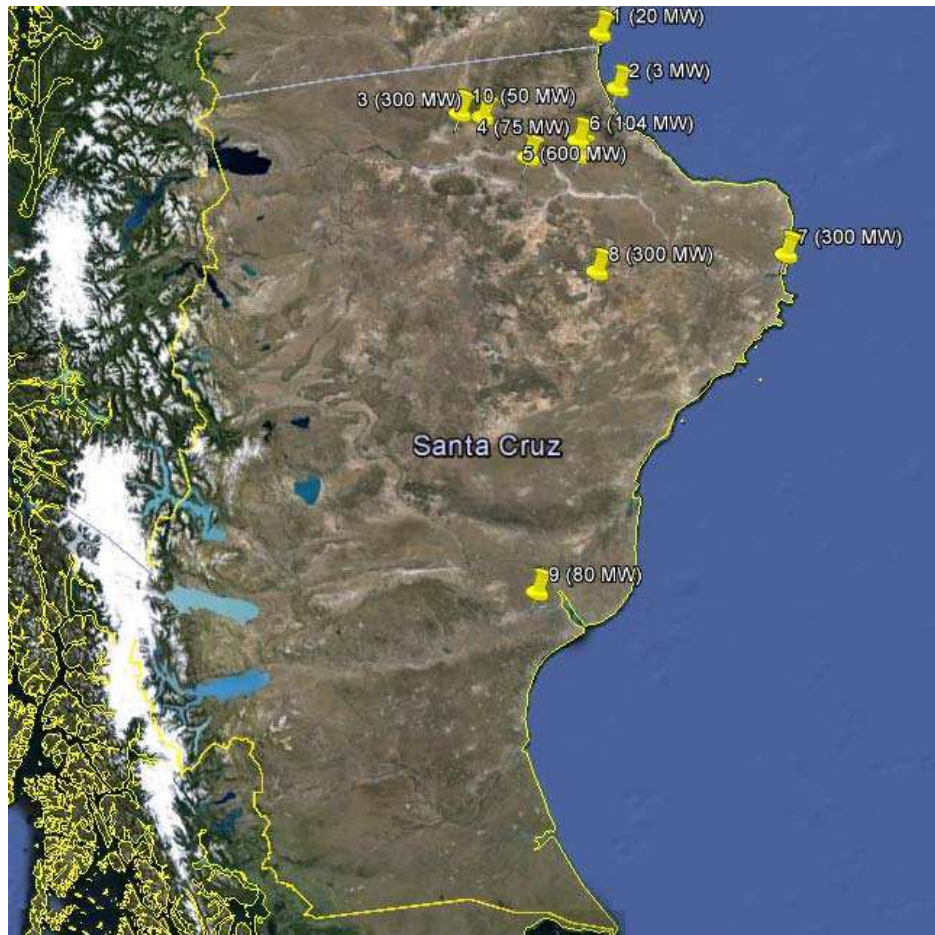
Como se mencionó en el Capítulo 2, hasta el año 2012 existe un único parque en funcionamiento en la provincia ubicado en la localidad de Pico Truncado. Por otra parte existen varios proyectos a instalarse, se detallan a continuación se detallan los que se conocen hasta la fecha:

Parque eólico	Potencia Nominal [MW]	Fecha de puesta en servicio	Localidad	Fuente
Ko lue lKa ike I	50	2011/2012	Ko lue lKa ike	CAMMESA
Ko lue lKa ike II	25	2011/2012	Ko lue lKa ike	CAMMESA
Sara i	300	Sin dato		CAMMESA
La Dese ada (Guasc or)	600	01/01/2013	Pic o trunc ado	Amb iente Santa Cruz
Pic o Trunc ado (Greenwind)	104	Sin dato		CAMMESA
Mile nio (Impsa Wind)	20	Sin dato	Mile nio	Genren
La s He ras (Impsa Wind)	50	Sin dato	La s He ras	Genren
Pie dra Buena I (Impsa Wind)	50	Sin dato	Cmte . Luis Pie dra Buena	Genren
Pie dra Buena II (Impsa Wind)	30	Sin dato	Cmte . Luis Pie dra Buena	Genren
<i>Fuente : B e lja s nky, 2010</i>				
Vie ntos Arge ntinos-Sara i	300	2014	La s He ras	EIA
Pue rto Dese ado	300	2014	Pue rto dese ado	EIA
Cale ta Olivia	3	Sin dato	Cale ta Olivia	Fo mulario informac ión del proyecto
<i>Fuente : EIA y Fo mulario public ado</i>				

**Tabla 5.1 Proyectos eólicos a instalarse en la provincia de Santa Cruz.**



Cabe destacar que durante el desarrollo de esta Tesis se solicitó información a la Secretaría de Energía acerca de los emprendimientos eólicos en la provincia de Santa Cruz. Dicha secretaria tan solo suministró información de parques instalados según el informe energético de 2009 mas no de los que se pretenden instalaren el futuro, por lo que este trabajo se basa en la información contenida en el Informe técnico realizado por Beljasky en 2010 para la Secretaría de Energía e información publicada en Internet. De dicho informe surgen los proyectos eólicos detallados en la Tabla 5.1 y ubicados en la Figura 5.1, claramente se observa que todos se ubican en la costa o en zonas cercanas a ella, siendo Sarai y Vientos Argentinos los que se encuentran mas cerca de la región central de la provincia.



**Figura 5.1 Ubicación de los proyectos eólicos en la provincia de Santa Cruz**

- 1. Milenio 2. Caleta Olivia 3. Vientos Argentinos 4. Ko lue l Ka ike I y II 5. La Desada 6. Pico Truncado 7. Puerto Desado 8. Sarai 9. Piedra Buena I y II 10. Las Heras.*

Se han contabilizado aproximadamente 3.800 MW de proyectos eólicos futuros en Argentina, la provincia Santa Cruz aportaría 1.175 MW.

(Beljansky, 2010).

### 5.3 Ubicaciones preferenciales de proyectos eólicos

Las ubicaciones preferenciales para la instalación parques eólicos (según lo planteado por Beljansky, 2010) se estima estableciendo un radio aproximado de 100 km de las redes de muy alta tensión (500 kV) existentes o futuras, por lo cual se tomó como referencia el mapa con ampliaciones de la red eléctrica para 2016. Para este trabajo se consideró un radio de 120 Km. (Ver Figuras 5.1 y 5.2).



Figura 5.2 Área de posible generación eólica de acuerdo a redes existentes y futuras.

### 5.4 Red de transporte y ampliaciones necesarias

Según la reciente licitación del GENREN (Licitación de Generación Eléctrica a partir de Fuentes Renovables), prevista en 1045 MW, donde se

presentaron 22 empresas, con 49 proyectos por un total de 1469 MW, de los cuales 1203 MW pertenecen a generación eólica. Al entrar en funcionamiento los proyectos nombrados, se genera una competencia por la capacidad de la red de transporte. Como se nombró en el Capítulo 2 (apartado 2.3), la adecuación de las estructuras asociadas es un factor importante para la producción de energía eólica.

A nivel provincial, durante el año 2012 se adelantan trabajos para la ampliación de la línea Santa Cruz Norte - Río Santa Cruz - La Esperanza. (Figura 5.3).

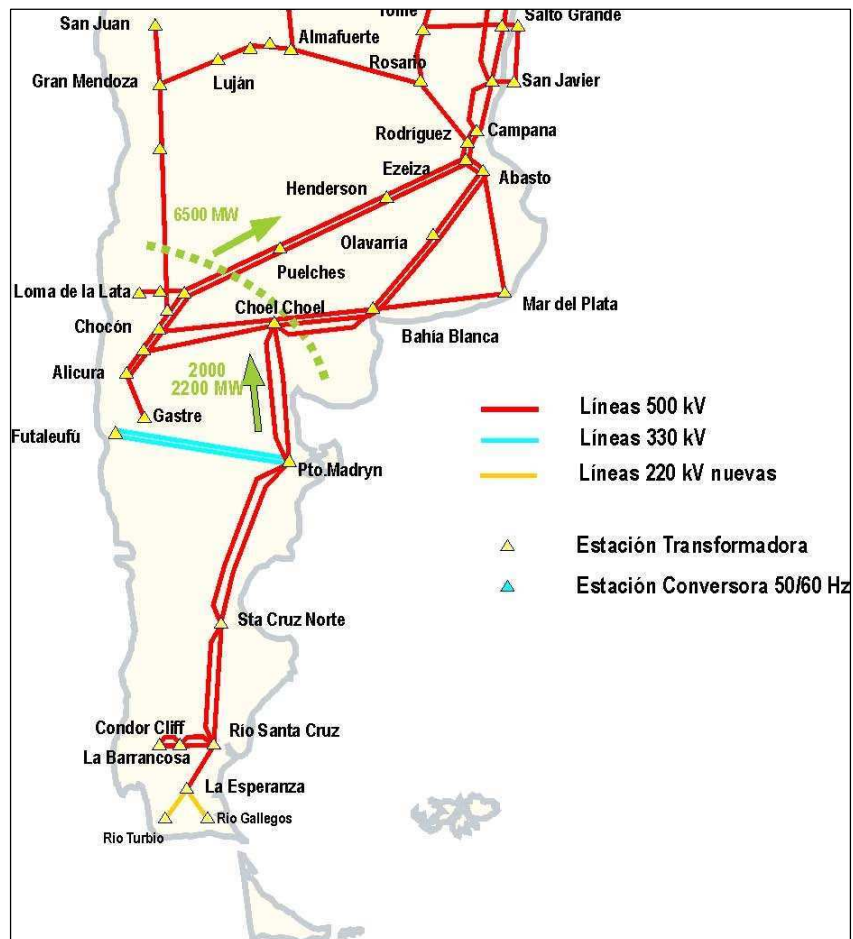


**Figura 5.3 Red de Transporte de Argentina 2012. FUENTE Beljansky, 2010.**

A Noviembre 2013 no se ha construido la línea de transmisión que vincula Gastre con Alicurá. Esta línea se construirá cuando se instalen los parques eólicos previsto que actualmente están demorados.

Según Beljansky, (2010), en base a los recursos eólicos disponibles en la región de, las provincias de Santa Cruz y Chubut que se encuentran

próximos a las redes de transmisión se podría generar anualmente 217.017 GWh. Para poder inyectar al sistema interconectado esta energía se requeriría la instalación de 29.260 MW y 10 enlaces en Corriente Continua que vinculen esta región patagónica con el Gran Buenos Aires. Ésto sería factible sólo en el muy largo plazo. En el corto y mediano plazo, las redes de transporte existentes y planificadas limitan enormemente el potencial de producción de energía eólica, siendo factible inyectar tan solo el 0,06% del potencial de energía eólica detectada. Considerando las ampliaciones de transporte asumidas hasta el año 2016 (Figura 5.4) la posible generación eólica sería de 131,41 GWh.



**Figura 5.4 Ampliaciones requeridas para exportar 2000 MW desde Patagonia. FUENIE Beljansky, 2010.**

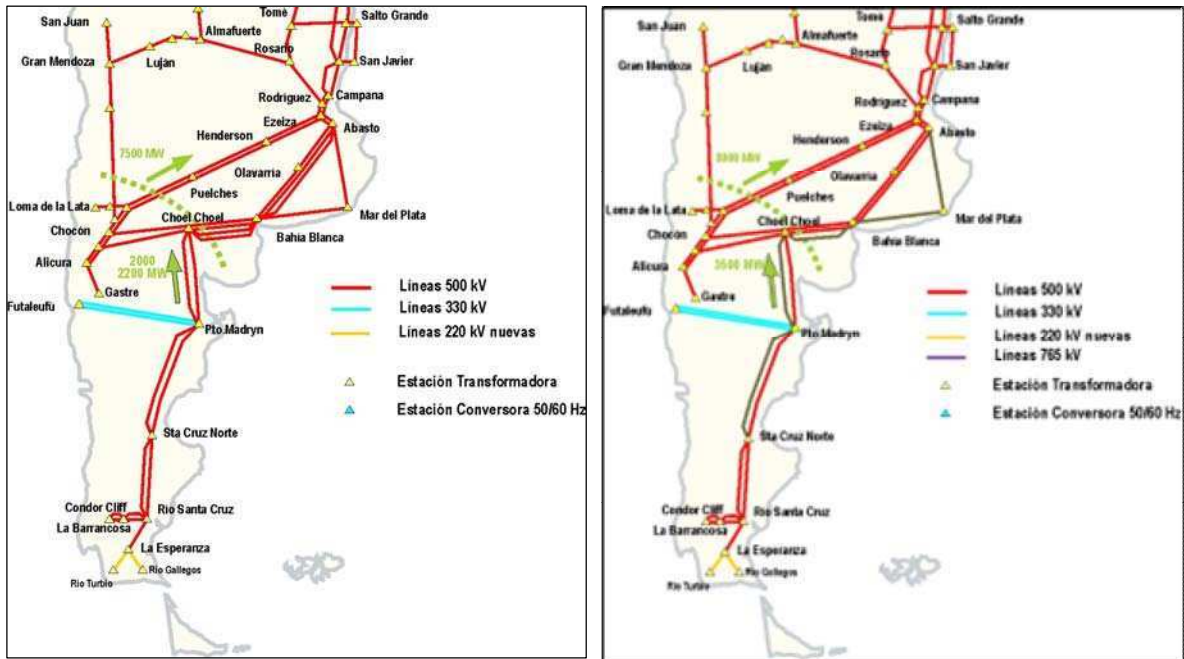
A Noviembre 2013 no se ha construido la línea de transmisión que vincula Gatsre con Alicurá. Esta línea se construirá cuando se instalen los parques eólicos previsto que actualmente están demorados

Por lo tanto, la instalación de parques eólicos en la región patagónica estaría limitada en el mediano plazo a 1.500-2.000 MW. Para el año 2016 entra en servicio la central hidroeléctrica La Barrancosa, que limitaría el despacho de las centrales eólicas. Es factible que esta situación sea superada con nuevos automatismos de control sobre las redes.

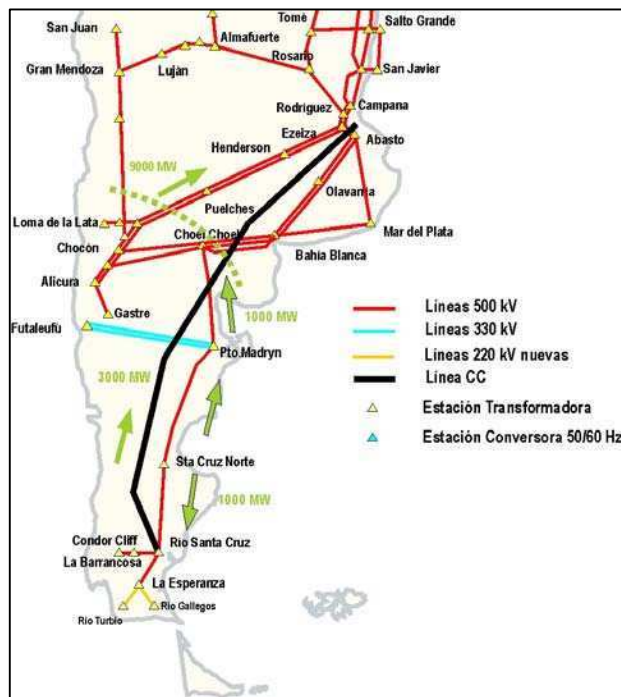
Bajo estas condiciones, a partir del año 2015 no existirían medios para poder evacuar la generación eólica, por lo que esta configuración no es la óptima para considerar los proyectos eólicos venideros.

En el largo plazo, se requerirían múltiples enlaces de transmisión en corriente continua. Si cada vínculo posee 3.000 MW de capacidad de transporte, realizado en dos etapas de 1.500 MW cada una y con un período de construcción de 2 años, sería posible incorporar 1.500 MW adicionales de parques eólicos por año, produciendo anualmente en promedio 5.190 GWh.

La Figura 5.5 muestra el esquema de la red propuesta para esta ampliación, resultando en capacidades de exportación hacia GBA (Gran Buenos Aires). La potencia remanente eólica a instalarse rondaría los 1000 MW para el año 2016.



**Figura 5.5 Ampliaciones requeridas para exportar 2000 y 3500 MW desde Patagonia. FUENTE: Beljansky, 2010.**  
 A Noviembre 2013 no se ha construido la línea de transmisión que vincula Gastre con Alicurá. Esta línea se construirá cuando se instalen los parques eólicos previsto que actualmente están demorados



**Figura 5.6. Ampliaciones requeridas para exportar 4000 MW desde Patagonia. FUENTE: Beljansky, 2010.**

A Noviembre 2013 no se ha construido la línea de transmisión que vincula Gastre con Alicurá. Esta línea se construirá cuando se instalen los parques eólicos previsto que actualmente están demorados

La máxima potencia a transmitir desde la Patagonia sería de 4000 MW, 3000 MW de los cuales provendrían del vínculo en corriente continua. En ese caso la potencia remanente eólica rondaría los 1500 MW. (Figura 5.6).

## 5.5 Demografía

Desde el punto de vista político-administrativo, la Provincia de Santa Cruz está dividida en siete departamentos: Compen Aike, Desierto, Güer Aike, Lago Argentino, Lago Buenos Aires, Magallanes y Río Chico, en los cuales se distribuye la población de manera heterogénea de la siguiente manera:

Departamento	Densidad de población hab/km <sup>2</sup>	Población total
Güer Aike	3,3	113.267
Desierto	1,7	107.630
Magallanes	0,5	9.202
Lago Argentino	0,5	18.864
Compen Aike	0,4	11.093
Lago Buenos Aires	0,3	8.750
Río Chico	0,2	5.158

**Tabla 5.2 Densidad de población y población total por departamento de la provincia de Santa Cruz.**  
Fuente: <http://www.sig.indec.gov.ar/censo2010/>, 2012.

Haciendo una comparación de la población entre el censo de 2001 y el de 2010, existe una variación positiva del 38.4%, lo que se traduce en un ritmo alto de crecimiento, pasando de 196.958 a 272.524 habitantes. ([http://www.santacruz.gov.ar/dpeyc/pdfs/Censo2010/censo2010\\_resultados\\_provisionales.pdf](http://www.santacruz.gov.ar/dpeyc/pdfs/Censo2010/censo2010_resultados_provisionales.pdf), 2012). A pesar de éste crecimiento, la provincia presenta una densidad por de población de 1.1hab/Km<sup>2</sup>, siendo la segunda provincia con mayor despoblación después de Tierra de Fuego,



Antártida e Islas del Atlántico Sur. (<http://www.sig.indec.gov.ar/censo2010/>, 2012).

La mayor densidad de población se halla en Güer Aike, seguidamente de Deseado. Es en ésta última región donde se encuentra concentrada la mayor cantidad de parques eólicos conocidos hasta 2012 y donde probablemente se proyecten otros, lo que supondría que mayor cantidad de personas se van a beneficiar por el aumento de generación de empleo, y de otros conceptos como impuestos (actividades económicas, bienes Inmuebles), concesión de licencias municipales y alquiler de los terrenos donde se emplazan los aerogeneradores. También significa que es mayor la cantidad de personas a la expectativa de los posibles impactos, por lo que el manejo de los proyectos debe ser incluyente con la comunidad.

Los centros urbanos más importantes son: Río Gallegos (capital de la provincia), Río Turbio y 28 de Noviembre en el Departamento Güer Aike; Puerto San Julián en el Departamento Magallanes; Gobernador Gregores en el Departamento Río Chico, y Perito Moreno en el Departamento Lago Buenos Aires ([www.mineria.gov.ar/estudios/im/santa\\_cruz](http://www.mineria.gov.ar/estudios/im/santa_cruz), 2012).

### Nivel de ocupación

La ocupación en la provincia, muestra una tendencia dada por una leve disminución en la proporción de obreros y empleados, y un aumento moderado, en la participación de patrones. Esto es un claro indicador de la importancia que van adquiriendo los servicios, especialmente los emprendimientos privados, cuyo marco de desarrollo se ve favorecido por el propio proceso de urbanización que vive la Provincia. ([www.intigob.ar/cirsoc/pdf/accion.../EIAPEVA\\_001\\_09\\_SOW.pdf](http://www.intigob.ar/cirsoc/pdf/accion.../EIAPEVA_001_09_SOW.pdf), 2012). El

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) informó que, al tercer trimestre del 2011, la desocupación en las áreas urbanas descendió al 7%. Santa Cruz está entre las provincias más bajos índices de desocupación llegando 3.8% (<http://noticiaaustral.com/2012/02/06/la-desocupacion-en-santa-cruz-llego-al-38/>, 2012).

Estos índices de desocupación bajarían aún más con el desarrollo de la industria eólica en la provincia, sobre todo en el departamento Deseado, que ocupa el segundo lugar en cantidad de población y es precisamente el que mayor número de proyectos eólicos tiene hasta el presente.

A diferencia de otros países la implantación de energía eólica en Argentina tiene mucho por desarrollar, esto permitirá impulsar la industria nacional y generar nuevos empleos tanto en la etapa de fabricación de aerogeneradores, su instalación, mantenimiento y más adelante la renovación de las máquinas.

Esta tecnología energética se destaca por ser una de las que genera mayor cantidad de puestos de trabajo por kilovatio instalado, y que presenta mayor modularidad (permitiendo una expansión incremental) tanto en las aplicaciones de gran escala en conexión a red, como en las de poca potencia para alimentación de sistemas aislados (Oliva 2008). Por lo que se está estableciendo una industria nacional de maquinaria, equipos y servicios que tiene un potencial de crecimiento muy importante, del cual la provincia tendrá una gran participación debido a la calidad de su recurso eólico.

Para lo anterior, habrá una demanda de puestos en varios niveles de formación, pero la demanda más fuerte se concentrará a nivel de personal técnico con habilidades muy prácticas. La carencia de mano de

obra con conocimientos técnicos es notoria, esto abre una multitud de posibilidades ya que existen incentivos y financiamiento muy fuertes del gobierno por medio del Instituto Nacional de Educación Tecnológica y para todas las carreras de formación técnica desde secundarias, pasando por Terciarias (por ejemplo la Tecnicatura en Energías Renovables de Pico Truncado) hasta las carreras técnicas universitarias como ingeniería. Por otro lado, es importante que las incubadoras de empresas, creadas con un fuerte vínculo con la educación técnica y superior, cumplan el rol de crear las empresas más dinámicas y productivas dentro del marco de ésta tecnología energética. De esto último existen casos exitosos por ejemplo en Chile (Oliva, 2008).

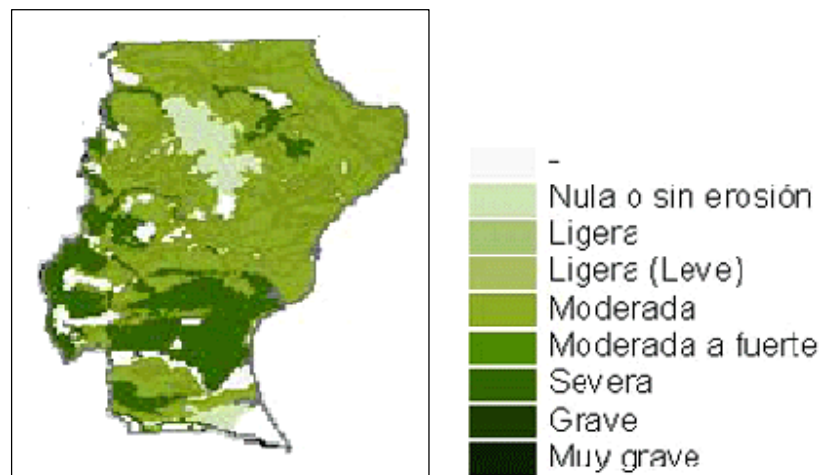
## **5.6 Actividades económicas más relevantes en la provincia**

### **5.6.1 Agricultura y desarrollo forestal**

Se cultivan a nivel provincial alrededor de 2.000 hectáreas localizadas en el rincón Suroeste, 80 % de la superficie con especies forrajeras (tréboles, pasto ovillo y cebadilla) mientras en el resto se cultivan hortalizas, legumbres y frutales. Existen áreas con potencial agrícola en los valles de los ríos Santa Cruz, Coyle y Chico, dependiendo su incorporación al cultivo de la disponibilidad de agua suficiente para riego. Se trata de suelos con buena aptitud para el cultivo de leguminosas y gramíneas. Sin embargo, la región con mayor superficie de uso agrícola se encuentra en el sector sur de la provincia en el departamento Güer Aike. Esta actividad no se vería afectada por el desarrollo de la industria eólica, ya que no existe competencia por el espacio.

En comparación con el resto del país, la actividad agrícola no está

demasiado desarrollada en la provincia, principalmente debido a factores climáticos y del suelo. La erosión eólica es una de las limitantes manifestada por la formación de lenguas de avance, médanos, etc. En la siguiente figura se observa que la región donde posiblemente se instalen proyectos eólicos, tiene una condición de erosión eólica de severa a moderada, de ésta manera, sin haber agua en el suelo disponible para las plantas se limita extremadamente su posibilidad de utilización para cultivo, al implantar parques eólicos, no se estaría desplazando la actividad agrícola, y más bien las áreas que de alguna manera están cultivadas, podrían mantenerse. (Figura 5.7).



**Figura 5.7 Erosión eólica como limitante de la productividad del suelo. Fuente:**  
<http://www.ambiente.gov.ar/aplicaciones/mapoteca/mostrarp.asp?idmapa=58>, 2012.

En cuanto a la producción forestal, la única zona apta para la explotación es la andina, de la cual se extraen lengas, ñires, alerces y coihues entre otras especies. Se emplearon viveros para la reforestación de la lenga, que es la madera más utilizada para combustibles y carpintería. En esta región no existen proyectos eólicos, de tal manera que tampoco se desplazaría el desarrollo forestal de la provincia.

### **5.6.2 Ganadería**

Una de las principales actividades económicas de la provincia es la explotación del ganado ovino, ocupando el primer lugar de la Argentina como productora de esta especie ganadera; donde además de la industria lanera, existe la de carne y curtiembres.

La explotación bovina complementa la actividad ovina de algunas estancias. La producción está concentrada en el oeste y el sur, ya que son las zonas más aptas para este tipo de ganado (departamentos Güer Aike, Lago Argentino y Lago Buenos Aires), en general está sujeta a la disponibilidad de mallines (zonas de alta productividad del pastizal natural). (<http://www.mineria.gov.ar/estudios/im/santacruz/z-7-.asp>,2012). La baja ocupación del espacio de los parques eólicos, permitirá que esta actividad siga llevándose a cabo sin cambios importantes.

### **5.6.3 Pesca**

La provincia de Santa Cruz cuenta con extensos y variados ambientes acuáticos que en su conjunto conforman una extensa red hidrográfica y lacustre donde se desarrollan y multiplican las diferentes especies de peces.

La abundancia de salmónidos ampliamente distribuidos en las aguas dulces provinciales hacen de este recurso pesquero el de mayor interés tanto para el pescador deportivo como para el pescador comercial, las dos modalidades de explotación que han tenido un progresivo aumento en estos últimos 10 años sobre los ríos y lagos precordilleranos y

cordilleranos. (Reseña Histórica-Cultural de la Provincia de Santa Cruz, 2006).

Esta actividad sólo se veía afectada por el desarrollo de proyectos eólicos en el caso de producirse sedimentación en cuerpos de agua cercanos a la ubicación del proyecto, por lo que se trata de un aspecto que debería monitorearse.

#### **5.6.4 Minería**

La provincia de Santa Cruz alberga inmensas riquezas en petróleo, gas, carbón, oro y otros minerales no combustibles. Cuenta con las mayores reservas de petróleo del país, es la segunda en importancia después de Neuquén por sus reservas de gas y la única productora de carbón mineral. (<http://www.santacruz.gov.ar/mineria/index>, 2012).

Esta actividad no se veía afectada por el desarrollo de la producción de energía eólica, aunque sería significativamente positivo ésta la desplazara ya que los impactos ambientales de la explotación minera son por lo general más adversos.

#### **5.6.5 Turismo**

El turismo se ha desarrollado a partir de los recursos paisajísticos de la cordillera (glaciares, lagos, etc.) y de la fauna costera, donde se reproducen varias especies de aves marinas (gaviotas, gaviotines, pingüinos, comoranes, petreles y escúas) y se alimentan en la plataforma continental especies residentes y migratorias de lugares muy lejanos. Esto junto con el avistaje de mamíferos marinos, convierte a estas costas en un

escenario de increíble belleza y altísima sensibilidad que concentra la atención de especialistas y viajeros del mundo.

Se postula el desarrollo de turismo responsable en la región debido a que en las áreas protegidas se requieren los marcos y estrategias precisas para garantizar la conservación de los valores naturales y los socioculturales asociados.

Estudios realizados por ejemplo en Escocia, señalan que no hay evidencia que el turismo se vea seriamente afectado por la presencia de parques eólicos, (<http://www.gwec.net/index.php?id=141&L=0%EF%BF%BD%27>., 2012) sin embargo, un buen diseño de los mismos es necesario para disminuir al máximo.

## **5.7 Patrimonio cultural**

### **5.7.1 Pueblos originarios**

Según el RENACI (Registro Nacional de Comunidades Indígenas), se identifican principalmente dos poblaciones aborígenes en la provincia: Tehuelches y Mapuches. Los primeros, se encuentran en un estado de deterioro socio cultural y físico según Magrassi 1987. El mestizaje y problemas de salud son altos. Siguen practicando la caza de algunos animales. Actualmente se encuentran básicamente dos reservas:

La reserva indígena Camusu-Aike se encuentra a una distancia de 170 km de la ciudad de Río Gallegos, departamento Güer Aike. Se estima que en la Reserva viven aproximadamente 100 personas. (Re seña histórica cultural de la provincia de Santa Cruz, 2006).

La otra reserva es en la Comunidad Villa Picardo. Está localizada al Sur del río Deseado, a 60 km de la localidad de Las Heras, departamento Deseado. Tienen 12.500 ha, cedidas primero en posesión provisoria y luego cedidas con permiso de ocupación. (<http://www.mineria.gov.ar/estudios/im/santacruz/z-7-7.asp#4,0> 2012).

También hay muchos indígenas distribuidos en los distintos centros urbanos como Río Gallegos, Caleta Olivia, Gobernador Gregores y rurales como estancias.

Santa Cruz se adhirió en 2005 a la ley nacional 23302 de Protección a las Comunidades Aborígenes, La ley declara de interés nacional la atención y el apoyo a los aborígenes y a las comunidades indígenas existentes en el país, y su defensa y desarrollo para su plena participación en el proceso socioeconómico y cultural de la nación, respetando sus propios valores y modalidades. A partir de esta ley, en septiembre de 2012, mediante el Consejo Agrario Provincial, la gobernación entregó 9 mil hectáreas a la comunidad tehuelche-mapuche como un reconocimiento a ser dueños de las tierras que han habitado ancestralmente. (<http://www.telam.com.ar/nota/869/>, 2012).

Esta ley y extensión de su territorio debe ser muy tenida en cuenta para la posible inclusión de estas comunidades en los proyectos eólicos, sobre todo cuando una de sus reservas se localiza en el departamento Deseado que es donde se encuentran 8 de los 10 parques eólicos proyectados y es una de las áreas preferenciales para la instalación de los mismos.

Además es de suma importancia considerar el vínculo ancestral entre estos pueblos indígenas y la tierra, que viene de una cosmovisión geocéntrica considerando la tierra como fuente y madre de la vida y por lo tanto del



bienestar y de la sobrevivencia. (<http://www.mineria.gov.ar/estudios/im/chubut/u-7ind.asp>, 2012). Los indígenas contraponen esta visión esencial de su relación con el universo a la cosmovisión occidental, en la que la tierra ha sido reducida simplemente a un elemento de especulación financiera. (Stavenhagen, 1992, en <http://www.mineria.gov.ar/estudios/im/chubut/u-7ind.asp>). Este enfoque ha generado múltiples conflictos ya que luchan por el reconocimiento de sus derechos fundamentales, a la autonomía y control de su territorio, a la consulta previa en todo lo que afecte a su interés a la participación en la gestión y los beneficios de los recursos naturales existentes. (<http://www.mineria.gov.ar/estudios/im/santacruz/z-7-7.asp#4,0>, 2012).

Es de esperarse que la instalación de parques eólicos sin un correcto tratamiento, en el territorio habitado por estas comunidades podría generar un rechazo al oponerse a su cosmovisión e idea de uso de los recursos naturales, lo que conllevaría a conflictos con las autoridades de la región y las empresas responsables. Por este motivo, la aprobación por parte de estos pueblos que son patrimonio debe ser imperiosamente considerada al proyectar las posibles zonas de generación de energía eólica.

### **5.7.2 Yacimientos arqueológicos y paleontológicos.**

La instalación de parques eólicos, podrían afectar los recursos paleontológicos o arqueológicos presentes en la provincia debido a su extensión y requerimientos como limpieza de la vegetación, disturbio de la superficie de la tierra o excavaciones. Además, la apertura de caminos y

áreas de acceso público puede traer un impacto referido a la recolección, extracción y comercialización de piezas arqueológicas.

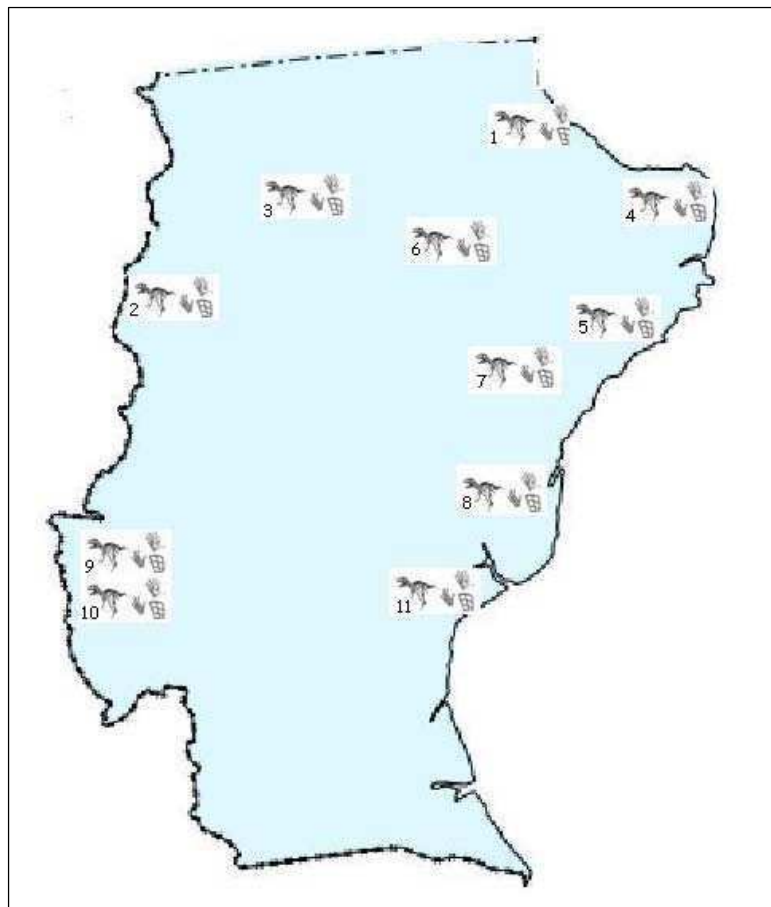
Por otra parte, dado que la provincia sufre un proceso avanzado de erosión, este proceso podría acrecentarse, según la magnitud de las instalaciones eólicas, a medida que esto ocurra, la exposición de materiales arqueológicos en superficie aumentaría. Los efectos sobre el registro arqueológico pueden implicar alteraciones físicas por destrucción del suelo; desintegración de los materiales y/o la inestabilidad o alteración estructural de los depósitos. Según Romero (2001) (en Tagliorette y Mansur, 2008). Dicha destrucción actúa en forma diferencial de acuerdo a las características intrínsecas de los materiales arqueológicos y a la matriz en que se encuentren depositados (arena, limos, arcillas, etc.), afectando a unos de manera más leve (materiales líticos), y a otros hasta su desintegración total (restos orgánicos como huesos, valvas, maderas etc.). (Tagliorette y Mansur, 2008).

Cada incremento del 1% de espacio patagónico erosionado puede exponer de 100 a 200 sitios arqueológicos. De esta manera, la desertificación se convierte en un factor persistente de deterioro para el registro arqueológico de los ambientes áridos (Tagliorette y Mansur, 2008).

A continuación se presentan los principales recursos arqueológicos y paleontológicos con los que cuenta la provincia.

La Figura 5.8 muestra la ubicación de los principales yacimientos, muchos de estos se encuentran situadas en zonas del sistema de áreas protegidas, por lo que contarían con la mayor protección. Al no poderse instalar parques eólicos en las áreas protegidas, se estarían conservando parte de este patrimonio.

Un porcentaje importante de la zona costera cuenta con vestigios arqueológicos de gran valor histórico, sin embargo, la erosión marina costera, fluvial y eólica natural ha introducido la mayor inestabilidad en los ambientes y producen cambios rápidos sobre amplios sectores de la costa (Codignoto y Ercolano 2006, en Tagliorette y Mansur, 2008) y por ende sobre el registro arqueológico costero.



**Figura 5.8 Ubicación principales yacimientos paleontológicos y arqueológicos de la provincia de Santa Cruz**

*1. Caleta Oliva, 2. Perito Moreno, 3. Cueva de las manos (Río Pinturas), 4. Cañadon de l Duraznillo 5. Bahía Laura, 6. Bosques Petrificados, 7. La cave ma de l diablo, 8. Peñsula San Julián (Estancia La María), 9. Los Glaciares, 10. Peñsula de Magallanes, 11. Monte de león.*

Según el área preferencial para la instalación de parques eólicos descrita anteriormente, según la ubicación de las redes de muy alta tensión, los yacimientos más afectados podrían llegar a ser: Caleta Olivia, La Cueva del Diablo, Península San Julián (Estancia La María), Monte León y Bosques Petrificados, éste último de gran importancia por ser el segundo en su tipo en el mundo por su tamaño y grado de preservación. (Cúneo y Panza, 2008). Las reservas contenidas en estas áreas se describen a continuación:

#### Caleta Olivia

A 100 km de la localidad de las Heras, cerca a Caleta Olivia fueron hallados restos de un dinosaurio de la familia Abelisauridae, que se transformaron en el ejemplar más austral del mundo. Los fósiles, entre 91 y 96 millones de años. (Chebez, 2005).

#### Perito Moreno

Perito Moreno es considerada la “capital arqueológica” de la provincia, ya que además de la Cueva de las Manos, en sus alrededores se encuentran: las cuevas con pinturas rupestres de la estancia San Carlos, la Piedra Pintada del Campo de Molina, la gruta rupestre del Arroyo Page y la Cueva Grande de Altamira. Existen numerosas evidencias de arte rupestre, entre las que se destaca el cerro Casa de Piedra, en cuya base cinco cuevas y dos abrigos conservan valiosos testimonios de la vida, costumbres y creencias de los grupos pretehuelches, antiguos pobladores del parque. Los aleros exhiben restos de pinturas rupestres, algunas improntas de manos negativas, figuras geométricas, guanacos y superposición de puntos y hasta una imagen que podría representar el sol. De acuerdo a los registros arqueológicos el parque fue abandonado en el

siglo XVIII por las inclemencias del tiempo debido a una pequeña edad de hielo que se produjo alrededor del año (1750). (Chebez, 2005).

### Cueva de las manos

El valle del Río Pinturas sirvió de refugio a los grupos de primeros cazadores y recolectores que dejaron testimonio de su cultura en cuevas, la más conocida es la Cueva de las Manos. Los lados laterales del valle están formados por rocas volcánicas, predominantemente ignimbritas integrantes del Grupo Bahía Laura, éstas son características del Macizo Deseado en la región centro norte de la provincia. En estas rocas, la erosión diferencial produjo la formación de cuevas u aleros, donde quedo registrada la actividad de los antiguos pobladores (las pinturas muestran la secuencia entre los 9.300 y los 700 años antes del presente). Las rocas del Grupo Bahía Laura proveyeron además minerales para la fabricación de pigmentos y otros materiales para tallar armas y herramientas.

La gran importancia de la Cueva de las Manos, es que es uno de los pocos sitios arqueológicos de la Patagonia Argentina con pinturas rupestres correspondientes al Holoceno temprano, en buen estado de conservación. Además fue incluido en la lista de Patrimonio Cultural de la humanidad por la UNESCO en 1999. (Geuna y Escosteguy, 2008).

### Cañadón del Dura znillo

En el área existe un enterratorio estudiado por arqueólogos de la Universidad de la Plata. (Chebez, 2005).

### Bahía Laura

En la zona de Bahía Laura se han encontrado numerosos fósiles, entre ellos varias especies de insectos y otros invertebrados que vivieron en el lugar entre 140 y 205 millones de años antes del presente. (Chebez, 2005).

### Bosques petrificados

El Monumento Natural Bosques Petrificados, (también llamado Bosque petrificado de Madre e Hija o Cerro Cuadrado) es el yacimiento paleontológico más importante del país y el segundo del mundo por la cantidad, tamaño y calidad de preservación de los restos vegetales tales como troncos y piñas en las que es posible observar detalles anatómicos como los embriones y granos de polen del interior de las semillas.

Los grandes troncos permineralizados se presentan caídos en dirección este-oeste, lo que sugiere que fueron abatidos por vientos de gran intensidad provenientes desde el oeste durante una intensa actividad volcánica. En la Formación la Matilde, de edad jurásico medio superior fueron identificados dos bosques de araucarias en los que se han encontrado 200 árboles permineralizados. En cuanto al registro animal, han quedado restos de batracios y pisadas de pequeños dinosaurios y del mamífero más antiguo conocido hasta el momento, el *Ameghinic hnus*. (Cúneo y Panza, 2008).

### Península de San Julián

En la estancia la María, a unos 15 km de San Julián, se encuentra una de las manifestaciones de arte rupestre más importantes de la Argentina con más de 80 cuevas y aleros, con dataciones de 12.600 años antes del presente y bellísimas imágenes de guanacos e improntas de manos. (Chebez, 2005).

### La Cavema del Diablo

Espeleólogos argentinos han relevado una cavema volcánica muy cercana a la Laguna Azul, la cavema del Diablo II; en este lugar fueron hallados materiales líticos y de madera que podrían ser parte de armas de caza de antiguos pobladores. (Chebez, 2005).

### Los Glaciares

Francisco Pascasio Moreno descubre en 1876 en la costa del sur del Lago Argentino (cerca de la actual ciudad de El Calafate) las Cuevas del Gualicho, con pinturas rupestres, restos de material arqueológico y un cadáver flexionado enterrado en una de las cuevas. En 1990 investigadores de la Administración de Parques Nacionales localizan varios sitios arqueológicos también con arte rupestre, además de otros sitios en aleros sobre el arroyo Calafate, en los alrededores del poblado. (Chebez, 2005).

### Península de Magallanes

En la península de Magallanes se halló evidencia arqueológica de ocupación humana prehistórica. (Chebez, 2005).

### Monte de León

La zona de Monte de León presenta un alto contenido fosilífero, tanto en la zona costera como en los sedimentos continentales más modernos, que se encuentran a unos pocos kilómetros al interior. La llamada formación Monte de León es la más antigua expuesta en el área, tiene un espesor variable entre 20 y 350m y exhibe numerosos fósiles marinos, en especial de moluscos, también a flor de fósiles de la formación Santa Cruz.

El área también tiene un gran valor arqueológico y cultural. Las prospecciones arqueológicas realizadas en los últimos 40 años reconocieron la existencia de numerosas concentraciones de materiales que permiten suponer que el área fue ocupada por cazadores recolectores que utilizaron los recursos costero marinos desde hace unos 3.500 años. Notables viajeros y naturalistas como Carlos Ameghino, Francisco P. Moreno y el padre De Agostini quienes destacaron los valores geológicos, paleontológicos y naturales de la región. (Chebez, 2005).

### **5.8 Marco legal ambiental de la provincia**

La siguiente es la legislación ambiental existente en la provincia de relevancia para la instalación de parques eólicos, éstas deberían verse reflejadas en los EIA a través de todas las etapas del parque eólico según corresponda.

-Constitución de la Provincia de Santa Cruz. Art 52.

-Ley Nº 786, modificada por las Leyes Nº 2.549 y 2.580. Protección del Patrimonio Natural.

-Ley Nº 949. Higiene y Seguridad Laboral.

-Ley Nº 1.313. Aire .

-Ley Nacional 20.284 Contaminación atmosférica

-Ley Nº 1.451, modificada por las Leyes Nº 2480, 2625 y 2701. Código de Aguas de la Provincia

-Ley Nº 229. Suelos.

-Ley Nº 1.427. Suelos.

-Ley Nº 2.373. Protección de la Fauna.



-Ley Nº 2.472. Protección del Patrimonio Cultural.

-Ley Nº 2.658 y Decreto Nº 7/06, Evaluación de Impacto Ambiental.

-Ley Nº 2.567, modificada por la Ley Nº 2.703 y el Decreto Reglamentario 712/02. Residuos Peligrosos.

A pesar que este grupo de leyes engloban varios aspectos ambientales, no existe ninguna reglamentación para el desarrollo sustentable de proyectos eólicos específicamente. Un ejemplo en el país es el caso de la provincia de Chubut, en donde El Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable, a través de la Dirección General de Evaluación Ambiental y de la Dirección de Evaluación de Proyectos acordó pautas de trabajo con otros organismos del Estado que llevan adelante obras en el territorio como la Dirección General de Energías Renovables, donde se planteó la necesidad de coordinar el trabajo conjunto para realizar mediciones de algunos parámetros tales como ruidos generados, la afectación a la aves, y otros aspectos a tener en cuenta, en el Parque Eólico Rawson durante la etapa de operación. También se propuso, elaborar conjuntamente la legislación específica de evaluación de impactos ambientales de parques eólicos y líneas de evacuación de energía y el control de los mismos. De ésta manera establecer control de los sitios donde se instalaron y se instalarán los parques eólicos en el territorio provincial. (<http://organismos.chubut.gov.ar/ambiente/2012/03/28/impacto-ambiental-de-obras-viales-y-parques-eolicos>, 2012).

### **5.9 Costos de la generación eólica:**

De acuerdo a lo consultado por Beljansky, a las firmas Siemens y General Electric, el costo de un aerogenerador entre 1,5 a 2 MW de capacidad se encuentra entre los 2000 y 2500 USD/kW dependiendo de la dificultad que

exista para acceder al sitio de emplazamiento de los aerogeneradores. Este monto corresponde a una obra llave en mano.

Inversión (US\$/kW)			O&M (US\$/kW año)			O&M (US\$/kWh)			F. C. Neto
2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030	%
2500	2300	2000	63	56	53	0,018	0,016	0,015	40%

**Tabla 5.3 Costos de generación eólica, inversión, operación y mantenimiento en Santa Cruz. Fuente: Beljansky, 2011.**

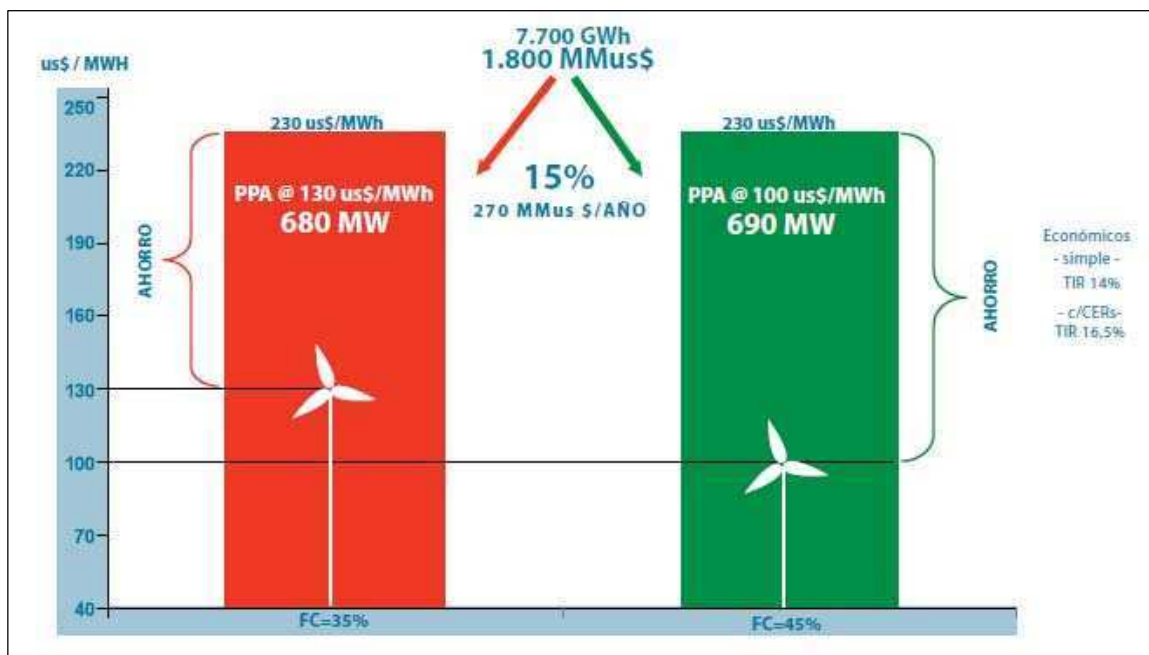
Siendo este costo alto para Argentina, es frecuente que cooperativas o municipios pequeños o medianos sean los que adopten esta fuente de energía, lo que ocasiona que las inversiones sean muy importantes en relación con la capacidad financiera de aquellos. De aquí surge la necesidad de que las empresas proveedoras acompañen sus proyectos con financiamiento a tasas accesibles en el mercado.

Por último, la energía eólica es prácticamente a prueba de inflación, ya que una vez que la central está instalada, el costo de la energía es conocido y no es sustancialmente afectado por la volatilidad de los costos del mercado de combustibles, lo que implica menor riesgo, sobre todo a largo plazo. (Beljansky, 2010).

#### Comparación de costos con otros tipos de energía

Argentina ha gastado durante el año 2008 cerca de 1.800 millones de US\$ en combustibles líquidos importados y en energía eléctrica de origen térmico comprada a países vecinos. Ese dinero fue destinado a la generación y compra de 7.700 GWh arrojando un costo promedio de 230 US\$/MWh. Según lo analizado por CADER, (2009) si se hubiese destinado,

por ejemplo, el 15% de dicho gasto a la compra de energía eólica en contratos de largo plazo que hagan viables los proyectos, se podría haber instalado cerca de 700 MW eólicos atrayendo inversiones por un valor cercano a los 1.500 millones de US\$. Una política de Estado en este sentido reemplazaría “gasto” por “inversión” y además podría causar un significativo ahorro para el sistema. (Figura 5.9).



**Figura 5.9 Costo variable de generación con combustible líquidos vs. Costo de generación eólica**  
 Fuente: CADFER 2009.

## 5.10 Conclusiones parciales

-Existen varios instrumentos legales que incentivan la producción de energía eólica en la provincia, éstos incluyen beneficios como exención de impuestos, subsidios, financiamiento.

-Hasta la fecha existe un único parque en funcionamiento en la provincia ubicado en la localidad de Pico Truncado. Por otra parte, se conocen

doce proyectos a instalarse, que van desde los 3 hasta los 900 MW, no se conoce la fecha de puesta en funcionamiento de todos ellos.

-Las ubicaciones preferenciales para la instalación parques eólicos en la provincia se encontrarían en un radio de 100 km de las redes de muy alta tensión (500 kV) existentes o futuras según Beljansky (2010).

-Al entrar en funcionamiento los proyectos eólicos, se generará una competencia por la capacidad de la red de transporte eléctrico que va a requerir la adecuación de las estructuras asociadas.

-A nivel de generación de empleo, la producción energía eólica es una tecnología que se destaca por ser de las que genera más puestos de trabajo por kilovatio instalado. Se espera que la provincia obtenga una gran participación en el desarrollo de esta industria tanto a nivel de empleo como a nivel educativo. Además las otras actividades económicas seguirían subsistiendo sin verse afectadas o desplazadas por la instalación de parques eólicos.

-Existe un patrimonio cultural que debe tenerse en cuenta a la hora de seleccionar los sitios de generación eólica. Por un lado los pueblos originarios representados por las comunidades de los Tehuelches y Los Mapuches quienes deberán aprobar este tipo de proyectos en sus territorios teniendo en cuenta que existe un asentamiento en el departamento Deseado, en donde se ubica la mayor cantidad de proyectos eólicos conocidos en este trabajo.

Por otra parte, también existe un gran patrimonio cultural representado en yacimientos arqueológicos y paleontológicos, de los relevados en esta Tesis, cinco podrían llegar a verse afectados según el área preferencial

para la instalación de parques eólicos. El área de los Bosques Petrificados sería la más vulnerable por ser el segundo lugar más importante del mundo en su tipo.

-En cuanto a la legislación ambiental de la provincia, se concluye que requiere una reglamentación específica para el desarrollo sustentable de este tipo de proyectos.

-El costo de un aerogenerador de capacidad entre 1,5 a 2 MW se encuentra entre los 2000 y 2500 USD/kW, siendo este costo alto para Argentina, surge la necesidad de que las empresas proveedoras acompañen sus proyectos con financiamiento a tasas accesibles en el mercado. La energía eólica es prácticamente a prueba de inflación, ya que una vez que la central está instalada, el costo de la energía es conocido y no es sustancialmente afectado por la volatilidad de los costos del mercado de combustibles, lo que implica menor riesgo, sobre todo a largo plazo.

## **Capítulo 6. Aspectos físicos del área de estudio**

Para tener un panorama de la geomorfología de la provincia, se describen a continuación los aspectos físicos más relevantes. Además, de acuerdo a los mismos se analiza los posibles impactos que tendría de la instalación de parques eólicos.

### **6.1 Relieve de la región**

La provincia de Santa Cruz es la segunda más grande de Argentina con una superficie de 243.943 Km<sup>2</sup>, se localiza en Lat 65° 43' y 73° 35' O, y Lon 46° 00' y 52° 23' S. En su territorio se diferencian tres zonas principalmente: La región occidental cordillerana, La meseta central y La zona costera:

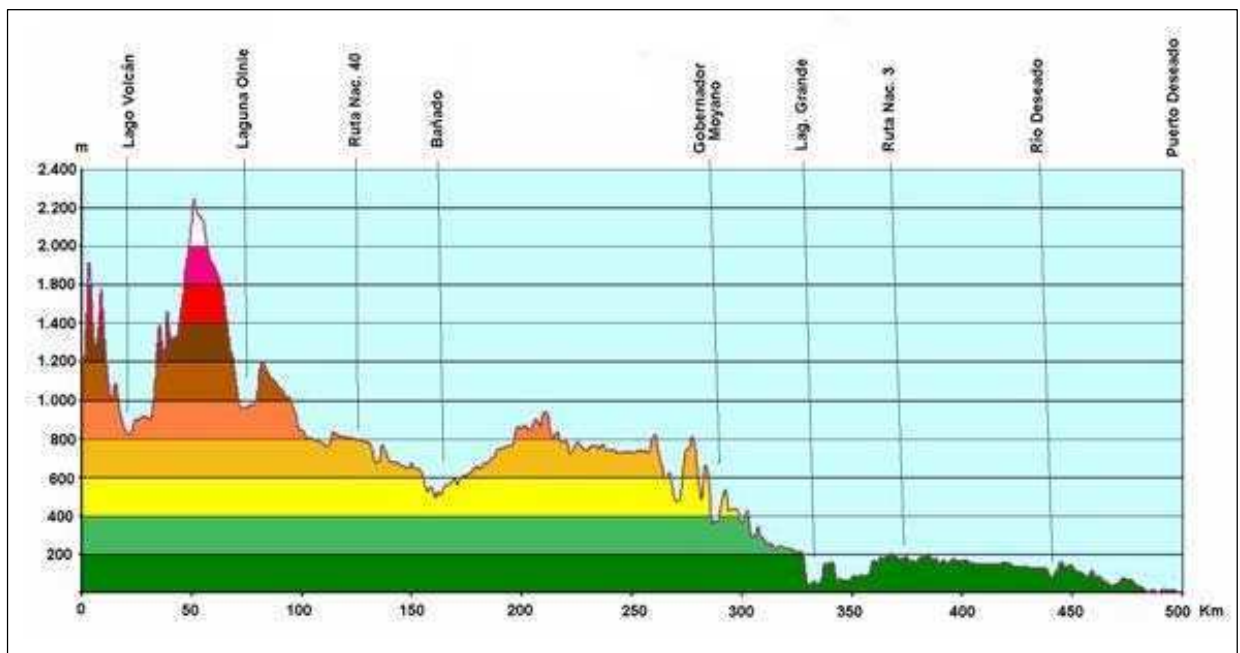
-La primera corresponde a la región andina, ubicada en la parte occidental, se caracteriza por la presencia de una sección del sistema de la cordillera de los Andes llamada Andes Patagónicos. Se presenta un sector austral caracterizado por la presencia de hielos continentales y glaciares cuyo avance favoreció la formación de lagos, que atraviesan la cordillera de oeste a este. Aquí se encuentran también las principales alturas de la provincia, entre las que destacan los montes San Lorenzo (3.700 m.s.n.m.), Fitz Roy (3.375 m.s.n.m.) y Bertrand (3.270 m.s.n.m.) de origen principalmente volcánico. En las estribaciones de los Andes, sistemas de lagos glaciares como lo son: Argentino, Viedma, Buenos Aires y San Martín, que nutren de los glaciares procedentes de los campos de hielo patagónico.

-La meseta central ocupa las tres cuartas partes del territorio provincial, pertenece a la región extra-andina que se extiende sobre la parte central y oriental de la provincia, y se caracteriza por terrazas y mesetas de altura

decreciente hacia el este, que llegando al mar (Figura 6.1). Aquí también hay presencia de lagos como el Cardiel, Strobel y Quiroga.

-La zona costera se extiende a través de 1.000 kilómetros de playas y acantilados de hasta 300 m. de altura.

Otras particularidades del relieve santacruceño lo constituyen la presencia de valles y cañadones formados a lo largo de los ríos de excavación glaciaría, los ríos que atraviesan la provincia y los grandes lagos. Entre los ríos se destacan el Deseado, Santa Cruz, Chico, Gallegos y Coig (o Coyle), de vertiente Atlántica. Existen otros ríos de vertiente Pacífica, y de cuencas endorreicas y arreas. (<http://www.santacruz.gov.ar/index.php?opcion=relieve>, 2012).



**Figura 6.1** Perfil topográfico de la provincia de Santa Cruz dirección Oeste-Este, latitud aproximada 47°44' S Según G. Cruzate (2007) Fuente: <http://antenorinta.gov.ar/info/mapa/suelosambientes/Scruz.jpg>, 2012.

## 6.2 Suelos

A partir de su geografía, se describen dos amplias regiones en la provincia: la Patagonia Extraandina, que es la de mayor extensión, y la Andina o Cordillera Patagónica.

### Patagonia Extraandina

En general, en esta región son dominantes los suelos Argides, son suelos que presentan un horizonte superficial decolorado con bajo contenido en materia orgánica y cuyo rasgo distintivo es su aspecto vesicular. En profundidad, presentan una zona de acumulación calcárea –horizonte cálcico- que, a menudo, en los niveles topográficos más elevados se halla, fuertemente, cementado -petrocálcico-.

Los suelos que se desarrollan bajo vegetación de estepa gramínea en el área vecina inmediata al sector cordillerano, presentan un nítido horizonte saturado con bases y rico en materia orgánica –horizonte mólico- al que subyace un horizonte cálcico.

### Cordillera Patagónica

En el sector cordillerano, los suelos tienden a presentar perfiles poco desarrollados pero en contraposición, ostentan valores apreciablemente más altos en materia orgánica que sus homólogos extraandinos. Cuando se desarrollan bajo vegetación arbórea -bosque caducifolio- presentan horizontes superficiales orgánicos.

En algunos sectores, cuando la participación de materiales de naturaleza volcánica ha sido importante, se forman suelos del Suborden Andeptes



(andosoles).

Cuando en las vegas o mallines cordilleranos los suelos están afectados por un drenaje deficiente y tienen en profundidad una irregular variación de materia orgánica, el suelo que presentan corresponde al Suborden Fluventes, típicos con Carbonato de Calcio a lo largo de todo el perfil y abundantes concreciones de Hierro y Manganeso en los niveles profundos. (<http://www.mineira.gov.ar/estudios/im/santacruz/ind-geog.asp>,2012).

### **6.3 Erosión y Desertificación**

La alteración del proceso natural de erosión en las zonas áridas y semiáridas de la Provincia de Santa Cruz, se ha dado por la degradación y desaparición paulatina del suelo, la vegetación y por la acentuación de los factores climáticos adversos.

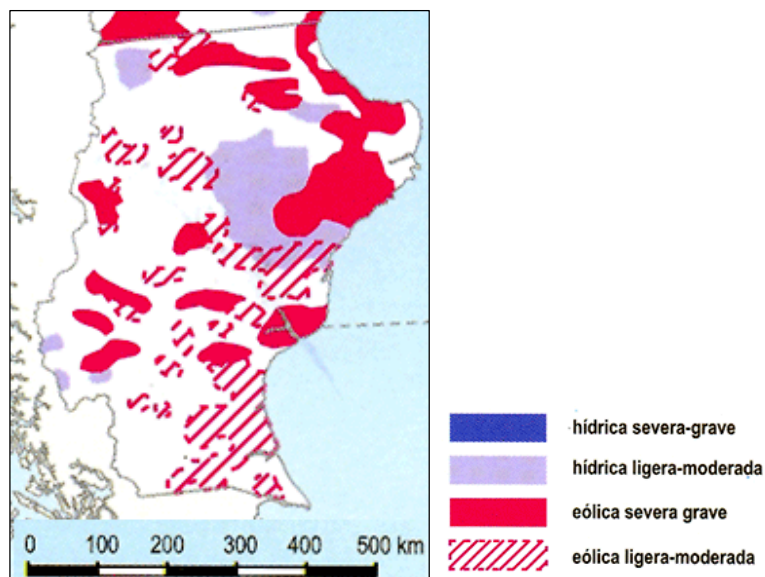
La causa principal es el mal manejo de las pasturas naturales, producida por el sobrepastoreo de los campos, que sumado a condiciones adecuadas, produce focos de erosión. Otros factores son los incendios en la vegetación, las inundaciones y lagunas temporarias, y se considera como factor detonante el viento, ya sea por su frecuencia e intensidad (Figura 6.2).

Entre las causas que conducen a los procesos erosivos, se encuentra el sobrepastoreo, que ha afectado principalmente la región de la meseta central por su aridez y su escasa cobertura vegetal, aumentando los focos de erosión. Esta región no es apta ambientalmente para soportar grandes cantidades de herbívoros, pero se establecieron grandes cantidades en función de las expectativas de beneficio económico, y en una etapa muy favorable del precio internacional de la lana, aunque en los últimos años

esta tendencia ha disminuido. La consecuencia más evidente del agotamiento de los suelos, sumado a la no reposición de nutrientes por ningún medio, es la caída de los rindes, el aumento de los costos unitarios y la baja o nula rentabilidad que obtienen los productores. Otras causas de los procesos erosivos son: el desmonte, el uso del fuego y la labranza.

Existe evidencia de proyectos eólicos que provocaron la erosión del suelo, por ejemplo en Tahachapi Pass, California, se han observado profundas cárcavas creadas por la fuerza del agua de lluvia al fluir libremente sobre los caminos de acceso y alrededor de las bases de las turbinas. Este tipo de problema puede ser controlado mediante medidas apropiadas de conservación de suelos y control de erosión, las cuales deberán ser tenidas en cuenta en las etapas iniciales del proyecto aplicadas a cualquier construcción en un área vulnerable a la erosión. Las medidas para mitigar este impacto incluyen la construcción de la cantidad mínima de caminos, el seguimiento tanto como sea posible del contorno natural del terreno y el restablecimiento rápido de las condiciones originales del suelo en cualquier lugar que sea alterado durante la etapa de construcción.

La erosión inducida por el viento puede crear partículas finas en el aire las cuales pueden ser adversas a la salud humana y reducir la visibilidad. (<http://www.iaea.org.ar/renovables/renovables60.pdf>, 2012).



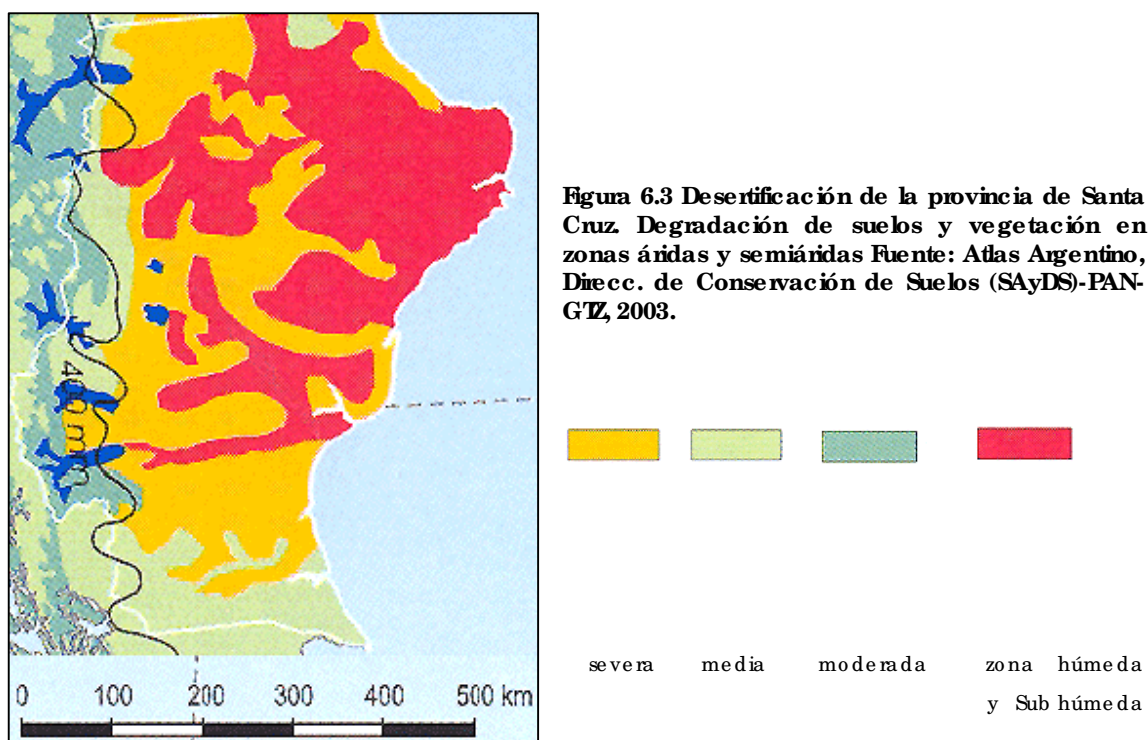
**Figura 6.2 Erosión eólica e hídrica del suelo. Fuente:**  
<http://www.ambiente.gov.ar/aplicaciones/mapoteca/mostrar.asp?idmapa=14>, 2012.

La desertificación dependiente de las variables naturales del ecosistema (particularidades del clima, la fisiografía y los materiales originales) generan una baja productividad y diversidad biológica en el área, que se acentúa con el deterioro de la vegetación, la alteración del balance hídrico y la erosión de los suelos. Si bien este término es utilizado para caracterizar situaciones de deterioro de diversas zonas, el proceso es propio de regiones áridas y semiáridas con precipitaciones anuales de hasta 400 mm. En estas zonas la regeneración de la cubierta vegetal es muy lenta, que sumado al deterioro de los suelos que quedan desnudos, y a una sobreutilización de los mismos culmina con condiciones incapaces de sostener ningún tipo de producción económica y finalmente las tierras son abandonadas.

Durante las últimas dos décadas, el problema de la degradación de tierras en las regiones más secas de la provincia de Santa Cruz ha empeorado, en

el pasado las tierras se recuperaban con facilidad después de las sequías, sin embargo en la actualidad, el suelo tiende a perder rápidamente su productividad biológica y económica, ya que están siendo degradados como consecuencia del sobrecultivo, el pastoreo excesivo, la deforestación y las prácticas inadecuadas de riego. (<http://consejoagrario.santacruz.gov.ar/>, 2012).

Sin lugar a dudas la desertificación es el problema ecológico de mayor importancia en toda la Provincia de Santa Cruz y se manifiesta con diferente intensidad, como se muestra en la Figura 6.3.



La erosión y la desertificación podrían acentuarse significativamente si se instalan parques eólicos en las zonas más vulnerables y no se toman las medidas adecuadas para minimizar el efecto. Por ejemplo la zona costera

comprendida entre los 46 y 50 ° S aprox. presenta en casi su totalidad un estado de desertificación severo que coincide con la ubicación de los proyectos eólicos a instalarse conocidos en este trabajo. Por otra parte, el radio estimado en donde se estima que se instalen más parques eólicos en el futuro de acuerdo a la ubicación de las líneas de transporte eléctrico de muy alta tensión, se encuentra dentro de la región con un estado de desertificación de severo a medio, lo que representa un impacto negativo que debe estar profundamente evaluado en todos y cada uno de los proyectos a instalarse en la provincia.

#### **6.4 Sismicidad**

De la observación del mapa de zonación sísmica de la Argentina, se puede inferir que el coeficiente sísmico zonal de la Provincia de Santa Cruz abarca valores que van desde 0.013 (Muy bajo) a 0.025 (Bajo). Asimismo, el límite entre estas dos zonas queda definido físicamente ya que es, aproximadamente, coincidente con el límite morfoestructural que separa a la Cordillera Patagónica de la Patagonia Extrandina.

De esta forma, la zona con coeficiente bajo incluye a la totalidad de Cordillera Patagónica y Cordillera Patagónica mientras que, la de coeficiente muy bajo abarca a la totalidad de Patagonia Extrandina. La menor sismicidad que presenta la Cordillera Patagónica en la sección correspondiente a Santa Cruz se debe a que la velocidad de subducción de la placa oceánica Antártica es baja debido a que tanto esta placa como la continental se mueven en la misma dirección, aunque a velocidades diferentes.

(<http://www.mineria.gov.ar/estudios/im/santacruz/ind-geog.asp>, 2012).

Por lo tanto la instalación de aerogeneradores en la provincia no se vería afectada por movimientos sísmicos importantes los que pudieran causar daños a sus estructuras ni a los habitantes de la región.

## **6.5 Recursos hídricos**

La característica pluviométrica define el ambiente árido presente en la región de Patagonia Extrandina y húmedo en la región de Cordillera Patagónica.

En el sector de mesetas, durante todo el año la evaporación potencial excede los valores pluviométricos, situación que condiciona el régimen temporario de los cursos fluviales autóctonos que no tienen sus cabeceras en la región Andina. Los cursos fluviales que presentan evaporación potencial son, en cambio, de carácter permanente, como ocurre con los grandes ríos patagónicos y algunos ríos de menor desarrollo entre los que se mencionan Fénix Grande, Simpson, Jeinemeni, Los Antiguos, Ecker, Pinturas, Belgrano, etc.

Entre los ríos más importantes están el Santa Cruz, Chico, Gallegos, Coig, Deseado y Pinturas. Todos estos ríos discurren por profundos cañadones escalonados, desde los Andes hasta el Océano Atlántico. (<http://www.mineria.gov.ar/estudios/im/santacruz/ind-a-sup.asp>, 2012).

Un factor importante en la hidrología de la provincia es el agua estacional de deshielo que ocupa los profundos valles cordilleranos formados por el avance y retroceso de las lenguas glaciares en tales glaciaciones, y forma vastos lagos que se constituyen en las reservas de almacenamiento

principal de las cuencas hídricas de Santa Cruz, entre las que destaca el complejo lago del Desierto /río Las Vueltas/lago Viedma/río La Leona/lago Argentino/río Santa Cruz, que se constituye como una cuenca hídrica con infinitas posibilidades productivas basadas en su derame hídrico de 700 a 1100 m<sup>3</sup>/s dependiendo de la época del año.

Aunque no existen efectos directos producidos por los aerogeneradores sobre los recursos hídricos de la región, es importante tener en cuenta que el efecto de la erosión, además de remover el suelo y reducir su productividad, resulta en sedimentación en cursos de agua degradando la calidad de la misma, afecta los recursos biológicos, y acelera el llenado de reservorios (<http://www.iae.org.ar/renovables/renovables60.pdf>, 2012). Por lo que sería necesario hacer un relevamiento riguroso de los cursos hídricos más cercanos a los parques eólicos.

En el Capítulo 8 se describe más específicamente el valor biológico de los humedales de la provincia y los que se verían más afectados por la instalación de los proyectos eólicos.

## **6.6 Conclusiones parciales**

-La provincia de Santa Cruz es la segunda más extensa del país. En ella se diferencian tres zonas: la cordillera, la meseta central y la zona costera, en general su morfología la constituyen la presencia de valles y cañadones formados a lo largo de los ríos de excavación glaciaria, los ríos que atraviesan la provincia y los grandes lagos. Los suelos en la región de la Patagonia extraandina presentan un horizonte superficial, decolorado y con bajo contenido en materia orgánica, mientras que en la cordillera se desarrollan sobre acumulaciones aluviales moderadamente provistas de materia orgánica y abundante carbonato de calcio.

-Durante las últimas dos décadas, el problema de la degradación de tierras en las regiones más secas de la provincia de Santa Cruz ha empeorado y el suelo tiende a perder rápidamente su productividad biológica y económica. Este problema podría acentuarse significativamente si se instalan aerogeneradores en regiones con estado severo de desertificación y no se toman las medidas adecuadas.

-La instalación de aerogeneradores en la provincia no se veía afectada por movimientos sísmicos importantes que pudieran causar daños a sus estructuras y a los habitantes de la región, ya que existe un coeficiente sísmico zonal muy bajo.

-Es necesario un relevamiento de los cursos hídricos más cercanos a los parques eólicos, ya que podrían verse afectados por la sedimentación y bajar su productividad biológica.

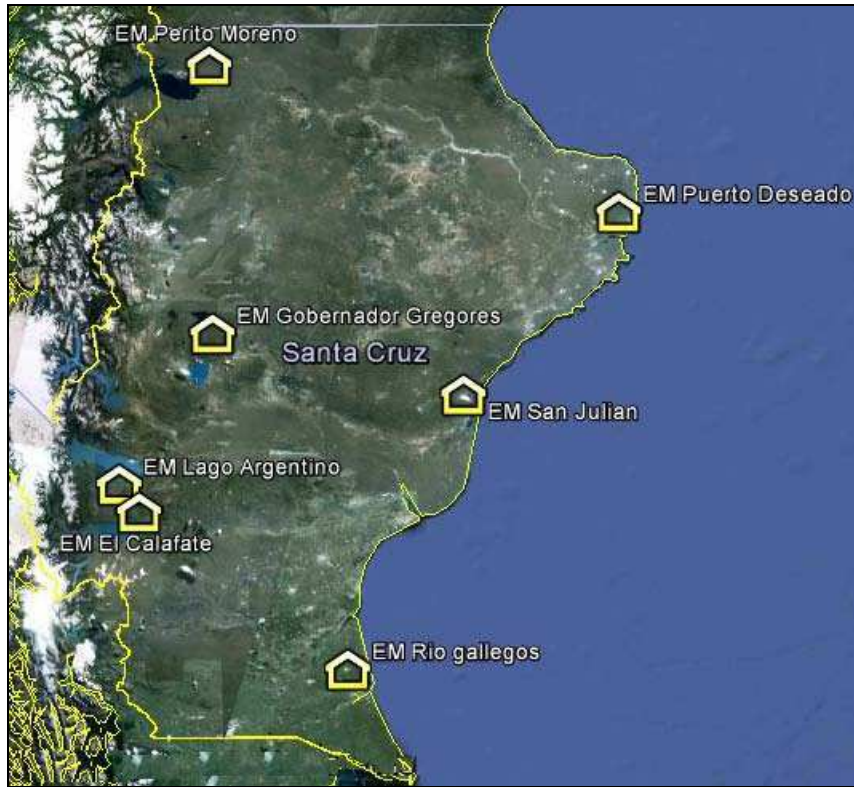


## **Capítulo 7. Descripción de algunas características climatológicas de la provincia de Santa Cruz**

En este Capítulo se realiza la descripción de algunos aspectos del clima de la provincia de Santa Cruz. Para ello se presenta el comportamiento de la temperatura máximas y mínimas diarias, la precipitación acumulada diaria y el viento horario medido a 10 m.

### **7.1 Información meteorológica**

La información utilizada corresponde a las siete estaciones meteorológicas presentes en la provincia, (Figura 7.1 y Tabla 7.1). Los datos fueron suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), a través del Departamento de Ciencias la Atmósfera y los Océanos y corresponden al período de 01/01/1980 a 31/12/2009.



**Figura 7.1 Ubicación de las estaciones meteorológicas analizadas**

Nombre	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (msnm)
El Calafate	50.16	72.03	204
Gobernador Gregores	48.47	70.1	358
Lago Argentino	50.2	72.18	220
Perito Moreno	46.31	71.01	429
Puerto Deseado	47.44	65.55	80
Río Gallegos	51.37	69.17	19
San Julián	49.19	67.47	62

**Tabla 7.1 Coordenadas geográficas de las estaciones meteorológicas utilizadas.**

## **7.2 Análisis de consistencia**

Sólo se consideraron las series que, después de un análisis de consistencia, resultaran completas en un 75% sobre el periodo total.

A partir de la guía de control de calidad de datos meteorológicos de la Organización Meteorológica Mundial, Programa Mundial de Datos Climáticos, en (Rusticucci et al, 2002), se siguió la metodología de análisis de consistencia, realizando en primera medida la lectura de datos y control de formatos eliminando:

\*Registros inexistentes (fechas saltadas)

\*Registros repetidos

\*Registros desordenados

\*Registros con códigos inexistentes (letras o símbolos en lugar de números)

Además se controló la consistencia entre los datos de temperatura máxima y mínima (que la máxima no fuera inferior a la mínima diaria ni viceversa).

Una vez obtenida la serie de datos consistida, se procedió de la forma que se describe a continuación, según los parámetros a analizar:

## **7.3 Temperatura**

Por cada estación meteorológica, a partir de datos diarios, se calcularon los promedios mensuales de temperatura mínima y máxima y media por cada año, luego se computó el promedio anual, mensual y por estaciones del año del total de la serie de datos.

### 7.3.1 Datos faltantes

En la Tabla 7.2 se presentan los periodos analizados por cada estación con sus respectivos datos presentes y faltantes, notándose que la estación más incompleta en cuanto a temperatura máxima es Gobernador Gregores y la más completa Río Gallegos, en cuanto a la temperatura mínima son Puerto Deseado y San Julián respectivamente. En general el parámetro con mayor ausencia de datos es la temperatura máxima.

Con los datos de la estación Gobernador Gregores se realizó una prueba para testear si la inclusión o no de los años con mayor cantidad de datos faltantes afectaba al valor medio, el resultado indicó que su inclusión no difiere, con un nivel de significancia del 90%, en el cálculo de la temperatura media, por lo que se trabajó con todos los datos.

El detalle de datos faltantes por mes y por estación de temperatura máxima y mínima se presenta en la Tabla 7.3, en donde se evidencia que mayor cantidad de datos faltantes se presenta durante el verano (Diciembre, Enero y Febrero) e invierno (Junio y Julio) y en menor proporción en el mes de Mayo. Esta ausencia de información, sobre todo en los veranos, podría estar asociada a los periodos de licencia de los observadores.

<b>Estación Meteorológica</b>	<b>Perito Moreno</b>	<b>Puerto Deseado</b>	<b>Gobema- dor Gregores</b>	<b>San Julián</b>	<b>Lago Argentino</b>	<b>Calafate</b>	<b>Río Gallegos</b>
<b>Periodo analizado</b>	1983-1986, 1988-2009	1980-2009	1981-2009	1980-2009	1980-2000	2001-2009	1980-2009
<b>Número total de datos</b>							
<b>T max</b>	10580	9164	8106	7713	7221	3221	10896
<b>T min</b>	10919	9202	8931	8895	7529	3222	10783
<b>% De datos faltantes</b>							
<b>T max</b>	3,37%	16,31%	23,41%	21,73%	5,79%	1,98%	0,49%
<b>T min</b>	0,28%	15,96%	15,62%	9,74%	1,30%	1,95%	1,52%

**Tabla 7.2 Periodos analizados por estación con el total de datos analizados y faltantes.**

Datos faltantes de temperatura máxima y mínima pormes en todas las estaciones.														
Mes	Perito moreno		Puerto deseado		Gobemador Gregores		San Julian		Iago Argentino		Calafate		Río gallegos	
	T max	T min	T max	T min	T max	T min	T max	T min	T max	T min	T max	T min	T max	T min
Ene	37	100	172	<b>234</b>	260	180	35		<b>62</b>	<b>35</b>				
Feb	<b>305</b>	<b>198</b>	<b>285</b>	153	<b>375</b>	<b>298</b>	29							
Mar	141	66	158	164	261	184		<b>31</b>	37				6	36
Abr	167	80	103	101	151	88	25		10	31				
May	209	80	101	97	112	78	<b>62</b>		41		1			
Jun	245	50	99	93	196	122	30		60		30	30	<b>30</b>	<b>90</b>
Jul	181	47	157	166	235	145	36		<b>62</b>	5	<b>31</b>	<b>31</b>	18	18
Ago	160	79	159	160	148	78	31		31	31	1			
Sep	183	80	131	134	147	80	30		7	1	3	1		
Oct	173	35	138	155	197	120	31		41	2	1			13
Nov	172	70	123	119	147	103	30		31					
Dic	169	75	160	172	250	178	31		<b>62</b>	31		1		10

Tabla 7.3 Datos faltantes de temperatura máxima y mínima mensual pormes en todas las estaciones

<b>Mes</b>	<b>T max</b>	<b>%</b>	<b>T min</b>	<b>%</b>
<b>Ene</b>	566	10,37	549	10,06
<b>Feb</b>	994	19,50	649	12,73
<b>Mar</b>	603	11,05	450	8,25
<b>Abr</b>	456	8,64	300	5,68
<b>May</b>	526	9,64	286	5,24
<b>Jun</b>	690	13,07	385	7,29
<b>Jul</b>	720	13,20	412	7,55
<b>Ago</b>	530	9,71	348	6,38
<b>Sep</b>	501	9,49	296	5,61
<b>Oct</b>	581	10,65	325	5,96
<b>Nov</b>	503	9,53	292	5,53
<b>Dic</b>	672	12,32	467	8,56

**Tabla 7,4 Detalle de datos faltantes por mes de toda la serie de datos en todas las estaciones.**

En general para toda la serie, de todas las estaciones, el mes con mayor porcentaje de faltantes tanto para la temperatura máxima como la mínima fue Febrero con un porcentaje de 19,50% y 12,73% respectivamente, lo cual hace que para este mes en especial y los correspondientes a la estación de verano, el análisis sea el menos confiable dentro de la serie analizada. Es importante aclarar que las series de temperatura máxima de San Julián de 1987 y de Río Gallegos de 1993 presentaron la mayor proporción de datos faltantes por lo cual se descartó la información de temperatura de dichos años en esas estaciones.

Dada la continuidad en el periodo y la cercanía de las estaciones de Lago Argentino y Calafate, se aplicó un test de medias y luego una prueba de significancia estadística para comprobar si ambas series podrían tratarse como una sola. El resultado de la prueba fue negativo, por lo que se trataron independientemente.

#### 7.4 Temperatura media mensual por estación



**Figura 7.2 Temperatura media en cada estación.**

La temperatura medias anuales disminuyen de Este a Oeste y de Norte a Sur (Figura 7.2 y Tabla 7.5), El máximo valor medio anual ocurre en la



estación costera de Puerto Deseado con 12,2 °C en el año 2006, mientras que el mínimo ocurre en la cordillera en la estación Perito Moreno en el año 1986 con 5,4°C.

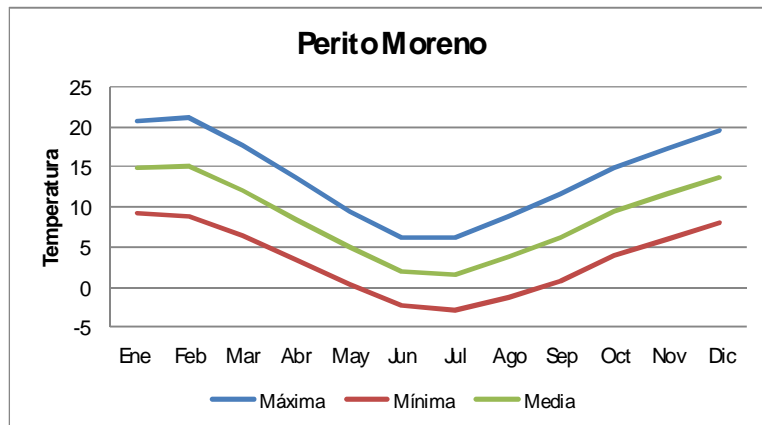
Las Figuras 7.3 a 7.9 muestran la evolución de la temperatura mensual media, de la máxima media y de la mínima media en las estaciones estudiadas. La temperatura en las estaciones presenta el máximo en Enero y el mínimo en Julio excepto Gobernador Gregores y Calafate cuyos máximos están un mes atrasado respecto a las otras estaciones. El valor medio más elevado del verano se registra en Puerto Deseado y es de 16,8°C, mientras que el mínimo es de 13,08°C y se observa en Calafate. Con respecto al invierno las temperaturas medias oscilan entre 4,1°C en Puerto Deseado y -0,4°C en Calafate. En la zona costera y Sur de la provincia, las temperaturas medias del otoño son mayores que las de la primavera, de acuerdo con lo que es típico de los climas marítimos.

Las estaciones con menor amplitud anual (13°C) son, como era de esperar las costeras, y la de mayor amplitud es la más continental y alejada de la cordillera, Gobernador Gregores que presenta un amplitud de 17°C. Con respecto a las temperatura máximas y mínimas medias se puede decir que tiene un comportamiento semejante a las medias, con valores máximos medios cercanos a los 24°C en las estaciones del centro – este de la provincia y mínimas medias de -5°C en las estaciones del sur y cercanas a la cordillera.

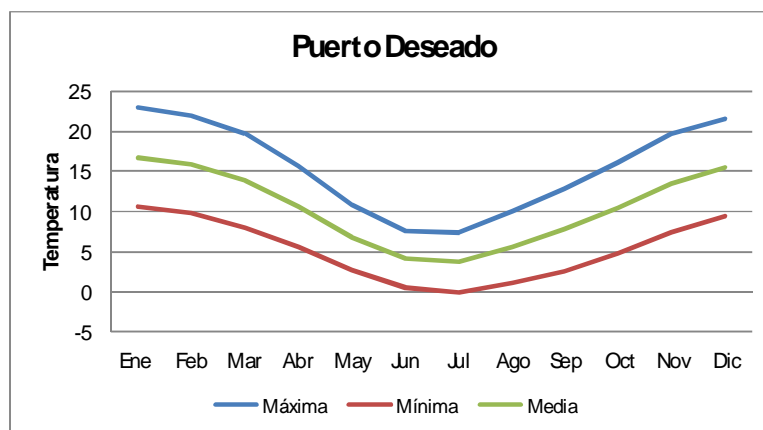
Temperaturas Medias Anuales (°C)														
Año	Perito Moreno		Puerto Deseado		Gobemador Gregores		San Julián		Iago Argentino		Calafate		Río Gallegos	
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE
1980			7,4	5,4			9,5	4,7	7,4	5,3			7,7	4,9
1981			9,3	4,8	7,7	6,4	9,6	4,6	7,8	5,1			8,4	4,8
1982			10,3	6,9	6,0	7,4	10,1	5,4	7,3	5,9			7,9	6,4
1983	7,4	5,3	10,4	5,6	8,9	5,9	10,6	4,6	8,2	5,0			8,7	5,0
1984	8,6	6,7	9,6	6,3	8,6	5,4	9,4	5,1	6,9	6,5			7,1	6,6
1985	7,8	5,2	9,7	5,4	8,8	5,8	10,5	7,8	7,4	5,5			8,7	5,2
1986	5,5	4,8	9,5	5,4	8,1	5,7	10,0	4,6	7,0	4,7			7,9	5,1
1987	13,6	2,5	9,9	5,4	9,4	5,7			7,6	5,2			8,6	5,1
1988	10,1	4,8	10,1	5,5	8,3	6,8	9,1	4,6	7,2	5,0			8,3	5,2
1989	8,0	5,5	10,0	5,4	8,2	7,4	10,7	4,6	9,1	6,4			8,6	5,2
1990	7,9	4,8	10,0	5,0	8,3	4,9	10,4	4,6	8,6	5,5			8,2	4,6
1991	8,4	6,8	9,8	6,0	10,1	7,4	9,5	4,9	7,1	5,2			7,3	5,0
1992	7,4	6,2	9,6	6,1	7,8	7,3	9,4	4,9	6,8	5,9			7,5	6,2
1993	8,8	6,2	10,6	5,4	9,6	6,0	10,2	4,5	7,8	5,1				
1994	8,6	5,8	10,0	5,5	8,2	6,5	9,5	4,6	5,7	5,8			7,4	5,6
1995	8,3	6,5	10,8	6,2	8,1	6,5	9,5	4,8	7,5	6,0			7,4	6,2

1996	9,1	5,1	10,9	5,1	10,9	6,2	10,6	4,4	7,9	4,6			7,9	4,5
1997	8,3	5,2	10,0	5,4	8,0	6,1	9,4	4,6	7,0	5,16			7,3	5,1
1998	9,9	4,7	10,1	5,0	10,1	5,2	11,1	4,9	8,5	4,7			9,1	4,7
1999	9,1	5,9	10,9	5,7	9,5	6,0	10,5	4,8	7,9	5,4			7,9	5,5
2000	7,4	6,2	9,7	5,7	7,6	7,0	9,1	5,6	5,8	5,4			7,1	4,9
2001	9,6	8,2	10,2	5,8	8,1	6,8	9,8	4,9			6,1	5,8	7,4	5,3
2002	7,9	6,0	9,8	6,0	7,9	6,7	8,8	4,8			5,7	5,6	6,8	5,7
2003	8,7	4,7	10,7	5,0	8,8	5,3	10,2	4,5			6,7	4,7	7,7	4,3
2004	9,4	5,8	11,7	5,6	10,0	5,9	11,0	4,8			7,3	5,3	8,6	5,3
2005	11,1	7,2	10,6	5,5	9,3	8,3	9,8	4,9			6,9	5,6	7,5	5,6
2006	8,6	5,4	12,2	4,9	9,3	5,8	10,0	4,3			6,4	5,7	7,8	5,1
2007	8,7	5,9	10,1	5,7	8,7	2,2	9,7	4,6			6,9	5,4	7,7	4,9
2008	8,4	7,2	11,3	6,2	8,7	6,7	10,4	4,8			7,4	6,3	8,1	6,0
2009	8,1	4,3	9,8	6,8			10,1	4,4			7,0	4,9	7,6	4,8
	<b>8,7</b>	<b>6,0</b>	<b>10,2</b>	<b>5,7</b>	<b>8,7</b>	<b>6,5</b>	<b>10,0</b>	<b>5,9</b>	<b>7,4</b>	<b>5,4</b>	<b>6,7</b>	<b>5,5</b>	<b>8,0</b>	<b>5,7</b>

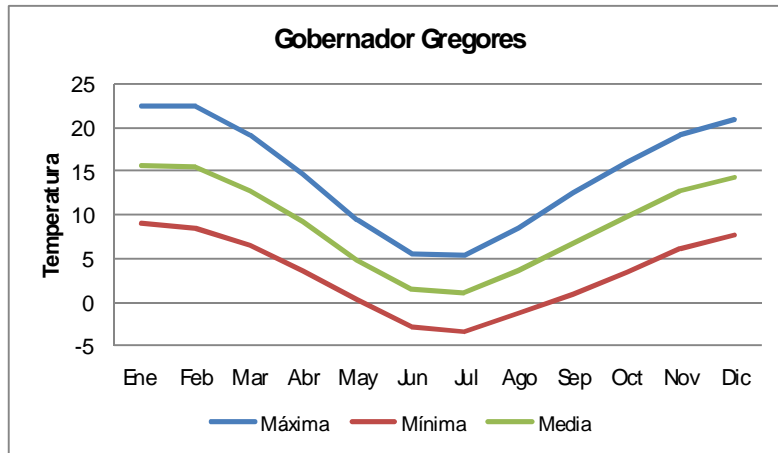
**Tabla 7.5 Temperatura media anual y desviación estándar de cada una de las estaciones.**



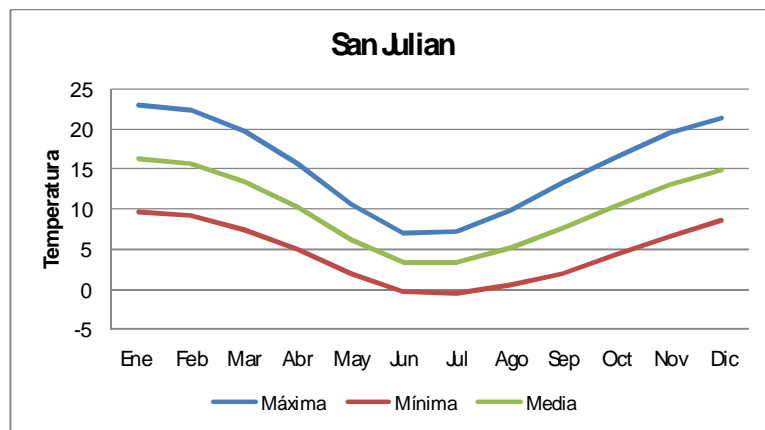
**Figura 7.3** Temperatura máxima, mínima y media mensual Perito Moreno periodo 1983-2009



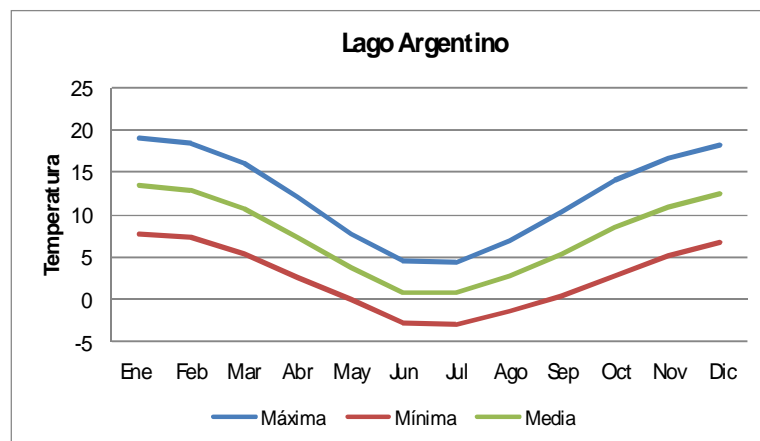
**Figura 7.4** Temperatura máxima, mínima y media mensual Puerto Deseado periodo 1980-2009



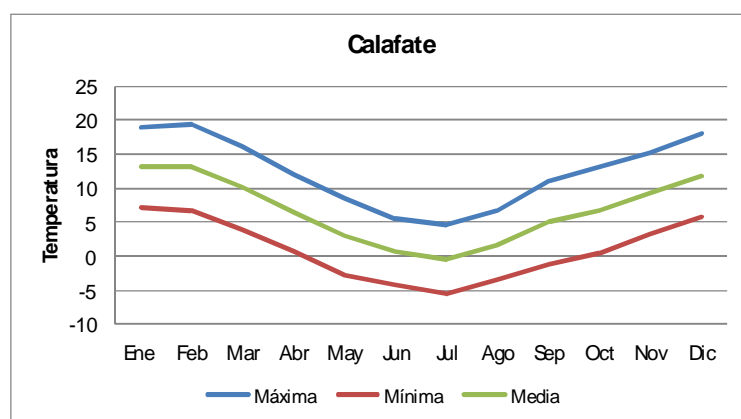
**Figura 7.5** Temperatura máxima, mínima y media mensual Gobernador Gregores periodo 1981-2008



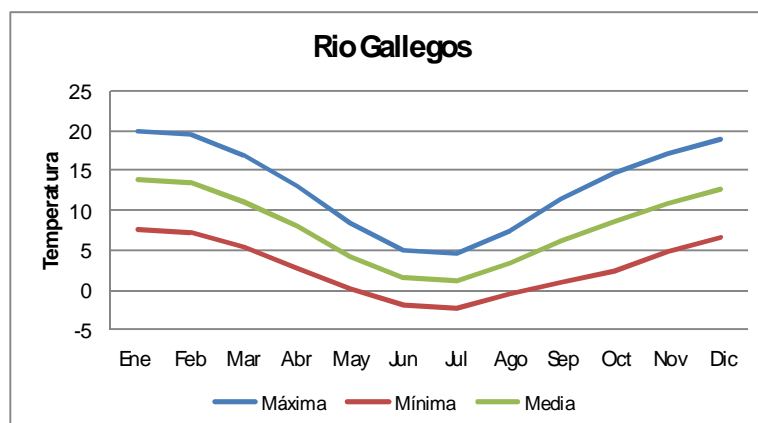
**Figura 7.6** Temperatura máxima, mínima y media mensual San Julián periodo 1980-2009



**Figura 7.7** Temperatura máxima, mínima y media mensual Lago Argentino periodo 1980-2000



**Figura 7.8** Temperatura máxima, mínima y media mensual Calafate periodo 2001-2009



**Figura 7.9** Temperatura máxima, mínima y media mensual Río Gallegos periodo 1980-2009

### 7.4.1 Temperaturas extremas diarias

Al considerar los extremos diarios más cálidos, se observó que el 3 de Marzo de 1997, Perito Moreno informó una máxima de 29°C, Gobernador Gregores 31,3 °C y San Julián 37°C, éstos valores extremadamente inusuales para esas estaciones y para el mes de Marzo, estuvo asociado a un desplazamiento atípico hacia el sur de la Zona de Convergencia del Atlántico Sur. (Ceme y Possia, 2004) la que favoreció el desarrollo de temperaturas anómalamente cálidas en la región sur de la Patagonia lo cual indicaría que la temperatura de esta región podría presentar importante variabilidad intraestacional, el estudio de dicha variabilidad no está contemplado en la presente Tesis.

El extremo mensual de temperatura máxima diaria de todas las estaciones se encuentran principalmente en la estación de San Julián (9 casos), seguida de la estación de Puerto Deseado (5 casos), la mayor temperatura máxima diaria ocurrió en San Julián el 25/01/2008 con 38°C,

ese mismo día Gobernador Gregores registró 37°C y el día anterior Perito Moreno, 34°C (Tabla 7.6).

Con respecto al extremo mensual de las temperaturas diarias más frías, analizando a todas las estaciones en conjunto, se observa que Calafate y Perito Moreno presentan 5 casos, siendo Perito Moreno y Gobernador Gregores las que registran los extremos más fríos con -26°C el 11 de Julio de 2007 y -22°C el 5 de Julio de 1992, respectivamente (Tabla 7.7). Es muy notoria la diferencia en los extremos mínimos que registran las estaciones continentales y las costeras, donde los extremos son aproximadamente 10 °C menos fríos (San Julián y Puerto Deseado).

En general, las máximas temperaturas se encuentran en las estaciones costeras, mientras que las mínimas se presentan en la cordillera.



Fechas de extremos de temperatura máxima pormes en todas las estaciones														
	<b>Perito Moreno</b>	<b>TC</b>	<b>Puerto deseado</b>	<b>TC</b>	<b>Gobernador Gregores</b>	<b>TC</b>	<b>San Julián</b>	<b>TC</b>	<b>Lago Argentino</b>	<b>TC</b>	<b>Calafate</b>	<b>TC</b>	<b>Río Gallegos</b>	<b>TC</b>
<b>Ene</b>	24/01/2008	34	21/01/1992	37	25/01/2008	37	<b>25/01/2008</b>	<b>38</b>	23/01/1992	27	24/01/2008	28	03/01/1983	30,4
<b>Feb</b>	10/02/2005	34	<b>02/02/2006</b>	<b>37</b>	17/02/2002	36	27/02/2008	36	06/02/1985	30	10/02/2005	28	06/02/1985	34
<b>Mar</b>	03/03/1997	29	09/03/2009	35	03/03/1997	31,3	<b>03/03/1997</b>	<b>37</b>	08/03/2000	27	09/03/2009	26	09/03/2009	33,8
<b>Abr</b>	02/04/1998	24	05/04/1991	29	04/04/2007	26,2	<b>05/04/1997</b>	<b>31</b>	02/04/1998	24	01/04/2007	23	02/04/1998	27,2
<b>May</b>	03/05/2008	21	<b>03/05/2008</b>	<b>24</b>	07/05/2006	20,6	<b>08/05/1996</b>	<b>24</b>	08/05/1999	19	08/05/2006	21	08/05/2006	19,4
<b>Jun</b>	15/06/1990	16	<b>12/06/2009</b>	<b>25</b>	12/06/1990	17,7	01/06/2004	23	03/06/1984	15	12/06/2009	17	04/06/1996	17
<b>Jul</b>	12/07/1990	16	26/07/2003	18	11/07/1998	16,6	<b>28/07/1996</b>	<b>19</b>	16/07/1983	17	26/07/2003	16	11/07/1998	16,1
<b>Ago</b>	03/08/1999	16	15/08/1996	22	11/08/2004	21,4	<b>11/08/2004</b>	<b>23</b>	30/08/1986	17	09/08/2003	17	26/08/1998	16,7
<b>Sep</b>	26/09/1996	22	27/09/1986	28	04/09/1984	21,3	<b>25/09/1996</b>	<b>30</b>	27/09/1986	22	30/09/2007	19	04/09/2008	16,7
<b>Oct</b>	19/10/1989	24	25/10/1990	30	25/10/1990	29,2	<b>25/10/1990</b>	<b>31</b>	30/10/1989	23	27/10/2003	18	16/10/2001	25,4
<b>Nov</b>	23/11/1994	29	<b>12/11/1998</b>	<b>34</b>	20/11/1985	30,9	19/11/1984	32	26/10/1992	26	11/11/2006	25	16/11/1982	30,4
<b>Dic</b>	26 al 28/12/1984	32	<b>25/10/1995</b>	<b>36</b>	24/12/2007	33	<b>10/10/2004</b>	<b>36</b>	27/12/1984	29	11/11/2008	26	27/12/1995	30,8

**Tabla 7.6 Extremos de temperatura máxima pormes en todas las estaciones. Se resalta el valor extremo mensual de la provincia y la fecha de ocurrencia.**

<b>Fechas de extremos de temperatura mínima pormes en todas las estaciones</b>														
	<b>Perito Moreno</b>	<b>TC</b>	<b>Puerto Deseado</b>	<b>TC</b>	<b>Gobemador Gregores</b>	<b>TC</b>	<b>San Julián</b>	<b>TC</b>	<b>Iago Argentino</b>	<b>TC</b>	<b>Calafate</b>	<b>TC</b>	<b>Río Gallegos</b>	<b>TC</b>
<b>Ene</b>	05/01/2009	0	15/01/2007	3,3	30/01/2005	0,6	31/01/1986	3,1	30/01/1986	0,5	<b>02/01/2002</b>	<b>-2,2</b>	16/01/2008	0,8
<b>Feb</b>	02/02/2007	0	11/02/1983	2	23/02/2002	-0,4	13/02/2002	0,2	11/02/2000	-1,2	19/02/2003	-1,8	<b>02/02/2006</b>	<b>-2</b>
<b>Mar</b>	29/03/1984	-5,5	23/03/1992	1,1	06/03/2007	-4	22/03/1992	-1,6	25/03/1985	-2,4	<b>30/03/2004</b>	<b>-6,8</b>	30/09/1995	-6
<b>Abr</b>	<b>28/04/2001</b>	<b>-7,7</b>	14/04/1990	-3,4	12/04/1990	-6,3	22/04/1998	-3,6	09/04/2000	-0,7	15/04/2006	-6,6	<b>26/04/1995</b>	<b>-7,7</b>
<b>May</b>	<b>20/05/2008</b>	<b>-16</b>	26/05/1993	-9,6	28/05/1994	-14	25/05/1993	-8,8	30/05/1994	-8,7	28/05/2007	-12	22/05/1984	-15
<b>Jun</b>	<b>21/06/2002</b>	<b>-18</b>	17/10/1982	-10	<b>10/06/1992</b>	<b>-18</b>	17/06/1999	-10	10/06/1995	-12	19/06/2008	-17	17/06/2005	-17
<b>Jul</b>	<b>11/07/2000</b>	<b>-26</b>	14/07/1995	-10	05/07/1993	-22	14/07/1995	-12	13/07/1995	-14	17/07/2004	-14	12/07/1982	-20
<b>Ago</b>	<b>08/08/1991</b>	<b>-23</b>	13/08/1999	-7,5	16/08/1982	-14	24/08/1995	-6,3	02/08/1986	-12	15/08/2006	-15	23/08/1995	-13
<b>Sep</b>	14/09/2000	-11	18/09/1998	-5,8	<b>14/09/2002</b>	<b>-14</b>	14/09/2000	-4,8	08/09/1982	-7	13/09/2009	-8,5	09/09/2000	-9
<b>Oct</b>	06/10/2003	0,1	10/10/2007	-2,5	12/10/1995	-7,4	06/10/2003	-5,3	05/10/1986	-3	<b>07/10/2009</b>	<b>-8</b>	03/10/1994	-5,7
<b>Nov</b>	05/11/1998	0,2	10/11/1986	-1,3	03/11/1992	-5,3	01/11/1982	-1,5	07/11/1995	-3,7	<b>03/11/2009</b>	<b>-5,5</b>	<b>02/11/2004</b>	<b>-5,5</b>
<b>Dic</b>	10/12/1991	0,4	06/12/2005	1	06/12/2005	-0,6	05/12/2005	-0,4	02/12/1996	-0,8	<b>29/12/2009</b>	<b>-4,5</b>	11/12/2003	-3,3

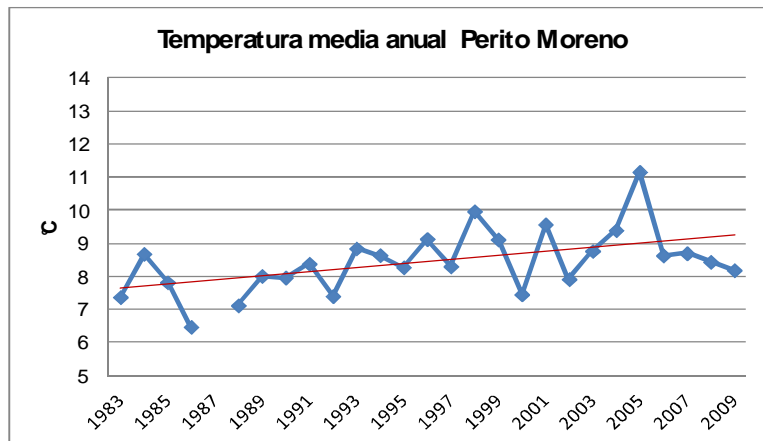
**Tabla 7.7 Extremos de temperatura máxima pormes en todas las estaciones. Se resalta el valor extremo mensual de la provincia y la fecha de ocurrencia**

#### **7.4.2 Temperatura media anual por estación**

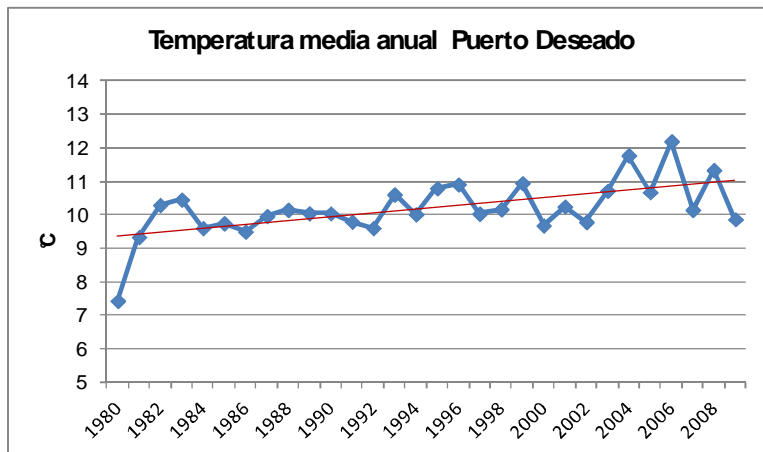
Para explorar si existen cambios que indiquen algún aumento progresivo de la temperatura como ocurre en otras estaciones de la Patagonia Argentina, por ejemplo Viedma según Bustos (2009) en (<http://www.biblioteca.org.ar/libros/210932.pdf>, 2012) se analizó la tendencia lineal de la temperatura media anual.

La temperatura media anual del período estudiado presenta una tendencia positiva en las estaciones Perito Moreno (Figura 7.10), Puerto Deseado (Figura 7.11), Gobernador Gregores (Figura 7.12) y, San Julián (Figura 7.15) lo que evidencia un aumento paulatino de la temperatura. La estación Río Gallegos (Figura 7.16) también muestra este comportamiento durante los últimos 20 años. Estos resultados confirman lo señalado por Barros (2006) ([http://atlas.ambiente.gov.ar/tematicas/mt\\_01/pdfs/ME\\_07\\_%20Escenarios%20climaticos.pdf](http://atlas.ambiente.gov.ar/tematicas/mt_01/pdfs/ME_07_%20Escenarios%20climaticos.pdf), 2012).

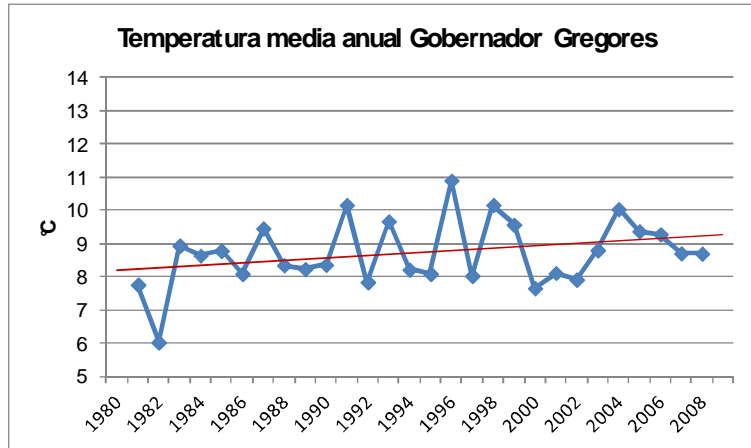
La estación de Lago Argentino (1980-2000) (Figura 7.14), presenta una leve tendencia negativa, sin embargo, al estar muy cerca de la estación de Calafate (Figura 7.13), que cuyos datos corresponden a un período más actual (2001-2009), se podría decir que en la zona existe una tendencia de aumento de temperatura a partir del año 2000.



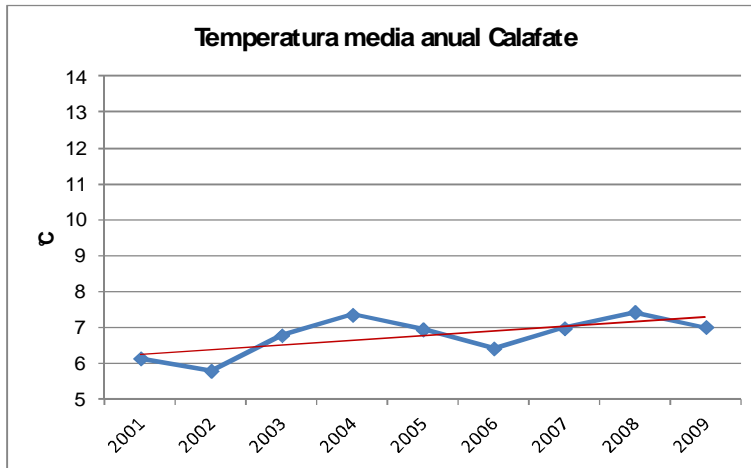
**Figura 7.10** Temperatura media anual en estación Perito Moreno período 1983 a 2009.



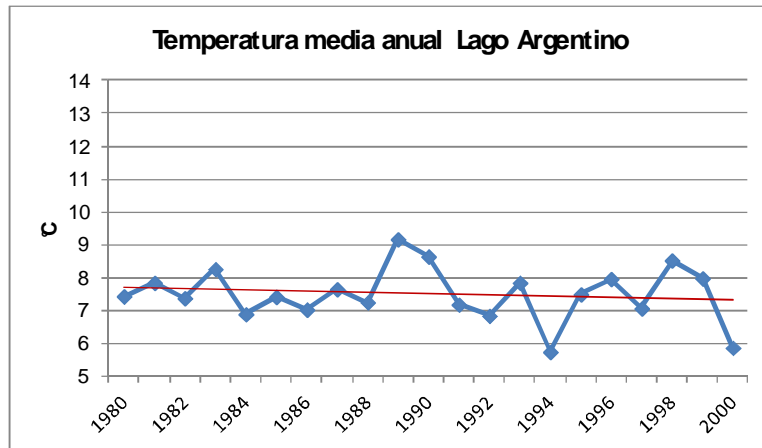
**Figura 7.11** Temperatura media anual en estación Puerto Deseado período 1980 a 2008.



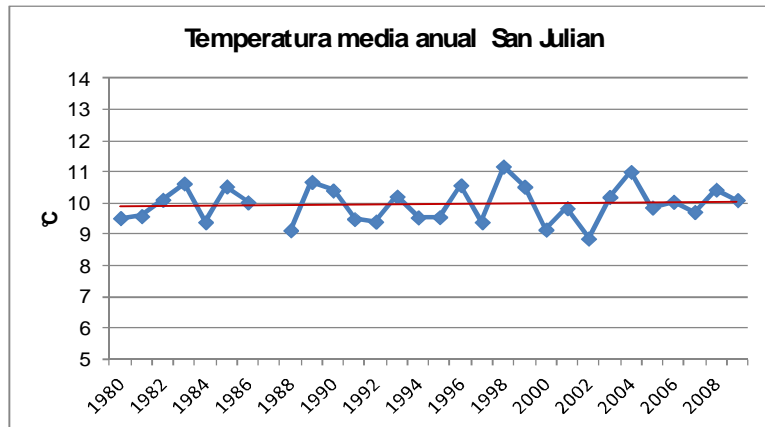
**Figura 7.12** Temperatura media anual en estación Gobernador Gregores período 1980 a 2008.



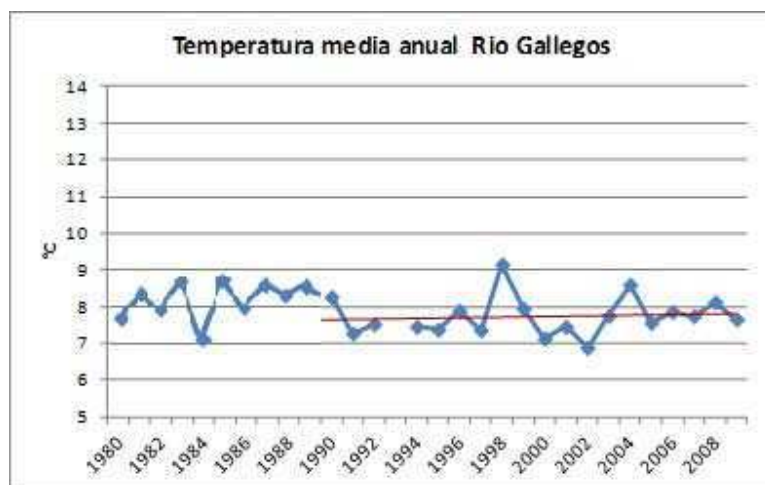
**Figura 7.13** Temperatura media anual en estación Calafate período 2001 a 2009.



**Figura 7.14** Temperatura media anual en estación Lago Argentino período 1980 a 2000.



**Figura 7.15** Temperatura media anual en estación San Julián período 1980 a 2008.



**Figura 7.16** Temperatura media anual en estación Río Gallegos período 1980 a 2008.

La Tabla 7.5 presenta las temperaturas medias anuales con su respectiva desviación estándar, la cual presenta su máximo valor en el centro de la provincia en la estación de Gobernador Gregores con 8,65, aunque debe tenerse en cuenta que corresponde a la estación con mayor número de datos faltantes. Por otro lado, el valor mínimo corresponde a la estación de Lago Argentino con 5,49. En general existe una desviación estándar menor en las estaciones costeras en comparación con las de la cordillera

## **7.5 Precipitación**

Las estaciones analizadas y el período es el mismo que en el caso de la temperatura (Tabla 7.2).

### **7.5.1 Datos faltantes**

Al observar mensualmente toda la serie de datos de todas las estaciones se aprecia que la mayor cantidad de meses sin datos corresponde a la época de verano al igual que los faltantes de datos temperatura, también

es de suponerse que corresponde al periodo de receso estival del personal que opera la estación, aunque también cabe resaltar que el verano es la estación con menos días con precipitación en la zona. En esta Tesis se denominará dato faltante de precipitación a aquel mes en que no presente ningún registro que indique lluvia.

Ante la ausencia de datos no se puede determinar si realmente no hubo precipitación o si no se realizó la medición, por lo que se realizó un conteo de meses por estación en los cuales no existía ningún dato. Se encontró que la estación con mayor número de meses sin datos (32) corresponde a la estación de Gobernador Gregores (Tabla 7.8), sin embargo coincide con la estación con mayor porcentaje de faltantes de temperatura, por lo que sería posible que no se haya hecho la medición en la mayoría de ellos. Podría suponerse lo mismo para la estación Puerto Deseado.

Las estaciones con menos meses faltantes de datos son Río Gallegos, San Julián, Calafate y Lago Argentino.

Los meses que presentan mayor cantidad de faltantes son Febrero, Enero, Diciembre y Marzo.

<b>Estación</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
Calafate	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Gobernador Gregores	4	9	4	1	1	2	3	-	1	2	1	4
Lago Argentino	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penito Moreno	3	5	1	1	1	1	-	1	2	-	1	2
Puerto Deseado	2	5	2	-	-	-	1	2	-	-	1	2
Río Gallegos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Julián	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

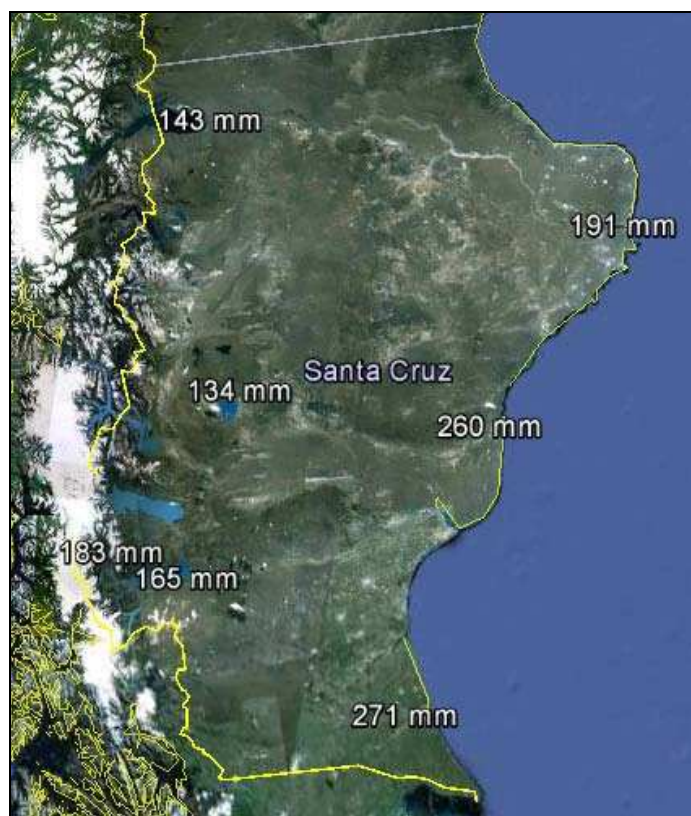


**Tabla 7.8 Numero de meses sin datos de precipitación en cada estación.**

### **7.5.2 Acumulados mensuales y anuales**

Se calculó el acumulado mensual, anual y número de días con precipitación del total de la serie de datos, y se computó el promedio por mes y estacional de toda la serie de datos.

En la Figura 7.17 se observa que el promedio acumulado anual de precipitación aumenta Este a Oeste en las estaciones costeras estando el mayor promedio en la estación de Río Gallegos, en toda la provincia aumenta de Sur a Norte. En general, la provincia presenta bajas precipitaciones debido a que a pesar de su cercanía con el océano Atlántico, la humedad ingresa a la región desde el océano Pacífico y los Andes actúan como una barrera. Además, el patrón de circulación atmosférica perturbado por la cordillera da lugar a un sistema de cuña (alta presión)-vaguada (baja presión), y ésta última, asociada a convergencia y movimientos de ascenso, se forma sobre el océano Atlántico dado la poca extensión horizontal del continente y en consecuencia precipita en forma escasa en la región (Hobbs y otros, 1998).



**Figura 7.17 Precipitación media anual en cada estación.**

Las Figuras 7.18 a 7.24 muestran los promedios acumulados mensuales de precipitación con el promedio de días de lluvia por cada mes. Las barras y puntos sin relleno representan valores de los meses con mayor ausencia de datos de precipitación.

En general se presentan los valores de precipitación más altos en los meses de invierno, a excepción de la estación y Río Gallegos (Figuras 7.23 y 7.24) que presenta un comportamiento diferente, llueve más durante el período estival. La mayoría de las estaciones no superan los 25mm mensuales a excepción de Río Gallegos y San Julián, (Figuras 7.21 y 7.24) que precisamente son las estaciones que cuentan con la menor cantidad de meses con datos faltantes.

La estación con menor cantidad de días promedio de lluvia es Perito Moreno presentando de 3 a 9 días promedio de lluvia por mes (Figura 7.18) y la mayor cantidad corresponde a la estación Río Gallegos con 10 a 16 días promedio de lluvia por mes (Figura 7.24).

En general, existe una buena concordancia entre los promedios acumulados de precipitación y los promedios de los días con precipitación en todos los meses a lo largo de las estaciones, indicando una relación directa entre la duración del evento y su intensidad. La excepción es San Julián en donde para el mes de Mayo y Julio la precipitación supera 30mm pero no se observa un aumento en la cantidad de días con precipitación, 10 y 11 días, (Figura 7.21). Es también muy notorio en la estación Río Gallegos en donde la cantidad de precipitación disminuye abruptamente en septiembre y octubre, pero dicho cambio importante en el comportamiento no es acompañado por la cantidad de días en que precipita. (Figura 7.24).

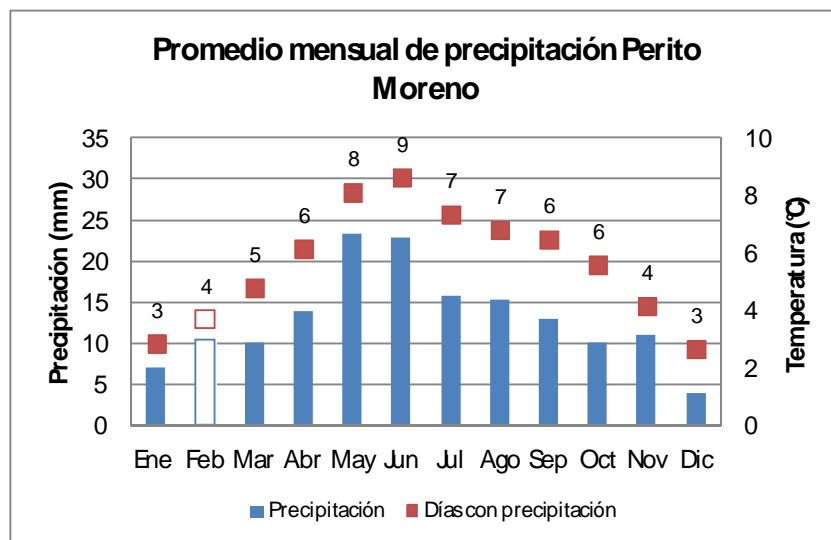


Figura 7.18 Acumulado mensual y días de precipitación Perito Moreno periodo 1983-2009.

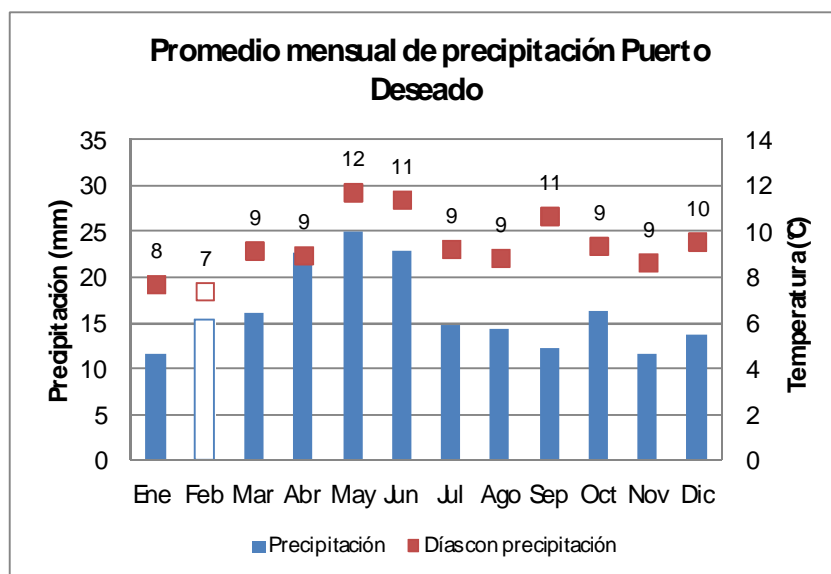


Figura 7.19 Acumulado mensual de precipitación Puerto Deseado periodo 1980-2009.

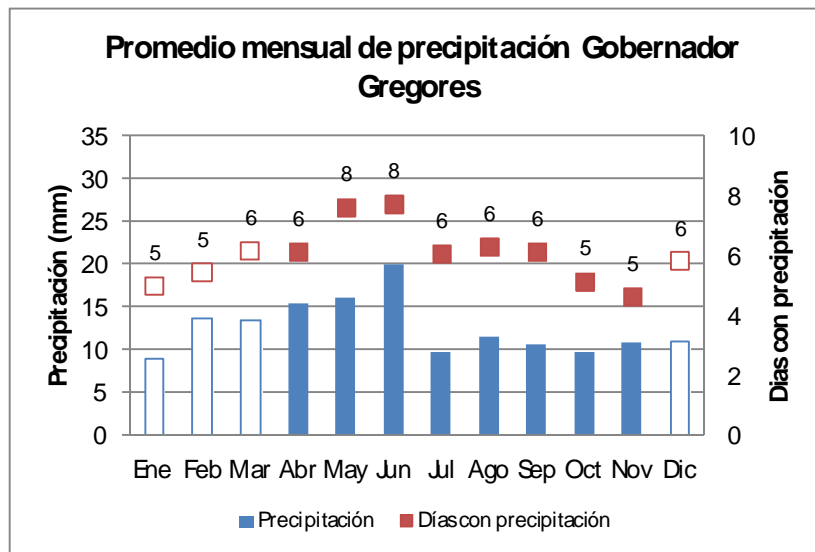


Figura 7.20 Acumulado mensual de precipitación Gobernador Gregores periodo 1981-2008.

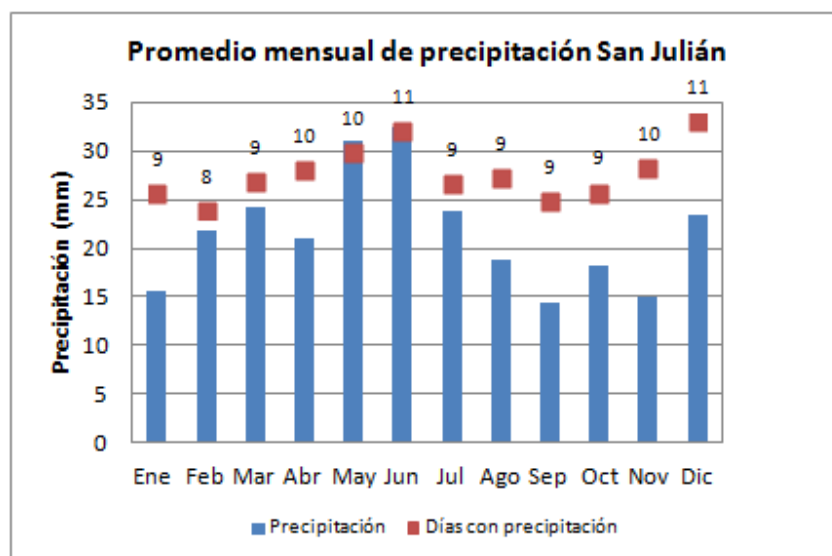


Figura 7.21 Acumulado mensual de precipitación San Julián periodo 1980-2009.

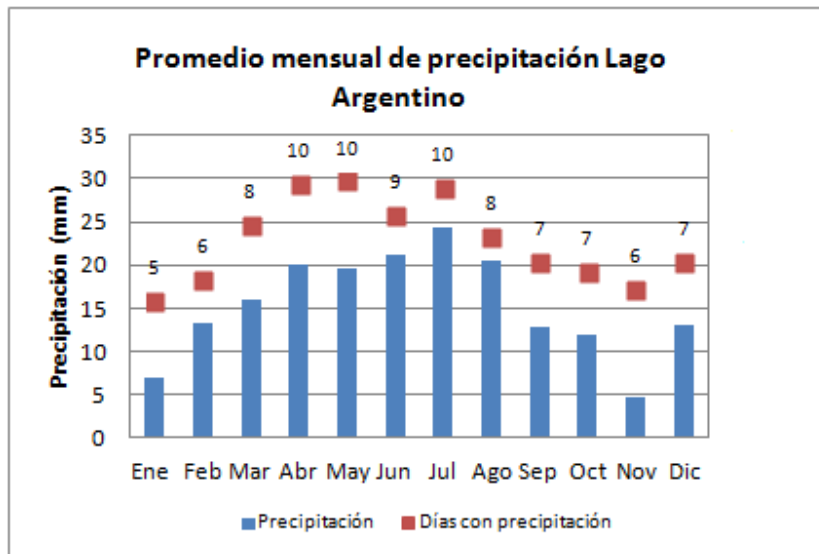


Figura 7.22 Acumulado mensual de precipitación Lago Argentino periodo 1980-2000.

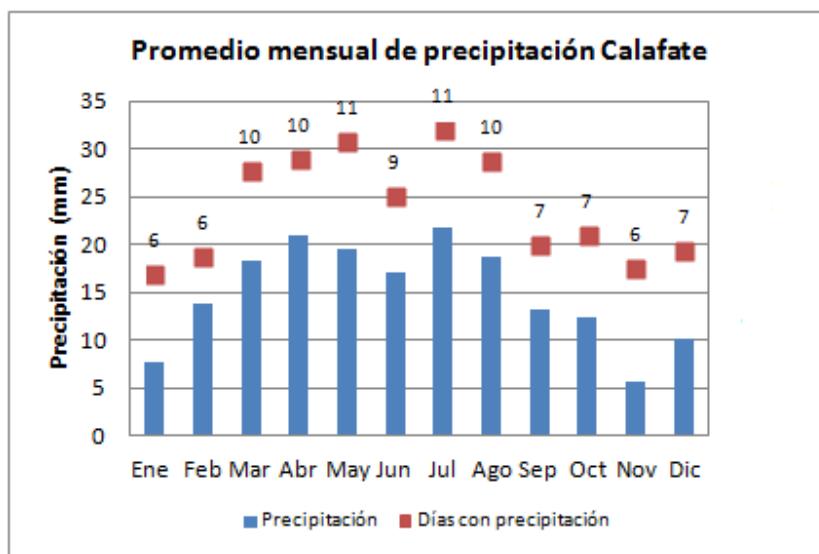
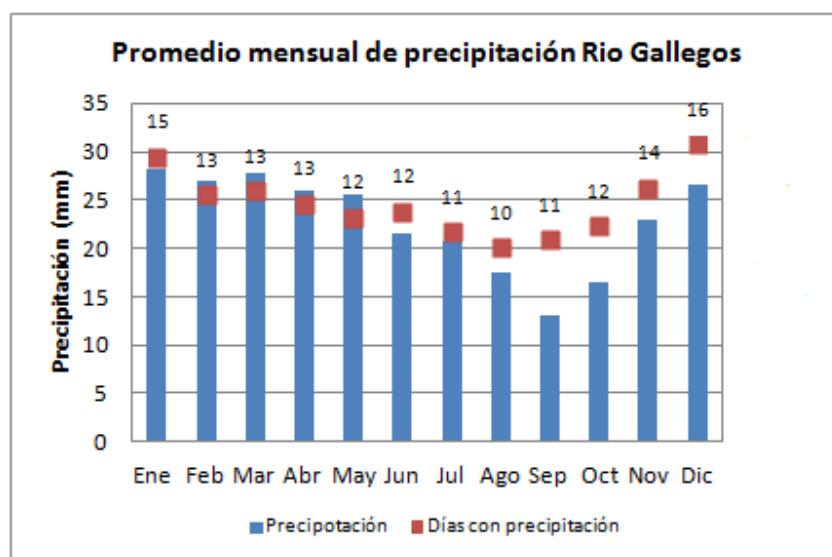


Figura 7.23 Acumulado mensual de precipitación Calafate periodo 2001-2009.



**Figura 7.24 Acumulado mensual de precipitación Rio Gallegos periodo 1980-2009.**

Para explorar si la tendencia positiva en la temperatura que presentan las estaciones también se observa en la precipitación, se calcularon los acumulados anuales y se presentan en las Figuras 7.25 a 7.31.

Para la estación Perito Moreno, (Figura 7.25) el año 1998 es el que representa la menor cantidad de precipitación Mientras que el de mayor precipitación fue 2003 con 256mm.

Para la estación de Puerto Deseado (Figura 7.26) el año con mayor precipitación fue 1997 con 385mm siendo el mismo año el de mayor precipitación para Gobernador Gregores con 282mm.

En la estación Gobernador Gregores, (Figura 7.27) los años 1983, 1988 y 1989 concentran la mayor cantidad de meses con datos faltantes de precipitación, aunque en los demás años también se presentan es en menor medida, por lo que se éstos se representan con barras sin relleno por no ser valores confiables

En San Julián (Figura 7.28) se presentaron dos años con precipitaciones altas en comparación con los demás superando los 400mm, presentando en 1980 502mm, en 2000 479mm y 2002 con 401mm, año en el que también se presenta el más alto acumulado para la estación de Río Gallegos con 434mm (Figura 7.31).

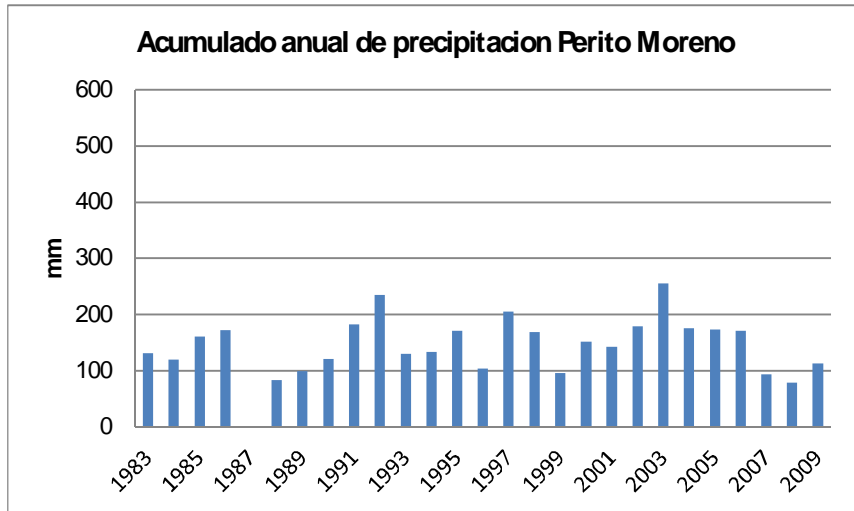
En Lago Argentino presenta un período de baja precipitación desde 1984 al 1988, a partir de 1989 se presenta un aumento, superando los 100,200 y 300mm (Figura 7.29).

En Calafate en toda la serie solo se sobrepasan los 200mm en el año 2002 con 308mm, superando en más de 100mm el acumulado de los demás años. (Figura 7.30).

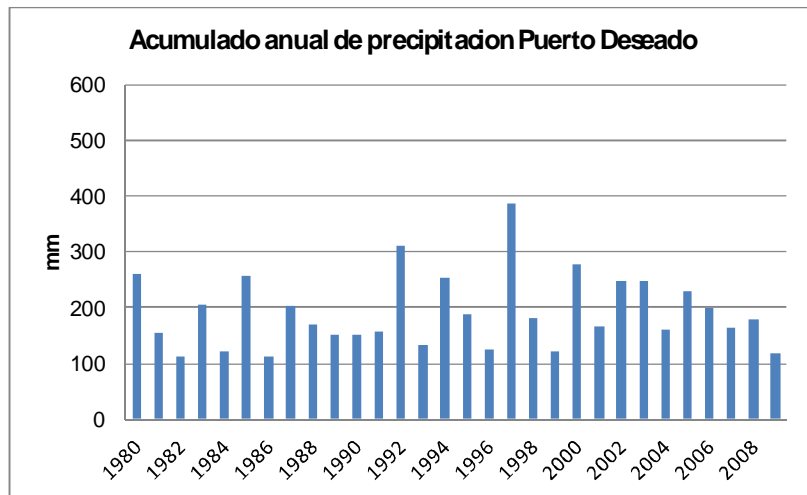
En general, la precipitación media anual en toda la provincia no supera los 500mm y es menor en la zona de la cordillera donde no superan los 300mm en toda la serie de datos.

Todas de las estaciones presentan un aumento en la precipitación anual, a excepción de Calafate.

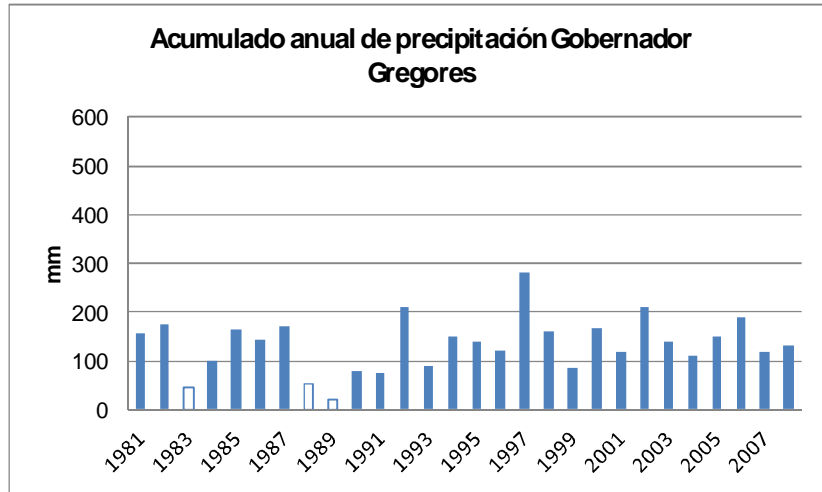




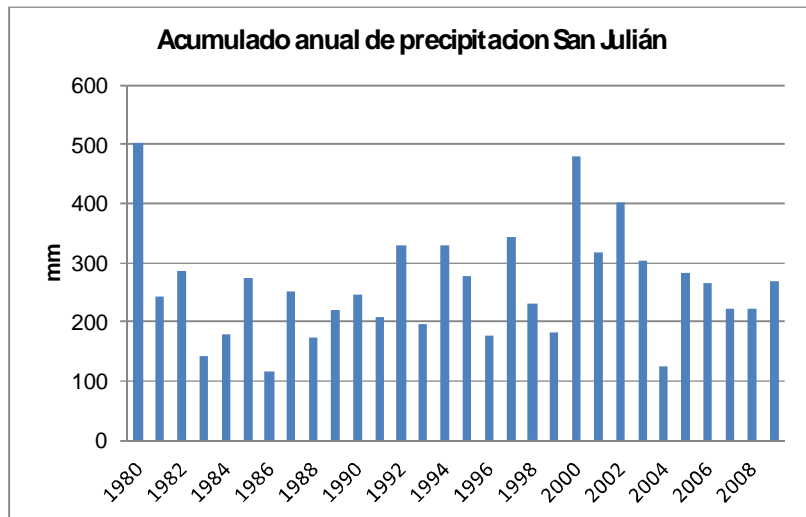
**Figura 7.25 Acumulado anual de precipitación Perito Moreno periodo 1983-2009.**



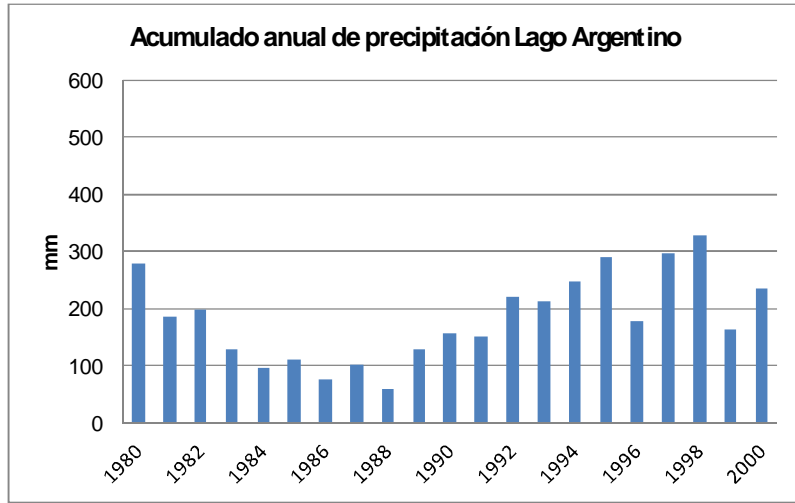
**Figura 7.26 Acumulado anual de precipitación Puerto Deseado periodo 1980-2009.**



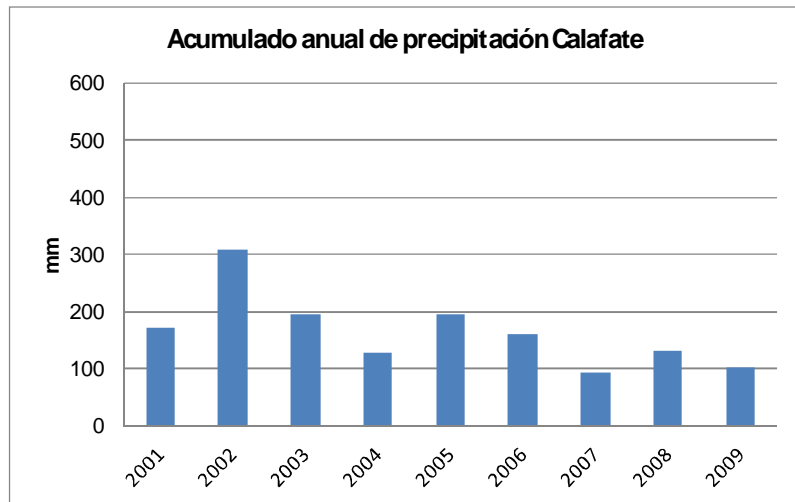
**Figura 7.27 Acumulado anual de precipitación Gobernador Gregores periodo 1981-2008.**



**Figura 7.28 Acumulado anual de precipitación San Julián periodo 1980-2009.**



**Figura 7.29 Acumulado anual de precipitación Lago Argentino periodo 1980-2000.**



**Figura 7.30 Acumulado anual de precipitación Calafate periodo 2001-2009.**

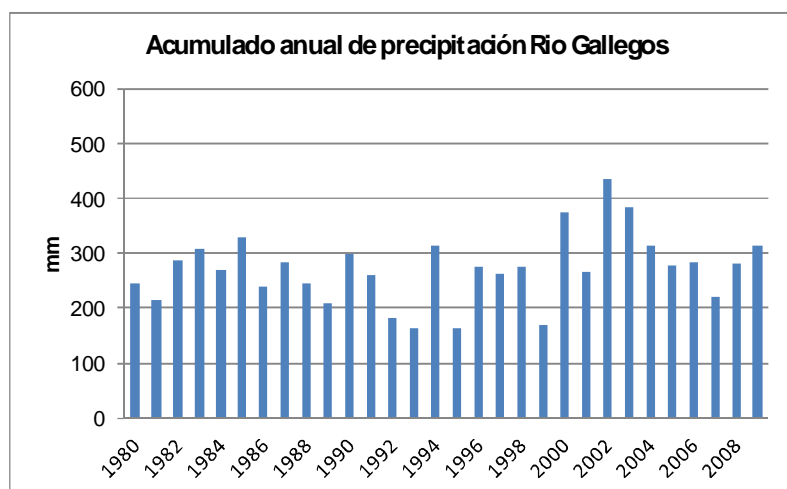


Figura 7.31 Acumulado anual de precipitación Río Gallegos periodo 1980-2009.

### 7.5.3 Extremos de precipitación

En la Tabla 7.9 se muestran los acumulados mensuales de precipitación y el número de días con lluvia en cada estación. La estación Río Gallegos presenta los máximos acumulados mensuales en Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Noviembre, Diciembre, que promedian un acumulado de 22.79 mm. También esta estación cuenta con el promedio más alto de días de lluvia de las estaciones con 12.69 días frente a la estación Perito Moreno que tiene el promedio más bajo con 5.61 días.

El mínimo promedio acumulado mensual se registra para la estación Gobernador Gregores con 12.55 mm, sin embargo hay que tener en cuenta que al tratarse de una estación con alto porcentaje de faltantes, este dato debe ser considerado como una primera aproximación.

En otoño e invierno se presentan las máximas precipitaciones en el resto de la región, encontrándose las fechas con mayor precipitación en los meses de Marzo y Junio en todas las estaciones, a excepción del mayor

acumulado de la serie con 49 mm en la estación Perito Moreno el 12/11/2004. (Tabla 7.10).

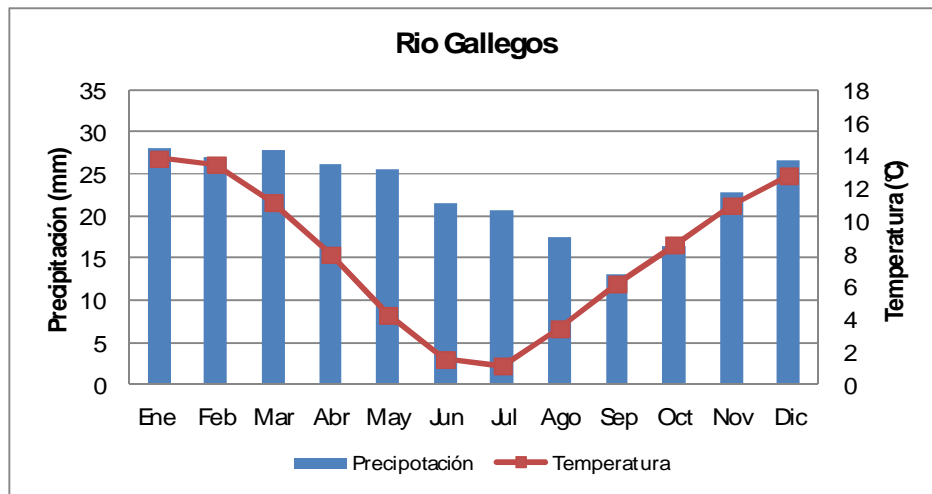
Teniendo en cuenta las estaciones más completas en datos de temperatura y precipitación, se compararon estas dos variables y observó existe una relación en el comportamiento de las dos variables casi directo en la estación Río Gallegos (Figura 7.32), mientras que esta relación es casi opuesta en la estación San Julián, lo cual estaría indicando que hay un régimen distinto de la circulación atmosférica en dichas estaciones, asociado a distintos comportamientos espaciales del patrón de circulación atmosférico. (Figura 7.33).

<b>Promedio acumulado de precipitación</b>														
	<b>Peñón Moreno</b>		<b>Puerto Deseado</b>		<b>Gobernador Gregores</b>		<b>San Julián</b>		<b>Lago Argentino</b>		<b>Calafate</b>		<b>Río Gallegos</b>	
<b>Mes</b>	<b>Acumulado Precipitación</b>	<b>Días</b>	<b>Acumulado Precipitación</b>	<b>Días</b>	<b>Acumulado Precipitación</b>	<b>Días</b>	<b>Acumulado Precipitación</b>	<b>Días</b>	<b>Acumulado Precipitación</b>	<b>Días</b>	<b>Acumulado Precipitación</b>	<b>Días</b>	<b>Acumulado Precipitación</b>	<b>Días</b>
<b>Ene</b>	7,1	2,86	11,6	7,7	8,8	5,0	15,5	8,83	6,9	5,4	7,6	5,8	<b>28,1</b>	15,2
<b>Feb</b>	10,5	3,6	15,4	7,3	13,6	5,4	21,8	8,2	13,2	6,3	13,8	6,4	<b>26,9</b>	13,2
<b>Mar</b>	10,1	4,8	16,0	9,1	13,4	6,1	24,1	9,2	16,0	8,4	18,3	9,5	<b>27,8</b>	13,4
<b>Abr</b>	13,8	6,1	22,6	8,9	15,3	6,1	21,1	9,6	20,1	10,0	20,9	9,9	<b>26,0</b>	12,7
<b>May</b>	23,3	8,1	24,9	11,7	16,0	7,6	31,1	10,2	19,6	10,1	19,6	10,5	<b>25,6</b>	12,0
<b>Jun</b>	22,8	8,6	22,8	11,4	20,0	7,7	<b>32,7</b>	11,0	21,1	8,8	17,0	8,6	21,6	12,3
<b>Jul</b>	15,7	7,3	14,7	9,2	9,7	6,0	23,8	9,1	<b>24,3</b>	9,9	21,7	10,9	20,7	11,2
<b>Ago</b>	15,4	6,8	14,4	8,8	11,4	6,3	18,7	9,3	<b>20,4</b>	8,0	18,7	9,8	17,4	10,4
<b>Sep</b>	12,9	6,4	12,3	10,6	10,5	6,1	<b>14,4</b>	8,5	12,9	7,0	13,1	6,8	13,1	10,8
<b>Oct</b>	10,0	5,6	16,3	9,3	9,7	5,1	<b>18,2</b>	8,8	11,8	6,5	12,4	7,2	16,4	11,5
<b>Nov</b>	10,9	4,1	11,5	8,6	10,8	4,6	14,9	9,7	4,7	5,9	5,6	6,0	<b>22,8</b>	13,5
<b>Dic</b>	4,0	2,6	13,7	9,5	10,9	5,8	23,5	11,3	12,9	6,9	10,1	6,6	<b>26,5</b>	15,8

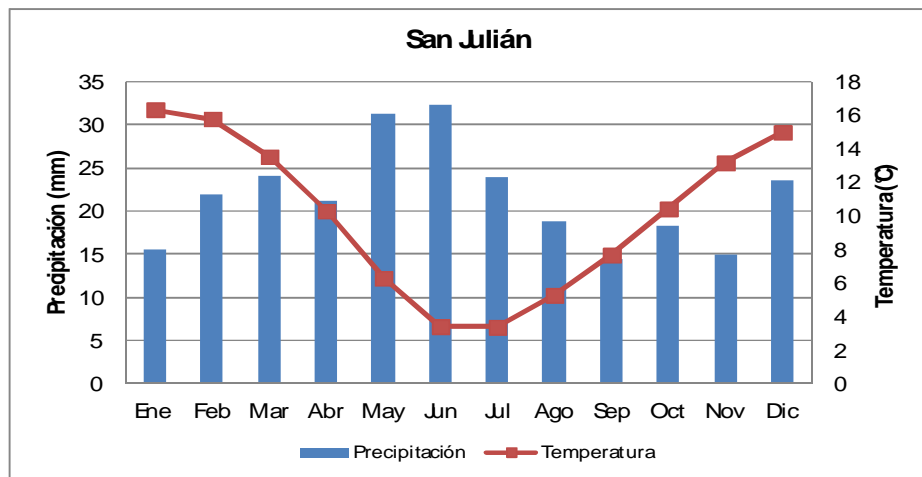
**Tabla 7.9 Promedio del acumulado mensual de precipitación y promedio de número de días con precipitación en todas las estaciones a través de toda la serie. Se resaltan los valores máximos por mes en la provincia.**

Máximos de precipitación pormes en todas las estaciones														
	Perito Moreno		Puerto deseado		Gobemador Gregores		San Julián		Iago Argentino		Calafate		Río Gallegos	
<b>Ene</b>	27/01/1991	28	25/01/1983	23,2	14/01/2006	21	18/01/2005	20	09/01/1993	10	01/14/2006	12	05/01/2006	23
<b>Feb</b>	18/02/1992	34,7	16/02/1992	27,2	07/02/2006	18	18/02/2003	40	27/02/1998	23,5	29/02/2004	8	25/02/2000	21
<b>Mar</b>	27/03/1995	22	19/03/2000	14	14/03/2002	24	13/03/2000	50	<b>22/03/1993</b>	<b>34,5</b>	14/03/2002	33	15/03/2002	25
<b>Abr</b>	22/04/2000	21,5	<b>22/04/1992</b>	<b>35,9</b>	20/04/1998	32	08/04/1985	22	18/04/1992	25	29/04/2005	16	<b>06/04/2002</b>	<b>37</b>
<b>May</b>	21/05/2003	23	12/05/1992	23,9	03/05/1997	16	<b>31/05/1998</b>	<b>45</b>	13/05/1989	29,1	<b>26/05/2002</b>	<b>35</b>	30/05/1998	18,5
<b>Jun</b>	16/06/2005	20	08/06/1991	31,4	<b>25/06/2000</b>	<b>37</b>	25/06/2000	41	23/06/1981	27	14/06/2004	7	04/06/1997	15,9
<b>Jul</b>	18/07/2001	18	20/07/1994	20,4	27/07/1997	24	20/07/1994	31	29/07/1982	19,5	06/07/2006	14	07/07/1997	25
<b>Ago</b>	25/08/2001	15	21/08/2005	27	24/08/1996	15	04/08/1990	20	11/08/1995	28	26/08/2008	11	16/08/2009	22
<b>Sep</b>	07/09/2007	17	05/09/2003	21	03/09/1997	22	25/09/2006	22	03/09/1995	19,5	16/09/2002	16	25/09/2006	22
<b>Oct</b>	30/10/1990	27	23/10/1989	20,6	20/10/1982	11	26/10/1999	23	12/10/1992	11,2	18/10/2005	23	17/10/1994	25
<b>Nov</b>	<b>12/11/2004</b>	<b>49</b>	01/11/2004	21	09/11/1982	22,5	16/11/2009	15	07/11/1997	10	13/11/2004	14	29/11/1994	24
<b>Dic</b>	24/12/1984	13,8	02/12/1997	30	30/12/1985	30	08/12/1890	24	21/12/1996	29	27/12/2005	10	17/12/1996	20,3

**Tabla 7.10 Máximos de precipitación pormes en todas las estaciones. Se resalta el valormáximo porestación y la fecha de ocumencia.**



**Figura 7.32 Climatograma Río Gallegos periodo 1980-2009**



**Figura 7.33 Climatograma San Julián periodo 1980-2009**

## 7.6 Viento

En esta Tesis, se analizó el viento a 10m con el fin de conocer la circulación en las capas bajas de la atmósfera y estimar la capacidad de generación de energía eólica que posee la provincia. Se utilizaron datos de las siete estaciones meteorológicas (Tabla 7.1).

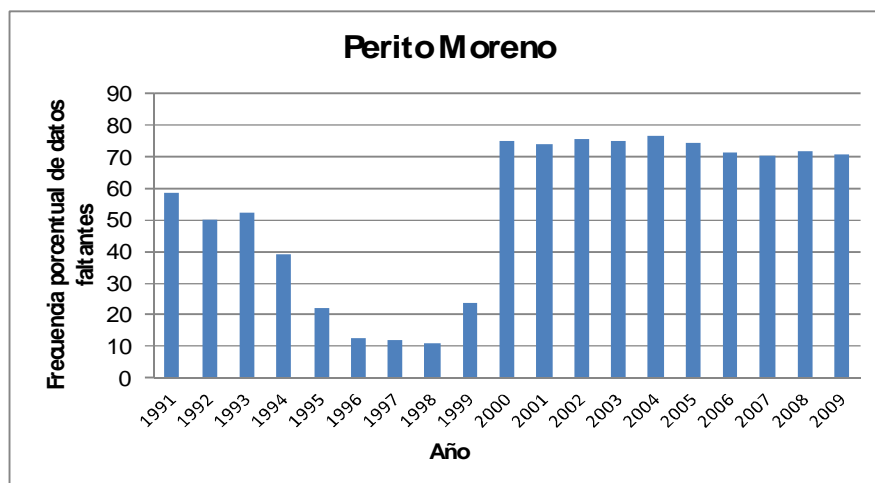


### 7.6.1 Análisis de la calidad de la información de viento

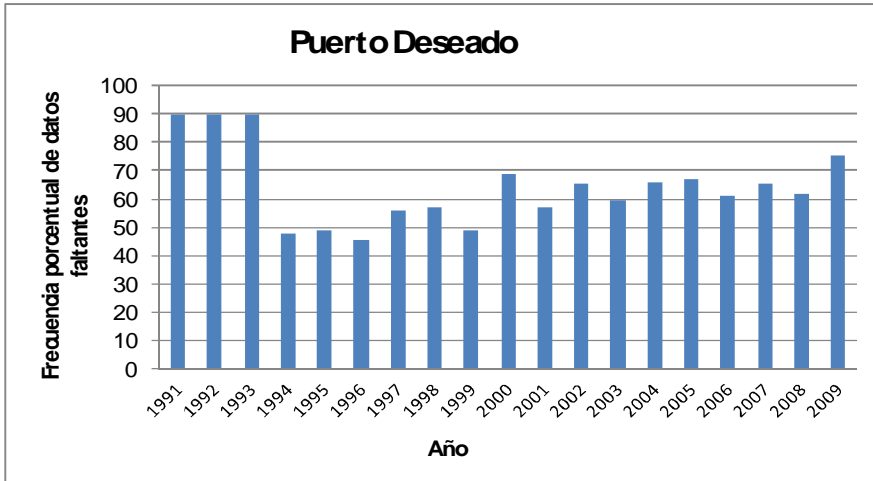
Si bien los atlas eólicos se confeccionan a partir de valores medios de la intensidad del viento, para la producción de energía importa el valor instantáneo ya que según sea el valor de esta intensidad será la energía que se produzca, más aún es importante conocerlo no sólo para saber cuánta sino también si se podrá, o no producir energía, es por esa razón que se analizó la serie de datos horarios de las estaciones para evaluar la representatividad de los promedios mensuales.

Se trabajó con la serie de datos horarios de intensidad de viento. Existe en concordancia con las otras variables estudiadas, una gran cantidad de datos faltantes sobre todo en horas nocturnas, aproximadamente desde las 22 hs a hasta las 7 hs y en general en todas las estaciones.

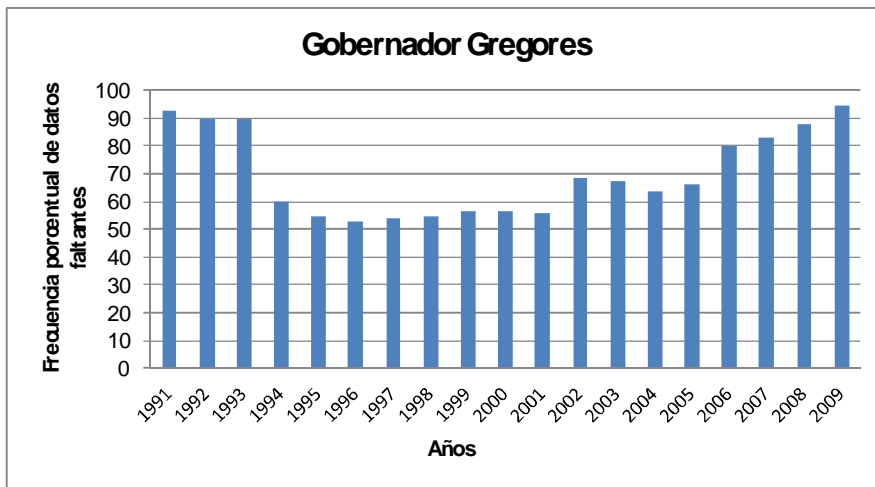
Para un análisis más completo se muestra en las Figuras 7.34 a 7.40 la distribución anual de frecuencia porcentual de datos faltantes por año en cada una de las estaciones.



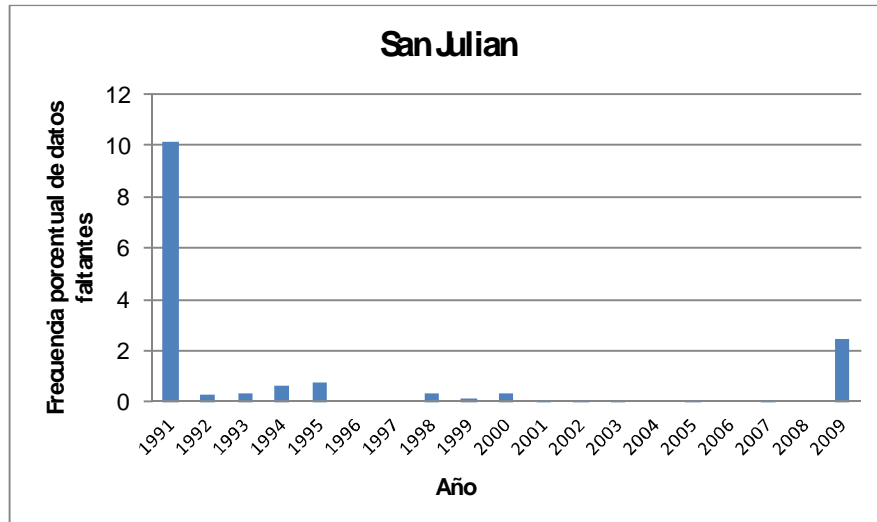
**Figura 7.34 Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en Puerto Moreno, período 1991 a 2009.**



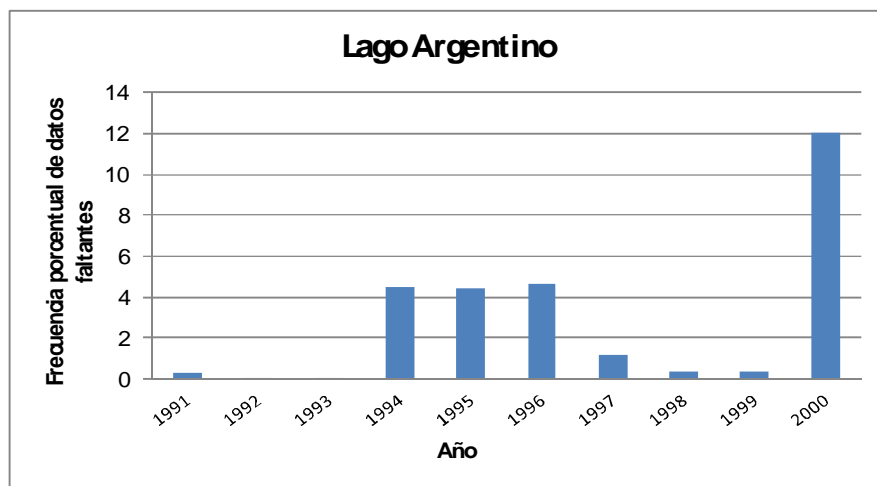
**Figura 7.35 Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en Puerto Deseado, período 1991 a 2009.**



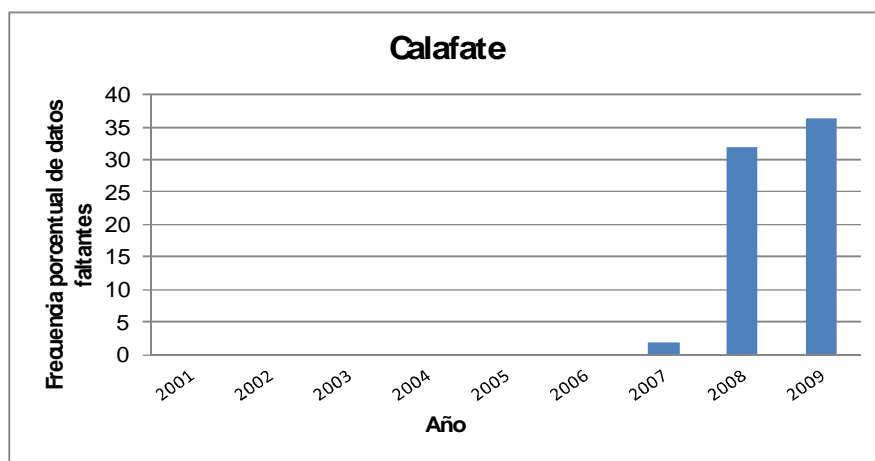
**Figura 7.36 Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en Gobernador Gregores, período 1991 a 2009.**



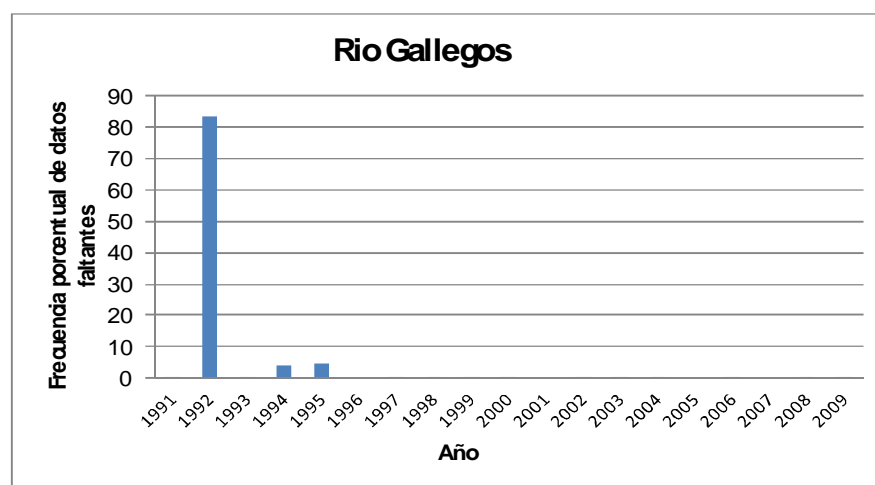
**Figura 7.37 Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en San Julián, período 1991 a 2009.**



**Figura 7.38 Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en Lago Argentino, período 1991 a 2000.**



**Figura 7.39** Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en Calafate, período 2001 a 2009.



**Figura 7.40** Frecuencia porcentual de datos faltantes de viento en Río Gallegos, período 1991 a 2009.

Claramente se desprende de estas Figuras que las únicas estaciones que tiene un registro adecuado para trabajar en forma horaria son Río Gallegos (exceptuando el año 1992) y San Julián (exceptuando el año 1991). Por

esta causa, se decidió trabajar considerando distintos períodos para cada estación y asumiendo una primera aproximación para los resultados obtenidos.

Se describe a continuación los períodos tomados para cada estación:

**Perito Moreno:** Se analizaron datos desde 1991 a 2009, en donde aproximadamente la mitad de la serie presentaba más del 70% de datos faltantes. En total se analizaron 91136 datos.

**Puerto Deseado:** Se analizaron datos desde 1991 a 2009, se eliminaron los años 1991 a 1993 por existir un 90% de datos faltantes el resto de la serie queda con alrededor de 50%. En total se analizaron 56216 datos.

**Gobemador Gregores:** Los datos correspondientes a esta estación fueron los más incompletos, desde 1991 a 2009 los datos faltantes por año representan desde 60% hasta 95%. En total se analizaron 80085 datos. Se decidió no considerar esta estación en el análisis de viento.

**San Julián:** Se consideró la serie desde 1991 a 2009. Es una serie bastante completa, presentado sus mayores faltantes en los años 1991 con 10% y 2009 con 2.5%. Finalmente se trabajó con la serie de 1992 a 2009. En total se analizaron 157384 datos.

**El Calafate:** Se trabajó con la serie desde 2001 a 2009, hasta 2006 los años están completos en un 100%, los años 2007, 2008 y 2009 presentan datos faltantes 2%, 32% y 37% respectivamente por lo que fueron eliminados los dos últimos. En total se analizaron 72422 datos.

**Lago Argentino:** Los datos analizados para de esta estación corresponden al año 1991 hasta el 2000 en donde de 1994 a 1996 presentan alrededor de

4% de faltantes y el 2000 un 12% por lo que fue eliminado, los demás años presentan menos del 1%. En total se analizaron 90948 datos.

**Río Gallegos:** Se tomó la serie de 1991 a 2009 en donde 1992 conto con el 83% de datos faltantes, por lo que fue eliminado y 1995 con el 4% y los demás años con menos del 1%. En total se analizaron 156896 datos.

### 7.6.2 Análisis de Calmas

Para conocer la variabilidad del viento, es de suma importancia determinar la presencia de calmas, considerando como tal, velocidades inferiores a 1m/s la que se codifica como intensidad y dirección iguales a 0.

En las Figuras 7.41 a 7.54 se muestra la distribución de frecuencias porcentuales horarias y mensuales de calmas para cada estación.

Dado que el aire es muy seco en la región, el enfriamiento nocturno produce la estratificación estable del aire durante la noche y de esta forma es de esperar que el viento disminuya su intensidad y pueden producirse calmas, en cambio durante el día, cuando no existe esta inversión térmica los vientos del oeste deberían ser fuertes y predominar.

En general, existe un mayor porcentaje de calmas en el periodo invernal presentando el máximo porcentaje en el mes de Junio a excepción de Calafate donde ocurre en el mes de Julio (Figura 7.47) en las estaciones continentales. Esto es coherente con el comportamiento estacional de la intensidad del viento, presentándose los mayores valores en los meses de verano y los mínimos en los meses de invierno (Tabla 7.11) Por otro lado, en las estaciones Puerto Deseado y San Julián, si bien existe mayor

porcentaje de calmas en invierno, su distribución anual no presenta un patrón tal como las anteriores. En cuanto a la intensidad media del viento, se presentan las mayores intensidades en la estación Puerto Deseado, en donde se registran los valores más altos durante los meses de Abril a Junio y Octubre en un rango de 7,94 a 9,93 ms<sup>-1</sup>, mientras que San Julián presenta la mayor intensidad en el mes de Agosto.

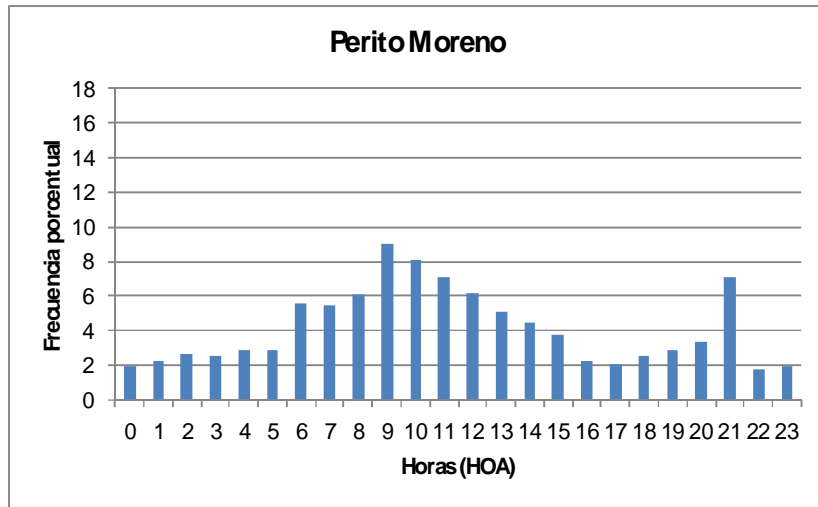
En cuanto a la distribución de frecuencias porcentuales horarias de calmas, se observa que la mayor cantidad se ocurren en las horas nocturnas y primeras horas de la mañana en todas las estaciones, a excepción de Perito Moreno (el máximo es a las 9 HOA) y Puerto Deseado que presenta un comportamiento diferente sin embargo la hora con mayor porcentaje de calmas corresponde a las 21 hs. (Figura 7.41 y 7.42). Es importante tener en cuenta que la estación de Puerto Deseado, presenta datos faltantes desde las 22hs hasta las 5hs, por lo que no es posible determinar, la real frecuencia de calmas en la franja horaria donde más ocurren, más aún es muy probable que el máximo de las 21 también se deba en gran parte a datos faltantes.

El porcentaje de calmas respecto los datos totales analizados constituyen en Lago Argentino el 18,66%, Perito Moreno el 14,91%, Calafate el 10,58%, San Julián el 8,48%, Gobernador Gregores el 7,34%, Río Gallegos el 5,52% y Puerto Deseado el 2,81%.

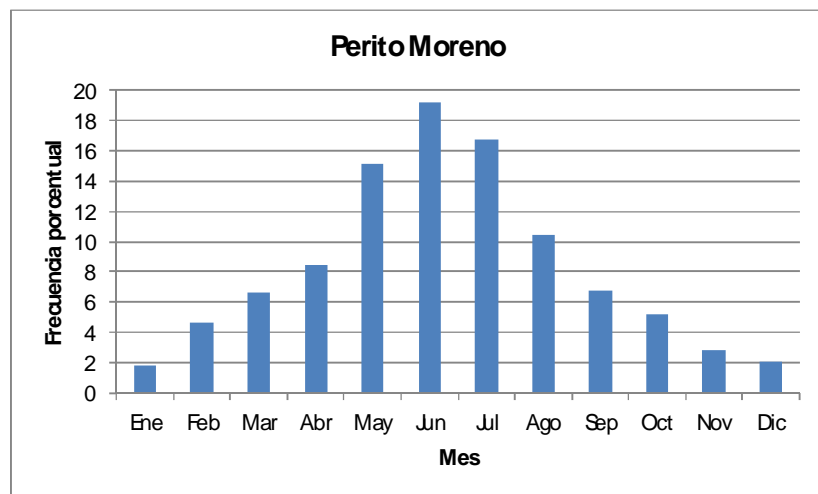
<b>Intensidad media mensual del viento (ms<sup>-1</sup>)</b>								
	<b>Perito Moreno</b>	<b>Puerto Deseado</b>	<b>Gobernador Gregores</b>	<b>San Julián</b>	<b>Lago Argentino</b>	<b>Calafate</b>	<b>Río Gallegos</b>	<b>Promedio total del mes</b>
<b>Ene</b>	<b>11,3</b>	10,4	10,7	9,2	8,2	7,5	7,9	9,3
<b>Feb</b>	<b>10,8</b>	9,9	9,0	8,6	7,4	6,9	7,3	8,6
<b>Mar</b>	<b>9,7</b>	9,2	9,6	8,3	6,4	5,8	6,8	8,0
<b>Abr</b>	8,1	<b>9,1</b>	8,1	7,5	5,7	5,3	6,3	7,2
<b>May</b>	6,6	<b>8,4</b>	7,5	7,7	5,2	3,9	5,8	6,4
<b>Jun</b>	5,7	<b>7,9</b>	7,2	7,5	4,7	3,9	5,3	6,0
<b>Jul</b>	5,9	<b>8,2</b>	7,6	8,3	4,3	3,4	5,9	6,2
<b>Ago</b>	7,4	8,2	8,1	<b>8,5</b>	5,9	3,6	6,4	6,9
<b>Sep</b>	8,6	8,9	<b>9,4</b>	8,6	6,6	4,6	6,7	7,6
<b>Oct</b>	9,5	<b>9,9</b>	9,2	9,1	7,7	5,8	7,5	8,4
<b>Nov</b>	<b>10,9</b>	10,6	10,4	9,3	8,3	7,1	7,9	9,1
<b>Dic</b>	<b>11,8</b>	10,3	10,7	9,3	8,3	7,5	8,0	9,4

**Tabla 7.11 Intensidad media mensual del viento.**

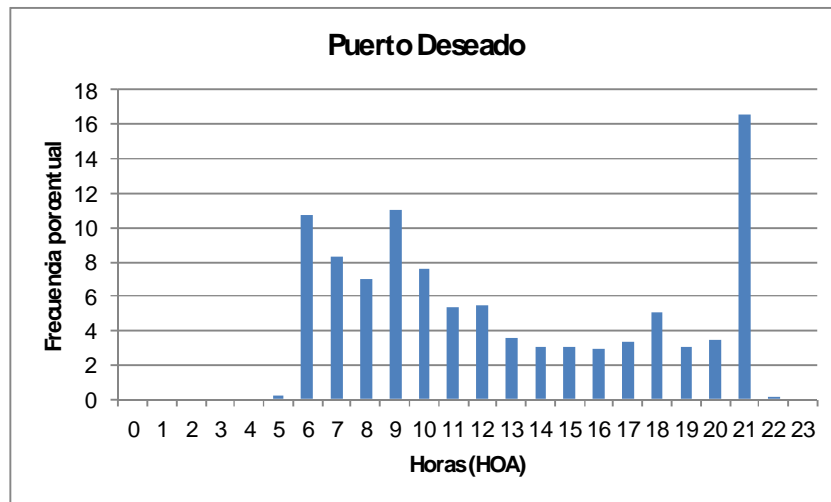




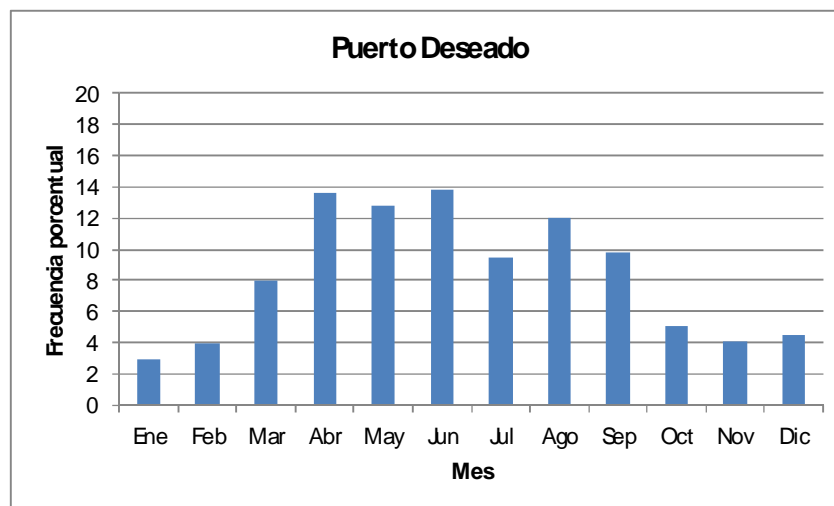
**Figura 7.41 Frecuencias porcentuales de calmas por hora en Perito Moreno, periodo 1991-2009.**



**Figura 7.42 Frecuencias porcentuales de calmas por mes en Perito Moreno, periodo 1991-2009.**



**Figura 7.43 Frecuencias porcentuales de calmas por hora en Puerto Deseado, período 1994-2009.**



**Figura 7.44 Frecuencias porcentuales de calmas por mes en Puerto Deseado, período 1994-2009.**

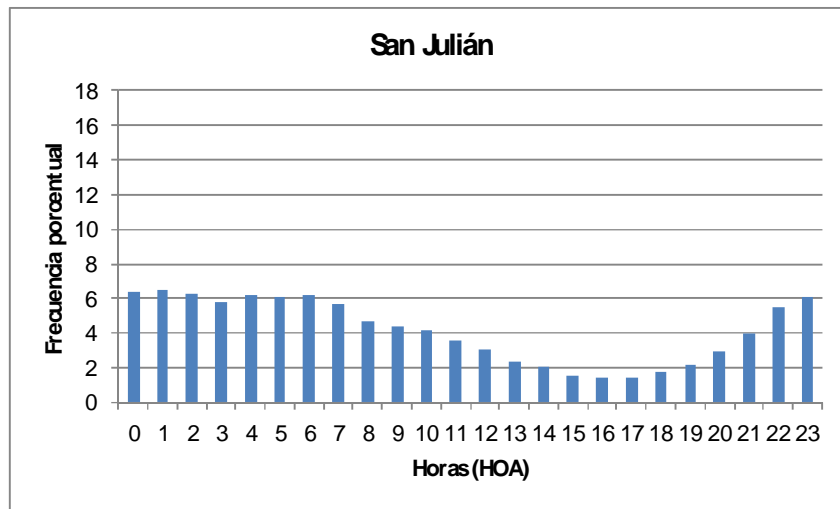


Figura 7.45 Frecuencias porcentuales de calmas por hora en San Julián, periodo 1992-2009.

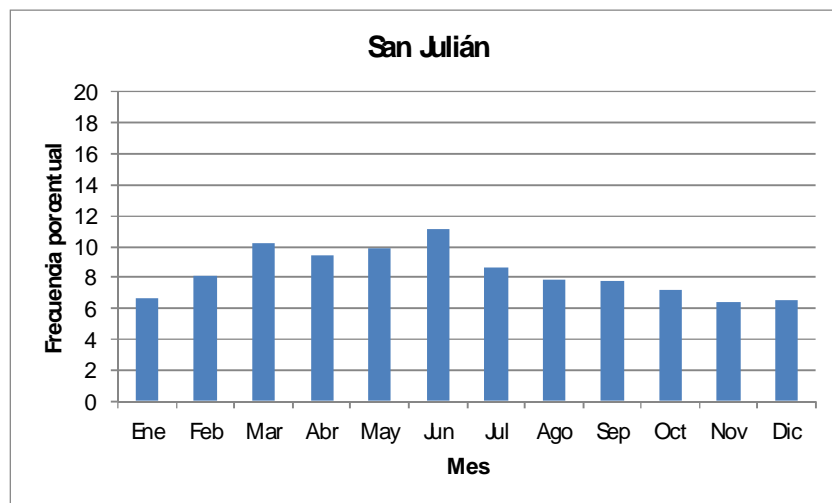
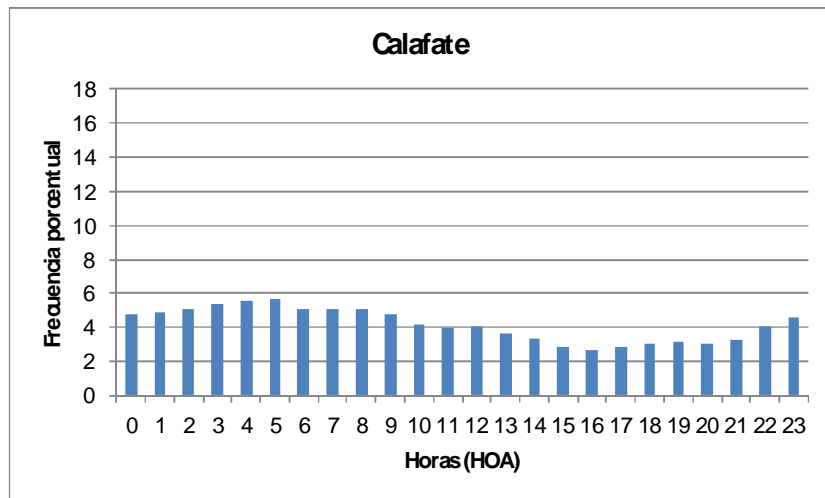
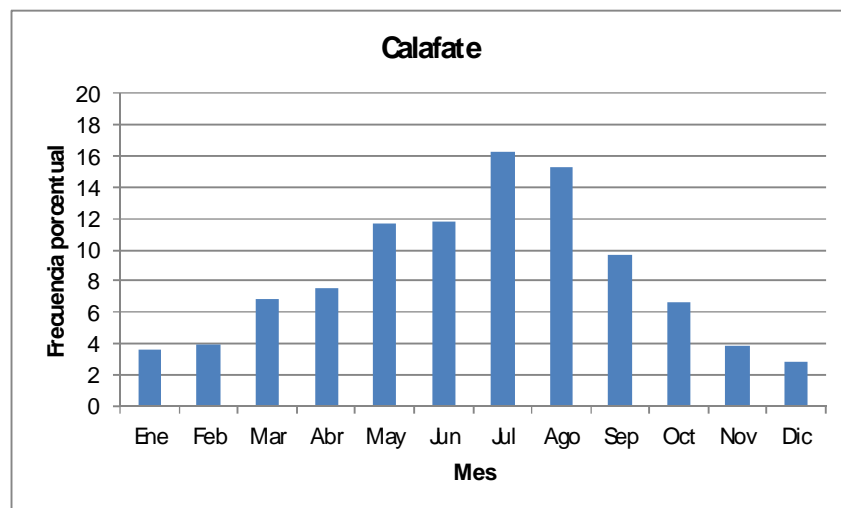


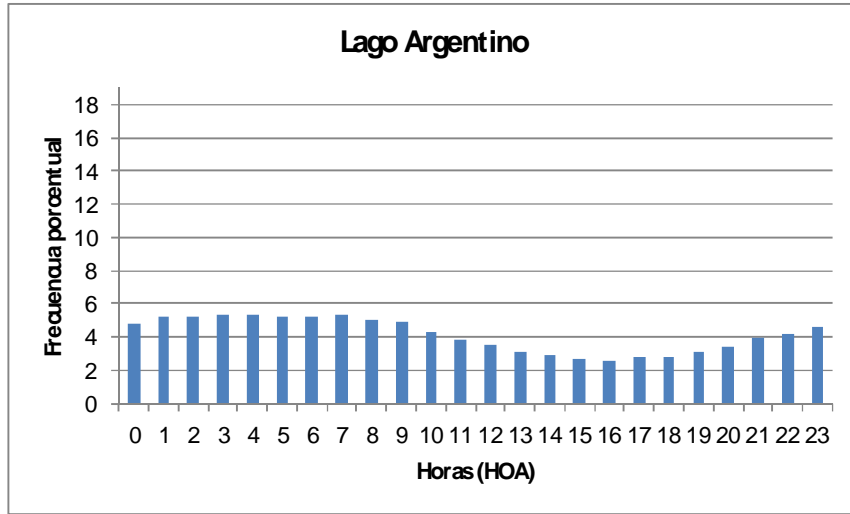
Figura 7.46 Frecuencias porcentuales de calmas pormes en San Julián, periodo 1992-2009.



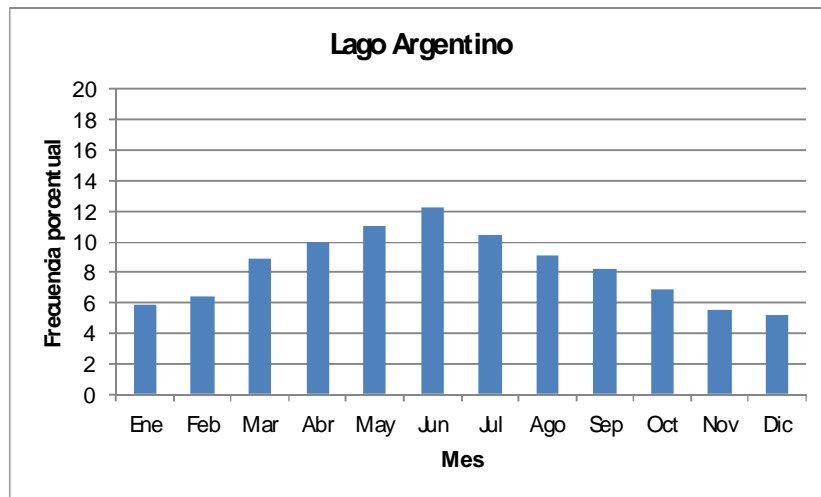
**Figura 7.47 Frecuencias porcentuales de calmas por hora en Calafate, periodo 2001-2007.**



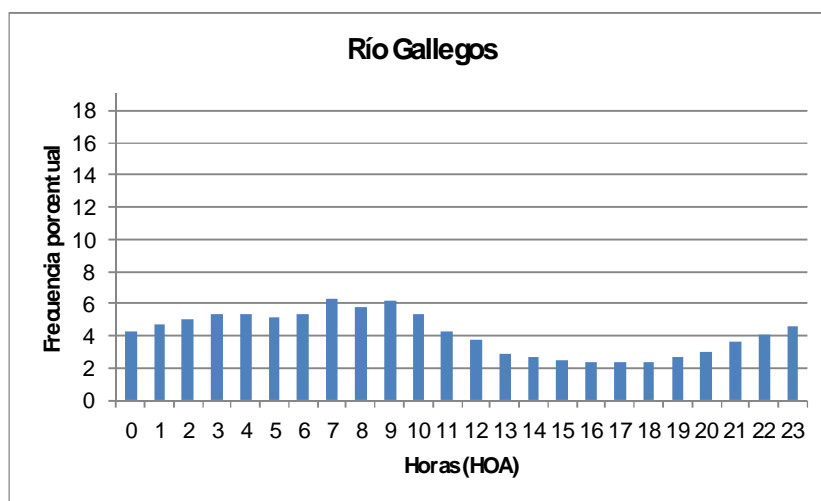
**Figura 7.48 Frecuencias porcentuales de calmas por mes en Calafate, periodo 2001-2007.**



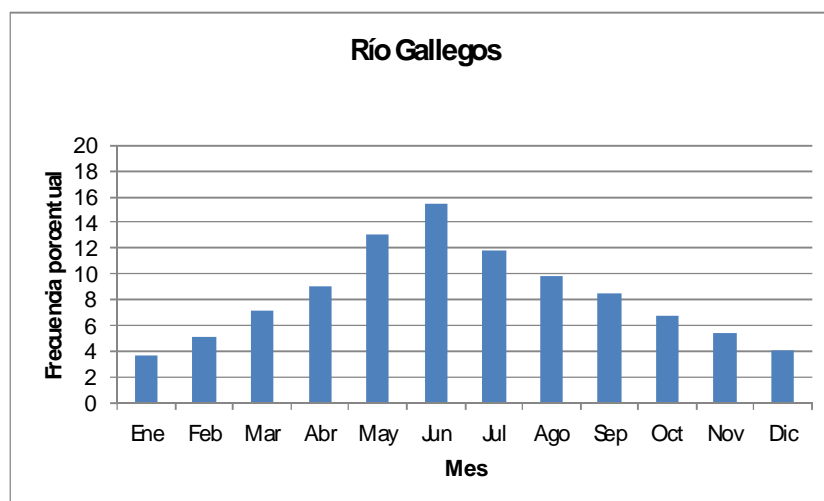
**Figura 7.49 Frecuencias porcentuales de calmas por hora en Lago Argentino, periodo 1991-1999.**



**Figura 7.50 Frecuencias porcentuales de calmas pormes en Lago Argentino, periodo 1991-1999.**



**Figura 7.51 Frecuencias porcentuales de calmas por hora en Río Gallegos, periodo 1991,1993-2009**



**Figura 7.52 Frecuencias porcentuales de calmas por mes en Río Gallegos, periodo 1991,1993-2009**

De acuerdo a la información detallada sobre la distribución de frecuencias de calmas, se podría afirmar los aerogeneradores instalados en la provincia generarían mucha menor energía durante las noches y en especial durante el invierno, aunque esta hipótesis debe ser corroborada con mediciones en una torre a la altura del aerogenerador.

### 7.6.3 Análisis de la dirección del viento

Si bien la dirección del viento no es muy importante para producir energía eólica, si se debería considerar al momento de seleccionar el tipo de aerogenerador según las direcciones del viento sean casi constantes o no. Se estudió las frecuencias de las direcciones del viento, las Figuras 7.53 a 7.58 muestra las frecuencias relativas agrupadas en 8 direcciones y la intensidad de cada una en todas las estaciones.

La provincia de Santa Cruz, al pertenecer a la región patagónica está ubicada entre el flanco sur de los anticiclones semipermanentes y la región de las bajas subpolares. Estos sistemas de presión sufren pocos cambios a lo largo del año, lo que favorece el desarrollo de vientos prevalecientes del oeste en toda la región. (Schwerdtfeger, 1976).

En el norte de la provincia hay una cierta frecuencia de vientos con componente norte mientras que en el sur sudoeste.

Para la estación Perito Moreno, los vientos más frecuentes son los de la dirección de los más intensos, con un promedio de  $13,6 \text{ ms}^{-1}$  en dirección O (Figura 7.53), un comportamiento similar se observa Calafate con una intensidad promedio de  $9,15 \text{ ms}^{-1}$  en dirección O. (Figura 7.57).

En las restantes estaciones, la dirección de los vientos más intensos no son precisamente los más frecuentes, por ejemplo, en Puerto Deseado, donde la dirección NO presenta los vientos más intensos con un valor promedio de  $11,24 \text{ ms}^{-1}$  pero los vientos más frecuentes son del O con una intensidad media de  $9,75 \text{ ms}^{-1}$  (Figura 7.54). En las restantes estaciones, si bien no coincide estrictamente la dirección más frecuente en que sopla el viento con la dirección de vientos más intensos, la diferencia en cuanto a

intensidad no es tan notoria como en Puerto Deseado. En San Julián, la dirección más frecuente es O con una intensidad de  $9,68 \text{ ms}^{-1}$  pero los vientos más intensos presentan en promedio una velocidad  $9,84 \text{ ms}^{-1}$  en dirección SO, (Figura 7.55), ocurre lo mismo en Río Gallegos con  $8,55 \text{ ms}^{-1}$  para la dirección O y siendo la más frecuente y  $8,76$  para SO que es la más intensa (Figura 7.58). Por otro lado, en Lago Argentino, a diferencia de las anteriores estaciones, la dirección más frecuente es SO con una intensidad de  $8,76 \text{ ms}^{-1}$  la intensidad media más fuerte es  $8,55 \text{ ms}^{-1}$  para la dirección O. (Figura 7.56). En este único caso, ambas direcciones (O y SO) presentan un porcentaje de ocurrencia parecido (30% y 39%, respectivamente).

Los vientos del oeste son más frecuentes en invierno pero más intensos en verano sugiriendo que en las estaciones costeras, si bien se desarrolla el fenómeno de brisa, el mismo no puede superar en promedio a la intensidad de los vientos del oeste. (Ej. Figura 7.59).



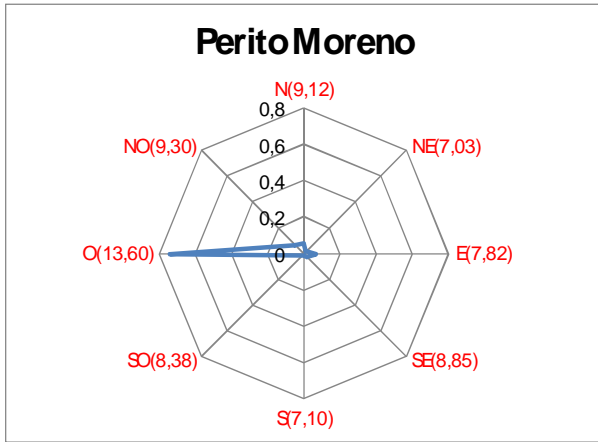


Figura 5. t

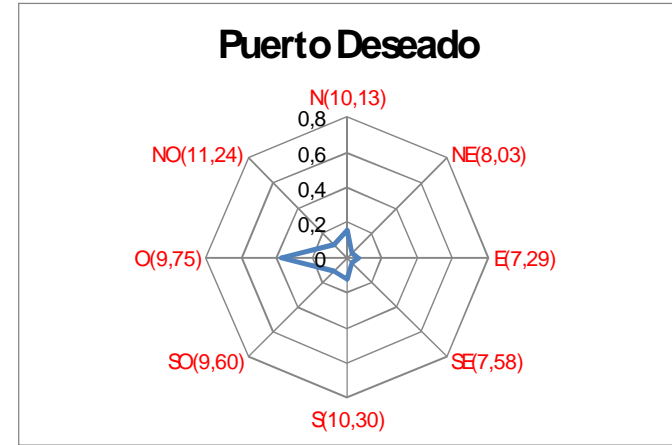


Figura 7.54 Distribución de frecuencias relativas por dirección (1994-2008).

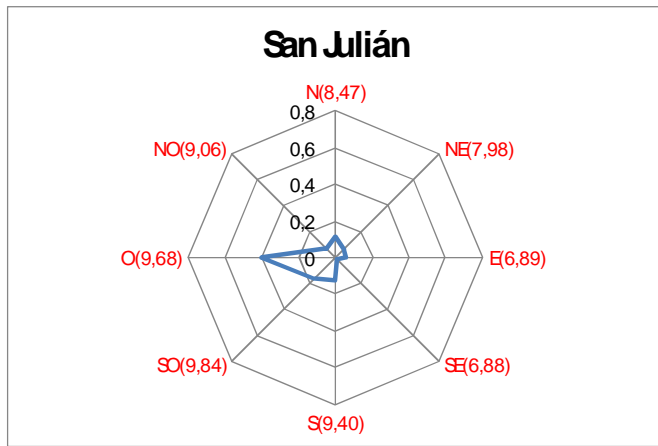
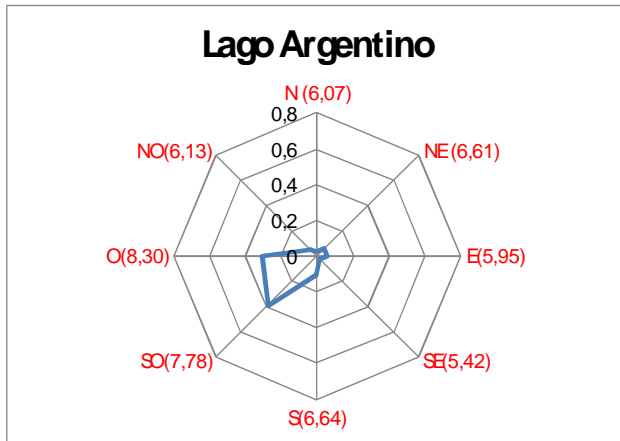
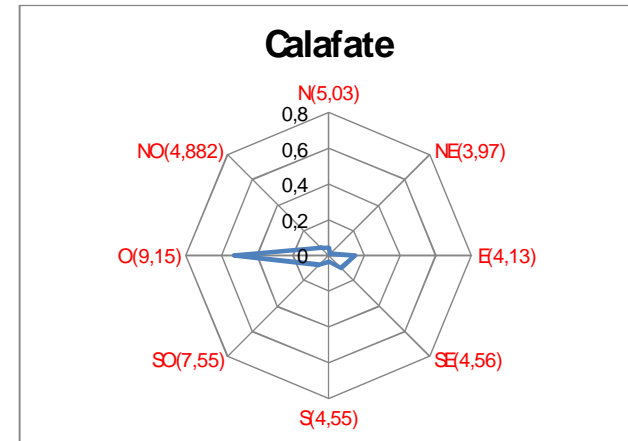


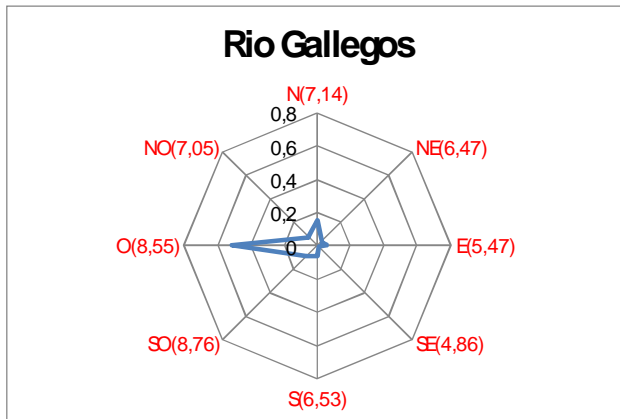
Figura 7.55 Distribución de frecuencias relativas por dirección (1992-2008).



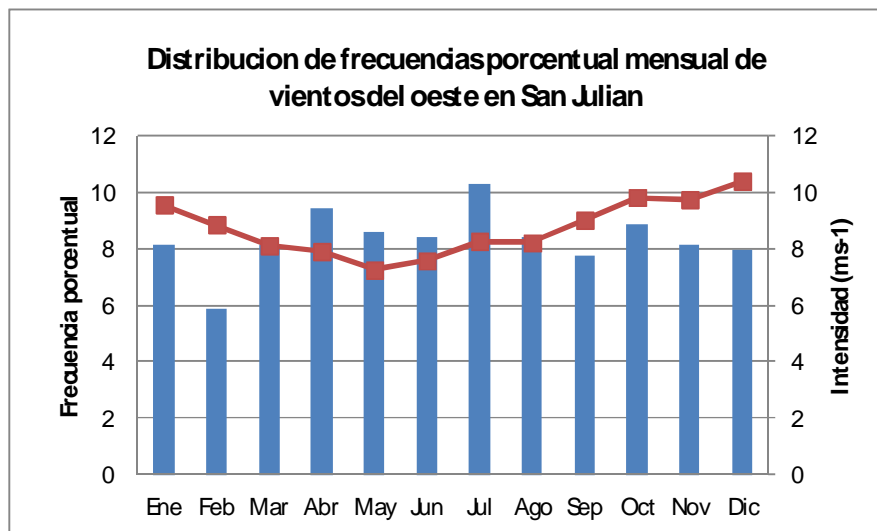
**Figura 7.56** Distribución de frecuencias relativas por dirección (1991-1999).



**Figura 7.57** Distribución de frecuencias relativas por dirección (2001-2007).

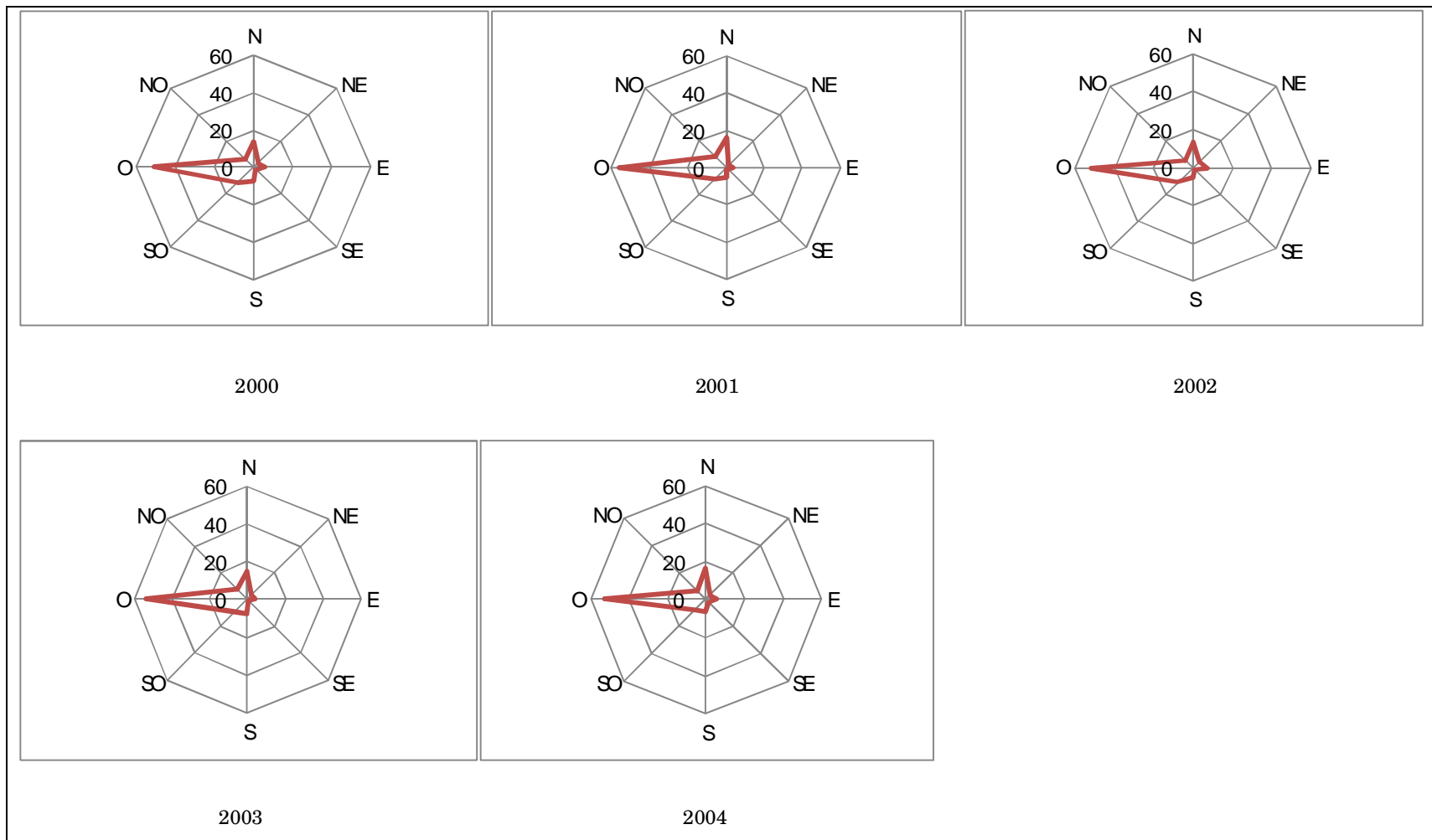


**Figura 7.58** Distribución de frecuencias relativas por dirección (1991-2009).



**Figura 7.59 Distribución de frecuencia porcentual mensual de vientos del oeste en San Julián periodo 1992-2009.**

A modo de ejemplo, se realizó un análisis de la frecuencia de direcciones e intensidad de viento en una de las estaciones más completas que es Río Gallegos. Durante el periodo de 2000 a 2004, no se presentaron cambios significativos en la distribución de las frecuencias a lo largo de este periodo como se observa en la Figura 7.60 en comparación con toda la serie (Figura 7.58). En referencia a la intensidad, comparando los valores de toda la serie (Figura 7.58) con los de la Tabla 7.12, se observa que el cambio en la intensidad ocurre principalmente en las direcciones E, SE y S.



**Figura 7.60 Distribución de frecuencias porcentuales por dirección Estación Río Gallegos periodo 2000 a 2004.**

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
<b>2000</b>	5,75	4,35	4,55	5,00	5,99	7,95	7,31	5,34
<b>2001</b>	6,38	3,83	3,96	4,31	5,20	7,08	7,36	5,80
<b>2002</b>	6,14	4,72	4,65	4,23	4,94	7,44	6,84	4,97
<b>2003</b>	6,22	4,59	3,96	3,00	5,76	7,13	7,26	5,47
<b>2004</b>	6,15	4,48	3,19	3,79	4,90	6,87	6,76	5,41
<b>Promedio intensidad</b>	6.13	4.40	4.06	4.06	5.36	7.29	7.11	5.40

**Tabla 7.12 Intensidad media de viento (ms<sup>-1</sup>) por dirección para la estación Río Gallegos período 2000 a 2004.**

## **7.6.4 Análisis de la intensidad del viento**

### **7.6.4.1 Distribución de Weibull**

Es muy importante tanto para el conocimiento meteorológico de un sitio, como para la industria eólica, describir la frecuencia de ocurrencia de distintas intensidades del viento en determinada ubicación. Esta información es necesaria para optimizar el diseño de los aerogeneradores y, entre otras cosas, minimizar costos de generación.

Si se mide la velocidad del viento a lo largo de un año, es muy probable que en la mayoría de los lugares, los vientos más fuertes sean menos frecuentes de observar, mientras que vientos moderados y leves brisas sean más comunes. El modelo teórico más utilizado para representar a los vientos observados en determinada área es la distribución de Weibull.

La función de densidad de probabilidad de la distribución de Weibull es:

$$f(u) = kc u^{k-1} \exp(-cu^k) \quad k > 0, u > 0, c > 1 \quad [\text{Ec. 7.1}]$$

Ésta es una distribución de dos parámetros, donde  $c$  es el parámetro de escala, y  $k$  es el parámetro de forma (Waimann, 2011).

El factor de distribución forma  $k$  se define como la relación entre la energía obtenida en un año, y la energía que se obtendría en ese año si la velocidad del viento se mantuviera constante e igual a la velocidad media. Es decir, en dos lugares donde la velocidad media sea la misma, se tendrá más energía disponible en aquel lugar donde el factor  $k$  sea mayor.

En las Figura 7.61 a 7.66 se muestran los histogramas de frecuencias anuales porcentuales de intensidad en los que se eliminaron las calmas de la serie de datos y se le superpuso la función de Weibull calculada, de ésta forma se obtuvo el parámetro  $c$  y  $K$  para la velocidad media ( $v$ ) en cada estación. Es de esperar que en aquellas estaciones con vientos más fuertes las distribuciones sean más anchas y achatadas (mayor  $c$  y  $K$ ) que en aquellas con menor viento. De acuerdo lo ya descrito, las estaciones con series de viento completas son San Julián y Río Gallegos, por lo tanto sólo se puede realizar una comparación entre ellas de la distribución Weibull de la intensidad de viento, se desprende que es San Julián la que registra vientos más intensos.

Es de destacar que la función de Weibull no ajusta exactamente a la información, ni aún en aquellas estaciones sin falta de datos. Si se observa por ejemplo en San Julián (Figura 7.63) que son más relevantes las frecuencias correspondientes a 5 ms<sup>-1</sup>, 10 ms<sup>-1</sup>, 12 ms<sup>-1</sup> y 15 ms<sup>-1</sup> aproximadamente, valores que corresponden a 10 Kt, 20 Kt, 25 Kt y 30 Kt, lo que sugiere que esas serían las intensidades preferenciales en la observación o en la codificación de la velocidad del viento en todas las estación de la región. Esta característica del viento medido a 10 m por el SMN no se observa en el viento medido en una torre a 40,50 y 70 m muy

próxima a la estación San Julián (Otero y otros 2012), reforzando la hipótesis que se trata de un problema de observación/codificación lo cual requiere de un análisis más profundo utilizando por ejemplo la información registrada en la Libreta Meteorológica.

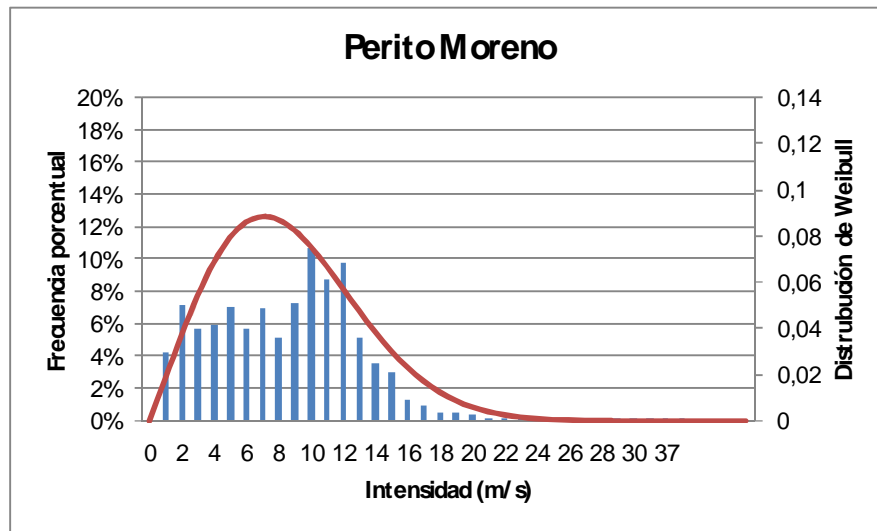


Figura 7.61. Distribución del viento (barras) y función de distribución de Weibull (línea) con  $v=8.90$ , parámetro de escala  $c=9,8623$  y parámetro de forma  $k=2,0579$ .

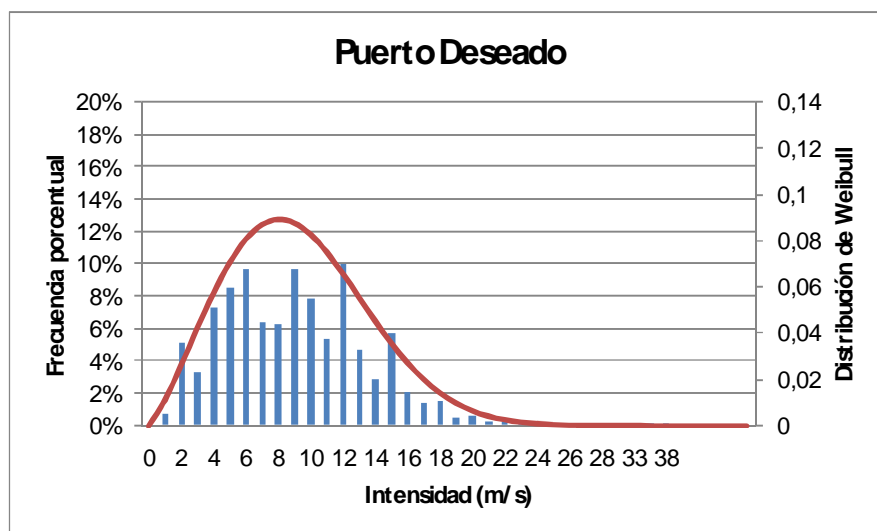
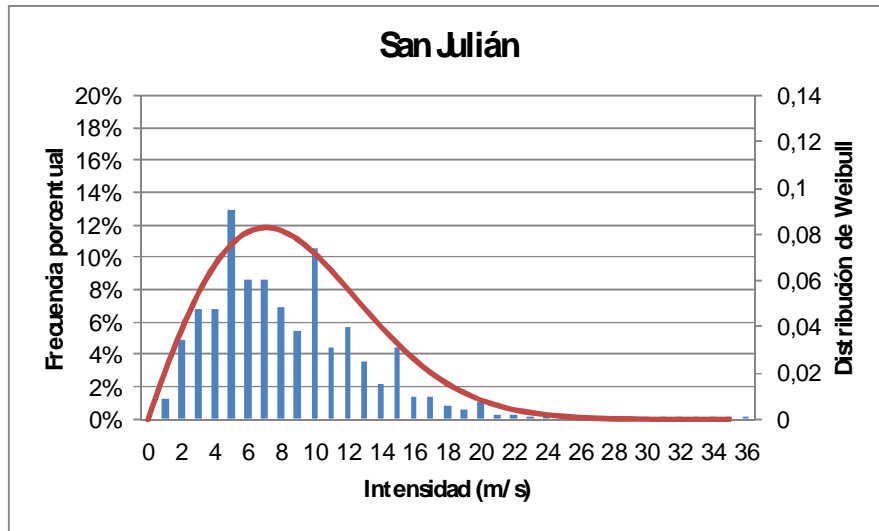
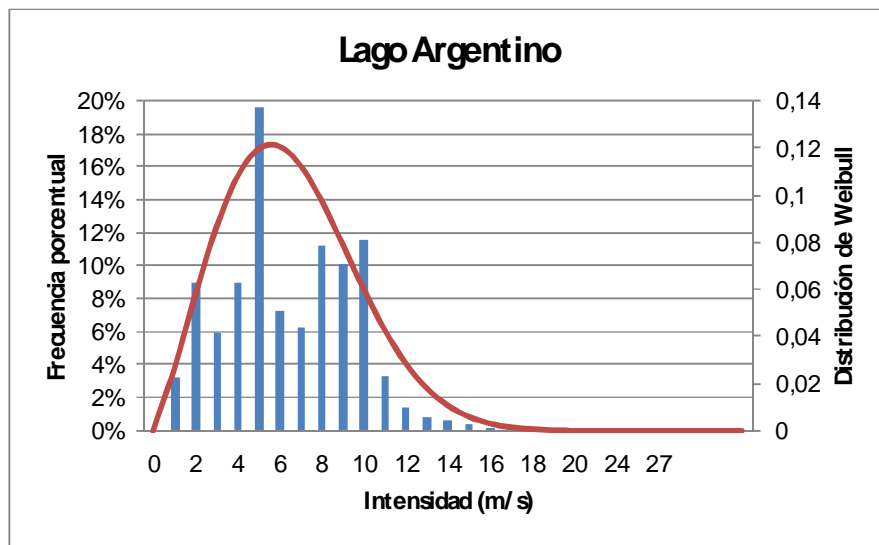


Figura 7.62. Distribución del viento (barras) y función de distribución de Weibull (línea) con  $v=9.24$ , parámetro de escala  $c=10,4852$  y parámetro de forma  $k=2,2575$ .

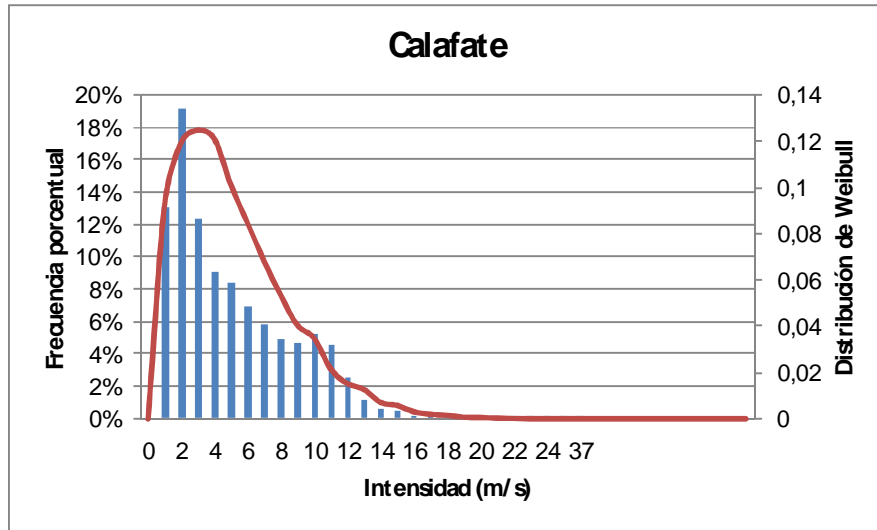


**Figura 7.63. Distribución del viento (barras) y función de distribución de Weibull (línea) con  $v=8.53$ , parámetro de escala  $c=10,1948$  y parámetro de forma  $k= 1,9649$ .**

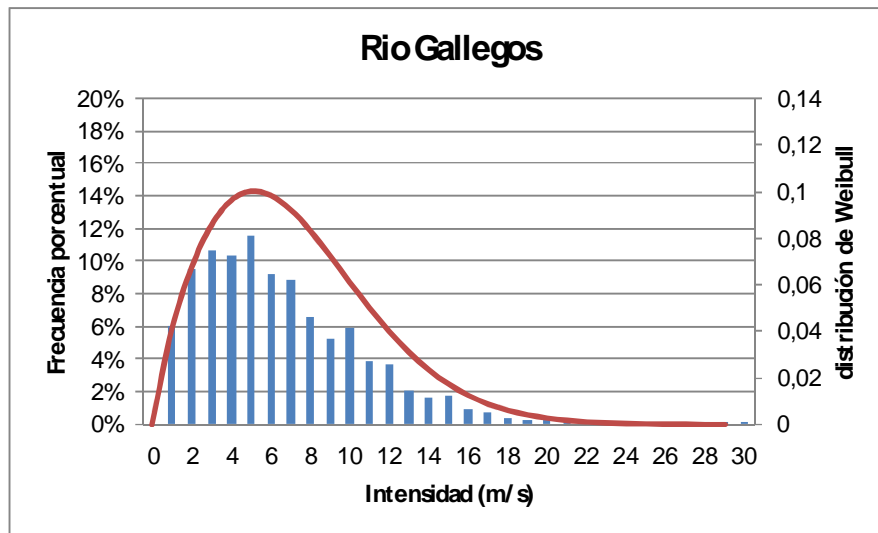


**Figura 7.64. Distribución del viento (barras) y función de distribución de Weibull (línea) con  $v=6.61$ , parámetro de escala  $c=7,4554$  y parámetro de forma  $k= 2,2$ .**





**Figura 7. 65. Distribución del viento (banas) y función de distribución de Weibull (línea) con  $v=5.48$ , parámetro de escala  $c= 5,95$  y parámetro de forma  $k= 1,5454$ .**



**Figura 7.66. Distribución del viento (banas) y función de distribución de Weibull (línea) con  $v=6.85$ , parámetro de escala  $c=8,0763$  y parámetro de forma  $k= 1,8043$ .**

Las intensidades más frecuentes para cada estación se presentan de la siguiente manera:

Perito Moreno 10 m/s, representando el 10% de los casos, Puerto Deseado 12m/s, el 10%, San Julián 5m/s el 12%, Lago Argentino 5m/s el 20%, y Río Gallegos 5m/s el 12%.

En el caso de Calafate (Figura 7.65) la distribución esta comida hacia los valores más bajos con mayor frecuencia de ocurrencia, siendo 2m/s un 19% de los casos.

#### **7.6.4.2 Intensidad media mensual**

La intensidad media mensual de viento es mayor en verano que en invierno en todas las estaciones, esto puede deberse al efecto del calentamiento de la superficie y a la mezcla turbulenta en capas bajas de la atmósfera (Tabla 7.13).

Los valores medios máximos en los meses de verano son de alrededor de  $11.86\text{ms}^{-1}$  y mínimos en invierno de  $3.41\text{ms}^{-1}$ .

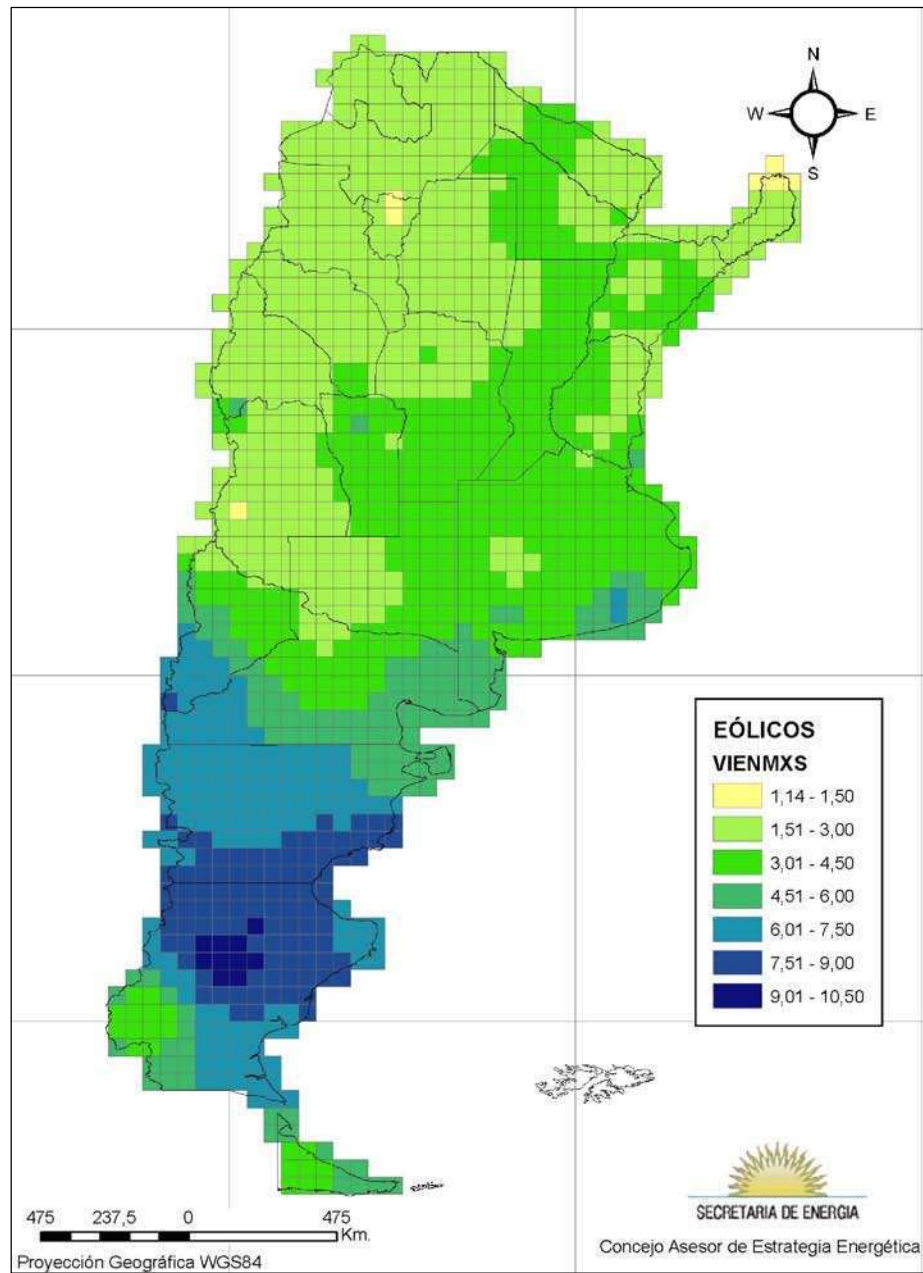
Las mayores intensidades mensuales se presentan en las estaciones Perito Moreno y Puerto Deseado y las menores intensidades en las estaciones ubicadas en latitudes más altas como Calafate, Lago Argentino y Río Gallegos.

A pesar de la falta de información, en un primer intento por evaluar la capacidad para producir energía en la región se observa que Perito Moreno y Puerto Deseado, tendrían un comportamiento semejante a San Julián y que las estaciones ubicada en el SO de la provincia registrarían menor intensidad de viento, aún menor que Río Gallegos, por hallarse geográficamente protegidas del viento. (Figura 7.67).



**Figura 7.67 detalle de ubicación Calafate y Lago Argentino rodeados por cordilleras.**

Este resultado elaborado a partir de observaciones horarias y con información incompleta, coincide cualitativamente con el atlas de viento para la provincia elaborado por la Secretaría de Energía (Figura 7.68).



**Figura 7.68** Velocidad Media del Viento [m/s] a 10 m. Fuente: Secretaría de Energía, en Beljansky, 2010.

### 7.6.4.3 Intensidad media anual

Se calculó la velocidad media anual del viento y su desvío estándar como se muestra en la Tabla 7.13. En todas las estaciones el valor de la desviación estándar es alto, lo que muestra la gran variabilidad del viento en la región.

A partir de la Tabla 7.13 y de las Figuras 7.69 a 7.75 se observa que en general la intensidad del viento ha disminuido en la región y también su variabilidad reflejada por la disminución de la desviación estándar en todas las estaciones hacia el final del período de estudio. Este resultado es coincidente con lo mostrado por Palese y Lasig (2012) para la provincia de Neuquén y con lo que señalan otros autores para el viento en latitudes medias (por ejemplo Wan y otros, 2010 y Jiang y otros, 2010) y que podría estar asociado a cambios en la circulación atmosférica.

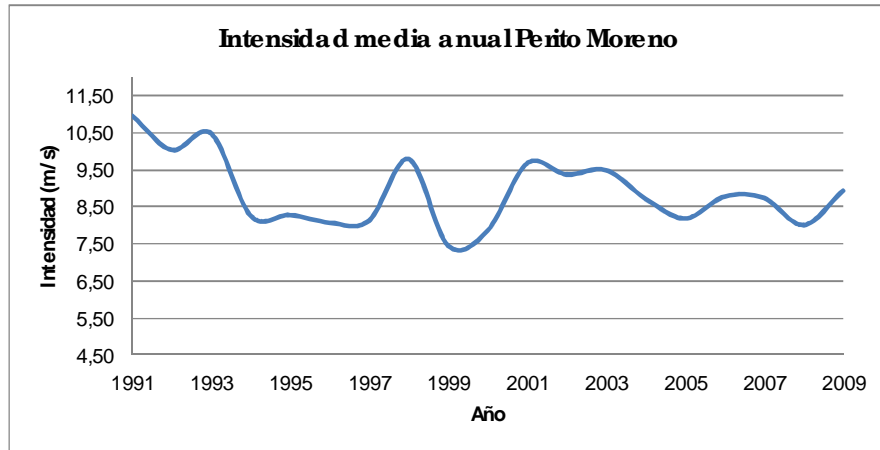
Lo que difiere entre las estaciones es la forma en que ello se desarrolló, por ejemplo San Julián registra el máximo valor del período en 1996, mientras que Río Gallegos muestra con comportamiento totalmente diferente, no se observan aumentos y disminuciones abruptas. Las restantes estaciones del norte de la provincia también indican un aumento del viento entre los años 1996-1998, en concordancia con San Julián.

**Intensidad media anual del viento (ms<sup>-1</sup>)**

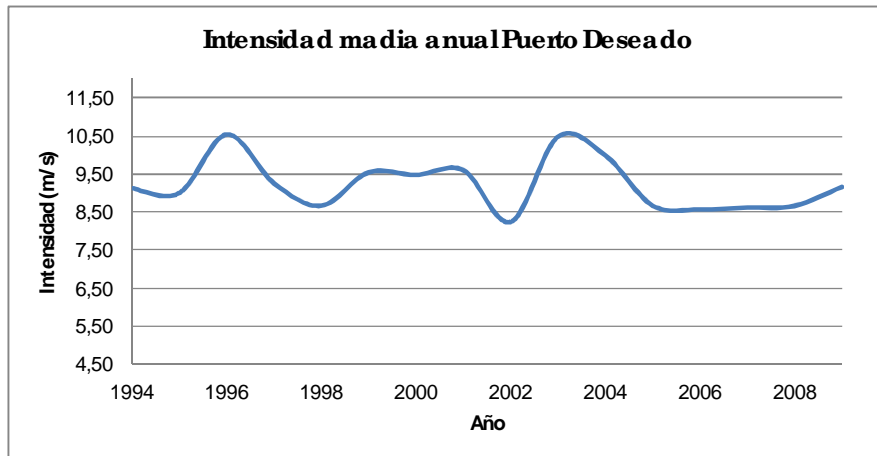
Año	Perito Moreno		Puerto Deseado		Gobernador Gregores		San Julián		Iago Argentino		Calafate		Río Gallegos	
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE
1991	10,9	4,7			8,9	5,2			6,1	2,8			7,8	4,3
1992	10,0	4,4			8,1	4,8	8,8	4,6	5,6	2,7				
1993	10,4	4,4			8,4	4,8	8,4	4,5	6,1	2,8			7,5	4,5
1994	8,2	4,4	9,1	4,6	8,2	5,0	8,5	4,8	6,2	2,7			7,0	3,9
1995	8,2	4,3	9,0	4,5	8,8	5,3	9,5	4,9	6,5	2,7			7,2	4,0
1996	8,0	4,1	10,5	4,1	10,8	6,0	10,0	5,0	6,5	3,2			7,0	4,0
1997	8,1	4,2	9,2	3,9	9,4	5,7	10,2	5,0	6,8	3,3			6,5	3,8
1998	9,7	4,1	8,6	4,3	10,5	5,9	8,3	4,8	6,9	3,6			7,2	4,3
1999	7,4	4,0	9,5	4,4	10,4	6,2	7,8	4,5	7,6	3,6			6,7	4,1
2000	7,8	4,8	9,4	4,3	10,4	6,5	8,0	4,7					6,6	4,0
2001	9,6	4,4	9,6	4,3	10,7	6,1	8,9	4,9			5,4	1,8	6,6	3,8
2002	9,3	4,1	8,2	3,8	7,9	5,0	8,1	4,1			4,8	3,4	6,3	3,6
2003	9,4	4,4	10,4	4,7	9,0	5,2	9,0	4,5			5,2	3,6	6,5	3,9
2004	8,7	4,2	9,9	4,7	8,7	5,1	8,6	4,1			4,9	3,4	6,1	3,6
2005	8,1	3,9	8,6	4,3	7,6	4,7	7,7	3,9			4,9	3,4	6,1	3,6
2006	8,7	4,3	8,5	4,2	7,9	4,8	7,9	3,8			5,2	3,5	6,5	3,8

2007	8,7	4,2	8,6	3,9	8,4	5,1	7,7	3,8					6,	4,0
2008	8,0	4,2	8,6	4,2	7,6	4,8	7,6	3,9					6,5	4,1
2009	8,9	4,1	9,1	4,7	8,5	4,8	8,2	4,0					7,0	4,0
	<b>8,9</b>	<b>3,7</b>	<b>9,2</b>	<b>4,4</b>	<b>9,0</b>	<b>5,0</b>	<b>8,5</b>	<b>4,5</b>	<b>6,5</b>	<b>3,1</b>	<b>5,4</b>	<b>3,6</b>	<b>6,8</b>	<b>4,0</b>

**Tabla 7.13 Intensidad media anual del viento.**

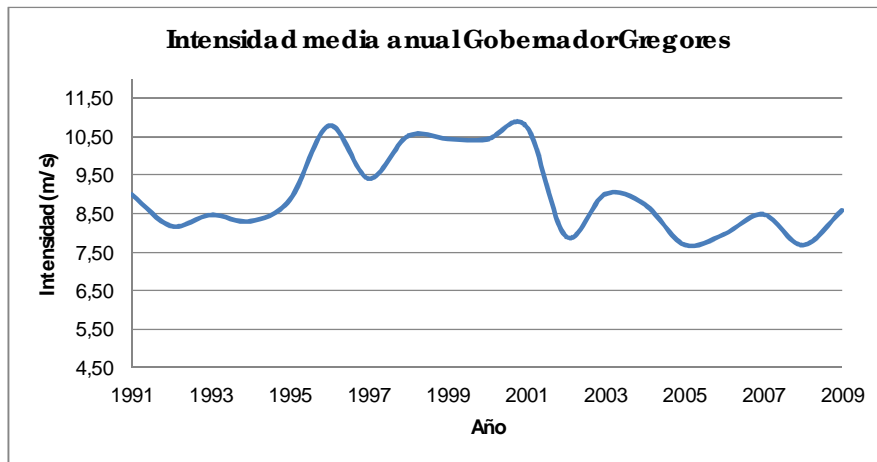


**Figura 7.69 Intensidad media anual Perito Moreno período 1991-2009.**

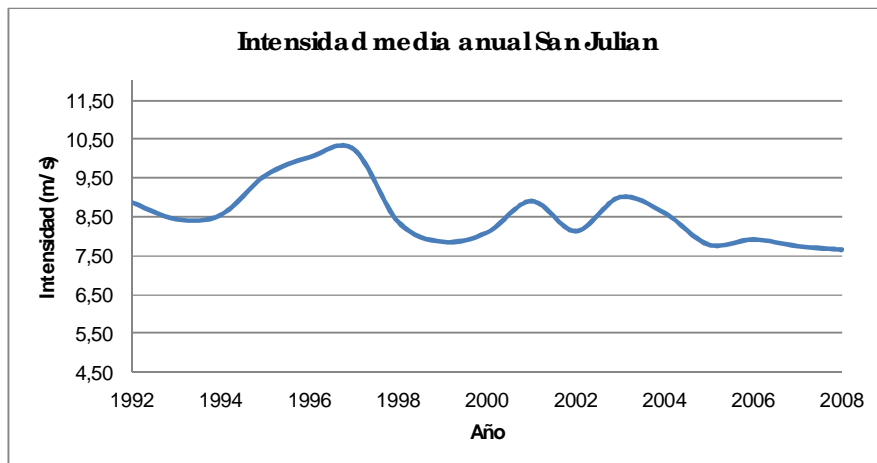


**Figura 7.70 Intensidad media anual perito Puerto Deseado período 1994 -2008.**

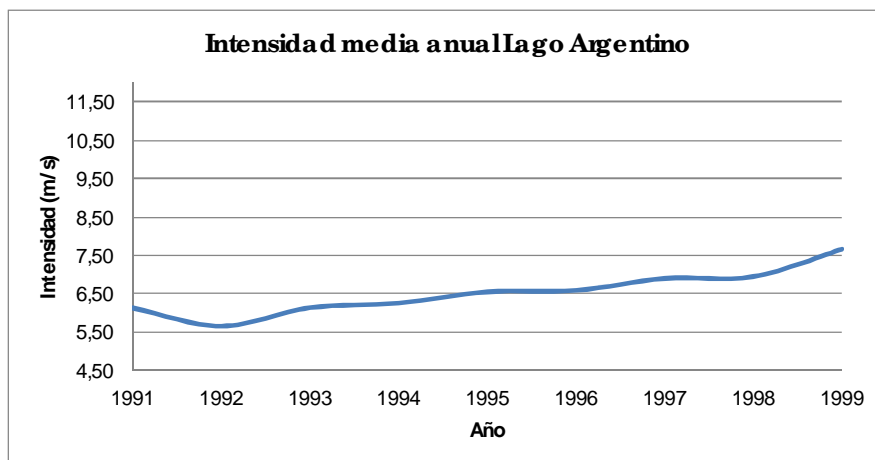




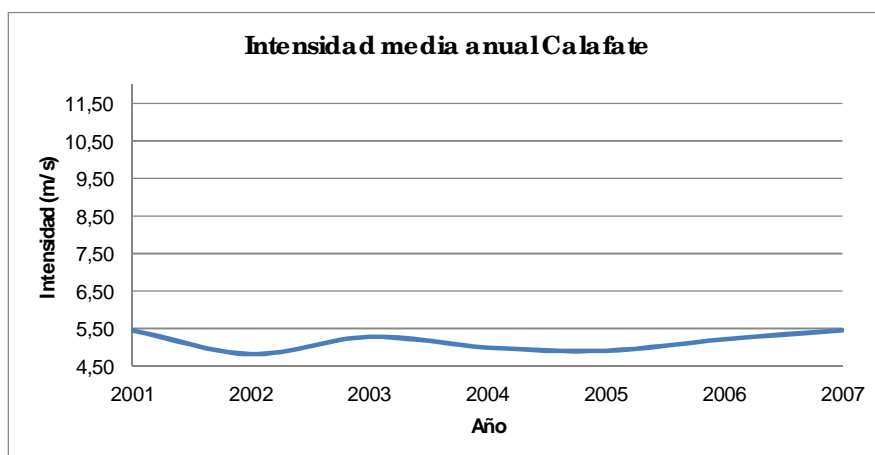
**Figura 7.71 Intensidad media anual Gobernador Gregores período 1991 -2009.**



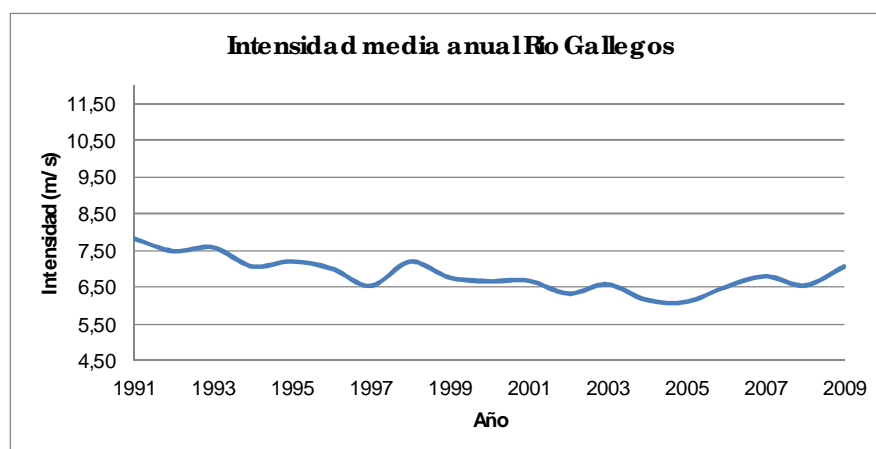
**Figura 7.72 Intensidad media anual San Julián periodo 1992 -2008**



**Figura 7.73 Intensidad media anual Lago Argentino período 1991 -2009.**



**Figura 7.74 Intensidad media anual Calafate período 1991 -2007.**



**Figura 7.75 Intensidad media anual Río Gallegos período 1991 -2009.**

## 7.7 Conclusiones parciales

-Durante el análisis de consistencia de los datos utilizados para el análisis en las siete estaciones meteorológicas presentes en la provincia, se evidencia que mayor cantidad de datos faltantes se presenta durante el verano (Diciembre, Enero y Febrero) e invierno (Junio y Julio) y en menos proporción en el mes de Mayo. Esta ausencia de información, sobre todo en los veranos, podría estar asociada a los periodos de licencia de los observadores. En los que se refiere a la temperatura máxima como la mínima fue Febrero con un porcentaje de 19.50% y 12.73% respectivamente, el mes con mayor porcentaje de faltantes lo que hace que en este mes y por ende para la estación de verano, el análisis sea el menos confiable.

-En la provincia, las temperaturas medias anuales disminuyen de Este a Oeste y de Norte a Sur, el máximo valor medio anual ocurre en la estación costera de Puerto Deseado con 12.2 °C en el año 2006, mientras que el

mínimo ocurre en la cordillera en la estación Perito Moreno en el año 1986 con 5,47°C.

La temperatura media presenta el máximo valor en Enero y el mínimo en Julio excepto Gobernador Gregores y Calafate cuyos máximos están un mes atrasado respecto al de las otras estaciones. En la zona costera y Sur de la provincia, las temperaturas medias del otoño son mayores que las de la primavera.

La temperatura media anual del período estudiado presenta una tendencia positiva en las estaciones Perito Moreno, Puerto Deseado, Gobernador Gregores, San Julián y Calafate lo que evidencia un aumento paulatino de la temperatura. Por otra parte, la variación de la temperatura es mayor en las estaciones de la cordillera, evidenciado por valores de desviación estándar mayores a los presentados en las estaciones costeras.

El promedio acumulado anual de precipitación aumenta Este a Oeste en las estaciones costeras estando el mayor promedio en la estación de Río Gallegos, en toda la provincia aumenta de Sur a Norte. En general la provincia presenta bajas precipitaciones debido al efecto barrera que produce los Andes.

En general se presentan los valores de precipitación más altos en los meses de invierno. La mayoría de las estaciones no superan los 25mm mensuales, en cuanto a la media anual en toda la provincia no supera los 500mm y es menor en la zona de la cordillera donde no superan los 300mm en toda la serie de datos.

Existe una buena concordancia entre los promedios acumulados de precipitación y los promedios de los días con precipitación en todos los meses a lo largo de las estaciones, indicando una relación directa entre la duración del viento y su intensidad.

-El análisis de datos horarios de intensidad del viento es de una gran importancia para evaluar la representatividad de los promedios mensuales de intensidad que es el dato a partir del cual se confeccionan los atlas eólicos, así que éste valor cobra importancia ya que para la producción de energía importa el valor instantáneo ya que según sea el valor de esta intensidad será la energía que se produzca, más aún es importante conocerlo no sólo para saber cuánta sino también si se podrá, o no producir energía.

Al igual que con las otras variables estudiadas, se presenta una gran cantidad de datos faltantes sobre todo en horas nocturnas, aproximadamente desde las 22 hs a hasta las 7 hs y en general en todas las estaciones.

Dado que el aire es muy seco en la región, el enfriamiento nocturno produce la estratificación estable del aire durante la noche y de esta forma es de esperar que el viento disminuya su intensidad y pueden producirse calmas, en cambio durante el día, cuando no existe esta inversión térmica los vientos del oeste deberían ser fuertes y predominar.

En general, existe un mayor porcentaje de calmas en el periodo invernal presentando el máximo porcentaje en el mes de Junio a excepción de Calafate donde ocurre en el mes de Julio en las estaciones continentales. Esto es coherente con el comportamiento estacional de la intensidad del viento, presentándose los mayores valores en los meses de verano y los

mínimos en los meses de invierno. Este patrón no es tan claro en las estaciones Puerto Deseado y San Julián.

En cuanto a la distribución de frecuencias porcentuales horarias de calmas, se observa que la mayor cantidad se presenta en las horas nocturnas y primeras horas de la mañana en todas las estaciones, a excepción de Perito Moreno y Puerto Deseado. Se podría afirmar los aerogeneradores instalados en la provincia generarían mucha menor energía durante las noches y en especial durante el invierno, aunque esta hipótesis debe ser corroborada con mediciones en una torre a la altura del aerogenerador. El mayor porcentaje de calmas se encontró en la estación Lago Argentino con 18,66%, y el menor en Puerto Deseado con 2,81%.

Existen vientos prevalecientes del oeste con cambios a lo largo del año en toda la provincia por la presencia de sistemas de los anticiclones semipermanentes y bajas subpolares. En el norte de la provincia hay una cierta frecuencia de vientos con componente norte mientras que en el sur es sudoeste.

En algunas estaciones, Perito Moreno y Calafate, los vientos más frecuentes son los de la dirección más intensa, mientras que en las restantes estaciones, la dirección de los vientos más intensos no son precisamente los más frecuentes, aunque la diferencia en cuanto a intensidad no es muy notoria con la excepción de Puerto Deseado.

Los vientos del oeste son más frecuentes en invierno pero más intensos en verano. La intensidad media mensual de viento es mayor en verano que en invierno en todas las estaciones, Los valores medios máximos en los meses de verano son de alrededor de  $11.86\text{ms}^{-1}$  y mínimos en invierno de  $3.41\text{ms}^{-1}$ .

Es de destacar que la función de Weibull no se ajusta exactamente a la información, ni aún en aquellas estaciones sin falta de datos. El análisis hecho por otros autores, por ejemplo para la estación de San Julián, refuerza la hipótesis que se trataría de un problema de observación/codificación.

Las mayores intensidades mensuales se presentan en las estaciones Perito Moreno y Puerto Deseado y las menores intensidades en las estaciones ubicadas en latitudes más altas como Calafate, Lago Argentino y Río Gallegos. En todas las estaciones el valor de la desviación estándar es alto, lo que muestra la gran variabilidad del viento en la región.

Se observa que en general la intensidad del viento ha disminuido en la región y también su variabilidad reflejada por la disminución de la desviación estándar en todas las estaciones hacia el final del período de estudio.

Es necesario recordar que el viento es una variable meteorológica que se mide con mucho error y que durante el período de estudio ha habido cambio en el tipo de tecnología del instrumental con que se mide debido al desgaste y rotura de instrumental anterior, eso debería producir cambios significativos en los valores medios del viento, además hay que tener en cuenta que sólo dos estaciones poseen registros completos de información horaria. Por lo tanto una recomendación que surge a partir de esta Tesis es verificar estas variaciones en los valores del viento a partir de otras fuentes de datos las cuales estimen los valores en forma indirecta, por ejemplo las bases de datos analizados en puntos de red, las que si bien informarán valores inferiores a los medidos por ser valores calculados con resoluciones de  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  o más, sí representan las variaciones del viento en la mayoría de los casos. Por otro lado, si se tiene en cuenta el hecho que otros autores

han encontrado una disminución del viento en latitudes medias, sería recomendable que cualquier emprendimiento eólico que se desarrolle a partir de 1 sólo año de medición del viento en una torre debería contemplar la posibilidad de que la intensidad del viento esté disminuyendo en la provincia de Santa Cruz, y que si se considera la gran variabilidad que presenta, podría ser sobre / sub evaluado el recurso, según el período en que se realice la medición lo cual daría lugar a un cálculo erróneo en la posible producción de energía o en el tipo de aerogenerador que se elija instalar. Es decir, es necesario realizar un estudio profundo del recurso y con más de una fuente de datos. Una alternativa a esta gran problema de falta de información confiable podría ser subsanada con la realización de un nuevo atlas eólico a partir de un modelo numérico de muy alta resolución (Waimann, 2011).



## Capítulo 8. Aspectos biológicos

En este Capítulo se presenta los aspectos biológicos y ecológicos de la provincia junto con los resultados del análisis acerca del posible impacto de los proyectos eólicos en la flora y la fauna. Se estudió en especial la avifauna, y con énfasis en las especies que habitan en sitios ambientalmente sensibles, y aquellas en delicado estado de conservación.

### 8.1 Metodología

Existe una serie de variables para determinar el impacto de los parques eólicos en la fauna y la flora, y que permitirían clasificar el potencial impacto en una zona determinada. SEO/Bird Life, (2008) sugiere la determinación del impacto a partir de criterios como la sensibilidad de la zona, el tamaño del proyecto eólico, la densidad de aves y la susceptibilidad de las diferentes especies y el estado de conservación las mismas.

Los anteriores criterios son para una zona determinada y un proyecto puntual, como este trabajo se refiere a la provincia en general se tuvo en cuenta por un lado, tres tipos de áreas principalmente sensibles: Áreas Protegidas, Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS, Di Giacomo, 2007) y humedales más relevantes. Por otro lado, en el nivel de especie, se consideró el estado de conservación y otras características que las harían más susceptibles a los impactos de acuerdo a su clase.

Para el caso de las aves, se analizó información que incluyó listados de aves Sistema de Áreas Protegidas y Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS) de la provincia, artículos suministrados por biólogos y ornitólogos que realizaron trabajos en la región, por ejemplo

Damiu, et al, (2008 y 2009) Ferrari et al, (2003 y 2008). Se consideraron criterios como: estado de conservación, protección por tratados internacionales e información referente a su biología e información de otras fuentes. Luego, se analizó las aves que podrían verse más afectadas y en qué manera de acuerdo a la ubicación preferencial de los parques eólicos futuros.

Además de las aves también se presentan, con menor detalle, las plantas, mamíferos, reptiles, anfibios y peces de la provincia.

Se analizaron en total 27 áreas cuyas diagnósticos detallan en el Anexo 1 y cuyo contenido se explica en el apartado 8.2.

## **8.2 Sitios de alta sensibilidad**

### **8.2.1 Áreas Naturales Protegidas**

El conocimiento de las Áreas Naturales Protegidas es un componente muy importante dentro del proceso de diagnóstico y evaluación ambiental para orientar la adopción de medidas con respecto a la ubicación de proyectos eólicos.

Las Áreas Naturales Protegidas son porciones del territorio de alto valor patrimonial, reconocidas por la comunidad científica y la opinión pública en general, local, nacional e internacional, especialmente sensibles al impacto ambiental de las actividades humanas. Por su frecuente fragilidad, sus objetivos de conservación y por las reglamentaciones vigentes, deben considerarse allí criterios de calidad más estrictos y recomendaciones de manejo ambiental más restrictivos y detallados. (<http://www.parquesnacionales.gov.ar/parques/>, 2012).

Para este trabajo, se tuvieron en cuenta las 17 áreas protegidas más importantes de la provincia (se omitieron algunas como estancias y reservas privadas por no existir información rigurosa acerca de las especies presentes). La ubicación de cada una se presenta en la Figura 8.1.



**Figura 8.1 Áreas Naturales Protegidas de provincia de Santa Cruz.**

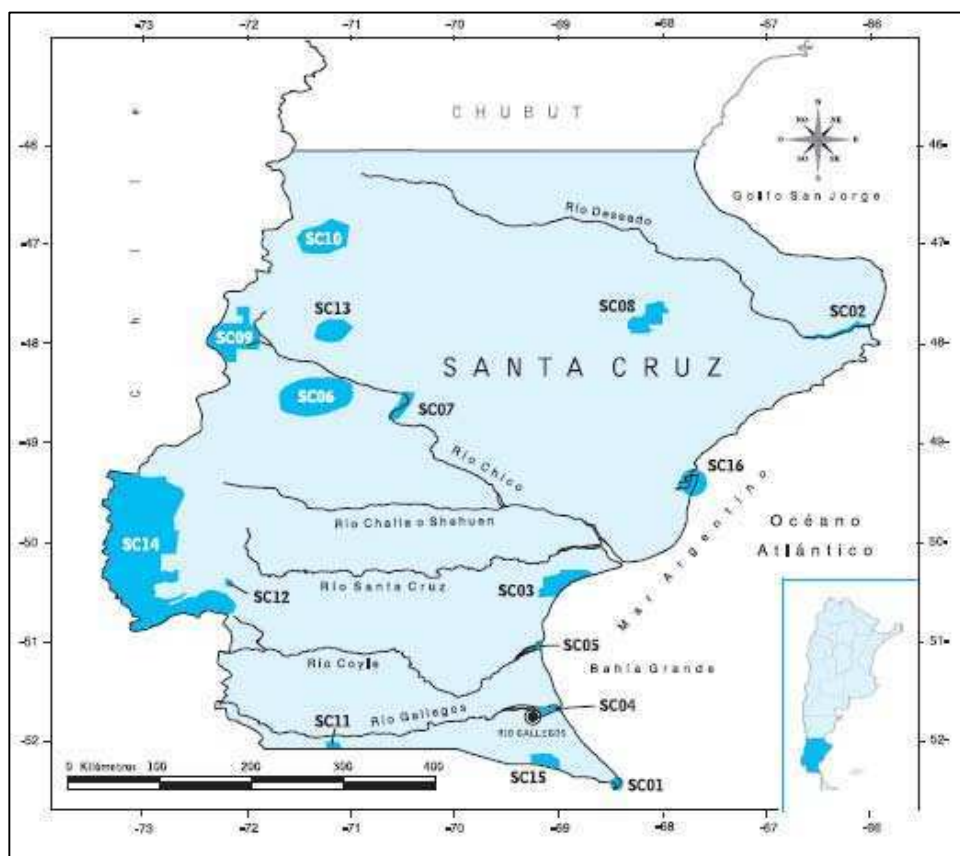
*1. Humedal Caleta Olivia, 2. Bosques Petrificados, 3. Río Desierto e Islas Adyacentes, 4. Complejo Bahía Oso Marino e Isla Pingüino 5. Monte Loaiza 6. Bahía Laura 7. San Lorenzo 8. Perito Moreno 9. Isla Comorán y Justicia 10. Península y Bahía San Julián 11. Isla Leones 12. Monte de León 13. Isla Monte de León 14. Los Glaciares y adyacencias 15. RP Península de Magallanes 16. Isla Desierta 17. Estuario del Río Gallegos.*

Las áreas protegidas, están categorizadas según los criterios de manejo definidos por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), seis categorías que han sido aceptadas en Argentina para

facilitar su gestión. Éste punto es relevante ya que de ésta categorización depende el grado de intervención que puedan tener proyectos como éstos en estas zonas. La definición de cada categoría se explicita en el Anexo 2 y el análisis se mostrará en el inciso 8.3.

### 8.2.2 Áreas Importantes para la Conservación de las Aves

La protección de sitios valiosos para la diversidad de las aves es una de las medidas más efectivas para su conservación. Así surge hace más de 20 años el programa AICAs liderado por la federación BirdLife International. En la provincia de Santa Cruz existen 16 de éstas áreas que cubren todos los ecosistemas provinciales como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 8.2 Áreas importantes para la Conservación de las Aves de la provincia de Santa Cruz. Fuente: Di Giacomo. 2007**

*SC01 Cabo Vírgenes, SC02 Río De seado e islasadyacentes, SC03 Parque Nacional Monte León, SC04, Estuario del Río Gallegos, SC05 Estuario del Río Coyle, SC06, Mese ta Lago Strobel, SC07 La Angostura y Alto Río Chico, SC08 Monumento Natural Bosque s Petrificados y Estancia El Cuadro, SC09 Parque Nacional Perito Moreno y Reserva Provincial San Lorenzo, SC10 Mese ta Lago Buenos Aires, SC11 El Zardo, SC12 Laguna Nimezy costa ale daña del Lago Argentino, SC13 Mese ta de lAsador(o Águila), SC14 Parque Nacional Los Glaciares y adyacencias (Estancias El S siego, La So ledad y Anita), SC15 Estancia El Cóndor, SC16 Pe nínsula y Bahía de San Julian,*

### **8.2.3 Humedales**

*“Son una amplia variedad de hábitat tales como pantanos, turberas, llanuras de inundación, ríos y lagos, y áreas costeras tales como marismas, manglares y praderas de pastos marinos, pero también arrecifes de coral y otras áreas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros, así como humedales artificiales tales como estanques de tratamiento de aguas residuales y embalses.” (Manual Ramsar, 2010).*

Yorio e Iglesias en Canevari et al, (1998) identificaron los humedales prioritarios de acuerdo a los siguientes aspectos: Valor biológico y biodiversidad, beneficios económicos o sociales y amenazas e impactos, tanto para la región andina y extraandina como para la zona costera de la provincia. (Figura 8.3).



**Figura 8.3 Humedales más importantes de la provincia de Santa Cruz.**

- 1. Meseta Lago Buenos Aires 2. Cabo Blanco 3. Bahía Oso Marino 4. Punta Medanososa 5. Monte Loiza  
 6. Lago Quiroga 7. Lagunas de la meseta del Lago Strobel 8. Peñto Moreno 9. Cabo Cuñoso 10.  
 Peñínsula y Bahía San Julián 11. Ría Santa Cruz 12. Lago Viedma 13. Isla Monte de León 14. Lago  
 Argentino 15. Lagunas de Puerto Bandera 16. Laguna Nimez y costa ale daña del Lago Argentino 17.  
 Laguna Escarhados y ale dañas 18. Bañados y Lagunas del Tero 19. Estuario de lRío Coyle 20. Estuario  
 de Río Galleros 21. Cabo Vírgenes 21. Hume dal Cale ta Olivia.*

En estos ambientes existe una alta concentración de aves y mamíferos marinos coloniales, varios de ellos son indispensables para el descanso y alimentación de aves migratorias. En cuanto a los ubicados en las zonas costeras, la productividad facilita la reproducción y/o crianza de peces y crustáceos.

Los humedales funcionan como corredores biológicos entre un área protegida y otra, por lo que su conservación evita la fragmentación del hábitat.

### **8.2.3.1 Criterios Ramsar**

La convención Ramsar es la *Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional* (<http://www.ramsar.org/>, 2012), *especialmente como hábitat de aves acuáticas*, aunque el enfoque de la convención se ha ampliado con el fin de abarcar todos los aspectos vinculados a la conservación y uso racional de los humedales, reconociendo que estos son ecosistemas de gran importancia para la conservación de la diversidad biológica y para el bienestar de las comunidades humanas.

La convención establece sitios de importancia internacional, como *Lista Ramsar* que tiene la finalidad de reconocer los hábitats importantes de las especies vulnerables, en peligro o en peligro crítico. Existen varios sitios Ramsar en Argentina, pero ninguno en la provincia de Santa Cruz. La convención también establece criterios por los cuales los humedales pueden ser candidatos a ser incluidos en la lista internacional.

Los criterios Ramsar asignados en algunos humedales se tuvieron en cuenta para este trabajo ya que aumenta el grado de sensibilidad y cuidado que se debería tener con los mismos ante una de las premisas fundamentales de la convención: “*Reconociendo que las aves acuáticas en sus migraciones estacionales pueden atravesar las fronteras, y en consecuencia deben ser consideradas como un recurso internacional*”. (<http://www.ramsar.org/>, 2012).

En el Anexo 1 se encuentra la diagnosis de los humedales principales de la provincia y los criterios Ramsar para los que corresponde. Se observa que existen ocho sitios que cumplen los criterios de la siguiente manera:

Criterio 2b: Monte Loayza, Ría Deseado y Ría Santa Cruz. Humedales con importancia crítica para la supervivencia de especies vulnerables, en peligro o en peligro crítico o especies con protección de tratados internacionales como Listas rojas de la UICN, apéndice ICIES y apéndices de CMS. Ver apartado 8.4.1.1 a 8.4.1.3.

Criterio 2C: Bahía Oso Marino, Monte Loayza, Monte León, Cabo Vírgenes, Ría Deseado, Ría Santa Cruz, Bahía San Julián, Punta Medanosa. Humedales que proporcionen hábitat a especies vulnerables, en peligro, en peligro crítico, que se caractericen entre otros por:

- Sustentar una población itinerante de una especie en distintas etapas de su ciclo biológico,
- Sustentar una población de una especie a lo largo de su ruta o vía migratoria (en este sentido, se ha de tener presente que las estrategias migratorias de distintas especies varían, como varían también las distancias máximas que pueden recorrer entre zonas de parada).

Criterio 3a: Bahía Oso Marino, Cabo Vírgenes. Humedales caracterizados entre otros por:

- Ser sitios de alta diversidad biológica y sean ricos en especies, aunque posiblemente no se conozca el número exacto de las mismas,
- Ser centros de endemismo o contener un número apreciable de especies endémicas,



-Abarcar todo el espectro de diversidad biológica existente en la región (inclusive de los tipos de hábitat),

-Albergar elementos determinados de diversidad biológica raros o particularmente característicos de la región biogeografía.

Criterio 3b: Bahía Oso Marino, Monte Loayza, Monte León, Ría Deseado, Ría Santa Cruz. Sitios con importancia biológica de muchos karst y de otros sistemas hidrológicos subterráneos.

El estuario de Río Gallegos, tiene una importancia internacional al formar parte de La Red Hemisférica de Reservas para las Aves Playeras (RHRAP) (<http://www.whsm.org/es/perfil-de-sitio/estuario-del-rio-gallegos>, 2012), ya que constituye un escenario donde se reúnen anualmente miles de aves playeras migratorias, tanto los chorlos patagónicos como las especies neárticas que amban del hemisferio norte, en los primeros meses de la primavera austral. En este lugar las aves encuentran condiciones óptimas para alimentarse y descansar, reponiendo energías consumidas en tan importante y extenuante viaje, actividades cruciales para la supervivencia en la migración. Se estima que el estuario alberga más de 20.000 aves al año, entre aves playeras neárticas y patagónicas.

### **8.3 Áreas sensibles posiblemente afectadas por proyectos eólicos**

Para determinar las zonas con posible impacto y las especies que las habitan, se realizó un análisis de las 27 áreas sensibles incluyendo ANPs, AICAs y Humedales a partir de los siguientes criterios:

a) Ubicación de los proyectos eólicos conocidos hasta Junio de 2012.

Según las recomendaciones de SEO/Bird, no deberían instalarse parques eólicos en un radio menor a 15 Km de humedales o cuerpos de agua importantes, o domideros de grandes rapaces y no menor a 50 Km en el caso de carroñeras. Para las otras especies de aves y AICAs la distancia recomendada es no menos de 10 Km. (SEO/ BirdLife, 2006). Para este trabajo se consideró 10Km para las ANP teniendo como referencia la distancia que se conserva en España para los sitios de la Red Natura 2000.

De acuerdo a lo anterior, de los doce proyectos a futuro de los cuales se tiene información, se presentarían dos casos en donde la ubicación se encuentra a menos de 15Km de humedales:

-La Granja Eólica Caleta Olivia se encontraría a menos de 15 Km de la reserva provincial Humedal Caleta Olivia, por lo que algunas especies de ese ecosistema seguramente se verán afectadas. (Figura 8.4).

Se listaron 5 especies de aves de las más sensibles para este humedal (Tabla 8.2) precisamente la finalidad de este sitio es “proteger el ambiente acuático estepario y la avifauna de la estepa patagónica” lo que hace necesario evaluar si es viable la instalación de este parque eólico analizando profundamente la incidencia del parque eólico en este tipo de avifauna. Según la información disponible de este proyecto, se instalaría un total de 3MW, por lo que se puede presuponer que al ser un parque pequeño, en comparación con los demás proyectos, tenga impactos de menores dimensiones y sea más fácil el manejo de la mitigación de los mismos.

-Parque Eólico Puerto Deseado estaría a menos de 15 Km de la Reserva Provincial Ría Deseado e Islas adyacentes. (Figura 8.5).

Se trata de un área protegida manejada, (categoría VI (Anexo 2)) cuyo objetivo es “Proteger los ecosistemas naturales y usar los recursos naturales de forma sostenible, cuando la conservación y el uso sostenible puedan beneficiarse mutuamente” por lo que las ventajas ambientales de este proyecto eólico van a sobresalir si se acompaña de un adecuado programa que garantice la conservación de las 8 especies de aves que presentan condiciones más sensibles (Tabla 8.2).



**Figura 8.4 Radio de afectación de la Granja eólica Caleta Olivia.**



**Figura 8.5 Radio de afectación del Parque eólico Puerto Deseado.**

b) Ubicaciones preferenciales de parques eólicos a partir de redes de muy alta tensión existentes o futuras:

Como se describió en el Capítulo 5, las ubicaciones preferenciales para la instalación parques eólicos (según lo planteado por Beljansky, 2010) se estima estableciendo un radio aproximado de 100 km de las redes de muy alta tensión (500 kV) existentes y futuras, por lo cual se tomó como referencia el mapa con ampliaciones de la red eléctrica para 2016. (Ver Figura 5.2 Capítulo 5). Para esta Tesis se consideró un radio de 120 Km, de ésta manera se encontraron afectadas las siguientes áreas:

Lagunas escarchados y aledaños, Lago Viedma, Bañados y lagunas del Tero, Humedal Ría Santa Cruz, Reserva Natural Provincial Humedal Caleta Olivia, Área Uso Limitado bajo Protección Especial Isla Leones, Ría deseado

e islas adyacentes, Monumento Natural Bosques Petrificados (y AICA Estancia el cuadro Bosques Petrificados y Estancia el cuadro), Parque Nacional Monte de León y Reserva Provincial Isla Monte de León, AICA Estuario del Río Coyle, Reserva Provincial Península de San Julián y Área de Uso Limitado bajo Protección Especial Bahía de San Julián (y AICA Península y Bahía de San Julián), AICA El Zurdo, AICA Laguna Nimez y costa aledaña del Lago Argentino, AICA Meseta Lago Strobel, AICA Y el sitio de la RHRAP Estuario del Río Gallegos: Reserva Provincial Aves Migratorias-Reserva Urbana Costera Río Chico.

De las anteriores áreas protegidas el Estuario Río Gallegos cuenta con una categoría de manejo V (Anexo 2) por lo que aspectos como la conservación de la naturaleza y bajo impacto paisajístico deben ser prioridades durante la etapa de evaluación y diseño de los proyectos eólicos. Respecto a la Bahía San Julián con una categoría de manejo VI donde se permite el uso de los recursos naturales de una manera sostenible, pueden ser realmente provechosos los proyectos eólicos si se contempla la conservación de la naturaleza del lugar. En cuanto al Monumento Natural Bosques Petrificados merece especial atención por presentar en una categoría de manejo III (Anexo 2) donde se debe mantener los rasgos naturales específicos sobresalientes y dadas las características de la zona, el establecimiento de proyectos eólicos podría alterar las características propias de la naturaleza del sitio (citadas en el Capítulo 5 ítem 5.7.2), por lo que en una primera instancia se podría afirmar que no es recomendable la instalación de proyectos eólicos en este sitio.

De acuerdo a los criterios a y b descritos anteriormente se obtuvieron en total 15 áreas posiblemente afectadas debido a los parques eólicos instalados, proyectados o zonas en que podrían instalarse, esto representa

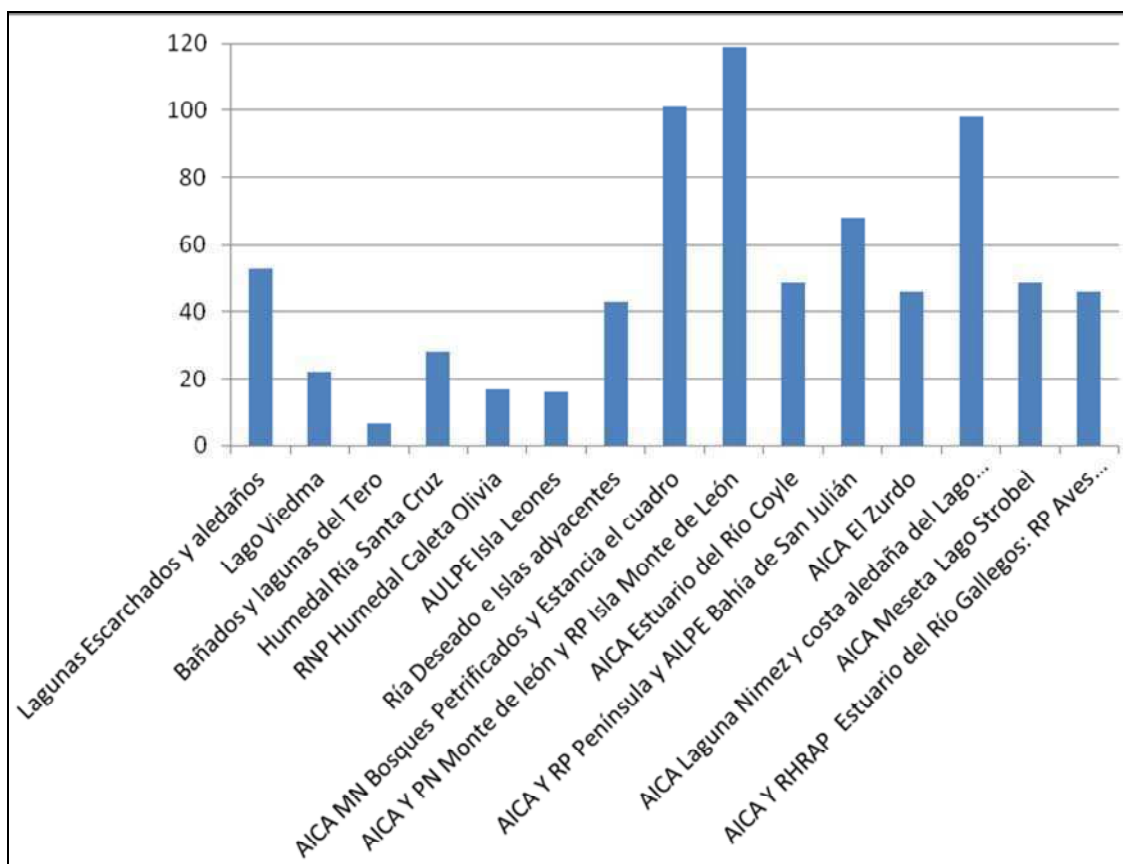
un 55% de todas las áreas sensibles analizadas para la provincia. Sin embargo, desde la perspectiva de la conservación biológica, es necesario realizar éste análisis no sólo en la escala de ecosistema sino también en la de especies, y de ésta manera realmente comprender la importancia y magnitud de la afectación de este tipo de proyectos.

#### **8.4 Avifauna**

Aunque se han registrado cerca de 230 especies de aves en la provincia (Di Giacomo, 2005), en esta Tesis se recopiló información de 199 especies dentro de las más citadas en la bibliografía.

La metodología utilizada para relevar la avifauna de la provincia consistió en un análisis detallado de la información provista en el Sistema de Información de Biodiversidad de la Administración de Parques Nacionales Áreas Protegidas y Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS) de la provincia, y la información suministrada por la organización Aves Argentinas. También se utilizó la técnica de la entrevista personal con importantes investigadores especialistas en la avifauna de la zona. Se consideraron criterios como: estado de conservación, protección por tratados internacionales e información referente a su biología.

De estas 199 especies, 175 serían posiblemente afectadas ya que se habitan o cruzan por una o varias de las 15 zonas sensibles cercanas a los sitios donde hay o podría haber parques eólicos. La Figura 8.6 muestra su distribución.



**Figura 8.6** Número de especies de aves presentes en las áreas sensibles posiblemente afectadas.

Las áreas posiblemente afectadas con mayor número de especies son precisamente AICAS, lo que implica un mayor cuidado en el momento de la planificación de los proyectos.

Sin embargo, para detectar las especies que podrían verse mayormente afectadas se filtraron las que podrían ser más vulnerables según su estado de conservación, de manera que se obtuvieron 39 especies con categorías diferentes a no amenazada, que va desde vulnerable hasta peligro crítico.

Para obtener los estados de conservación fueron consultados de las siguientes fuentes:

-Categorización de las Aves de Argentina según su estado de conservación, Informe de Aves Argentinas/AOP y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2008.

-Consejo Asesor Regional Patagónico de la Fauna Silvestre (CARPF).

-La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Lista Roja).

En los casos donde el estado de conservación difería entre las fuentes, para su definición se analizaron los criterios como el estado el asignado más localmente, la fecha más actual o el más vulnerable.

Las categorías de estados de conservación (Anexo 3), basadas según los lineamientos de la UICN, están diseñadas para ser un sistema fácil y entendido ampliamente para clasificar especies en alto riesgo de extinción a nivel mundial. El objetivo general del sistema es proporcionar un marco explícito y objetivo para la clasificación de la más amplia gama de especies según su riesgo de extinción. Sin embargo, mientras que la Lista Roja puede centrar la atención en aquellos grupos de mayor riesgo, no es el único medio de establecer prioridades para las medidas de conservación, por lo que para este trabajo también se tuvieron en cuenta otros criterios como aspectos biológicos y ecológicos que hacen a algunas especies propensas a ser afectadas ante la presencia de un parque eólico así su estado de conservación no sea muy crítico.

Las especies afectadas con estado de conservación diferente a LC, DD y NE que se encuentran dentro del radio de afectación se presentan en la



Tabla 8.1, junto con otras características biológicas y ecológicas importantes de acuerdo a lo planteado por Mc Kinney y Lockwood (1999) (en Lugo, 2001) las cuales determinan qué especies son favorecidas o desfavorecidas según la intervención antrópica, estas son: tamaño grande, baja fecundidad, baja variabilidad, distribución limitada, dispersión lenta, especialistas, etc.. Esta información está detallada en la Tabla 8.1.

Del análisis comparativo de los aspectos de sensibilidad entre las 199 especies listadas y las 39 posiblemente afectadas surge que:

- En cuanto a las especies migratorias, se registraron 15 de las 39 especies más sensibles, pero este número es apenas estimativo, ya que se listaron en total 97 especies de aves migratorias en toda la provincia y al no tener un registro de todos sus desplazamientos se supone es mayor el número de especies que cruzan por el espacio donde posiblemente se instalen parques eólicos.

El 100% de las especies de aves en peligro crítico a nivel mundial citadas se encuentran en las regiones preferenciales para la instalación de parques eólicos. Un 66% de las aves amenazadas globalmente también se encuentran allí, lo que aumentaría su vulnerabilidad.

Especie	Nombre Común	Estado de conservación	Origen	Aves Migratorias	Globalmente amenazadas	En peligro crítico a nivel mundial	Afectadas por la actividad humana	Especies raras	Único representante de la familia o categoría superior	Baja amplitud trófica, carnívoras especialistas	Puesta un solo huevo
<i>Attagis malouinus</i>	Agachona Patagónica	VU	Autóctona								
<i>Calidris canutus</i>	Playero rojizo	EN	Exótica	x			x			x	
<i>Charadrius modestus</i>	Chorlito pecho colorado	VU	Autóctona	x							
<i>Chionis alba</i>	Paloma antártica	VU	Autóctona	x							
<i>Chloephaga picta</i>	Cauquén común	VU	Autóctona	x			x				
<i>Chloephaga poliocephala</i>	Cauquén realo cabeza gris	AM	Autóctona	x			x				
<i>Chloephaga rubidiceps</i>	Cauquén Colorado	EC	Autóctona	x		x	x	x			
<i>Columba araucana</i>	Paloma araucana	R	Autóctona								
<i>Diomedea exulans</i>	Albatros marino	AM	Autóctona								x
<i>Eudromia elegans</i>	Martineta común	VU	Autóctona				x				
<i>Geositta antarctica</i>	Camineira Patagónica	VU	Autóctona								
<i>Hematopus leucopodus</i>	Ostreoro Austral	R	Endémica								
<i>Ianus atlanticus</i>	Gaviota de Olog	VU	Endémica	x	x		x			x	
<i>Ianus scorebii</i> (ahora <i>Ieucophaeus</i> )	Gaviota australo gris	R	Autóctona								
<i>Macronectes giganteus</i>	Petrel Gigante del Sur	VU	Autóctona	x	x						



<i>Specularia specularis</i>	Pato anteojos	AM	Autóctona		x						
<i>Spheniscus magellanicus</i>	Pingüino de Magallanes	VU	Autóctona	x						x	
<i>Sterna sandvicensis</i>	Gaviotín pío negro	VU	Autóctona	x							
<i>Sterna maxima,</i>	Gaviotín real	R	Autóctona								
<i>Tachyeres leuccephalus</i>	Pato Vapor Cabeza Blanca	AM	<b>Endémica</b>								
<i>Tinamotis ingoufi</i>	Quiula patagónica	AM	Autóctona								
<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor	VU	Autóctona		x						x
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	NA	Autóctona							x	

**Tabla 8.1 Aves presentes dentro del radio de afectación con condiciones de mayor sensibilidad.**

Estados de conservación: AM: amenazada, VU: vulnerable, R: rara, NT: casi amenazada, EC: peligroso, EN: en peligro

	Lagunas Escarchados y aledaños	Lago Viedma	Bañados y lagunas del Tero	Humedal Río Santa Cruz	RNP Humedal Caleta Olivia	AUPE Isla Leones	Ría Deseado e Islas adyacentes	AICA MN Bosques Petrificados y Estancia el cuadro	AICA Y FN Monte de León y RP Isla Monte de León	AICA Estuario del Río Coyle	AICA Y RP Península y AIPE Bahía de San Julián	AICA El Zardo	AICA Laguna Nimez y costa aledaño del Lago Argentino	AICA Mesa Lago Strobel	AICA Y RHRAP Estuario del Río Gallegos: RP Aves Migratorias- RU Costera Río Chico
<i>Attagis malouinus</i>	x								x			x		x	
<i>Calidris canutus</i>							x								x
<i>Chamdrilus modestus</i>	x							x			x	x	x	x	x
<i>Chloephaga picta</i>	x	x	x	x				x	x		x	x	x	x	x
<i>Chloephaga poliocephala</i>	x	x						x	x			x	x	x	
<i>Chloephaga rubidiceps</i>		x													
<i>Columba araucana</i>												x			
<i>Diomedea exulans</i>									x						
<i>Eudromia elegans</i>		x			X			x	x		x		x		
<i>Falco peregrinus</i>	x			x				x	x		x	x	x		
<i>Geositta antarctica</i>	x								x	x	x	x		x	
<i>Haematopus leucopodus</i>	x	x		x			x	x			x		x		x
<i>Ianus atlanticus</i>					X						x				x
<i>Ianus scorebii (ahorn Leucophaeus)</i>				x		x	x		x						x
<i>Macronecetes giganteus</i>						x	x		x	x					x
<i>Macronecetes halli</i>									x						



<i>leucocephalus</i>															
<i>Tinamotis ingoufi</i>		x						x	x		x		x	x	
<i>Vultur gryphus</i>		x						x		x			x		

**Tabla 8.2 Aves con estados de conservación diferente a no amenazada o datos insuficientes y su ubicación en las áreas protegidas dentro del radio de afectación.**

#### **8.4.1 Tratados internacionales**

Debe prestarse atención a las ubicaciones de los parques eólicos que puedan afectar a especies con protección internacional, a continuación se presentan los tratados y las especies de aves incluidas en dichos tratados presentes en la provincia.

##### **8.4.1.1 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)**

Esta Convención estableció un sistema de apéndices en los que se encuentran todas las especies que los países consideran que deben ser protegidos. El objetivo del CITES (<http://www.cites.org/esp/disc/how.php>, 2012) es prohibir el comercio internacional de esas especies y reglamentar y vigilar continuamente el comercio de otras que pueden llegar a estarlo. Los apéndices son:

El Apéndice I reúne a todas las especies que se encuentran en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el tráfico. El comercio en especímenes de estas especies deberá estar sujeto a una reglamentación particularmente estricta a fin de no poner en peligro aún mayor su supervivencia y se autorizará solamente bajo circunstancias excepcionales.

El Apéndice II incluye: a) todas las especies que, si bien en la actualidad no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, podrían llegar a esa situación a menos que el comercio en especímenes de dichas especies esté sujeto a una reglamentación estricta; y b) aquellas otras especies no afectadas por el comercio, que también deberán sujetarse a reglamentación con el fin de permitir un eficaz control del comercio en las especies a que se refiere el subpárrafo (a) del presente párrafo.



El Apéndice III incluye todas las especies que están protegidas al menos en un país el cual ha solicitado la asistencia de otras Partes en la CITES para controlar su comercio.

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Apéndice</b>
<i>Accipiter bicolor</i>	Esparvero Variado	CITES II
<i>Asio flammeus</i>	Lechuzón de campo	CITES II
<i>Athene cunicularia</i>	Lechucita vizcachera	CITES I
<i>Bubo virginianus</i>	Ñacurutú	CITES II
<i>Buteo polyosoma</i>	Aguilucho Común	CITES II
<i>Buteo ventralis</i>	Aguilucho de Cola Rojiza	CITES II
<i>Cathartes aura</i>	Jote cabeza colorada	CITES II
<i>Coscoroba coscoroba</i>	Coscoroba	CITES II
<i>Cyanoliseus patagonus</i>	Loro Bananquero, Loro de Madrugera, Ticáu, Ticao.	CITES II
<i>Cygnus melancorypha</i>	Cisne de cuello negro,	CITES II
<i>Falco femoralis</i>	Halcón Ploizo	CITES II
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	CITES I
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Aguila Mora	CITES II
<i>Gubeatrix cristata</i>	Cardenal Amarillo	CITES II
<i>Mivago chimango</i>	Chimango	CITES II
<i>Oreotrochilus leucopleurus</i>	Picaflores Andino	CITES II
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco austral	CITES II
<i>Rhea pennata</i>	Choique - suri - ñandú petiso	CITES I
<i>Sephanoides sephaniodes</i>	Picaflores Rubí	CITES II
<i>Tyto alba</i>	Lechuza de Campanario	CITES II
<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor de los Andes	CITES I

**Tabla 8.3 Avifauna en el tratado de CIES. Fuente: <http://www.cites.org/eng/resources/species.html>, 2012.**

#### **8.4.1.2 Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias (CMS)**

La finalidad de la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres es contribuir a la conservación de las especies terrestres, acuáticas y aviares de animales migratorios a lo largo de su área de distribución. En esta convención, los gobiernos de Argentina, Bolivia, Paraguay y Uruguay acordaron trabajar juntos para lograr una mejor conservación de las especies migratorias de aves de pastizales del sur de Sudamérica ([http://www.cms.int/documents/appendix/cms\\_app1\\_2.htm](http://www.cms.int/documents/appendix/cms_app1_2.htm), 2012). La CMS contiene dos apéndices:

##### Apéndice I- especies migratorias en peligro

Incluye las especies migratorias que han sido catalogadas como en peligro de extinción en la totalidad o una parte significativa de su área de distribución.

##### Apéndice II- especies migratorias conservadas a través de Acuerdos

Incluye las especies migratorias que tienen un estado de conservación desfavorable o que se beneficiarían significativamente de la cooperación internacional.

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Apéndice</b>
<i>Callidris canutus</i>	Playero rojizo	CMSI y II
<i>Anas cyanoptera</i>	Pato Colorado	CMSII
<i>Anas flavirostris</i>	Pato barcino	CMSII
<i>Anas georgica</i>	Pato maicero	CMSII
<i>Anas sibilatrix</i>	Pato overo	CMSII
<i>Anas versicolor</i>	Pato capuchino	CMSII
<i>Callidris alba</i>	Playerito Blanco	CMSII
<i>Callidris fuscicollis</i>	Playerito rabadilla blanca	CMSII
<i>Callidris melanotos</i>	Playerito Pectoral	CMSII
<i>Charadrius falklandicus</i>	Chorrito doble collar	CMSII
<i>Charadrius modestus</i>	Chorrito pecho colorado	CMSII
<i>Chloephaga picta</i>	Cauquén común	CMSII
<i>Chloephaga poliocephala</i>	Cauquén real o cabeza gris	CMSII
<i>Chloephaga rubidiceps</i>	Cauquén Colorado	CMSI y II
<i>Diomedea exulans</i>	Albatros elegante	CMSII
<i>Gallinago paraguaiensis</i>	Becasina	CMSII
<i>Heteronetta atricapilla</i>	Pato cabeza negra	CMSII
<i>Larus atlanticus</i>	Gaviota de Olog	CMSI
<i>Limosa haemastica</i>	Becasas de mar	CMSII
<i>Macronectes giganteus</i>	Petrel Gigante del Sur	CMSII
<i>Macronectes halli</i>	Petrel Gigante Oscuro	CMSII
<i>Netta peposaca</i>	Pato Picazo	CMSII
<i>Numenius phaeopus</i>	Playero Tinador	CMSII
<i>Oreopholus ruficollis</i>	Chorrito cabezón	CMSII
<i>Oxyura vittata</i>	Pato Zambullidor Chico	CMSII
<i>Phoenicopus chilensis</i>	Flamenco austral	CMSI
<i>Pluvialis dominica</i>	Chorlo pampa o dorado	CMSII

<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Petrel Barba Blanca	CMSII
<i>Tachyeres patagonicus</i>	Pato Vapor Volador	CMSII
<i>Thalassarche melanophris</i>	Albatros Ceja Negra	CMSII
<i>Thiobonus rumicivorus</i>	Agachona Chica o de Combata	CMSII
<i>Tingimelanoleuca</i>	Pito y Grande	CMSII
<i>Vanelus chilensis</i>	Tern común	CMSII

**Tabla 8.4 Avifauna incluida en CMS Fuente:**  
[http://www.cms.int/documents/appendix/appendices\\_s.pdf](http://www.cms.int/documents/appendix/appendices_s.pdf), 2012.

#### 8.4.1.3 Acuerdo para la Conservación de Albatros y Petreles (ACAP)

Es un acuerdo multilateral negociado en el marco de CMS que busca conservar los albatros y petreles mediante la coordinación de la actividad internacional para mitigar las amenazas conocidas para sus poblaciones. Actualmente cuenta con 13 países miembros y abarca 30 especies de albatros, petreles y pardelas, (<http://www.acap.aq/es/>, 2012).

Los albatros y petreles, en todas las etapas de su ciclo de vida, están sujetos a una serie de amenazas de origen humano que tienen el potencial de reducir su éxito reproductivo y/o supervivencia. En combinación, estos factores están poniendo la viabilidad a largo plazo de muchas especies en peligro. La captura incidental de aves marinas durante la pesca de palangre y de arrastres operacionales se considera la mayor amenaza para los albatros. Los petreles más pequeños también se ven amenazados por los depredadores introducidos en muchas zonas de cría. Otras amenazas incluyen la perturbación humana en el nido, la contaminación química, la contaminación marina y la sobreexplotación de los recursos alimenticios. La cooperación internacional para la conservación de albatros y petreles

aumenta las posibilidades de éxito de las medidas de conservación a través de sus áreas de distribución migratorias.

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
<i>Diomedea exulans</i>	Albatros errante
<i>Macronectes giganteus</i>	Petrel Gigante del Sur
<i>Macronectes halli</i>	Petrel Gigante Oscuro
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Petrel Barba Blanca
<i>Thalassarche melanophrys</i>	Albatros Ceja Negra

**Tabla 8.5** Avifauna incluida en ACAP. Fuente: <http://www.acap.aq/es/especies-acap?id=12>, 2012.

Las especies con protección de la ACAP, también están protegidas bajo el tratado CMS (II), lo que las hace más sensibles.

A excepción del Albatros de ceja negra, todas las especies incluidas en el ACAP se encuentran en el perímetro afectado por la posible instalación de parques eólicos.

En total de las 199 especies de aves citadas, 42 están incluidas en algún tratado internacional, algunas de ellas incluidas en más de un tratado, como es el caso de los albatros, petreles, y el flamenco austral, lo que significa que debe tenerse en cuenta si existen poblaciones cercanas al proyecto eólico.

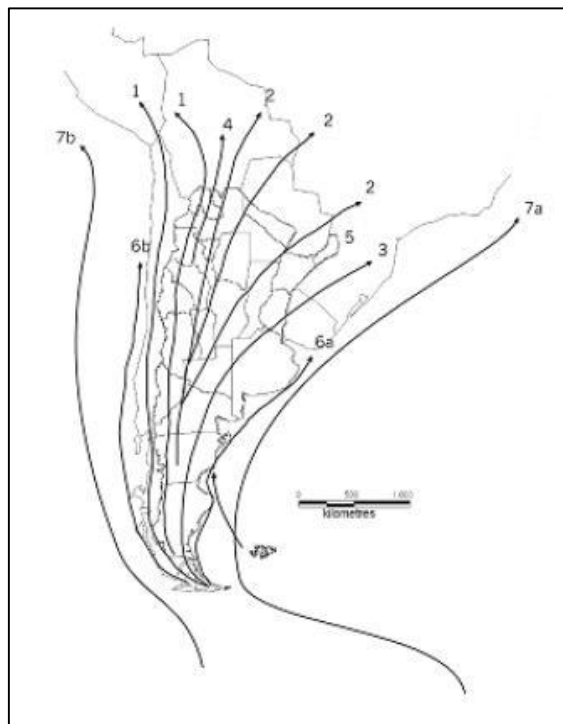
#### **8.4.2 Aves migratorias**

La migración de aves se produce durante todo el año con períodos de mayor intensidad, básicamente en el litoral atlántico de Sur a Norte (o viceversa), en Marzo comienzan a emigrar aves desde Tierra del Fuego

hacia el Norte y en Octubre se registra el regreso de las mismas hacia el Sur, esta migración es consecuencia de inviernos en climas más benignos.

Debe prestarse especial atención a los parques eólicos que producirían un efecto barrera si están ubicados en rutas migratorias. Por lo que es necesario conocer las principales rutas migratorias de Argentina y de la provincia (Figura 8.7 y 8.8).

Las rutas migratorias de las aves argentinas son extensas y aunque todavía no se ha podido aplicar el anillado ampliamente para estudiar en detalle la migración de cada especie, pueden distinguirse varias rutas principales:

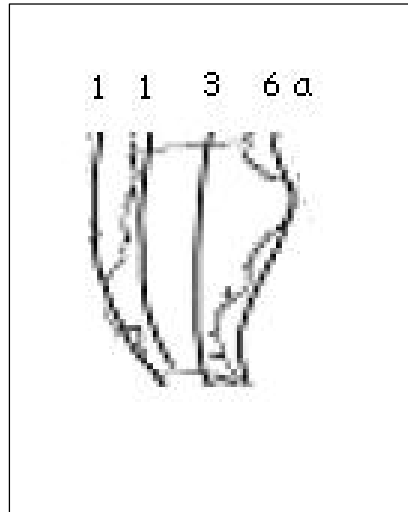


**Figura 8.7 Principales rutas migratorias de Argentina. Fuente: Reporte Final Aves Acuáticas En Argentina (2006).**

Ruta 1. Por Chile y Argentina occidental (la Cordillera de los Andes), Ruta 2. Por Argentina central.

Ruta 3. Por Argentina oriental, Ruta 4. Por Argentina noroccidental, Ruta 5. Por Argentina

no oriental, Ruta 6a. Por la costa Atlántica, Ruta 6b. Por la costa Pacífica, Ruta 7a. Por la Comiente de las Malvinas, Ruta 7b. Por la Comiente de Humboldt.



**Figura 8.8. Rutas migratorias de Santa Cruz, adaptación de Figura 8.7.**

En la región patagónica existe un importante fenómeno migratorio que todos los años involucra a un gran número de especies de aves (Olrog, 1963; Olrog y Capllonch, 1986 en Coconier, 2006). Las principales rutas migratorias son:

Desde Tierra del Fuego y Sur de Patagonia a lo largo de Los Andes, hasta Bolivia y Perú. Desde Tierra del Fuego y Sur de Patagonia, por el Este, hasta Paraguay, Uruguay y sudeste de Brasil. Desde Patagonia central hacia el norte, hasta Bolivia, Paraguay y Matto Grosso, Brasil. Aves que crían en altas montañas y migran hacia el norte hasta Bolivia y Perú o descienden hacia menor altura. Aves marinas y costeras que migran hacia el norte a lo largo de la costa atlántica hasta Uruguay y Brasil, o en algunos casos hasta el hemisferio norte.

#### **8.4.2.1 Periodos y recorridos de las aves migratorias**

##### *Migración de invemada (otoño / invierno)*

La migración de invemada por lo general se inicia en el mes de Marzo y es de Sur a Norte, y dura hasta fines de Abril.

También son visitantes regulares durante el otoño y el invierno especies marinas provenientes de los océanos australes así como de la Antártida.

##### *Migración de primavera / verano.*

La migración de primavera / verano tiene dos variantes la primera es el retorno de la migración de invemada es decir de Norte a Sur que se produce en Septiembre hasta principios de Noviembre.

La segunda variable en la migración que viene del Norte que se debe a factores climáticos, se denomina como intermaccional pues involucra varios países, la ruta va desde Canadá, Groenlandia, Estados Unidos como terrenos de cría, llegando hasta Argentina y Chile, para pasar el invierno nórdico permaneciendo desde Octubre / Noviembre hasta Marzo / Abril.

Existen otros movimientos menores y localizados cuya regularidad no está fijada únicamente por el factor climático y por lo tanto no es un patrón tan rígido. Intervienen factores de alimentación, cosechas, etc. Son desplazamientos que básicamente tienen menor longitud y duración, pueden ser en la misma latitud y en muchos casos se producen regularmente todos los días. (AIP Argentina, 2008).



De acuerdo a las ubicaciones preferenciales para los proyectos, se observa que las rutas migratorias más afectadas son la 3 y 6ª. Las aves que utilizan estas rutas están dentro de los siguientes grupos:

- Aves Marinas (albatros y petreles) se encuentran entre las especies de aves que recorren las rutas migratorias más largas (vuelos circumpolares y transhemisféricos).

- Aves playeras, este es el grupo de aves migratorias más numeroso.

- Golondrinas y otras aves continentales.

- Patos y otras aves acuáticas, este grupo como el anterior realiza migraciones australes en el Hemisferio Sur como neárticas.

- Aves rapaces, algunas especies de este grupo llegan desde Norteamérica.

Una parte de las aves migratorias que se reproducen en el Hemisferio Norte permanece gran parte del resto de su ciclo anual en Argentina incluyendo la provincia de Santa Cruz. Estas aves habitan durante primavera y verano las selvas, sabanas, pastizales, humedales, estepas, las montañas y la costa del mar. Muchas de estas aves presentan problemas de conservación, habiéndose detectado la disminución de muchas de estas poblaciones en sus áreas de cría en el Hemisferio Norte, o bien, a través de la destrucción de sus ambientes a lo largo de su migración. Si a esto se suma el efecto barrera de los parques eólicos, podría afectar significativamente sus poblaciones.

Un ave playera migratoria promedio alcanza apenas dos tercios del tamaño de una paloma y aún así puede recorrer una de las rutas

migratorias más largas que existen, volando miles de kilómetros entre el norte y el sur de América, entre su hogar de invernada y su hábitat de reproducción. Pero su tamaño cambia antes de la migración, cuando pueden aumentar hasta el doble de su peso para almacenar la grasa que servirá de combustible para completar el viaje. Hacen paradas en varios tipos de humedales, y otros hábitats ricos en alimento y con buenas condiciones para descansar. La salud ecológica de estos sitios que usan para las escalas marca la diferencia entre el éxito y el fracaso de un vuelo migratorio. (Soto, 2011).

De acuerdo a los posibles impactos de los parques eólicos en las aves, a continuación se muestran las especies que podrían ser afectadas por cada impacto. Para esto se tuvieron en cuenta especies que pueden llegar a ser afectadas independientemente de su estado de conservación.

#### **8.4.2.2 Aves con riesgo de colisión**

Las aves con mayor probabilidad de colisión son las migratorias (Johnson et al., 2002 en SEO/Birdlife, 2008) y la probabilidad depende de varios factores como la meteorología y topografía del lugar, para este caso, estos datos pueden conocerse, pero hay una gran deficiencia de datos relacionados con altura de vuelo, densidad de migraciones, cantidad de hábitat adecuado para el reposo, para cada especie. Por esta razón una vez más se hace necesario resaltar que cada proyecto debe realizar un relevamiento con una antelación suficiente para elegir ubicaciones con el menor impacto posible, para ello se puede recurrir a observadores (según SEO/Birdlife, 3 observadores sólo detectan el 20% de las aves que recorren el terreno), por lo que una buena alternativa en un plazo más largo es el uso de radares, u otros sistemas de visión artificial diseñados especialmente

para este fin. Además se podrá conocer la altura y callejón de vuelo, ya que si bien tienen la dirección general por ej. Sur/ Norte, no es siempre la misma, por acción del viento, u otros factores.

Entre las especies migratorias que potencialmente podrían utilizar rutas cercanas al área de los proyectos eólicos durante su traslado desde o hacia Tierra del Fuego, se encuentran el cauquén común (*Chloephaga picta*), el cauquén real (*Chloephaga poliocephala*) y el cauquén colorado (*Chloephaga rubidiceps*). También especies de aves marinas migratorias como el playero rojizo, (*Calidris canutus*), el chorrito ceniciento (*Pluvialis socialis*) y gaviotines (*Sterna hirudinaceae*, *S. paradisaea*) quienes más probable elijan rutas más próximas al mar.

Todas las aves son susceptibles de sufrir colisión, pero se espera una mayor probabilidad para las aves planeadoras, puesto que utilizan al igual que los aerogeneradores, como recurso el viento. Igualmente las aves migratorias encuentran un riesgo elevado cuando vuelan a baja altura con el viento en contra, o tormentas que reduzcan su maniobrabilidad y visibilidad como lo han reflejado los estudios de la SEO en los parques eólicos de Tarifa (Cádiz, España).

Entre las especies más vulnerables para colisionar con las aspas de las turbinas eólicas se incluyen los grupos de falconiformes: gavilán ceniciento (*Circus cinereus*), aguilá mora (*Geranoaetus melanoleucus*), aguilucho común (*Buteo polyosoma*), halconcito colorado (*Falco sparverius*) y halcón peregrino (*Falco peregrinus*), ardeiformes: bandurria austral (*Theristicus melanopygus*), anseriformes cauquén común (*Chloephaga picta*), pato overo (*Anas sibilatrix*), y phoenicopteriformes: flamenco austral (*Phoenicopterus chilensis*).

Las aves rapaces serían afectadas por riesgo de colisión por utilizar sitios elevados para posarse y por verse atraídos por focos de carroña, es importante destacar, que mientras otra ave colisiona y muere, su cadáver representa una atracción para las aves carroñeras, por lo que el hecho no solamente sería negativo para la que muere sino para las aves descomponedoras que lleguen al lugar.

Entre las rapaces que se pueden encontrar en la zona se destacan el águila mora (*Geranoaetus melanoleucus*), el chimango (*Polyborus plancus*), el aguilucho común (*Buteo polysoxa*), el aguilucho cola rojiza (*B. ventralis*), el halconcito común (*Falco sparverius*) y el halcón peregrino (*F. peregrinus*).

De acuerdo a experimentos realizados, se concluyó que una tasa de evasión de 0.99 o superiores típica para la mayoría de las aves durante el día y condiciones atmosféricas normales. La tasa de evasión que se midió en vuelos nocturnos es de 0.87 (Winkelman, 1990 en Mateos et al, 2012) Parece que las aves son más prudentes volando sobre el área de parque eólico, pero presentan menores tasas de evasión, producida por la escasa visibilidad (noche, por la niebla). Esto es importante para concluir que el mayor peligro para las aves estaría durante la noche.

De las 39 especies afectadas con delicado estado de conservación, 15 corresponden a aves migratorias (Tabla 8.1), lo que significa que requieren un mayor seguimiento. Es importante tener en cuenta que en la región el viento nocturno es más débil que el diurno y especialmente en invierno, lo cual daría lugar a que no todas las noches se pueda extraer energía a partir del viento, por lo tanto es de esperar que la probabilidad de colisión de estas aves disminuya.

### **8.4.2.3 Efecto barrera**

Según la ubicación de los proyectos eólicos es posible que este impacto tenga un efecto acumulativo, se ha documentado este efecto entre parques a distancias de hasta 30 km (SEO/BirdLife, 2008). Para la Provincia de Santa Cruz, es posible que se presente a lo largo de la ruta migratoria 3, que tiene cerca el parque eólico en funcionamiento: Pico Truncado y dos proyectados: La Deseada y KoleulKaíke.

En este punto es importante considerar que la provincia no está aislada y que el departamento Deseado, donde se encuentra el mayor número de parques eólicos proyectados hasta el momento, limita con la provincia de Chubut, donde se proyectan dos parques que también se ubicarían sobre la ruta migratoria 3. En este sentido sería aconsejable la existencia de un mecanismo que obligue a cada provincia a hacerse cargo de parte del impacto que produce, como ocurre en otros sitios como el estado de California (California Energy Commission, 2007).

Las especies migratorias que se verían afectadas ya sea por el efecto barrera o colisiones, son *Chloephaga picta*, *C. poliocephala* y *C. rubidiceps*, quienes además presentan un delicado estado de conservación.

### **8.4.3 Ocupación del hábitat**

Algunas especies con una distribución nacional limitada, pueden verse más afectadas por la instalación de parques eólicos ya que al tener sus recursos en un espacio menor, el desplazamiento forzoso implicaría la muerte de los individuos, algunos ejemplos se muestran a continuación:

-Especies con 5 o menos localidades conocidas en los últimos 10 años:  
*Calidris canutus*, *Gallinago stricklandii*.

-Especies con menos del 1% del territorio disponible: *Chloephaga rubidiceps*, *Melanodera melanodera*, *Passer domesticus*, *Podiceps gallardoi*, *Rallus antarcticus*, *Tachyeres leucocephalus*.

-Especies con menos del 10% del territorio disponible: *Aphrastura spinicauda*, *Attagis malouinus*, *Cinclodes oustaleti*, *Enicognathus ferrugineus*, *Geositta antarctica*, *Gubernatrix cristata*, *Larus atlanticus*, *Phalacrocorax atriceps*, *Phalacrocorax magellanicus*, *Phalacroboenus albogularis*, *Pluvianellus socialis*, *Pteroptochos tamii*, *Pygarrhynchus albogularis*, *Specularia specularis*, *Sylviorthorhynchus de smursii*, *Tinamotis ingoufi*.

-Especies que utilizan solo un ambiente: *Anthus helmeyri*, *Asio flammeus*, *Asthenes modesta*, *Asthenes patagónica*, *Attagis gayi*, *Calidris canutus*, *Cistothorus plateensis*, *Curaeus curaeus*, *Geositta antarctica*, *Glaucidium nanum*, *Gubernatrix cristata*, *Melanodera melanodera*, *Haematopus ater*, *Haematopus palliatus*, *Larus atlanticus*, *Lessonia oreas*, *Mimus patagonicus*, *Muscisaxicola albibira*, *Numenius phaeopus*, *Phalacrocorax magellanicus*, *Phalacroboenus albogularis*, *Phleocryptes melanops*, *Phrygillus fruticeti*, *Phrygillus gayi*, *Pseudoseisura gutturalis*, *Pteroptochos tamii*, *Rallus antarcticus*, *Scytalopus magellanicus*, *Stercorarius antarcticus*, *Stercorarius chilensis*, *Sterna hirundinacea*, *Strix rufipes*, *Tachyeres leucocephalus*, *Tinamotis ingoufi*, *Xolmis pyrope*. (AOP/SAyDS, 2008).

#### **8.4.4 Aves playeras**

Las aves playeras son vulnerables por el cambio de condiciones medioambientales, todas dependen de migraciones largas concentrándose en un número limitado de sitios que a menudo son puntos de desarrollo industrial o recreativo (Myers et al, en Lizarralde et al, 2010), también por la actividad pesquera y el turismo en el caso de la provincia de Santa Cruz. Algunas de las especies afectadas en este sentido serían: *Calidris alba*, *Calidris fuscicollis*, *Charadrius falklandicus*, *Chionis alba*, *Haematopus leucopodus*, *Haematopus palliatus*, *Numenius phaeopus*, *Oreopholus ruficollis*.

#### **8.4.5 Aves y cambio climático**

Establecer la relación entre el clima y la diversidad de aves, es posible si se tiene en cuenta la escala, ya que los patrones y procesos ecológicos que los producen son dependientes de la escala espacial y temporal (Cue to, 2006 en Díaz, 2009). Mientras que a escala local se relaciona la diversidad con la estructura de la vegetación, los antecedentes indican que a escala regional y continental, los patrones de diversidad tienen una correlación significativa con las variables climáticas. De tal manera que es a esta escala donde sería posible observar los efectos del cambio climático en la conservación de las aves (Díaz, 2009).

Díaz, (2009) afirma que la literatura científica de los últimos 30 años contiene cada vez más evidencia de los efectos del clima y su variabilidad sobre los distintos niveles de organización aviar, éste autor clasifica las evidencias de la siguiente manera:

- 1- Cambios en la distribución y rango geográfico: se ha determinado que algunos límites de distribución están asociados con determinado valor de las isotermas de invierno (Root, 1998 en Díaz, 2009) para un alto porcentaje de especies, por lo que se ha observado extensión de territorios siguiendo el conimientto de las isotermas. Asimismo, también se han detectado contracción de rangos de distribución y cambios latitudinales en las regiones montañosas en relación a la altura de la isoterma 0°C.
- 2- Cambios en la fenología: la fenología es el área de estudio donde existe mayor evidencia de la relación de aves y clima, y por tanto, de los efectos del cambio del mismo. Los estudios se orientan específicamente hacia las aves migratorias, las cuales son señaladas como las más sensibles en este aspecto. Los diversos efectos sobre los distintos aspectos de la fenología de las aves como la variación de día de arribo, día de partida, distancia de migración, etc, han sido detallados por Moller, (2004) en Díaz, (2009).
- 3- Impacto sobre factores demográficos: el efecto del clima puede ser difícil de aislar del resto de procesos que determinan los parámetros poblacionales. Sin embargo, diversos estudios evidenciaron la modificación de tamaño de los huevos, de la nidada, del éxito reproductivo, etc. (Dunn, 2004 en Díaz, 2009).
- 4- Cambios poblacionales: (Crick, 2004 y McCarty, 2011 en Díaz, 2009) señalan tendencias poblacionales en aumento o descenso en relación a las distintas variables climáticas.
- 5- Cambios a nivel de comunidades: involucra los cambios en la riqueza y composición de especies en las comunidades de aves en función de los factores climáticos, entre los que existe una correlación significativa (Begon, 2006 en Díaz, 2009). La mayoría de



los estudios a largo plazo han investigado y detectado cambios en la composición de especies migratorias.

- 6- Cambios en la morfología, fisiología y conducta: el cambio climático observado en las últimas décadas puede afectar las especies de aves de acuerdo a su plasticidad fenotípica (capacidad de producir una variedad de fenotipos en respuesta a la variación en el ambiente a partir de un genotipo único) (Crick, 2004 en Díaz, 2009) desde el punto de vista evolutivo, el cambio en las condiciones ambientales podría provocar cambios adaptativos en las especies, llevando a la modificación de algún elemento de su morfología, fisiología y/o conducta.

A nivel global, existen pruebas sobre cómo el cambio climático está alterando los patrones de migración de forma acelerada. Monitoreos que se practican colocando geolocalizadores en las aves han permitido constatar que éstas suelen hacer desvíos de más de 1.000 km para evitar las tormentas tropicales durante su migración hacia el sur, causándoles una gran pérdida de energía y masa muscular. Se registró un playero rojizo (*Calidris canutus*) de aproximadamente 170 gramos de peso que incluso voló sin parar durante seis días (y noches) una distancia de 8.000 kilómetros a través de la Amazonía y el océano Atlántico, entre el sur de Brasil y Carolina del Norte, por malas condiciones del tiempo. Se cree que en el corto plazo, los efectos del cambio climático podrían poner en riesgo las posibilidades de determinadas especies para completar su ciclo migratorio. (Soto, 2011).

Según Díaz (2009), uno de los posibles cambios que se proponen en la Segunda Comunicación Nacional de la Republica Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de

2007 y en numerosos trabajos, es el aumento mayor de las temperaturas invernales en relación a las de verano, debido a tendencias opuestas, con excepción de la Patagonia. De ser así, se continuaría observando un patrón de disminución de la amplitud térmica anual ( $\Delta T_{\text{anual}}$ ) entre los meses de verano e invierno como en las últimas décadas.

La  $\Delta T_{\text{anual}}$  tiene relación con la riqueza de aves (Cody, 1975 en Díaz, 2009) en los últimos años crece la evidencia que indica que la  $\Delta T_{\text{anual}}$  influye sobre la relación de las especies de aves residentes y migratorias, limitando el número de estas últimas (Lemoine y Bohning-Gaese, 2003 en Díaz, 2009).

En la región patagónica, los cambios proyectados indican una elevación de la temperatura y los modelos señalan disminución de la precipitación, una mayor aridez y por ende disminución de la productividad, lo que llevaría a una reducción en la riqueza de aves en la región. La disminución de la amplitud  $\Delta T_{\text{anual}}$  térmica anual requiere especial atención dada la importante presencia de especies migratorias especialmente en la zona costera ya que se podría alterar la relación residentes/migratorias (Díaz, 2009).

Es muy claro el efecto nocivo que pueden causar los parques eólicos sobre aves locales y sobre las rutas de migración. A pesar del aumento que tendrá este efecto en los próximos años con la construcción de nuevos parques eólicos, su magnitud no es comparable los efectos causados por el cambio climático, ya que su naturaleza es global, y se han documentado evidencias que éste puede afectar a un mayor número y diversidad de especies debido a:

-Cambios en la disponibilidad de alimentos (un derivado de la modificación del hábitat)

- Aumento de la competencia entre las aves residentes y migratorias, y entre los migrantes de corta distancia y larga distancia;
- Un aumento en la incidencia de fenómenos de mal tiempo;
- Cambios en la distribución de las enfermedades aviares y parásitos;
- Cambios en el comportamiento de la migración, rutas y horarios;
- Cambios en la época de reproducción y su relación con la alimentación óptima la oferta y por consiguiente en el éxito de la reproducción;
- Los cambios en las tasas de supervivencia, debido a, por ejemplo, temperatura y / o precipitación cambios (A Bird's Eye View on Flyways, 2012).

En este sentido cobra validez una vez más la implementación de la energía eólica como alternativa para la reducción GEEs, pero sin descuidar la importancia de la ubicación correcta y diseño del parque que disminuya los efectos adversos para las aves migratorias.

## **8.5 Vegetación**

### **8.5.1 Regiones Fitogeográficas**

A continuación se describen brevemente las características biogeográficas de la región, de acuerdo a Cabrera (1980, en Danie u, 2008).

#### Provincia patagónica

La mayoría del territorio de Santa Cruz pertenece a esta provincia, que se caracteriza por suelos rocoso-arenoso y un clima árido con temperaturas

bajas durante la mayor parte del año, fuerte amplitud térmica y poca precipitación, estos factores configuran un bioma de semidesierto. La flora dominante es una estepa arbustiva con arbustos sin hojas, algunas reducidas u hojas espinosas o con el predominio de plantas en forma de cojín. Existe sobrepastoreo por el ganado, por lo cual pastos y dicotiledóneas herbáceas crecen entre los arbustos. La vegetación se presenta bajo la forma de matorrales achaparrados de menos de 50 cm de altura, adaptados a condiciones de déficit de humedad, bajas temperaturas, heladas y fuertes vientos, en menor proporción aparecen estepas herbáceas de pastos xerofíticos como los coirines y comunidades adaptadas a características edáficas particulares, como vegas, bajos salobres y terrazas fluviales.

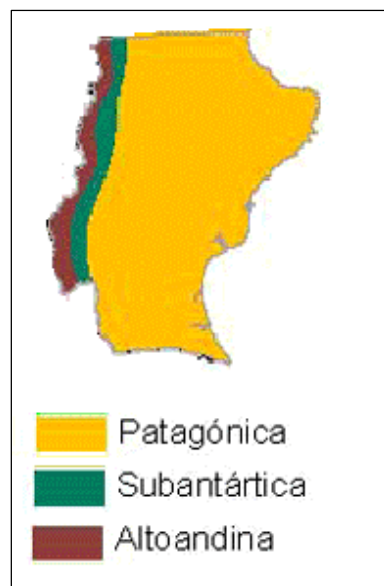
#### Provincia Sub Antártica, bosques patagónicos o andino patagónicos

En menor medida existe una estrecha franja de tierra al occidente con montañas y atraviesan valles glaciares. Es dominante el bosque con las hojas caducifolias o perennes, pero también hay algunos pastizales, turberas alto andinas, etc. Se presentan serranías y lomadas paralelas a la cordillera separadas por pequeñas llanuras.

#### Provincia Alto Andina

Ocupa las altas cumbres de la cordillera de los Andes y la parte superior de algunos cerros elevados de la precordillera patagónica. Se caracteriza por su distribución espacial discontinua, que se intercala con la provincia subantártica en la porción más elevada de los cerros enriqueciendo la flora altoandina con elementos subantárticos. Se distingue por suelos inmaduros rocosos y arenosos, un clima frío y seco de alta montaña y las lluvias en forma de granizo o nieve en cualquier

momento del año. Las comunidades representativas son las estepas gramíneas, estepas de dicotiledóneas rastreras y en cojín son el tipo de vegetación predominante (*Senecio*, *Empetrum rubrum* (mutilla), *Pernettya oumilla*, *Baccharis magellanica*. (Cabrerá, 1971; Cabrerá y Willink, 1973 en Darrieu, 2008).



**Figura 8.9 Regiones fitogeográficas de La provincia de Santa Cruz según Cabrerá, Fuente:** <http://www.ambiente.gov.ar/?aplicacion=mapoteca&idseccion=76&idApli=2>, 2012.

### 8.5.2 Impacto sobre la Vegetación

Debido al problema de desertificación de la provincia (Capítulo 6, apartado 6.3), en general se presenta una baja cobertura vegetal, lo que por un lado, puede hacer menor el impacto al no tener que retirar un gran número de plantas del ambiente y por otro lado lo puede hacer muy nocivo, ya que ante un manejo inadecuado, el despeje de vegetación a parte de la pérdida de las plantas puede aumentar los procesos erosivos.

A partir las características de la vegetación y la poca cobertura vegetal, presente en la provincia y en la zona preferencial para la instalación de parques eólicos, se puede afirmar que el impacto más relevante está relacionado con el momento de la construcción, debido a los movimientos de tierra, compactación del suelo (por el tránsito vehicular) cimentaciones y construcción de accesos que producen despeje y pérdida de la vegetación asociada. La intensidad de impacto dependerá de la magnitud del parque y las especies afectadas, si son sensibles, endémicas, valor económico o cultural, etc. Dependiendo del diseño del proyecto, esos impactos por lo general afectan sólo de un tercio a un quinto de la superficie total del área de un parque eólico. (<http://www.iae.org.ar/renovables/renovables60.pdf>, 2012).

Así mismo, como se mencionó en el Capítulo 4, la ocupación efectiva de un parque eólico varía entre un 1% y un 3% del terreno, por lo que el adecuado empleo de acciones de restauración (siembra de especies nativas en los sitios intervenidos) podrá disminuir la afectación del proyecto y los aprovechamientos agrícolas o ganaderos podrían coexistir en la misma superficie.

De acuerdo a la información consultada para la provincia en el Sistema de Información de la Biodiversidad y otras fuentes, se listaron 722 especies de plantas. Sin embargo, ante un número tan grande, se hará referencia únicamente a aquellas pertenecientes a los dominios florísticos de la estepa arbustiva, subarbustiva y semidesierto principalmente, ya que como se puede observar en la Figura 8.10 son los dominios florísticos que coinciden con las ubicaciones preferenciales para la instalación de los parques eólicos (Figura 5.2).

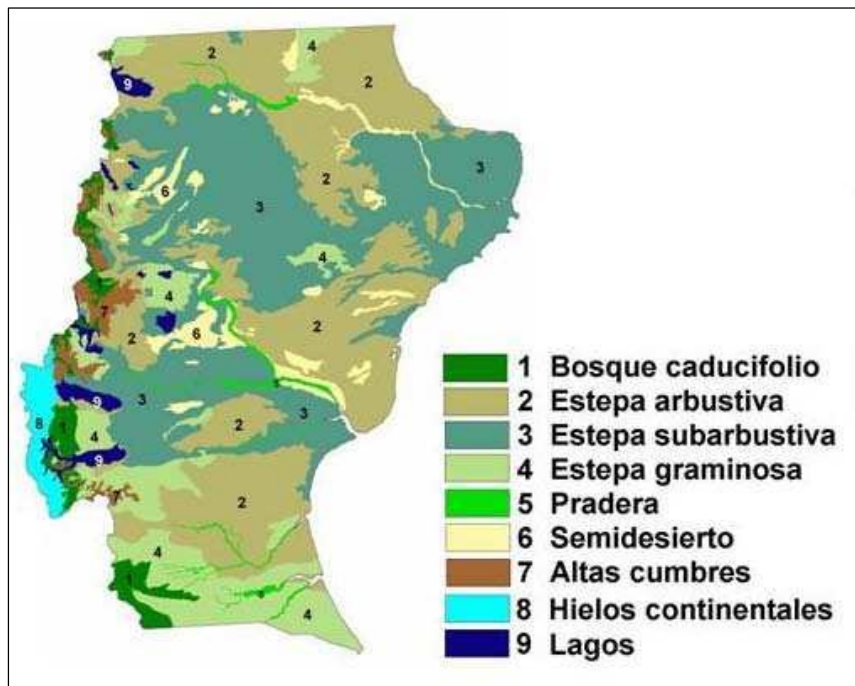


Figura 8.10 Dominios fisonómico-florísticos de la provincia de Santa Cruz, Fuente: C.A Baetti en Guía geográfica interactiva de Santa Cruz 2004, Cart digital: L González y P. Rial INIA EEA Santa Cruz.

En el Anexo 8.4 se presentan las especies más comunes de la provincia, en general presentan una gran distribución, siendo ésta un análisis general, dependiendo el área de instación de cada proyecto tendrá una composición florística diferente.

### 8.5.3 Plantas endémicas en peligro

A partir de la Lista Roja Preliminar de las Plantas Endémicas de la Argentina (<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/CCB/file/Reso%2084-10%20Lista%20Roja%20Flora.pdf>, 2012) se listan en el Anexo 5 las especies para la provincia. Se han considerado la cuarta y quinta categoría de las cinco que contiene la lista por considerar que serían las que tienen mayor

riesgo al tener una distribución reducida en el caso de acciones de despeje sin una restauración adecuada que mantenga sus comunidades.

#### **8.5.4 Plantas en CITES**

En la provincia tan solo se encuentran 3 especies en este tratado:

CITES I: *Pilgerodendron uviferum* (ciprés de las guaitecas)

CITES II: *Maihuenia patagónica* (yerba del guanaco), *Perocactus australis* (cactus).

Los valores asignados a las especies también determinan su sensibilidad. De las especies más comunes de plantas, muchas tienen valores de uso, algunas se citan en el Anexo 6.

#### **8.6 Mamíferos**

Se listaron los 60 mamíferos más representativos para la provincia, se consultó el estado de conservación según la Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos (SAREM) y el Consejo Asesor Regional Patagónico de la Fauna Silvestre. (CARPF) (<http://www.sib.gov.ar/#>, 2012) y Recalificación del estado de conservación de la Fauna Silvestre y la Lista Roja de UICN, en el caso de diferir el estado de conservación entre las fuentes, se analizó según el asignado más localmente, la fecha más actual o el más vulnerable. En el Anexo 7 se listan especificando su origen dada la susceptibilidad que se suma al ser una especie endémica, su estado de conservación y las que se encuentran en tratados internacionales como CITES y CMS.

Algunas especies de mamíferos sensibles de la provincia son:



Guanaco (*Lama guanicoe*): La provincia de Santa Cruz sostiene las mayores poblaciones de Guanacos de todo el país, es una especie clave para la salud de los ecosistemas de las zonas áridas y semiáridas, que además, tiene un gran valor económico por el reconocido valor de su fibra que es una de las más finas del mundo siendo muy apreciada por la industria textil internacional, cuero y carne. Además de un gran valor cultural ya que constituye un emblema viviente de atractivo turístico.

Huemul: es una especie que presenta problemas de conservación debido al mal manejo del bosque con la introducción de ganado y los incendios forestales, la caza indiscriminada y la introducción de enfermedades como la aftosa provocó una drástica disminución de su población.

El puma (*Puma concolor*) es una especie vulnerable por la muerte indiscriminada debido a sus hábitos la madre enseña a cazar a los cachorros y produce algunos daños en las majadas.

Mara (*Dolichotis patagonum*): es una especie con alta singularidad taxonómica.

Lobo marino de un pelo (*Otaria flavescens*): es una especie carismática con gran valor cultural.

Tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*): Es una especie carismática que habita en la Ría Deseado, las actividades costeras han afectado sus poblaciones y comportamiento. Es clave en el ecoturismo local de Puerto Deseado.

Balleña franca austral (*Eubalaena australis*): Especie vulnerable, cumple un rol ecológico clave para el funcionamiento y características de todo el

ecosistema. Particularmente valorada por la sociedad (de valor cultural), es una especie carismática que promueve el turismo.

Otras especies sensibles al ser codiciadas por sus pieles son: zorro patagónico (*Conepatus humboldtii*), el zorro gris (*Pseudalopex griseus*) y el zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*).

Murciélagos: Una de las especies con mayor sensibilidad ante los parques eólicos, son los murciélagos, sin embargo, la información existente es aún menor que para las aves al haber despertado menor interés y por la mayor complejidad de trabajar con este grupo animal (Seo/BirdLife, 2008). Para el caso de la provincia, no sería relevante este impacto ya que se encontraron tan solo 3 especies citadas para la provincia, todas sin riesgo de conservación y asociadas básicamente a ambientes humanos, en caso de realizar migraciones, prefieren los bosques altos y estepas (<http://www.sib.gov.ar>, 2012), por lo que en un relevamiento más específico se podría determinar si en alguna medida pueden llegar a verse afectadas.

Por otra parte, existen especies que podrían verse afectadas por el despeje de vegetación, modificaciones en el terreno y vibraciones, como mamíferos pequeños que tienen lugares de descanso en depresiones leves en la base de arbustos como en el caso del cuis chico (*Microcavia australis*). Algunos roedores que hacen cuevas y túneles como la rata conejo (*Reithrodon auritus*). Otras especies cavadoras son el piche patagónico (*Zaedyus pichyi*) y el peludo (*ChaetophRACTUS villosus*), en el caso de estas dos últimas especies podría afectarlas bastante, ya que la primera entra en letargo durante el invierno la segunda es de hábitos principalmente nocturnos.

## **8.7 Herpetofauna**

Su estado de conservación se consultó según la Asociación Herpetológica Argentina (AHA) y Consejo Asesor Regional Patagónico de la Fauna Silvestre (CARPF) (<http://www.sib.gov.ar/#>, 2012).

El Anexo 9 muestra los reptiles más comunes de la provincia, es notable que el estado de conservación de los mismos es poco conocido, pero es posible afirmar que en general son vulnerables debido a los procesos de desertificación, y al aislamiento (se profundizará este aspecto en inciso 8.9).

El Anexo 9, muestra los anfibios más comunes de la provincia, dado que se trata de un grupo dependiente del agua, podrían verse afectados en la fase de construcción del parque eólico en caso que los sedimentos desplazados cubran los cuerpos de agua cercanos.

## **8.8 Ictiofauna**

El Anexo 10 presenta las especies de peces más comunes de la provincia. Estas especies podían llegar a verse afectadas en caso que existiera sedimentación en los cursos de agua causada por la erosión durante el funcionamiento del parque y sobre todo durante la etapa de instalación. Sin embargo, es un impacto que debería estudiarse puntualmente.

## **8.9 Posible aislamiento (incluye varios grupos de fauna)**

Para algunas especies como aves, zorros o pequeños roedores, e incluso algunos reptiles la instalación de un parque eólico por la presencia de estructuras y apertura de caminos y rutas puede representar Inhibición del movimiento de un sitio a otro, en este caso el parque actuaría como barrera generando fragmentos.

En algunas especies de zorros se ha determinado que la distancia de inhibición es de 90m, alrededor de una ruta, para ciertos ciervos es de 200-400m, para algunas aves más de 100m ó más de 1000m en caso de autopistas. (Forman y Godron, 1986).

Las especies con alto grado de distribución son especies clave para determinar si existe fragmentación del hábitat. Se han realizado estudios con el puma (*Puma concolor*), para determinar el estado ambiental y valorizar las áreas de interconexión (comedores biológicos) con áreas adyacentes (zonas de amortiguamiento).

Las especies móviles y que usan un conjunto de fragmentos más o menos cercanos es poco probable que usen uno aislado ya que será energéticamente ineficiente visitarlo, si se produce el aislamiento, es posible que se presente declinación en la población.

### **8.10 Especies clave (paraguas)**

Cubren sus requerimientos de hábitat en áreas grandes, por lo que al protegerlas, se protegen al mismo tiempo otras con menores requerimientos de espacio y sus hábitats además. Ej, cóndor de los andes (*Vultur gryphus*), pato cuchara (*Anas Platea*), cauquén colorado (*Chloephaga picta*), cisne de cuello negro, (*Cygnus melanocorypha*), gaviota cocinera (*Larus dominicanus*), ballena franca austral (*Eubalaena australis*), puma (*Puma concolor*) guanaco.

### **8.11 Especies “carismáticas”**

Son aquellas que tienen un valor estético y cultural y son también llamadas especies carismáticas por lo que capturan la atención del público y atraen fondos para la toma de medidas de conservación. Algunos ejemplos son:

lobo marino de un pelo (*Otaria flavescens*), pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), comorán gris (*Phalacrocorax gaimardi*), tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*), flamenco común (*Phoenicopterus chilensis*), ballena franca (*Eubalaena australis*), delfín austral, (*Lagenorhynchus australis*), delfín oscuro (*Lagenorhynchus obscurus*), orca (*Orcinus orca*).

## **8.12 Conclusiones parciales**

Como mínimo, los proyectos de energía eólica deben evitar áreas de biodiversidad excepcional, tales como las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS), áreas protegidas de carácter provincial, nacional o internacional y Humedales. El conocimiento de las áreas protegidas y sensibles de la provincia es importante al momento de evaluar la sostenibilidad de los proyectos eólicos.

La ubicación de un parque eólico es de importancia crítica para determinar la probabilidad de impactos negativos sobre las aves. Los parques eólicos deben ser ubicados, diseñados y gestionados de manera que no tengan impactos adversos significativos sobre aves de reconocida importancia nacional, internacional, o sus hábitats.

Una manera de evaluar los ecosistemas y no sólo las especies, es priorizar no solamente las especies con delicado estado de conservación sino también las especies clave (paraguas).

No existen estudios para la provincia relacionados con alturas de vuelo de las aves, horarios callejones, etc., por lo que es indispensable realizar una investigación previa a la instalación de los parques eólicos en este aspecto y no un simple relevamiento de algunas especies presentes como se observó en los estudios de impacto ambiental que fue posible consultar.

Es importante un buen plan de reforestación (en el proyecto eólico, ya que aunque se trata de una zona con poca cobertura vegetal, pueden aumentarse los procesos erosivos).

Aunque existan impactos puntuales en algunos sitios y en algunos individuos, es indiscutible que la generación eólica permitirá reducir emisiones de GEI los que también producen efectos adversos sobre un mayor número de aves y otras especies en un territorio más grande. Por lo que se puede especular que el balance del impacto que provocaría la generación eólica sobre la avifauna de la provincia no necesariamente debería ser negativo.

De cualquier forma es importante destacar que en esta Tesis se realizó, como primera aproximación, un inventario de la flora y la fauna, con énfasis en la avifauna y se exploró cualitativamente el posible impacto que produciría la instalación de parques eólicos. Para alcanzar una conclusión más firme se requiere de una profunda investigación in situ de la interacción entre flora – fauna – molinos.

## **Capítulo 9. Análisis de reducción de emisiones**

Como se mencionó en el Capítulo 4, uno de los mayores beneficios que provee la energía eólica es reducir las emisiones a la atmósfera de GEI. Para mitigar el cambio climático es necesario un cambio radical en la forma en que se produce y consume electricidad. Según el boletín de GWEC, *Wind Power Works –Saving CO<sub>2</sub> Every Day*, el 40% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> son producidas por el sector eléctrico.

El aumento de las tecnologías de producción de energía renovable para generar electricidad libre de emisiones es una responsabilidad de los países, tanto desarrollados como en desarrollo. Argentina mediante la promulgación de la Ley N° 24.295 /93, aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la que establece como objetivo lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera en un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. La República Argentina fue uno de los países en desarrollo, que aprobó y ratificó el Protocolo de Kyoto en el marco de la Convención. Por ser un país en desarrollo no tiene metas obligatorias de reducción o limitación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a diferencia de los países industrializados, que sí tienen obligación de cumplir con metas cuantificadas. Los países en desarrollo como la Argentina se han comprometido a implementar de manera voluntaria políticas tendientes a mitigar el cambio climático.

El Protocolo de Kyoto establece tres mecanismos de flexibilización para que los países con obligaciones puedan cumplir en parte sus metas con la compra de reducciones de emisiones de GEI que sean consecuencia de un proyecto desarrollado en el marco del Mecanismo para un Desarrollo

Limpio (MDL). El MDL permite que se comercialicen reducciones de emisiones de proyectos registrados que se implementan en un país en desarrollo que ha ratificado el protocolo de Kyoto. Estas reducciones de GEI sirven para que quien las compra cumpla con sus metas. Por primera vez es posible percibir una remuneración por un servicio ambiental. Este flujo de fondos adicional proveniente de la venta de los bonos de carbono permite a los países en desarrollo viabilizar proyectos de energías renovables que en su proporción ayudan a “descarbonizar” los sistemas eléctricos de los países en desarrollo.

Este Capítulo presenta los conceptos necesarios para el cálculo de reducción de emisiones y los valores de las mismas que se lograrían con la instalación de los parques eólicos proyectados para la provincia de Santa Cruz y mencionados en el Capítulo 5. A partir de esta información se cuantificarán los bonos de carbono.

## **9.1 Metodología para la cuantificación de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero**

De acuerdo al informe técnico realizado por Beljansky, 2010 se cita la siguiente metodología para el cálculo de reducción de emisiones:

### **9.1.2 Escenario de referencia o línea de base**

Para la conocer cantidad de emisiones evitadas con la generación de energía renovable, debe estimarse lo que ocurriría en ausencia del proyecto. Para esto se establece un escenario de base a partir del cual se cuantifican las emisiones, conocidas como Emisiones de la Línea de base. Esta cuantificación se efectúa aplicando metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL). Para las



metodologías aplicables a proyectos de energía eléctrica renovable conectada a la red, se utiliza la última versión de la Herramienta denominada “Tool to calculate the emission factor for an electricity system”, (obtenible de la página web de UNFCCC) donde se establece cómo calcular el factor de emisiones de la energía desplazada de un sistema eléctrico, por medio del cálculo del margen combinado o también llamado factor de emisiones de la red eléctrica.

El Margen Combinado o factor de emisiones de la red: Resulta del promedio ponderado del Margen de Operación y el Margen de Construcción. El primero representa las emisiones del parque de generación que está sirviendo actualmente al sistema, el segundo corresponde a las emisiones de las futuras unidades que se instalarían en caso de que el proyecto MDL propuesto no se realizara.

El Margen de Operación: Requiere un análisis del despacho horario realizado en el último año. Tiene en cuenta las emisiones de las unidades que abastecieron el último 10% de la demanda horaria, una vez identificadas las máquinas que abastecieron ese porcentaje se debe conocer cuánta energía entregó cada una de esas unidades, su rendimiento y el combustible utilizado. Con estos valores es posible determinar para cada máquina las emisiones de CO<sub>2</sub> por MWh entregado. Las emisiones unitarias horarias del conjunto de máquinas que abasteció el último 10% de la demanda multiplicadas por la energía producida por el proyecto de energía renovable en esa misma hora determinará las emisiones desplazadas de la red. Estas emisiones desplazadas divididas por la energía anual generada por el proyecto renovable permiten calcular el Margen de Operación.

El Margen de Construcción: Se determina como el promedio ponderado de las emisiones que tienen las últimas 5 máquinas ingresadas al sistema, en el caso de que esas máquinas sean representativas. Esto último significa que pueden tenerse en cuenta las emisiones de las últimas 5 unidades sólo si las mismas entregan más del 20% de la demanda del sistema. En caso de que esto no ocurra, se deben tener en cuenta las emisiones de las últimas máquinas ingresadas hasta que las mismas acumulen el 20% o más de la energía anual generada. Luego se determina el Margen de Construcción como el promedio ponderado de las emisiones unitarias de las máquinas involucradas. Las emisiones unitarias de cada máquina dependerán del combustible utilizado y del rendimiento de la máquina.

Los proyectos de energía renovable ponderan 50% cada margen a excepción de los proyectos de energía eólica y de energía solar. En estos tipos de energía el margen de operación se pondera con 0,75 y el margen de construcción con 0,25 ya que se busca ayudar con mayor cantidad de bonos de carbono a los proyectos que requieren una importante inversión inicial y cuya producción es intermitente. (Beljansky, 2010).

### **9.1.3 Evolución y proyección del factor de emisiones de la red eléctrica argentina**

De acuerdo a lo indicado por Beljansky (2007, 2010), determinar la evolución del factor de emisiones de la red eléctrica requiere de un estudio profundo de la demanda futura además de la simulación del despacho capaz de abastecerla, incluyendo la proyección del ingreso de líneas de transmisión, nuevas centrales eléctricas y los precios previstos para los diferentes combustibles fósiles. Todo esto necesario para poder ordenar por costo creciente a las unidades de generación que serán

convocadas para cubrir la demanda futura. La evolución que tenga el factor de emisiones de la red dependerá de la demanda que deba abastecerse y de los combustibles y máquinas disponibles.

Se consideran entonces dos escenarios de demanda eléctrica para los próximos años:

Escenario Tendencial: Éste considera un factor de emisiones llevando un curso como hasta ahora. La tendencia de los últimos años arroja un crecimiento significativo del factor de emisiones de la red. En los próximos años se espera que este crecimiento no siga siendo tan importante debido a que está previsto el ingreso de gran cantidad de proyectos para producir energía a partir de fuentes renovables. A pesar de que a partir de 2016 el 8% de la demanda debería ser abastecida a partir de fuentes renovables que se sumarán a la generación hidráulica de gran escala y a la generación nuclear, todas estas con cero emisiones de gases de efecto invernadero, en la matriz energética argentina seguirá teniendo una importante participación la generación térmica convencional a base de combustibles fósiles. La tendencia a la disminución de gas natural para generación eléctrica obligaría a que se empleen otros combustibles fósiles alternativos. Es de esperar que crezca la participación del carbón y del Gas Oil más que la del Fuel Oil que se tiene actualmente. En definitiva las máquinas que abastecerán el último 10% de demanda horaria serán principalmente unidades térmicas quemando Fuel Oil, Gas Oil, Carbón y Gas. En base a esto se asumirá que el Margen de Operación tendrá un leve crecimiento debido a que se espera que en los próximos años haya más unidades en el tope quemando Gas Oil en reemplazo de las que hoy están en el tope quemando gas natural. Lo que si es posible es que el rendimiento de las últimas máquinas convocadas sea mejor que el rendimiento de las últimas máquinas que se convocaron en el despacho de 2008 porque habrá un parque más eficiente.

Escenario Estructural: Éste considera una sociedad más responsable con menor consumo y mayor eficiencia energética, donde la demanda de energía crece en menor medida que en el escenario tendencial. El valor promedio de los valores de crecimiento de demanda es mayor en el escenario tendencial que en el estructural.

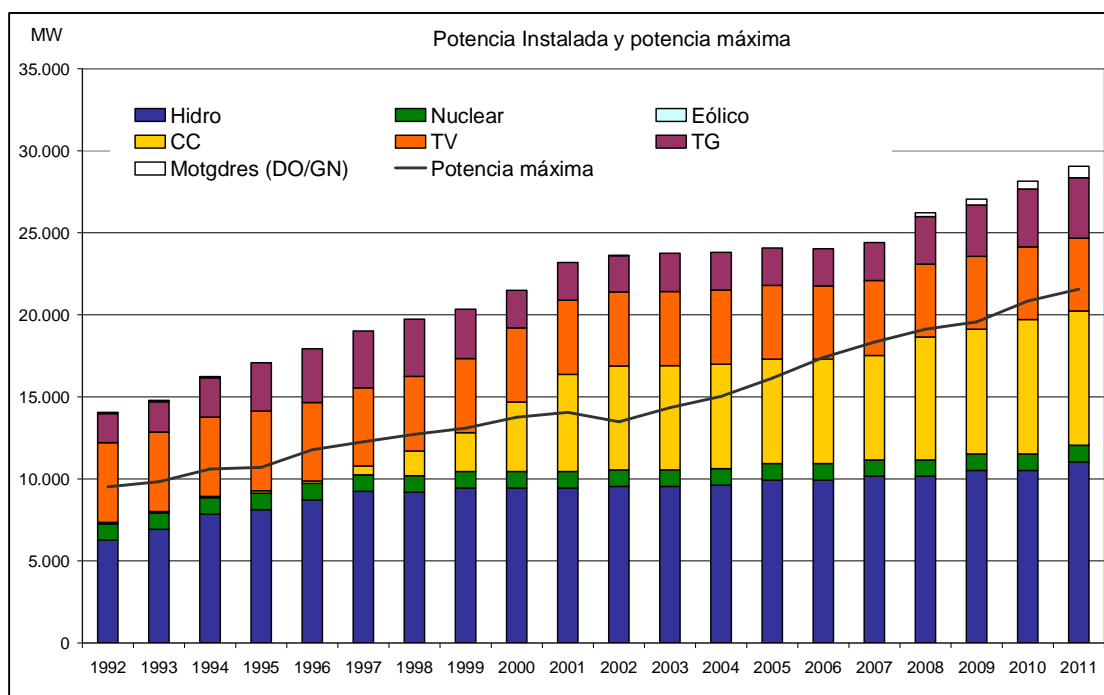
Adicionalmente en este escenario se supone que la penetración de las fuentes renovables va más allá que el 8% requerido por la ley 26.190. Por lo que es de esperarse

afecte alguna medida al factor de emisiones de la red argentina, ya que si hay más fuentes renovables es posible que no deba utilizarse tanto volumen de combustibles fósiles que son alternativos al gas, lo que permitirá disminuir el factor de emisiones de la red eléctrica.

Se asume el hecho de que al tener que abastecer menos demanda que en el escenario tendencial con el ingreso de las mismas centrales y la construcción de las mismas líneas de transmisión, eso devendrá en una mayor oferta de energía para abastecer la demanda eléctrica. Esto permitirá cubrir la demanda sin la necesidad de convocar a las máquinas más ineficientes.

Beljansky (2010) presenta la evolución de las emisiones de la red eléctrica argentina, mostrando que desde 2004 a 2008 hubo un crecimiento muy importante de la demanda eléctrica con un aumento del parque de generación. Además la situación de restricciones de abastecimiento de gas natural para generación de electricidad trajo un aumento del consumo de combustibles fósiles alternativos al gas natural. Adicionalmente, para abastecer la demanda fue necesario convocar unidades de generación con bajos rendimientos.

La Figura 9.1 muestra cómo ha estado compuesto el parque de generación que permite concluir que el crecimiento de la demanda ha sido principalmente afrontado por la generación térmica. No ha habido aumentos significativos, en la oferta hidroeléctrica en los últimos 10 años, lo que ha provocado que cada año haya mayor porcentaje de generación térmica que emplea cada vez más combustibles fósiles alternativos al gas natural. Esta situación conlleva al aumento del factor de emisiones de la red eléctrica. Se espera un cambio en la composición de la matriz energética para permitir que se incorpore mayor cantidad de generación a partir de fuentes renovables.



**Figura 9.1 Evolución por tipo de potencia instalada y de potencia máxima [MW]. 1992-2011**  
**Fuente: Beljasky, 2010.**

Beljasky (2010) desarrolla una proyección desde el año 2010 a 2030 de lo que podría pasar con el factor de emisiones de la red a partir de varias hipótesis y simplificaciones. Plantea que es improbable que en este periodo las unidades convocadas para abastecer el último 10% de la demanda tengan emisiones unitarias muy diferentes a las unidades térmicas que se convocan actualmente. Seguramente tendrán un mejor rendimiento aunque habrá posiblemente una tendencia de menos gas para generación de electricidad, no se sabe cuánto afecten estos factores a la evolución del factor de emisiones de la red. Además se debe tener en cuenta que el cambio climático posiblemente producirá consecuencias que afecten la demanda y que afecten la oferta (principalmente la disponibilidad de generación hidroeléctrica).

Año	Margen combinado o Factor de emisiones de la red [tCO <sub>2</sub> /MWh] para proyectos eólicos o solares
2014	0,675
2015	0,669
2016	0,658
2017	0,653
2018	0,665
2019	0,670
2020	0,676
2021	0,681
2022	0,693
2023	0,693
2024	0,694
2025	0,695
2026	0,695
2027	0,703
2028	0,703
2029	0,704
2030	0,704

**Tabla 9.1 Factor de emisiones de la red para energía eólica de 2010 a 2030 Fuente: Beljansky, 2010.**

El factor de emisiones calculado es el que se utiliza para cuantificar las reducciones de emisiones de los proyectos renovables que ingresarían y que podrían obtener un flujo de fondos adicional por la venta de los bonos de carbono. Por cada tonelada de CO<sub>2</sub> evitada es posible obtener 1 bono de carbono si ha sido lograda con un proyecto registrado dentro del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL). La cantidad de bonos de

carbono o CERs (Certified Emission Reductions) será la multiplicación de las emisiones por MWh por la energía renovable neta de mi proyecto MDL.

Se espera que la cantidad de CERs aumente por unidad de energía generada a lo largo del período de análisis (Tabla 9.1).

## **9.2 Mercados de carbono**

Para cumplir con las reducciones de emisiones de GEI en cada país, el protocolo de Kyoto estableció, entre otros, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Este mecanismo ofrece a los gobiernos y a las empresas privadas de los países industrializados la posibilidad de transferir tecnologías limpias a países en desarrollo, mediante inversiones en proyectos de reducción de emisiones, recibiendo de esta forma certificados de reducción de GEI que servirán como suplemento a sus reducciones internas.

Un proyecto en el marco del MDL es un proyecto que se lleva a cabo en un país en desarrollo, como es Argentina. Los proyectos MDL generan CERs o Bonos de Carbono, que pueden ser comercializados en el mercado de carbono. 1 CER equivale a 1 Tón de CO<sub>2</sub> equivalente reducida. ([http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro\\_energia\\_eolica.pdf](http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_eolica.pdf), 2012).

En un país determinado, las diferencias regionales que surgen entre el costo y la disponibilidad de las fuentes de energía renovable se pueden compensar mediante CERs comerciables. De hecho, los mercados de energía renovable tienen que estar dirigidos por una combinación de medidas de demanda y oferta capaces de mantener los costos de los distribuidores de electricidad y los precios de venta a sus consumidores a un nivel mínimo. (CADER, 2009).

Uno de los regímenes de promoción a las energías alternativas en el mundo, que se aplican ampliamente al sector eólico son las Cuotas Obligatorias ó Incentivos Directos. Este régimen se basa en la imposición, con carácter obligatorio, de un volumen o porcentaje mínimo de energía renovable en las ventas o producción. El incumplimiento de las cuotas implica el pago de una penalidad alta. Generalmente se implementa mediante la entrega de bonos verdes o CERs a las generadoras de electricidad en base a fuentes renovables por cada MWh de electricidad producido. Las distribuidoras y grandes usuarios de energía eléctrica, obligados a cumplir la cuota, compran dichos certificados a los generadores directamente ó a través de comercializadores. El valor de los bonos debiera ser la diferencia entre el costo medio de generación de los proyectos en base a fuentes renovables y el precio de la electricidad en el mercado con un máximo en el valor de la penalidad por incumplimiento (lo que incentiva la compra de bonos por sobre el pago de penalidades). Los precios reales de los bonos verdes se determinan en función de la oferta y la demanda efectiva en cada mercado. (CADER, 2009).

El precio histórico de cada CER es cercano a los 13 € pero en este último tiempo con la negociación internacional sin lograr acuerdos legalmente vinculantes para las futuras fases del Protocolo de Kyoto, este precio ha caído mucho y está del orden de 4€ aunque prácticamente sin transacciones por esperar que se reacomode. El precio de los bonos depende de la etapa del proyecto en que se realice la venta de los mismos y la demanda del mercado. Para los proyectos eólicos históricamente, un ingreso posible era del orden de 8,5 €/MWh asumiendo un valor de cada CER de 13 €.



### **9.3 Cálculo de reducción de emisiones en la provincia de Santa Cruz**

#### **9.3.1 Calidad de los datos**

La cuantificación de la reducción de emisiones depende de la energía que será entregada, ésta dependiendo a su vez de la calidad del viento y características del aerogenerador como se explicó en el Capítulo 3.

En este caso se trabajó con los datos de viento proporcionado por el SMN para las estaciones referenciadas en el Capítulo 6. En general, la calidad de datos con los que se contó no era óptima para el análisis del factor de capacidad, uno de los valores necesarios para cuantificar la reducción de emisiones, aunque se tomaron los años a partir de los cuales se registran datos horarios de intensidad de viento. Igualmente existieron gran cantidad de datos faltantes sobre todo en horas de la noche, aproximadamente desde las 22 hs hasta las 7 hs en general en todas las estaciones. Se describe a continuación el tratamiento que fue necesario realizar por cada estación con el fin de obtener una serie a partir de la cual fuera viable realizar un cálculo estimativo más cercano a la realidad.

**Perito Moreno:** Se analizaron datos desde 1991 a 2009, en donde aproximadamente la mitad de la serie presentaba más del 70% de datos faltantes, por lo cual, para tener una serie de datos horarios con años más completos se realizaron las siguientes pruebas:

1) -Se acortó la serie desde 1991 a 1999 por ser los años con menor cantidad de datos faltantes aunque a pesar de esto seguía siendo un porcentaje alto.

2) -Se eligieron las 8 horas más frecuentes con una cantidad de datos mayor a 6000 registros, las cuales fueron 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 21 Hs.

3) -Se eligieron las 14 horas más frecuentes con una cantidad de datos mayor a 3000 registros, las cuales fueron 8, 16, 17, 18, 19 y 20 Hs.

Finalmente se eligió tomar la segunda opción, al ser la serie más homogénea y donde ningún año superó el 14% de faltantes.

El total de datos analizados fueron 43963.

**Puerto deseado:** Se analizaron datos desde 1991 a 2009, a lo largo de la serie se presentó más de un 50% de datos faltantes en todos los años, al igual que la estación anterior se realizaron varias pruebas:

1)-Se consideró la serie desde 1993 a 2009, no tomando de esta forma los años más incompletos, aunque aun así el porcentaje de faltantes llegó en algunos años hasta el 50%.

2)-Se eligieron las 9 horas más frecuentes con una cantidad de datos mayor a 4000 registros siendo las 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18 y 21 Hs. Sin embargo, la ausencia de datos en algunas de éstas, arrojó faltantes de hasta 70%.

3)-Se eligieron las 3 horas más frecuentes con mayor cantidad de registros siendo las 9, 15 y 21 Hs.

Finalmente se eligió tomar la última opción reduciendo en gran cantidad de datos la serie pero al mismo tiempo logrando que fuera homogénea y con menor porcentaje de faltantes al estar estos todos por debajo de 20%.

**Gobemador Gregores:** los datos correspondientes a esta estación fueron demasiado incompletos, tomando desde 1991 a 2009 donde las horas con mayor cantidad de datos llegaba a 2000 registros y los datos faltantes iban

desde 60% hasta 95%. Por lo cual, y a partir de las pruebas realizadas, se asume que es una estación con datos deficientes para la estimación que se pretende realizar. Por esta causa se decidió no tenerla en cuenta, además dentro de la información recopilada sobre los proyectos eólicos, no existe ninguno en sus inmediaciones.

**San Julián:** Los datos correspondientes a esta estación son bastante completos, presentando sus mayores faltantes en los años 1991 con 10% y 2009 con 2.5%, por lo cual esos años no fueron tenidos en cuenta, quedando la serie de 1992 a 2008 con menos del 1% de datos faltantes. Los registros analizados totalizan 136248.

**El calafate:** Se consideró la serie del año 2001 a 2009. Hasta 2006 los años están completos en un 100%. El 2007 presenta menos del 2% de datos faltantes y 2008 y 2009 presentan la mayor cantidad de faltantes con alrededor de 32 y 37% respectivamente. Por lo que se limitó los años de la serie de 2001 hasta 2007, con un total de 54006 datos.

**Lago Argentino:** Los datos analizados para de esta estación corresponden al año 1991 hasta el 2000 en donde de 1994 a 1996 presentan alrededor de 4% de faltantes y el 2000 un 12% por lo que fue eliminado de la serie, los demás años presentan menos del 1% de datos faltantes. Finalmente se definió una serie desde 1991 a 1999 con 37964 datos.

**Río Gallegos:** Se tomó la serie de 1991 a 2009 en donde 1992 contó con el 83% de datos faltantes, por lo que fue eliminado y 1995 con el 4% y los demás años con menos del 1%, para un total de 148231 datos.

### 9.3.2 Cálculo del viento medio a la altura del aerogenerador

Debido a que los datos analizados son tomados a 10m, es necesario calcular cuál será el viento disponible según la altura del aerogenerador, en este caso se consideró el ejemplo citado en el Capítulo 3, aerogenerador IMPSA IWP-70, que como su referencia lo indica, tiene una altura de 70m.

Para extrapolar los valores obtenidos a una altura de 70m se usarán las dos expresiones más comúnmente utilizadas. La primera es la correspondiente a la Ley Exponencial de Hellmann (Bañuelos et al, 2008) que relaciona las velocidades de dos alturas y es expresada en la siguiente ecuación:

$$\frac{V}{V_0} = \left( \frac{H}{H_0} \right)^\alpha \quad [\text{Ec .9.1}]$$

Donde,  $v$  es la velocidad a la altura  $H$ ,  $V_0$  es la velocidad a la altura  $H_0$  (en este caso 10m) y  $\alpha$  es el coeficiente de fricción o exponente de Hellmann, el cual está en función del tipo de terreno sobre el cual se está calculando la velocidad del viento. Según los coeficientes de referencia indicados en Bañuelos et al, 2008, se consideró para este caso un factor de 0.18 correspondiente a un terreno con presencia de arbustos, césped y donde podrían presentarse algunos cultivos.

La otra forma para estimar el viento a una altura dada dentro de la capa límite atmosférica es conocida como la Ley de Perfil Logarítmico del viento (Bañuelos et al, 2008) expresada por la siguiente ecuación:

$$\frac{V}{V_0} = \frac{\ln(H/Z_0)}{\ln(H_0/Z_0)} \quad [\text{Ec. 9.2}]$$

Donde,  $Z_0$  es llamado coeficiente de longitud de rugosidad y se da en metros, el cual depende del tipo de terreno, espaciamiento y altura de rugosidades (agua, vegetación, etc.), de acuerdo a los coeficientes de referencia publicados en Bañuelos et al, 2008, se asumió para este caso un valor de 0.3m asociando de esta forma el terreno a la categoría de campo preparado para cultivo.

Los resultados de ambas aproximaciones arrojan valores semejantes, por dicha razón se resolvió promediar los valores obtenidos con cada una de las expresiones para calcular el viento a 70m, dando como resultado los valores indicados en la Tabla 9.2:

	<b>Perito Moreno</b>	<b>Puerto deseado</b>	<b>San Julián</b>	<b>Lago Argentino</b>	<b>Calafate</b>	<b>Río Gallegos</b>
1991	15,0	13,0	11,0	8,4		10,7
1992	13,7	12,8	12,1	7,7		
1993	14,3	12,3	11,5	8,4		10,4
1994	11,3	12,5	11,7	8,5		9,6
1995	11,3	12,3	13,1	8,9		9,8
1996	11,0	14,4	13,7	9,0		9,6
1997	11,1	12,6	14,0	9,4		8,9
1998	13,4	11,8	11,4	9,5		9,8
1999	10,2	13,0	10,7	10,4		9,2
2000	10,7	12,9	11,0	9,9		9,1
2001	13,2	13,1	12,2		8,7	9,1
2002	12,8	11,2	11,1		6,5	8,6
2003	12,9	14,3	12,3		7,2	9,0
2004	11,9	13,6	11,7		6,8	8,4
2005	11,2	11,8	10,6		6,7	8,3
2006	12,0	11,7	10,8		7,1	8,9
2007	11,9	11,8	10,6			9,3

2008	10,9	11,8	10,4			8,9
2009	12,2	12,5	11,3			9,6
Promedio de la serie:						
	<b>12,1</b>	<b>12,6</b>	<b>11,6</b>	<b>9,0</b>	<b>7,5</b>	<b>9,3</b>

**Tabla 9.2 Valores medios anuales de la velocidad del viento a 70m por cada una de las estaciones (m/s).**

### 9.3.3 Cálculo de factor de capacidad

El factor de capacidad o de planta, es un indicador que mide la productividad de una turbina eólica o cualquier sistema de generación. Este indicador compara la producción real o esperada, durante un período dado, con la cantidad que se habría producido si hubiese funcionado la planta a capacidad plena en el mismo período de tiempo.

En general, el factor de capacidad se calcula para un período de un año (8760 horas), aunque puede ser calculado para cualquier otro período, en este caso se calculará en base a las horas presentes en cada una de las series de datos. De esta forma se estimará un valor de factor de capacidad con menos horas que lo habitual para algunas estaciones, pero abarcando un período más largo de años, de ésta manera se podrá estimar la reducción de emisiones durante el período de vida útil de un aerogenerador. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de Capacidad} = \frac{\text{Energía Generada}}{\text{Potencia}_{\text{nominal}} \times \text{horas}} [\%] \quad [\text{Ec. 9.3}]$$

(Bełjansky, 2010).

De esta forma se puede decir que se estimará un valor de factor de capacidad con menos horas que lo habitual para algunas estaciones, pero para un período de muchos más años de los que usualmente se

utilizan para dicho cálculo.

Teniendo la velocidad hallada a 70m en cada una de las horas de las series, y de acuerdo a la curva de potencia establecida por el fabricante del aerogenerador IMPSA IWP-70 (Capítulo 3), se obtuvo la energía que se hubiera entregado en MWh si durante esas horas hubiera estado entregando energía eólica un aerogenerador de esas características, luego se calcularon los promedios anuales para cada estación, y conociendo la potencia nominal del equipo, (1.5 MW) se calculó el Factor de Capacidad (FC) para proyectos eólicos a instalarse cerca de cada estación meteorológica. Estos valores se detallan en las Tablas 9.3 a 9.8.

Los valores de FC marcados con \* no son confiables, ya que pueden estar sobrevalorados debido a la calidad de los datos de intensidad de viento.

<b>Cálculo de Factor de capacidad Perito Moreno 1991-2009 con intensidades de 8 horas más frecuentes: 9 a 15 y 21 HOA</b>				
<b>Año</b>	<b>Promedio Intensidad (m/s) a 70 m.</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Frecuencia porcentual de horas</b>	<b>% FC</b>
1991	15,0	1,1	4,37	66,00*
1992	14,0	1,1	5,11	66,00*
1993	14,4	1,1	5,12	66,00*
1994	13,0	1,02	4,95	61,44*
1995	11,9	0,92	5,88	55,20*
1996	12,2	0,97	5,94	58,39*
1997	10,8	0,82	5,92	49,42
1998	12,2	0,99	5,88	59,23*
1999	10,7	0,83	5,65	49,82
2000	10,7	0,79	4,85	47,18
2001	13,1	1,06	5,00	63,52*
2002	12,6	1,03	4,82	62,00*
2003	13,0	1,06	4,81	63,70*
2004	11,6	0,94	4,61	56,60*
2005	11,1	0,92	5,02	54,96*

2006	12,0	0,96	5,43	57,65*
2007	12,0	0,96	5,63	57,68*
2008	10,9	0,84	5,41	50,48
2009	12,2	0,99	5,60	59,56*

**Tabla 9.3 Cálculo de Factor de capacidad Puerto Moreno periodo 1991- 2009.**

<b>Cálculo de Factor de capacidad Puerto Deseado 1991-2009 con intensidades de 3 horas más frecuentes: 9,15 y 21 HOA</b>				
<b>Año</b>	<b>Promedio Intensidad (m/s) a 70 m.</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Frecuencia porcentual de horas</b>	<b>% FC</b>
1991	13,0	1,00	5,10	59,83*
1992	12,8	0,98	5,15	58,54*
1993	12,3	0,90	5,32	54,19
1994	12,3	0,92	5,31	55,20*
1995	11,9	0,90	5,27	53,76
1996	14,2	1,14	5,45	68,51*
1997	12,8	1,02	5,36	60,96*
1998	11,8	0,88	5,23	52,76
1999	13,0	1,02	5,19	61,32*
2000	12,3	0,94	5,22	56,46*
2001	13,0	1,01	5,24	60,51*
2002	11,3	0,86	5,27	51,33
2003	14,0	1,08	5,22	64,58*
2004	13,2	0,99	5,34	59,30*
2005	11,5	0,83	5,33	49,89
2006	11,0	0,81	5,33	48,59
2007	10,9	0,85	5,25	50,88
2008	11,0	0,82	5,31	48,97
2009	12,1	0,90	5,11	53,82

**Tabla 9.4 Cálculo de Factor de capacidad Puerto Deseado periodo 1991-2009.**

<b>Cálculo de Factor de capacidad San Julián 1992-2008 con intensidades de las 24 hs</b>				
<b>Año</b>	<b>Promedio Intensidad (m/s) a 70 m.</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Frecuencia porcentual de horas</b>	<b>% FC</b>
1992	11,5	0,83	5,76	49,73



1993	11,7	0,83	5,97	49,86
1994	13,1	0,96	6,08	57,71*
1995	13,7	1,00	6,18	60,27*
1996	14,0	1,04	6,07	62,51*
1997	11,4	0,81	5,52	48,30
1998	10,7	0,76	5,64	45,38
1999	11,0	0,78	5,69	46,90
2000	12,2	0,90	5,81	53,79
2001	11,1	0,83	5,78	49,55
2002	12,3	0,93	6,01	55,51*
2003	11,7	0,89	6,08	53,52
2004	10,6	0,77	5,95	46,44
2005	10,8	0,79	5,97	47,54
2006	10,6	0,77	5,91	45,99
2007	10,4	0,74	5,78	44,40
2008	11,3	0,84	5,80	50,34

**Tabla 9.5 Cálculo de Factor de capacidad San Julián período 1992-2008.**

<b>Cálculo de Factor de capacidad Calafate 2001-2007 con intensidades de las 24 hs</b>				
<b>Año</b>	<b>Promedio Intensidad (m/s) a 70 m.</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Frecuencia porcentual de horas</b>	<b>% FC</b>
2001	7,4	0,50	13,80	29,74
2002	6,5	0,38	14,33	23,07
2003	7,2	0,45	14,49	26,88
2004	6,8	0,40	14,00	24,25
2005	6,7	0,39	14,70	23,21
2006	7,1	0,44	14,72	26,53
2007	8,2	0,54	13,96	32,63

**Tabla 9.6 Cálculo de Factor de capacidad Calafate período 2001-2007**

<b>Cálculo de Factor de capacidad Lago Argentino 1991-1999 con intensidades de las 24 hs</b>				
<b>Año</b>	<b>Promedio Intensidad (m/s) a 70 m.</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Frecuencia Porcentual de horas</b>	<b>% FC</b>
1991	8,4	0,59	11,28	35,68

1992	7,7	0,49	11,33	29,53
1993	8,4	0,59	11,30	35,45
1994	8,5	0,59	10,80	35,35
1995	8,9	0,64	10,80	38,48
1996	9,0	0,66	10,81	39,50
1997	9,4	0,70	11,17	42,09
1998	9,5	0,72	11,26	43,07
1999	10,4	0,81	11,26	48,90

**Tabla 9.7 Cálculo de Factor de capacidad Lago Argentino período 1991-1999**

<b>Cálculo de Factor de capacidad Río Gallegos 1991,1993-2008 con intensidades de las 24 hs</b>				
<b>Año</b>	<b>Promedio Intensidad (m/s) a 70 m.</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Frecuencia porcentual de horas</b>	<b>% FC</b>
1991	10,7	0,75	5,16	45,00
1993	10,4	0,70	5,41	41,78
1994	9,6	0,66	5,24	39,64
1995	9,8	0,68	5,36	40,57
1996	9,6	0,66	5,63	39,67
1997	8,9	0,59	5,64	35,27
1998	9,8	0,67	5,60	39,92
1999	9,2	0,62	5,64	37,14
2000	9,1	0,61	5,61	36,68
2001	9,1	0,62	5,67	37,25
2002	8,6	0,58	5,62	34,90
2003	9,0	0,60	5,61	35,75
2004	8,4	0,55	5,58	32,84
2005	8,3	0,54	5,61	32,26
2006	8,9	0,60	5,64	36,04
2007	9,3	0,62	5,68	37,46
2008	8,9	0,60	5,63	35,78
2009	9,6	0,68	5,66	40,52

**Tabla 9.8 Cálculo de Factor de capacidad Río Gallegos período 1991,1993-2008**

En promedio cada una de las estaciones tendría un FC aproximado de:

Puerto Deseado	51,10%	Calculado a partir de 8 años de datos.
San Julián	51,04%	Calculado a partir de 17 años de datos.
Perito Moreno	49,22%	Calculado a partir de 4 años de datos.
Lago Argentino	38,67%	Calculado a partir de 9 años de datos.
Río Gallegos	37,69%	Calculado a partir de 18 años de datos.
Cala fete	26,62%	Calculado a partir de 7 años de datos.

**Tabla 9.9 Factor de capacidad estimado para proyectos eólicos cercanos a cada una de las estaciones meteorológicas.**

Para la estación Perito Moreno y Puerto Deseado, calculó el FC a partir de los años con datos más confiables, es decir, aquellos no observados con un (\*). En estas dos estaciones con gran cantidad de datos faltantes sería conveniente contar con una serie más completa para obtener un dato más real, sin embargo con el tratamiento hecho a la serie, se puede decir que los valores estimados en esta Tesis para todas las estaciones están dentro del margen planteado por Beljansky, 2010, con un factor de capacidad medio entre 40/42% para la provincia de Santa Cruz, con máximos que alcanzan valores del 54%.

Según la consideración a nivel mundial sobre la calificación del funcionamiento de las instalaciones eólicas según el factor de capacidad (Tabla 9.10), los valores de FC de todas las estaciones no solamente están por encima del 20%, lo que hace factibles los proyectos, sino que se encuentran en el rango de excelente a extraordinario.

<b>Factor de capacidad</b>	<b>Calificación</b>
Menos de 20%	Inaceptable
20%-25%	Aceptable
25%-30%	Bueno
30%-40%	Muy bueno
40%-50%	Excelente
Mayor de 50%	Extraordinario

**Tabla 9.10 Calificación del funcionamiento de las instalaciones eólicas según el factor de capacidad. Fuente: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia48/HIMI/articulo03.htm>, 2012.**

Vale la pena comparar los valores de FC de la provincia de Santa Cruz con Europa, en donde la industria está ampliamente desarrollada contando con un FC que ronda el 25%, (CADER, 2009).

Finalmente se puede decir que el funcionamiento de los parques eólicos que se instalen en la provincia de Santa Cruz al norte de los 50°S tendrán un funcionamiento excelente según su factor de capacidad, más aún ningún año mostró valores inferiores al 45% en los 18 años analizados. Los parques que en dicha región tendrán un funcionamiento excelente, durante el período de estudio siempre el FC clasificó en dicha categoría con excepción de Calafate que señaló 2 años con funcionamiento aceptable.

### **9.3.4 Reducción emisiones de CO<sub>2</sub> con los proyectos eólicos a instalarse en la provincia de Santa Cruz**

En el apartado anterior, se calculó el FC para los años de 1991 a 2009 aproximadamente y se confirmó el gran potencial eólico de la provincia, razón por la cual se van a implementar varios proyectos eólicos. Ahora,

para tener una idea de la reducción de emisiones que aportarían estos proyectos es necesario hacer una proyección a futuro, por lo que en este apartado se presenta la cuantificación de reducción de emisiones durante 20 años (tiempo estimado de vida útil de un aerogenerador) iniciando desde el 2014, año en que la mayoría de los proyectos habrían iniciado operaciones.

Se utilizó el FC del último año de la estación meteorológica más cercana al proyecto eólico, este dato junto con la potencia a instalarse determinó la generación anual de energía en MWh por año. La relación es la siguiente:

$$\text{Energía anual esperada [MWh]} = \text{FC} * \text{Capacidad instalada [MW]} * 8760 \text{ horas}$$

[Ec .9.4]

La reducción de emisiones de la red es el producto de la generación anual de energía en MWh por año y el factor de emisiones de la red, en este caso se utilizó el proyectado por Beljansky, 2010 para los años 2014 a 2033. La relación se da de la siguiente manera:

$$\text{ton CO}_2 = \text{ton CO}_2/\text{MWh} * \text{MWh}$$

[Ec .9.5]

El total de reducción de emisiones y CERs por proyecto eólico se presenta en el Anexo 11.

#### **9.4 Cálculo de Bonos de carbono o CERs**

Un Bono de Carbono o CER (Certified Emission Reduction) equivale a 1 tonelada de CO<sub>2</sub> evitada por un proyecto registrado dentro del Mecanismo para un Desarrollo Limpio. Dado que los proyectos eólicos entregarán energía renovable a la red, estarán desplazando energía con

un factor de emisiones determinado. A partir de la proyección del factor de emisiones de la red eléctrica argentina, mostrada en el Anexo 11, se cuantificó la reducción de emisiones por año para cada uno de los proyectos eólicos identificados como el producto entre la producción anual de energía esperada y el factor de emisiones de la red también llamado margen combinado. Para estimar la producción anual de energía de cada parque eólico se tuvo en cuenta su localización y se usaron los FC determinados en base a los datos de la estación meteorológica más cercana.

Según los cálculos realizados en todas las estaciones, los años donde se presentará mayor reducción de emisiones es de 2027 a 2033 con aproximadamente 5,8 millones de tonCO<sub>2</sub> en cada año, el año donde se presentaría menos reducción es 2017 con 5,3 millones de tonCO<sub>2</sub>.

Según los cálculos realizados, el parque eólico que mayor reducción de emisiones aportaría es La Deseada con aproximadamente 37 millones de tonCO<sub>2</sub> y en segundo lugar el parque eólico Puerto Deseado con aproximadamente 18 millones de toneladas de tonCO<sub>2</sub> durante el período de 20 años, teniendo en cuenta que éstos resultados surgen a partir de los datos de la estación meteorológica más cercana, que es Puerto Deseado, donde se observó gran cantidad de datos faltantes, se consideran estas estimaciones poco confiables.

Los parques eólicos que menos reducción de emisiones aportarían serían Caleta Olivia y Milenio con aproximadamente 184 mil y 1,2 millones de tonCO<sub>2</sub> respectivamente, es notable que el bajo aporte de estos proyectos se deba a la potencia a instalarse.

En caso de cumplirse las proyecciones de instalación de los parques eólicos citados en esta Tesis, se prevé una generación anual de alrededor de 8,1 millones de MWh (Anexo 11). Sería posible abastecer con energía limpia el consumo de 3,1 millones de hogares considerando un consumo anual por hogar de 2,54 MWh (consumo promedio por hogar para la provincia de Santa Cruz según datos SE de 2011). En Santa Cruz de acuerdo al censo de 2010 hay tan solo 98.043 hogares. Es importante destacar que los parques eólicos estarán conectados al sistema interconectado nacional y según el mapa de ampliaciones de la red eléctrica (Figura 5,4) es de esperar que gran parte de esta energía sea consumida en el Gran Buenos Aires que es donde está la mayor demanda del país.

### **9.5 Conclusiones parciales**

En la actualidad, se usa la energía eólica con el objetivo de mitigar los efectos del cambio climático y diversificar las fuentes de abastecimiento energético, muchos países implementaron sistemas de incentivos regulatorios y económicos para favorecer el uso de los recursos renovables y reducir la brecha entre los costos de producción de las distintas fuentes.

Es importante destacar que aunque Argentina no es un país con obligaciones cuantificables de reducción de emisiones, posee políticas e incentivos que contribuirán con la mitigación del cambio climático. Esto se evidencia con los cálculos realizados en este Capítulo: tan solo con los proyectos eólicos en una provincia, se eleva el número de toneladas de CO<sub>2</sub> que se pueden llegar a reducir.

Durante el período del 2004 al 2008, Argentina aumentó la producción de su parque de generación térmica, esto se debió fundamentalmente a la

creciente demanda de energía eléctrica. Además disminuyó la participación relativa del gas con el consiguiente aumento de combustibles fósiles más contaminantes. Se estima una proyección creciente del factor de emisiones de la red eléctrica para los próximos años aunque se espera un cambio en la composición de la matriz energética para permitir que se incorpore mayor cantidad de generación a partir de fuentes renovables.

El FC en diferentes sitios de la provincia de Santa Cruz presenta valores que prácticamente duplican los promedios mundiales. Por lo que se reitera una vez más, su gran potencial para la explotación del recurso eólico.

Se puede afirmar que la mejor zona para la instalación de parques eólicos en la provincia de Santa Cruz se encuentra al norte de los 50°S donde se obtuvo un factor de capacidad superior al 45% en todos los años del periodo analizado. Los años con mayor reducción de emisiones teniendo en cuenta todos los proyectos considerados de la provincia, que suman una capacidad de 1832 MW, son de 2027 a 2033 con millones de tonCO<sub>2</sub>/año.

Según los cálculos realizados, el parque eólico que aportará con mayor cantidad de reducción de emisiones y respectivamente obtendrá mayores CERs es La Deseada, seguido de Puerto Deseado, éstos resultados no son confiables ya que se obtuvieron a partir de datos de baja calidad para la estación meteorológica Puerto Deseado.

Según los cálculos realizados en un periodo de 20 años, los proyectos eólicos podrán alcanzar una capacidad instalada de 1832 MW,



permitiendo así lograr una reducción de GEI de aproximadamente 112 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y obtener esta misma cantidad de CERs.

## **Capítulo 10. Recomendación de sitios para la producción sustentable de energía eólica en la provincia de Santa Cruz.**

El análisis hecho en los capítulos anteriores nos permite estimar cuál es el área dentro de la provincia donde la producción de energía eólica es sustentable, considerando como tal, aquella actividad que promueve el desarrollo socioeconómico sin perder de vista el componente ecológico o ambiental.

A partir de las ubicaciones preferenciales para la instalación de parques eólicos descritas en el Capítulo 5, teniendo como referencia el mapa con ampliaciones de la red eléctrica para 2016. (Figura 5.4), y de acuerdo a cada uno de los aspectos descritos en esta Tesis, se estima que la región donde es posible la producción de energía eólica de manera más sustentable es la región del centro de la provincia, los motivos se describen a continuación:

Los recursos más delicados de la provincia cuya afectación debe ser evitada y tenida en cuenta al momento de la evaluación de los proyectos, se encuentran ubicados a lo largo de la zona costera, y sobre o cerca de la zona cordillerana. Los recursos delicados están en las áreas protegidas en todas sus categorizaciones, (Figura 8.1), la mayoría de las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (Figura 8.2), los humedales más importantes de la provincia, (Figura 8.3) y Ubicación principales yacimientos paleontológicos y arqueológicos (Figura 5.9). El siguiente mapa concentra todos estos sitios de interés de preservación y puede observarse la región de la provincia donde la instalación de parques eólicos tendrá un mayor impacto ambiental:



**Figura 10.1 Sitios sensibles a los impactos por la instalación de parques eólicos en la provincia de Santa Cruz. Los colores representan: rojo: Áreas Importantes para la Conservación de las Aves, azul: humedales, verde: Áreas Naturales Protegidas, amarillo: yacimientos arqueológicos y paleontológicos.**

También a lo largo de la región costera y cordillerana se encuentran los humedales más importantes de la provincia (Figura 8.3), en estos ambientes existe una alta concentración de aves y mamíferos marinos coloniales, y son indispensables para el descanso y alimentación de aves migratorias. En cuanto a los ubicados en las zonas costeras, debido a su alta productividad, se facilita la reproducción y/o crianza de peces y crustáceos lo que agrega un valor económico.

Los humedales también funcionan como corredores biológicos entre un área protegida y otra, por lo que su conservación evita la fragmentación del hábitat, de esta manera, la ubicación de parques eólicos en la región central de la provincia o lejos de estos ecosistemas disminuiría este impacto. En caso de establecer parques eólicos en las regiones cercanas a los humedales debe tenerse en cuenta los ocho sitios con criterios de importancia según la convención Ramsar (Anexo 1), También es importante considerar que ningún proyecto afecte al estuario de Río Gallegos por tratarse de un sitio de importancia internacional al formar parte de La Red Hemisférica de Reservas para las Aves Playeras (RHRAP) (<http://www.whsm.org/es/perfil-de-sitio/estuario-del-rio-gallegos>, 2012)., ya que constituye un lugar clave para la supervivencia de más de 20.000 aves playeras migratorias.

El estado de erosión de la provincia podría acentuarse significativamente si se instalan parques eólicos en las zonas más vulnerables, por ejemplo la zona costera comprendida entre los 46 y 50 ° S aproximadamente que presenta en casi su totalidad un estado de desertificación severo a medio y coincide con la ubicación de los proyectos eólicos a instalarse conocidos en esta Tesis y con las ubicaciones preferenciales para proyectos futuros según Beljansky (2010).

De acuerdo al análisis de la intensidad de viento en la provincia y de los hábitos migratorios de la avifauna, se encontró que los valores medios máximos en los meses de verano son de alrededor de  $11.86\text{ms}^{-1}$  y mínimos en invierno de  $3.41\text{ms}^{-1}$ .

Teniendo en cuenta que en general es a partir los  $14\text{ms}^{-1}$  donde se obtiene el mayor rendimiento del aerogenerador podría deducirse que el

verano es el período donde más estarán en marcha los aerogeneradores y por lo tanto la mayor producción eólica coincidirá con la migración de primavera / verano en donde las aves podrían verse afectadas ya que existen dos variantes, por un lado, el retorno de la migración de invierno es decir de Norte a Sur que se produce en septiembre hasta principios de noviembre y por otro la migración que viene del Norte y que involucra a varios países, la ruta va desde Canadá, Groenlandia, Estados Unidos como terrenos de cría, llegando hasta Argentina y Chile, para pasar el invierno nórdico permaneciendo desde Octubre / Noviembre hasta Marzo / Abril. Por éste motivo se recomienda evitar la instalación de aerogeneradores a lo largo de las rutas migratorias (Figura 8.8) e implementar, en el caso en que se instalen proyectos eólicos, sistemas de monitoreo efectivos que permitan cuantificar el efecto del funcionamiento de los parques eólicos sobre los distintos tipos de aves. Se debe conocer la situación previa a la instalación del proyecto y luego evaluar las mismas variables cuando está operando. Los parques deberán diseñar la distribución de los aerogeneradores de manera de minimizar los impactos en la avifauna. Cuanto más se conozca sobre el comportamiento de las aves será posible plantear mejores medidas para mitigar los impactos negativos que puedan existir sobre ellas.

La mejor región de la provincia para la instalación de parques eólicos según su factor de capacidad es al norte de los 50°S, se estima que tendrán un funcionamiento excelente ya que no se observaron valores inferiores al 45% en los 18 años analizados.

De producir energía eólica en la región central de la provincia, existiría menor impacto en la comunidad Tehuelche distribuida en centros urbanos como Gobernador Gregores y en zonas rurales como estancias, ya que las

reservas más importantes de esta población se encuentran en el departamento GüerAike y Deseado, en este último se tienen proyectados la mayor cantidad de proyectos eólicos conocidos en esta Tesis.

En cuanto al desarrollo socioeconómico, la implementación de proyectos eólicos en la región central no desplazaría otras actividades productivas. Además fomentaría el empleo y el desarrollo educativo en campos relacionados con esta industria.

Para todos los posibles impactos, existen diferentes medidas de mitigación, algunas recomendables se listan a continuación, y cabe aclarar que su implementación depende del proceso de desarrollo y tecnificación de esta industria.

### **Colisiones**

-Implementar diseños BACI (Before-After-Control-Impacts) para detectar el efecto de los parques eólicos en distintos tipos de aves, al considerar variables de estudio antes y después de la instalación tanto en la zona de instalación como en la zona de control.

-Llevar a cabo la selección del emplazamiento teniendo en cuenta las rutas migratorias conocidas o las zonas con una elevada concentración de aves, como lo son los humedales, refugios designados para la fauna, zonas de descanso, colonias de reproducción, crestas, valles fluviales y zonas ribereñas.

-Configurar las formaciones de turbinas para prevenir la mortalidad de las aves, orientando las filas de turbinas en paralelo con los movimientos conocidos de las aves.

-Uso de herramientas de modelización espacio temporal.

-Aumentar la detectabilidad de cadáveres en el parque eólico para que las estadísticas de mortandad sean más cercanas a la realidad.

-Los sistemas automatizados (de parada de turbinas) y de visión artificial contribuyen a la reducción considerable de este impacto sin comprometer en gran medida la producción eólica, (un ejemplo de esto se dio en un parque eólico en Cadiz - España, donde se probó parar los aerogeneradores cuando se daba situación de peligro para los buitres y se logró reducir la mortalidad en más de un 50%, reduciéndose la producción de energía eólica en un 0.07%. (Muñoz, et al, 2012).

## **Ruido**

Algunas medidas para el control de ruido en parques eólicos están relacionadas principalmente con las normas de diseño de ingeniería. Por ejemplo, el ruido de banda ancha es el resultado de la turbulencia del aire detrás de las palas y aumenta con la velocidad rotatoria de las palas. Este tipo de ruido puede controlarse usando turbinas de velocidad variable o palas inclinadas que reduzcan la velocidad de rotación. Además ubicar adecuadamente los aerogeneradores, evitando los lugares muy próximos a receptores sensibles al ruido (por ejemplo, residencias, hospitales y escuelas); cumplir las normas nacionales o internacionales sobre diseño acústico para turbinas eólicas (por ejemplo, la Agencia Internacional de la Energía, la Comisión Electrotécnica Internacional [CEI], y el American National Standards Institute). (Corporación Financiera Internacional, 2007).

### **Parpadeo de sombras y destello de palas**

Las medidas de prevención y control de estos impactos incluyen: ubicar y orientar las turbinas eólicas de forma que se eviten estos efectos. Puede utilizarse software comercial de modelación para identificar una “zona de parpadeo” y así ubicarla central eólica de forma adecuada. Pintar la torre de la turbina eólica con un revestimiento no reflectante para evitar los reflejos proyectados desde las torres. (Corporación Financiera Internacional, 2007).

### **Impacto paisajístico**

-Se puede reducir ese impacto al minimizar la presencia de estructuras auxiliares en el emplazamiento evitando la instalación de vallas, reduciendo al máximo el número de carreteras, soterrando las líneas eléctricas del proyecto y eliminando las turbinas no operativas; evitar las pendientes pronunciadas, implementar medidas contra la erosión y repoblar rápidamente las tierras despejadas sólo con especies vegetales autóctonas.

-Mantener un tamaño y diseño uniforme de las turbinas (por ejemplo, la dirección de la rotación, el tipo de turbina y torre, y la altura); Pintar las turbinas de un color uniforme, que normalmente se ajustará al color del cielo (gris claro o azul pálido), a la vez que cumplir la normativa de marcas de navegación marítima y aérea; Evitar la inclusión de rótulos, insignias, anuncios o gráficos de la empresa en las turbinas. (Corporación Financiera Internacional, 2007).



-La previsión de este impacto incluye herramientas como el uso de programas de modelado por computadora, por ejemplo el Modelo Multiparamétrico de Visibilidad, que considera diferentes escenarios gracias a una metodología de cualificación de los recursos territoriales (patrimonio cultural y natural como datos temáticos sobre usos, fauna, flora, etc.) y los relaciona con su visibilidad. Se obtiene así su “fragilidad visual”, de momento, según el sencillo criterio de “cuanto más visto, más frágil”. La fragilidad visual más el análisis sobre recursos territoriales establece, junto a una caracterización paisajística detallada de la zona, el impacto paisajístico de un parque eólico. (Ghislanzoni, et al, 2012).

-Los promotores de parques eólicos reconocen que el impacto visual puede ser una preocupación para las comunidades vecinas por lo que deben incluirlas en la etapa de planificación para incorporar los valores comunitarios en el diseño y lograr su consentimiento. Eso es fundamental aún más en las comunidades de Tehuelches y Mapuches que habitan la provincia.

### **10.1 Conclusiones parciales**

Se considera la región central de la provincia de Santa Cruz, la más apta desde el punto de vista sustentable para el desarrollo de proyectos eólicos, ya que contiene la menor cantidad de zonas sensibles de las listadas en esta Tesis, cuenta con un excelente recurso eólico, con factores de capacidad superiores a 45% durante los últimos 18 años al norte de los 50°S. A nivel socioeconómico, favorecerá a la población por la generación de empleo sobre todo en áreas alejadas de los centros urbanos, además de no desplazar otras actividades productivas.

A pesar de considerarse la región central de la provincia como aquella en donde tendrán menos impacto la instalación de parques eólicos en comparación de la región costera y cordillerana donde se encuentran la mayor cantidad de recursos sensibles, no van a dejar de existir impactos negativos, por lo que en cualquier caso es indispensable emplear medidas de mitigación de estos efectos, éstas cada vez serán más efectivas a medida que se desarrolle y tecnifique la industria eólica.

## Capítulo 11. Conclusiones finales

Los beneficios de la utilización de energía eólica son múltiples, se trata de un recurso extremadamente limpio, totalmente renovable y económicamente muy competitivo. Sin embargo, también tiene algunos impactos adversos que deben ser tenidos en cuenta a la hora de elegir la ubicación de un parque eólico. Los trabajos realizados para el análisis de los impactos mencionados se han desarrollado en los países que lideran la lista en generación de este tipo de energía, la mayoría de éstos son enfocados principalmente al impacto en la avifauna debido a que es donde se presenta la mayor afectación.

A pesar de que a la fecha existe un único parque eólico en funcionamiento en la provincia de Santa Cruz, se desconoce si realmente dicha región es apta o no en su totalidad, desde un punto de vista ambiental, para producir energía destinada al mercado eléctrico mayorista como se especula actualmente considerando solamente la potencialidad del recurso eoloenergético. Sin embargo, es importante resaltar que durante 1997 este parque eólico evitó la emisión de 1500 a 3000 toneladas de gases contaminantes a la atmósfera, lo cual refleja el gran aporte de este tipo de energía a la mitigación del cambio climático.

En esta Tesis se conocieron doce proyectos a instalarse en la provincia de Santa Cruz, que van desde los 3 hasta los 900 MW. Las ubicaciones preferenciales para la instalación éstos y futuros parques se encontrarían en un radio de 120 km de las redes de muy alta tensión (500 kV) existentes o futuras. (Bejlansky, 2010).

Como mínimo, los proyectos de energía eólica deben evitar áreas de biodiversidad excepcional, tales como las Áreas Importantes para la

Conservación de las Aves (AICAS), áreas protegidas de carácter provincial, nacional o internacional y humedales. El conocimiento de las áreas protegidas y sensibles de la provincia es importante al momento de evaluar la sostenibilidad de los proyectos eólicos. De ésta manera la ubicación de un parque eólico es de importancia crítica para determinar la probabilidad de impactos negativos sobre las aves. Los parques eólicos deberán ser ubicados, diseñados y gestionados de manera que no tengan impactos adversos significativos sobre aves de reconocida importancia nacional o internacional, o sus hábitats.

Considerando estas ubicaciones preferenciales y teniendo como referencia el mapa con ampliaciones de la red eléctrica para 2016, se obtuvieron en total 15 áreas posiblemente afectadas debido a los parques eólicos instalados, proyectados o zonas en que podrían instalarse, esto representa un 55% de todas las áreas sensibles seleccionadas para la provincia. Sin embargo, desde la perspectiva de la conservación biológica, es necesario realizar este análisis no sólo en la escala de ecosistema sino también en la de especies para comprender realmente la magnitud de afectación al ambiente.

En esta Tesis se realizó, como primera aproximación, un inventario de la flora y la fauna, con énfasis en la avifauna y se exploró cualitativamente el posible impacto que produciría la instalación de parques eólicos. No existen estudios para la provincia relacionados con alturas de vuelos de las aves, horarios, callejones, etc., por lo que es indispensable realizar una investigación previa a la instalación de los parques eólicos, ya que en los estudios de impacto ambiental que fue posible consultar, más que un

relevamiento de algunas especies presentes, no existe un estudio más profundo. Para alcanzar una conclusión más certera se requiere de una profunda investigación in situ de la interacción entre flora, fauna y aerogeneradores.

De acuerdo a cada uno de los aspectos descritos en esta Tesis, se concluye que la región donde es posible la producción de energía eólica de manera más sustentable es la región del centro de la provincia, los motivos se describen a continuación:

-Los recursos más delicados de la provincia se encuentran ubicados a lo largo de la zona costera, y sobre o cerca a la zona cordillerana, como lo son, las áreas Áreas Pprotegidas en todas sus categorizaciones, la mayoría de las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves, la ubicación de los principales yacimientos paleontológicos y arqueológicos y los humedales más importantes de la provincia. Estos últimos son ambientes donde existe una alta concentración de aves y mamíferos marinos coloniales, y son indispensables para el descanso y alimentación de aves migratorias. En cuanto a los ubicados en las zonas costeras, debido a su alta productividad, se facilita la reproducción y/o crianza de peces y crustáceos lo que agrega un valor económico.

Los humedales funcionan como corredores biológicos entre un área protegida y otra, por lo que su conservación evita la fragmentación del hábitat, de ésta manera, la ubicación de parques eólicos en la región central de la provincia o lejos de estos ecosistemas disminuiría este impacto. En caso de establecer parques eólicos en las regiones cercanas a los humedales debe tenerse en cuenta los ocho sitios con criterios de importancia según La convención Ramsar. También es importante considerar que ningún proyecto afecte al estuario de Río Gallegos por

tratarse de un sitio de importancia internacional al formar parte de La Red Hemisférica de Reservas para las Aves Playeras (RHRAP) (<http://www.whsm.org/es/perfil-de-sitio/estuario-del-rio-gallegos>, 2012) ya que constituye un lugar clave para la supervivencia de más de 20.000 aves playeras migratorias.

Existe un patrimonio cultural que debe tenerse en cuenta a la hora de seleccionar los sitios de generación eólica. Por un lado los pueblos originarios representados por las comunidades de los Tehuelches y los Mapuches quienes deberán aprobar este tipo de proyectos en sus territorios. De producir energía eólica en la región central de la provincia, existiría menor impacto en la comunidad Tehuelche distribuida en centros urbanos como Gobernador Gregores y en zonas rurales como estancias. Las reservas más importantes de esta población se encuentran en el departamento Güer Aike y Deseado, siendo en éste último departamento el que se tienen proyectados la mayor cantidad de proyectos eólicos conocidos en esta Tesis, por lo que es indispensable que los proyectos sean aceptados por integrantes con esta comunidad.

El patrimonio cultural también está representado en yacimientos arqueológicos y paleontológicos y su preservación es relevante por su valor intrínseco y porque estos atraen el turismo en la región. De los relevados en esta Tesis, cinco podrían llegar a verse afectados según el área preferencial para la instalación de parques eólicos, pero el más vulnerable es el área de los Bosques Petrificados ya que es un sitio con protección internacional por ser el segundo lugar más importante del mundo en su tipo.

Otro factor a considerar es la no afectación de especies o sitios con algún tipo de valor para la comunidad por ejemplo económico, cultural, turístico,

etc. A, por ejemplo a nivel de especies se podrían mencionar: el guanaco, plantas con valor de uso, especies carismáticas como el lobo marino de un pelo (*Otaria flavescens*), el pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), la tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*), el flamenco común (*Phoenicopterus chilensis*), la ballena franca (*Eubalaena australis*) el delfín austral, (*Lagenorhynchus australis*), la orca (*Orcinus orca*), entre otros.

-Al observar las ubicaciones de las 15 áreas más sensibles posiblemente afectadas, se presentaron dos casos en donde no se cumple con los criterios establecidos por (SEO/ BirdLife, 2006) donde se recomienda no instalar parques eólicos en un radio menor a 15 km de humedales o cuerpos de agua importantes. Estos fueron: La Granja Eólica Caleta Olivia que se encontraría a menos de 15 km de la reserva provincial Humedal Caleta Olivia, por lo que aproximadamente 5 especies de aves de las más sensibles seguramente se verían afectadas. Sin embargo, según la información disponible de este proyecto, se instalarían 5 aerogeneradores que sumanían 3 MW, por lo que se presupone que con un adecuado manejo, sus impactos podrían no ser mayores al tratarse de un parque de magnitudes pequeñas en comparación con otros proyectos, por ejemplo el de Puerto Deseado que contemple la instalación de 100 aerogeneradores.

El segundo caso es el Parque Eólico Puerto Deseado, que estaría a menos de 15 km de la Reserva Provincial Ría Deseado e Islas adyacentes, de acuerdo a su categoría de manejo de área protegida VI, se podría afirmar, en una primera instancia, que sería posible el uso del recurso eólico de manera sostenible siempre que se garantice la conservación del ecosistema y particularmente, de las 8 especies que presentan

condiciones más sensibles que se verían posiblemente afectadas. Sin embargo, al tratarse de un proyecto de tal envergadura, es necesario un relevamiento previo y otro posterior que permita evaluar la afectación de las especies como consecuencia de la posible afectación de estas especies antes y durante el funcionamiento del parque.

-El grado de afectación por parte de los aerogeneradores a las aves depende de varios factores como la estructura del paisaje, el clima de la región, comportamiento y ecología de las especies y el diseño en general del parque, entre otros. En cuanto al tamaño de los aerogeneradores, se estima que para el año 2020 se habrán desarrollado turbinas de 20 MW de potencia, con rotores de más de 250 m de diámetro y con alturas de 250m y varios autores alertan que si aumenta la altura de los mismos podría aumentarse la tasa de mortalidad al interceptar la altura de vuelo de las aves sobre todo las que realizan migraciones nocturnas (Kingsley y Whittam, 2007 en SEO/Birdlife, 2008). Pero también se puede presuponer que si se fabrican equipos de mayor potencia se instalarán menor número de máquinas en cada parque eólico. Habría que analizar qué opción presenta mayor efectividad a la hora de mitigar los impactos en las aves, sobre todo en las rapaces, que son el grupo que mayor número de muertes por colisión tiene registradas mundialmente. Algunas aves rapaces de la provincia que se podrían ver afectadas son el aguilucho común (*Buteo polysoma*), el aguilucho cola rojiza (*B. ventralis*), el halconcito común (*Falco sparverius*) y el halcón peregrino (*F. peregrinus*).

Al ser tan importante la evaluación tanto a nivel de ecosistema como de especie, una buena herramienta no sólo debe priorizar las especies en delicado estado de conservación sino también las especies clave (paraguas) como el cóndor de los andes (*Vultur gryphus*), el pato cuchara



(*Anas Platea*), el cauquén colorado (*Chloephaga picta*), el cisne de cuello negro, (*Cygnus melanocorypha*), la gaviota cocinera (*Larus dominicanus*), la ballena franca austral (*Eubalaena australis*), el puma (*Puma concolor*) y el guanaco. Al asegurar el bienestar de éstas, se asegura el de muchas más especies y el bienestar del ecosistema.

-La región donde es posible que se instalen proyectos eólicos, presenta una condición de erosión eólica de severa a moderada, de esta manera, sin haber agua en el suelo disponible para las plantas se limita extremadamente su posibilidad de utilización para cultivo. Esta escasez de agua se seguirá presentando en la provincia. Según los datos analizados en esta Tesis la precipitación no supera los 25 mm mensuales y aunque el acumulado anual de precipitación muestre una tendencia positiva, esta condición de baja precipitación permanecerá en el tiempo.

La erosión y la desertificación presente ha sido ocasionada no sólo debido a una condición climática sino a causas antrópicas como el mal manejo de los suelos, lo que podría acentuarse significativamente si se instalan parques eólicos en las zonas más vulnerables. A modo de ejemplo, la zona costera comprendida entre los 46 y 50 ° S aproximadamente, presenta en casi su totalidad un estado de desertificación severo a medio y coincide con la ubicación de los proyectos eólicos a instalarse conocidos en esta Tesis y con las ubicaciones preferenciales para proyectos futuros según Beljansky (2010). Se trata de un impacto negativo que debe estar profundamente evaluado en todos y cada uno de los proyectos a instalarse y donde se deberá incluir un buen plan de reforestación para mitigar los procesos erosivos.

-Es necesario involucrar a la comunidad en la planificación de un parque eólico, ya que se ha demostrado que de esta manera es posible disminuir

su percepción de las molestias ocasionadas por el ruido y por el impacto paisajístico. Por otra parte, la población debería ser partícipe de los beneficios de estos proyectos, como por ejemplo a nivel de generación de empleo, teniendo en cuenta que la producción de energía eólica es una tecnología que se destaca por ser de las que genera más puestos de trabajo por kilo Watt instalado. Con el desarrollo de esta tecnología, es de esperarse que también se beneficie una parte de la población al existir una oferta educativa relacionada con la industria.

Cabe mencionar que otro beneficio que recibiría la sociedad a largo plazo es el abaratamiento del costo de la energía, ya que se reemplazaría generación con combustibles líquidos importados con proyección de costos crecientes en el tiempo por costos de generación eólica inferiores. Además no se verán afectadas o desplazadas otras actividades económicas.

Desde el punto de vista de la seguridad de la población, en la región existe un coeficiente sísmico zonal muy bajo por lo que los aerogeneradores no se verían afectados por movimientos sísmicos importantes y por lo tanto no existe este riesgo.

En cuanto a la ocupación del terreno, aunque se requieran muchas hectáreas para la instalación de un parque, la ocupación efectiva varía entre un 1% y un 3% del terreno, por lo que los aprovechamientos agrícolas o ganaderos pueden coexistir en la misma superficie.

-El análisis de temperatura media anual del período estudiado que arrojó una tendencia positiva, evidencia el aumento paulatino de la temperatura, esta condición podría acrecentarse aún más con el calentamiento global debido a la presencia del GEI's provenientes en gran

medida, de la quema de combustibles fósiles, por lo que es una razón para promover el uso de energías renovables y en particular de la eólica por tratarse de una energía muy limpia.

-El análisis de datos horarios de intensidad del viento es de una gran importancia para evaluar la representatividad de los promedios mensuales de intensidad que es el dato a partir del cual se confeccionan los atlas eólicos. Este valor cobra importancia ya que para la producción de energía se requiere el valor instantáneo y según sea el valor de esta intensidad será la energía que se produzca, más aún es importante conocerlo no sólo para saber cuánta sino también si se podrá, o no producir energía. De ésta manera, se encontró en el análisis de los datos, que existe un mayor porcentaje de calmas en el período invernal presentando el máximo porcentaje en el mes de Junio y en Julio en las estaciones continentales. Esto es coherente con el comportamiento estacional de la intensidad del viento, presentándose los mayores valores en los meses de verano y los mínimos en los meses de invierno.

Se podría afirmar que los aerogeneradores instalados en la provincia generarían mucha menor energía durante las noches y en especial durante el invierno, aunque esta hipótesis debe ser corroborada con mediciones en una torre a la altura del aerogenerador, sin embargo, a partir del análisis se observó en cuanto a la distribución de frecuencias porcentuales horarias de calmas, que la mayor cantidad se presenta en las horas nocturnas y primeras horas de la mañana en la mayoría de las estaciones. El mayor porcentaje de calmas se encontró en la estación Lago Argentino con 18,66%, y el menor en Puerto Deseado con 2,81%, que coincide con la localidad con mayor número de proyectos eólicos.

Los vientos del oeste son más frecuentes en invierno pero más intensos en verano sugiriendo que en las estaciones costeras, si bien se desarrolla el fenómeno de brisa en las estaciones de la costa, el mismo no puede superar en promedio a la intensidad de los vientos del oeste. Al presentarse los mayores valores de viento en los meses de verano, podría deducirse que es el período donde más estarán en marcha los aerogeneradores que coincide con la migración de primavera / verano de algunas aves que podrían verse afectadas. Este es uno de los motivos por los que se debe evitar la instalación de aerogeneradores a lo largo de las rutas migratorias.

Es de destacar que la función de Weibull no ajusta exactamente a la información, ni aún en aquellas estaciones sin falta de datos. El análisis hecho por otros autores, por ejemplo para la estación de San Julián, refuerza la hipótesis de que se trata de un problema de observación/codificación.

Las mayores intensidades mensuales de viento se presentan en las estaciones Perito Moreno y Puerto Deseado y las menores intensidades en las estaciones ubicadas en latitudes más altas como Calafate, Lago Argentino y Río Gallegos. En todas las estaciones el valor de la desviación estándar es alto, lo que muestra la gran variabilidad del viento en la región, lo que debe ser tenido en cuenta a la hora de elegir la tecnología a instalarse.

Se observa que en general la intensidad del viento ha disminuido en la región y también su variabilidad reflejada por la disminución de la desviación estándar en todas las estaciones hacia el final del período de estudio. Este resultado es coincidente con lo mostrado por otros autores y que podría estar asociado a cambios en la circulación atmosférica.

Es necesario recordar que el viento es una variable meteorológica que se mide con mucho error y que durante el período de estudio ha habido cambio en el tipo de tecnología del instrumental con que se mide debido al desgaste y rotura de instrumental anterior, eso debería producir cambios significativos en los valores medios del viento, además hay que tener en cuenta que sólo dos estaciones poseen registros completos de información horaria. Por lo tanto una recomendación que surge a partir de esta Tesis es verificar estas variaciones en los valores del viento a partir de otras fuentes de datos las cuales estimen los valores en forma indirecta, por ejemplo las bases de datos analizados en puntos de retícula, las que si bien informarán valores inferiores a los medidos por ser valores calculados con resoluciones de  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  o más, sí representan las variaciones del viento en la mayoría de los casos. Por otro lado, si se tiene en cuenta el hecho que otros autores han encontrado una disminución del viento en latitudes medias, sería recomendable que cualquier emprendimiento eólico que se desarrolle a partir de 1 sólo año de medición del viento en una torre debería contemplar la posibilidad de que la intensidad del viento esté disminuyendo en la provincia de Santa Cruz, y que si se considera la gran variabilidad que presenta, podría ser sobre / sub evaluado el recurso, según el período en que se realizara la medición lo cual daría lugar a un cálculo erróneo en la posible producción de energía o en el tipo de aerogenerador que se elija instalar. Es decir, es necesario realizar un estudio profundo del recurso y con más de una fuente de datos. Una alternativa a este gran problema de falta de información confiable podría ser subsanada con la realización de un nuevo atlas eólico a partir de un modelo numérico de muy alta resolución (Waimann, 2011).

Se puede decir que el funcionamiento de los parques eólicos que se instalen en la provincia de Santa Cruz al norte de los  $50^{\circ}S$  tendrán un

funcionamiento excelente según su factor de capacidad, más aún ningún año mostró valores inferiores al 45% en los 18 años analizados. Los parques que se instalen en dicha región tendrán un funcionamiento excelente.

La región de las estaciones con factores de capacidad más altos coincide con las ubicaciones de los proyectos eólicos conocidos hasta la elaboración de esta Tesis siendo Perito Moreno 58.61%, Puerto Deseado 56.28% y San Julián 51.04%. En el caso de las estaciones con gran cantidad de datos faltantes como Perito Moreno y Puerto Deseado, sería necesario contar con una serie más completa para obtener un dato más real, sin embargo con el tratamiento hecho a la serie, se puede decir que los valores estimados en esta Tesis para todas las estaciones están dentro del margen planteado por Beljansky, (2010), con un factor de capacidad medio entre 40/42.

-Es indiscutible que la generación eólica permitirá reducir emisiones de GEI, los que también producen efectos adversos sobre un mayor número de aves y otras especies en un territorio más grande. Por lo que se puede especular que el balance del impacto que provocaría la generación eólica sobre la avifauna de la provincia no necesariamente es tan solo negativo.

Es importante destacar que aunque Argentina no es un país con obligaciones de reducción de emisiones, posee políticas e incentivos que contribuirán con la mitigación del cambio climático, como los son la reglamentación de la ley 26190 y el Programa GENREN, además de varios instrumentos legales que incentivan la producción de energía eólica en la provincia, éstos incluyen beneficios como exención de impuestos y subsidios, financiamiento. Además si los proyectos están dentro del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) tienen una ventaja desde el

punto de vista económico-financiero. Se espera así, un creciente aumento aún más de generación eólica en la provincia dado que diferentes sitios dentro de ella presentan valores que prácticamente duplican los promedios mundiales con un factor de capacidad medio entre 40/42%, con máximos que alcanzan valores del 54% según los valores calculados en esta Tesis.

Sin embargo, existen unas limitantes a tener en cuenta en la producción eólica en la provincia, ya que aunque se dispone del espacio adecuado, del recurso excepcional, y existe tecnología disponible, con la producción de unidades necesarias, no existe la infraestructura necesaria a nivel de carreteras para el transporte de equipos y materiales, ni líneas eléctricas suficientes para la conexión de los aerogeneradores a la red debido a la competencia con las otras alternativas de generación en el área Patagónica. Por estos motivos es indudable que se requieren adecuaciones.

- Aunque los costos de un aerogeneradores alto para Argentina: los de capacidad entre 1,5 a 2 MW se encuentran con una inversión para la obra llave en mano del orden de entre los 2.000 y 2.500 USD/kW, surge la necesidad de que las empresas proveedoras de tecnología, acompañen sus proyectos con financiamiento a tasas accesibles en el mercado. La energía eólica es prácticamente a prueba de inflación, ya que una vez que la central está instalada, el costo de la energía es conocido y no es sustancialmente afectado por la volatilidad de los costos del mercado de combustibles, lo que implica menor riesgo, sobre todo a largo plazo.

- Se estima una proyección creciente del factor de emisiones de la red eléctrica para los próximos años aunque se espera un cambio en la

composición de la matriz energética para permitir que se incorpore mayor cantidad de generación a partir de fuentes renovables.

Según los cálculos realizados, el parque eólico que aportará con mayor cantidad de reducción de emisiones de GEI y respectivamente obtendrá mayores CERs es La Deseada, seguido de Puerto Deseado, éstos resultados no son confiables ya que se obtuvieron a partir de datos de baja calidad para la estación meteorológica Puerto Deseado, por lo que es imprescindible realizar un buen estudio de la calidad de la información meteorológica con la que se trabaja antes de estimar la energía a obtener y las reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> que dan origen a los CERs.

A partir de los cálculos realizados en esta Tesis, se estima que la generación de energía a partir del viento en la provincia de Santa Cruz permitirá reducir alrededor de 112 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en un periodo de 20 años, (periodo promedio de vida útil de un aerogenerador, el cual en sus primeros 6 meses de operación entrega la misma cantidad de energía que se utilizó durante su fabricación y hasta su desmantelamiento). De esta manera se obtendrán alrededor de 112 millones de Reducciones de emisiones certificadas (CERs) que podrán ser comercializadas. Se requerirá una inversión del orden de 4,6 millones de dólares para instalar 1.832 MW. A partir de esta potencia instalada será factible entregar anualmente 8,1 millones de MWh de energía. La construcción de un parque eólico requiere del orden de 18/24 meses y los ingresos se obtienen tan pronto como los primeros aerogeneradores están conectados a la red. Esto es muy favorable, en comparación con los tiempos que se necesitan para la construcción de una central hidroeléctrica o de una nuclear que puede requerir entre 8 y 12 años y que no permiten que se entregue energía a la red hasta que la misma esté concluida.



En caso de cumplirse las proyecciones de instalación de energía eólica de la Secretaría de Energía (1.250 MW hasta 2016), se estima que la energía eólica podría abastecer con energía limpia el consumo de cerca de un millón de hogares argentinos. Por otro lado, en caso de cumplirse las proyecciones de instalación de los parques eólicos citados en esta Tesis para la provincia de Santa Cruz, con una generación anual de alrededor de 8,1 millones de MWh, sería posible abastecer con energía limpia el consumo de 3,1 millones de hogares considerando un consumo anual por hogar de 2,54 MWh (consumo promedio por hogar para la provincia según datos SE de 2011). De acuerdo al censo de 2010 hay tan solo 98.043 hogares en la provincia de Santa Cruz, por lo que es posible que gran parte de esta energía, a través de las posteriores ampliaciones del sistema interconectado nacional, sea enviada y consumida en el Gran Buenos Aires que es donde está la mayor demanda del país.

Los sistemas eléctricos de potencia están experimentando un gran cambio en su estructura con la incorporación de la producción eléctrica de las energías renovables. La generación eólica impacta negativamente en el sistema eléctrico en dos ámbitos: incrementos en los costos de operación y control del despacho, y sobre las redes como consecuencia de la introducción de perturbaciones. (Beljansky, 2010). A pesar de esto, la energía eólica evita los numerosos problemas asociados con el descubrimiento y la explotación de combustibles fósiles, las muertes por la minería, la destrucción masiva de la minería a cielo abierto, los derrames de combustible, molestias derivadas de la perforación de pozos, estaciones de compresores ruidosos y pozos de aguas residuales, que ponen en peligro los hábitats de vida silvestre.

Cualquier proyecto de energía eólica debería formar parte de un marco global de planificación estratégica a nivel nacional, que incluya mapas de

sensibilidad de la biodiversidad y evaluaciones de impacto ambiental de alta calidad preparadas a nivel de plan y proyecto. Lo anterior debería estar enmarcado en una legislación y reglamentación (por ahora ausente) específica para el desarrollo sustentable de este tipo de proyectos.

Es necesaria una investigación y un seguimiento riguroso por parte de los gobiernos nacionales y la industria eólica, que involucre consultas a expertos relevantes, para mejorar nuestro entendimiento sobre los impactos de los parques eólicos en la conservación de la naturaleza. Debería ser un proceso continuo para la toma de decisiones, la selección de sitios apropiados y el diseño de las instalaciones. De esta manera, se puede pensar en esta tecnología dentro del marco del desarrollo sustentable, donde se fomenta el desarrollo socioeconómico sin perder de vista la componente ecológica o ambiental.

## Anexo 1. Áreas protegidas, AICAS y cuerpos de agua importantes de la provincia de Santa Cruz

### Isla Leones

**Reserva Provincial, Área de uso limitado bajo protección especial**

**Ubicación geográfica:** 50° 04' S - 68° 26' O

**Localidad más cercana:** Puerto Santa Cruz, **Superficie** 115 Ha.

**Administrado por:** Consejo Agrario Provincial

**Objeto de conservación:** Zona única nidificante de patos vapores (*Tachyeres patagonicus*) y de comoranes reales (*Phalacrocorax albiventris*). Protección de una zona importante para las aves residentes y transitorias, y de la cría de toninas overas (*Cephalorhynchus commersoni*) y lobos marinos de un pelo (*Otaria flavescens*).

**Categoría de manejo (equivalente UICN):** No definida

**Regiones:** Mar Argentino

### Isla Deseada

**Reserva provincial, Área de uso científico bajo protección especial, AICA.**

**Ubicación geográfica** 51° 35' S - 69° 01' O

**Localidad más cercana** Río Gallegos **Superficie** 49 Ha.

**Administrado por:** Consejo Agrario Provincial

**Objeto de conservación:** Nidifican pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), comorán imperial (*Phalacrocorax atriceps*), gaviota cocinera (*Larus dominicanus*), ostero negro (*Haematopus ater*), entre otros.

**Categoría de manejo (equivalente UICN):** No definida

**Regiones:** Mar Argentino

## **Península Magallanes**

### **Reserva provincial**

**Superficie:** 39.800 Ha.

**Objeto de conservación:** -Conservar el equilibrio ecológico de los sistemas naturales, procurando el mantenimiento de la mayor parte del área en condiciones silvestres para brindar protección a las especies de fauna representadas en el área.

-Mantener el carácter silvestre del corredor turístico de acceso al Glaciar Perito Moreno.

Se pueden observar fácilmente varias especies de aves EJ. *Vultur gryphus*.

### **Complejo bahía Oso marino e Isla pingüino**

#### **Reserva Provincial Isla Pingüino**

**Localidad cercana:** Puerto Deseado **Superficie:** 159.526 ha.

**Objeto de conservación:** -Proteger uno de los apostaderos y áreas de cría más importantes del país de lobo marino de un pelo (*Otaria flavescens*),

El pingüino de penacho amarillo (*Eudyptes chrysolome*) que nidifica en un pequeño cañadón costero y cuenta aquí con su colonia más cercana al continente y la única patagónica. Los pingüinos de Magallanes también recalan en la isla para nidificar.

Además de la zona de nidificación de tres especies de comoranes: imperial (*Phalacrocorax atriceps*), siendo la más abundante que utiliza los islotes cercanos a la costa, de cuello negro o roquero (*Ph megallanicus*) y comorán gris (*Ph gaimardi*) este último considerado de alta prioridad conservacionista.

-Especies de importancia económica: merluza austral, el langostino patagónico y el calamar.

**Categoría de manejo (equivalente UCN): IV**

**Complejo Bahía Oso Marino**

**Objeto de conservación:** - Poblaciones significativas que dependen de humedales: sitio de importancia internacional según criterios 2 (c) y 3 (a) y (b) de Ramsar

-Zona de nidificación de aves marianas y costeras como *E. Chilensis* y *Eudypetes crysome* (fenómenos biológicos destacados).

-Especies de importancia económica:

Extracción guanera: *P. atriceps*, es una de las colonias más grandes de la Patagonia.

Especies carismáticas: *s. megalanicus*, *E. crysome*, *Ph. gaimardi*, *Otaria flavescens*.

**Región:** del Mar Argentino

**Cabo Blanco**

**Reserva Natural Intangible**

**Ubicación geográfica** 47°12'S - 65°45'W **Superficie:** 737 Ha

**Objeto de conservación:** Fauna y flora autóctonas, considerada de excepcional interés desde el punto de vista científico.

Proteger la colonia de lobos de dos pelos (*Arctocephalus Australis*), la única de importancia en la Patagonia y especie protegida en la provincia. Alberga la mayor colonia de osos marinos.

Lugar de nidificación de algunas especies de como ranas, osteros y gaviotas, entre otros. Presencia de la especie considerada como rara *Arctocephalus Australis*.

-Especies de importancia económica: *A. Australis*, *Otaria flavescens* y *Phalacrocorax spp.*

-Especies carismáticas: *A. Australis*, *O. flavescens* y *Phalacrocorax gaimardi*.

**Categoría de manejo (equivalente UCN):** Categoría IV

**Región:** Mar Argentino

**Bahía Laura**

**Reserva Natural Provincial**

**Ubicación geográfica** 48°21' S- 66° 21' O (Faro Cabo Guardián) a

48°24' S- 66°29' O (Faro Campana a Punta Mercedes)

**Localidad más cercana:** Puerto Desierto **Superficie** 600 Ha.

**Administrado por:** Consejo Agrario Provincial

**Objeto de conservación:** Importante sitio de nidificación, para especies como: pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), comorán imperial (*Phalacrocorax atriceps*), comorán cuello negro (*P. Magellanicus*), comorán biguá (*P. Olivaceus*), gaviota cocinera (*Larus dominicanus*), gaviota austral (*L. Scoresbii*) y gaviotín colilargo (*Sterna himantopus*). Se destaca la presencia del Chorlo de Magallanes (*Pluvialis socialis*) y la tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*). En cabo Curioso nidifican el comorán de cuello negro (*Phalacrocorax magellanicus*) y el comorán gris (*P. Gaimardi*), y existe un asentamiento no reproductivo de lobo marino de un pelo (*Otaria flavescens*).

**Especies de importancia económica:** Se destaca la pesca artesanal de *Odontesthes* spp, *Eleginops maclovinus* La colonia de comorán imperial (*P. Atriceps*) del banco Justicia ha sido explotada para la extracción de guano.

Las especies carismáticas son pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), comorán gris (*Phalacrocorax gaimardi*), Tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*) y lobo marino de un pelo (*Otaria flavescens*). Se destaca la presencia de la tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*).

**Categoría de manejo (equivalente UICN):** IV

**Región:** Estepa Patagónica

**Isla Comorán e isla justicia**

**Reserva provincial. Área de uso científico bajo protección especial. AICA.**

**Ubicación geográfica:** 49° 17' S- 67° 41' O

**Localidad más cercana:** San Julián **Superficie** 64 Ha.

**Administrado por:** Consejo Agrario Provincial

**Objeto de conservación:** Proteger el hábitat de numerosas aves marinas y costeras. Nidifican pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), comorán cuello negro (*Phalacrocorax magellanicus*), biguá (*Phalacrocorax brasilianus*), gaviota cocinera (*Larus dominicanus*), ostrero negro (*Haematopus ater*), garza bruja (*Nycticorax nycticorax*) y pato vapor volador (*Tachyeres patagonicus*).

**Categoría de manejo (equivalente UICN):** No definida

**Región:** Mar Argentino

**Monte Ioaiza**

**Reserva Provincial-área de uso exclusivo científico y Reserva Natural Protegida. AICA.**

**Ubicación geográfica:** 47°49'S- 66°51'O **Superficie:** 1740 Ha.

**Objeto de conservación:** Apostaderos y áreas de cría más importantes del país de lobo marino de un pelo (*Otaria flavescens*) y *Tachyeres patagonicus* (fenómenos biológicos destacados).

Poblaciones significativas que dependen de humedales: Sitio de importancia internacional según los criterios 2(b) y (c), y 3(b) de Ramsar.

Zona de nidificación de tres especies de comoranes: imperial (*Phalacrocorax atriceps*), siendo la más abundante que utiliza los islotes cercanos a la costa, de cuello negro o roquero (*Ph. magellanicus*) y comorán gris (*Ph. gaimardi*) este último considerado de alta prioridad conservacionista. Zonas de detección de orcas (*Orcinus orca*).

Especies de importancia económica: *Phalacrocorax spp.*, *Sterna spp* y *Otaria flavescens* (turismo).

Especies carismáticas: *Otaria flavescens* y *Phalacrocorax gaimardi*.

**Categoría de manejo (equivalente UICN) :** Categoría IB

**Regiones:** Estepa Patagónica, Mar Argentino

**MN Bosques Petrificados y Estancia el cuadro**

**Monumento Natural Nacional y reserva natural Estricta. AICA.**

**Ubicación geográfica:** 47°41'S 67°47'W **Superficie:** 61.245 ha.

**Localidad más cercana:** Caleta Olivia

**Objeto de conservación:** Proteger el yacimiento de flora fósil más importante de la Argentina y conservar una muestra representativa de la estepa patagónica semidesértica.

Se registran con regularidad dos especies globalmente amenazadas: el choique y el flamenco austral. Existen algunos registros de amenazado aunque cobrado que indica que el sitio es utilizado como parada durante sus migraciones.

Es la única área protegida nacional donde reglamentemente se observa y nidifica la quiula patagónica.

Existen además poblaciones importantes y nidificantes de lo casi endémicos Patagón y cachalote pardo.

**Categoría de manejo (equivalente UICN) :** III

**Región:** Estepa Patagónica.

**Monte de León**

**Parque Nacional y Reserva Nacional AICA**

**Ubicación geográfica:** 49°55'S- 68°36' O

**Localidad más cercana:** Comandante Piedra Buena **Superficie** 62.169 Ha.



**Administrado por:** Administración de Parques Nacionales

**Objeto de conservación:** Proteger la enorme biodiversidad del área, tanto de la estepa patagónica como de la costa.

Las especies de aves marinas con apostaderos reproductivos son el pingüino de Magallanes con 70 mil parejas siendo la segunda en importancia en Santa Cruz, entre otros como comoranes gaviotas, etc, Existen apostaderos de lobos marinos de un pelo.

**Categoría de manejo (equivalente UCN):** Categoría II

**Ecoregiones:** Estepa Patagónica, Mar Argentino

### **Isla Monte de León**

#### **Área de Uso Limitado bajo Protección Especial**

**Ubicación geográfica:** 50° 20' S- 68° 53' O

**Localidad más cercana:** Piedra Buena **Superficie** 50 Ha.

**Administrado por:** Consejo Agrario Provincial

**Objeto de conservación:** Poblaciones significativas que dependen de humedales: Sitio de importancia internacional según los criterios 2 (c) y 3 (b) de Ramsar.

Proteger el ambiente y las especies de aves y mamíferos marinos que habitan la isla, Es asentamiento reproductivo de lobo marino de un pelo (*Otaria flavescens*) y zona de nidificación del pingüino patagónico, comorán roquero, (*Phalacrocorax* sp.), comorán de cuello negro, imperial, gris, gaviota austral, cocinera (*Larus dominicanus*) y el gaviotín sudamericano (*Sterna hiundinacea*) fenómeno biológico destacado.

Especies de importancia económica: (*Phalacrocorax atriceps*), extracción de guano, como el comorán imperial.

Especies carismáticas: *Spheniscus magellanicus*, *Phalacrocorax gaimardi* y *Otaria flavescens*. (destacado)

**Categoría de manejo (equivalente UICN):** No definida

**Ecoregiones:** Estepa Patagónica. Mar Argentino

## Cabo Vígenes

### Reserva Provincial

**Ubicación geográfica:** 52°34'S 68°42'W

**Localidad más cercana:** Río Gallegos      **Superficie** 1.230 Ha.

**Administrado por:** Dirección de Fauna Silvestre - Consejo Agrario Provincial

**Objeto de conservación:** Protección de las riquezas faunísticas de la zona, en especial del pingüino de Magallanes, así como también conservar el patrimonio histórico cultural de la provincia.

Los pingüinos de Magallanes hacen sus nidos en las costas ocupando unas 47 ha y con más de 90.000 parejas reproductivas, ésta es la colonia más importante de la especie en la provincia de Santa Cruz y la segunda en el país.

Se encuentran nidos de comoranes de cuello negro (*Phalacrocorax magellanicus*), bandurria austral (*Theisticus melanosus*), cauquén colorado (*Chloephaga rubidiceps*). De ésta última se encuentran pocas parejas permanentemente, es una especie de alta prioridad conservacionista.

Asentadero no reproductivo de comoranes imperiales (*Phalacrocorax atriceps*).

Presencia de *Theisticus caudatus* (fenómeno biológico destacado)

Sitio de importancia internacional según criterios 2(c) y 3 (a) de Ramsar.

Especies de importancia económica: *Spheniscus magellanicus* (turismo).

Un importante número de *Macroneustes giganteus* se alimenta en las costas especialmente en verano.

**Categoría de manejo (equivalente UICN):** IV

**Regiones:** Estepa Patagónica. Mar Argentino

### **Ísla Deseado e islas adyacentes**

**Reserva Provincial. Reserva Natural intangible. AICA.**

**Ubicación geográfica:** 47°46'S 65°55'W **Superficie:** 10.000 ha

**Localidad más cercana:** Puerto Deseado

**Objeto de conservación:** Conservar un área de gran riqueza de fauna y flora autóctonas, considerada de excepcional interés desde el punto de vista científico. El conjunto de islas e islotes son el sitio de nidificación de varias especies de gaviotas, gaviotines, osteros comoranes y el pingüino patagónico.

Es el área de reproducción de la tonina overa (*Cephalorhynchus comersoni*)

Poblaciones significativas que dependen de humedales: Sitio de importancia internacional según criterios 2(b) y (c) y 3(b) de Ramsar.

Especies de importancia económica: *Spheniscus magellanicus*, (Turismo). *Phalacrocorax spp.*, *Cephalorhynchus comersoni*.

*Odontaspis* y *Eleginops* y otras. (Pesca artesanal)

Especies carismáticas: *Stelgallanus*, *Ph. gaimardi*, *C. comersoni* y *O. flaviceps*.

El área registra el 40% de la población de comorán gris (*Phalacrocorax gaimardi*) y la colonia de pingüino de penacho amarillo (*E. crysomes*) más septentrional.

Se registra una de las poblaciones más grandes de escúas del litoral argentino, es uno de los pocos lugares donde coexisten las dos clases de escúas y donde se registra hibridación entre ambas. Un importante número de petrel gigante se observa en la zona durante todo el año.

**Categoría de manejo (equivalente UICN):** Categoría VI

**Regiones:** Estepa Patagónica. Mar Argentino

**Península y Bahía de San Julián**

**Península San Julian**

**Reserva Provincial AICA**

**Ubicación geográfica:** 49°19' S- 67°36' O

**Localidad más cercana:** San Julián **Superficie** 10.450 Ha.

**Bahía San Julián**

**Área de uso limitado bajo protección provincial**

**Ubicación geográfica:** 49°19' S- 67°36' O

**Localidad más cercana** San Julián **Superficie** 25.000 Ha. Marinas

**Administrado por Consejo:** Agrario Provincial

**Objeto de conservación:** Conservar y manejar la fauna y sus ambientes; recuperar y mantener el suelo y el pastizal; reintroducir especies autóctonas en sus diferentes hábitats. Uso turístico.

Sitio de importancia internacional según criterio 2 (c) de Ramsar.

Es una importante zona de alimentación para la tonina overa que captura sardinas fueguinas y peje reyes y uno de los sitios donde se la puede observar mejor.

Se encuentra la colonia más importante de comorán gris (*Phalacrocorax gaimardi*) en la costa patagónica.

En las playas y en la bahía se asientan o residen un número importante de aves tanto marinas como costeras. Colonia de Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*); biguáes (*Phalacrocorax olivaceus*); comorán imperial (*Phalacrocorax atriceps*); comorán de cuello negro (*Phalacrocorax magellanicus*).

En cuanto a fauna terrestre: el guanaco (*Lama guanicoe*), es una especie relevante, residiendo dentro de la reserva unos 100 ejemplares.

Fenómeno biológico destacado: *Se ma hinundinace a*:

Especies carismáticas: Carismáticas: *S. megallanicus*, *Ph gaimardi*, *Cepha.. comesonii*, *otaria flavescens*.

AICA con el mayor número de especies amenazadas, se registraron ocho especies globalmente amenazadas y toda el área es un sitio congregatorio ya que cuenta con más de 45.000 parejas reproductivas de aves acuáticas. Cabo cuñoso sustenta la colonia reproductiva más numerosa de la Argentina (625 parejas) de comorán gris y la Isla Comorán una importante colonia de más de 37.000 parejas de pingüino de Magallanes. Además nidifican 7000 parejas de gaviota cocinera, 1000 parejas de comorán imperial.

**Categoría de manejo (equivalente UICN):** Categoría VI Área Protegida con Recursos Manejados

**Re: región:** Estepa Patagónica, Mar argentino

#### **Perito Moreno y San Lorenzo**

**Parque nacional, Reserva Nacional y Reserva Natural Estricta. AICA. Y Reserva Provincial**

**Ubicación geográfica:** 47°58'S 72°10'W

**Localidad más cercana:** Perito Moreno **Superficie:** 126.830 Ha.

**Objeto de conservación:** Áreas representativas de los bosques andino-patagónicos, la estepa y su ecotono.

Especies en peligro como el hue mul (*Hippocamelus bisulcus*).

Protección de valiosos yacimientos arqueológicos

Numerosas especies de aves asociadas con ambientes acuáticos.

Cuenta con la presencia del macá tobiano (*Podiceps gallardoi*) una especie rara y en peligro de extinción solamente protegida en este parque.

Son de presencia regular seis especies amenazadas a nivel global el choique, macá tobiano, flamenco austral, pato anteojos, cóndor andino y el chorrito ceniciento.

Peces autóctonos

Un taxón nuevo de anfibio (*Alsodes monticola*)

Poblaciones importantes de guanacos (*Lama guanicoe*), zorros (*Dusicyon gymnocercus*, *D. griseus* y *D. culpaeus*) gato montés (*Oncifelis geoffroyi*) y chinchillon anaranjado (*Logidium wolffsohni*) aprox. 115 especies de aves

Las lagartijas endémicas: amarilla y negra (*Liolaemus gallardoi*) y la espinosa estriada (*Liolaemus hatcheri*).

**Categoría de manejo (equivalente UICN) Perito Moreno: II y IV**

**Categoría de manejo (equivalente UICN) San Lorenzo: VI**

**Parque Nacional Los Glaciares y adyacencias (Estancias El Sosiego, La Soledad y Anita)**

**Parque Nacional, Reserva Nacional, Reserva Natural Estricta y sitio del Patrimonio Mundial, AICA.**

**Ubicación geográfica:** 49°55'S 73°05'W

**Localidad más cercana:** El Calafate                      **Superficie:** 726.927 Ha.

**Objeto de conservación:** Proteger los magníficos paisajes con grandes lagos, glaciares y frondosos bosques, y a toda la fauna que lo habita.

Por su densidad son importantes las poblaciones de cóndor andino y águila mora y se destaca la nidificación del ostero austral.

Protección de características naturales específicas. Zona silvestre representativa de la ecoregión

Conservar una muestra representativa de los bosques húmedos y ecotonales magallánicos.

Asegurar la conservación y protección de las comunidades o poblaciones de valor especial:

Comunidades de distribución restringida en nuestro país y no representadas en otras áreas protegidas nacionales:

a) Bosque hidrófilo magallánico

b) Turberas australes, con ciprés de las guaitecas.

Especies arbóreas de distribución restringida: guindo o coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) y ciprés de las guaitecas (*Pilgerodendron uvifolium*).

Especies faunísticas amenazadas o vulnerables: huemul, pato de los torrentes, choique, piche patagónico, zorro gris chico;

Estepas subandinas; adoptando medidas para su recuperación, a efectos de contar con áreas esteparias libres de uso ganadero, con carácter de banco genético y de modelo ecológicos.

Preservar el hielo continental patagónico argentino y sus glaciares asociados, manteniendo sus características naturales y su entorno paisajístico;

Proteger y mantener en buen estado de conservación los macizos montañosos del área del Co. Fitz Roy, como marco natural propicio para la contemplación de las bellezas escénicas y para el desarrollo de las actividades de montaña en contacto con la naturaleza.

Conservar una muestra representativa de los ecosistemas andinos surpatagónicos, asegurando la continuidad de los procesos naturales.

Proteger las altas cuencas hidrográficas, asegurando el mantenimiento de los procesos de regulación hídrica regional.

Se extiende la superficie del área para incluir partes de estancias lindantes que poseen poblaciones de aves amenazadas, especialmente de gallineta chica y cóndor andino.

Una cametera y proyecto de represa pone en peligro la población de gallineta chica.

De las 145 especies de aves registradas en la zona, cinco son globalmente amenazadas: el choique, cóndor andino, pato de anteojos y la camineta patagónica, son abundantes y nidificantes.

Su nombre evoca la magnitud de los numerosos glaciares que contornean el paisaje de la cordillera austral. En sus lentos movimientos estos gigantes ríos congelados, forman constantemente siluetas caprichosas que avanzan y retroceden. Incluso, algunas de ellas recuerdan puentes, diques y cavevas.

**Importancia económica:** Turismo: Los desprendimientos de grandes bloques de hielos son igual de impactantes que la visión que ofrecen la singularidad de las grandes masas glaciares entre montañas y bosques. Debido a su singularidad y el valor universal que le confieren los trece glaciares que contiene el Parque Nacional Los Glaciares fue incorporado a la Lista del Patrimonio Mundial. El glaciar Perito Moreno es el de mayor renombre a nivel mundial.

**Categoría de manejo (equivalente UICN):** II y IV

**Categoría internacional:** sitio de patrimonio mundial

**Regiónes:** Bosques Patagónicos, Estepa Patagónica y Altos Andes.

### **Estuario del Río Coyle**

**AICA**

**Ubicación geográfica:** 50°59'S 69°14'W

**Objeto de conservación** Sitio de nidificación de *Larus dominicanus*, Zona de invasión de *Podiceps gallardoi* especie determinada como rara, carismática y fenómenos biológicos destacados.

**Especies de importancia económica:** *Odontesthes* spp., *Eleginops maclovinus*, *Parona signata*, *Notemynchus cepedianus* y *Scualus acanthias* (pesca artesanal) Se registran regularmente seis especies globalmente amenazadas: el choique, pingüino patagónico, macá tobiano, petrel gigante común, flamenco austral y chorrillo ceniciento.

Es el sitio de invasión más importante de macá tobiano registrando un 10% de la población máxima estimada.

Alberga dos especies casi endémicas: quiula patagónica (*Tinamotis ingoufi*), y (*Eremobius phoeniceus*).

### **Meseta Lago Buenos Aires**

**AICA**



**Ubicación geográfica:** 46°55'S 71°25'W

**Objeto de conservación:** El área incluye las poblaciones nidificantes más septentrionales del amenazado macá tobiano con un 20% de la población. Existen cuatro especies de lagartijas endémicas de la meseta.

**El Zardo**

**AICA**

**Ubicación geográfica:** 51°59'S 71°15'W

**Objeto de conservación:** Constituye la segunda localidad de importancia en la Argentina en cuanto a la población de la gallineta chica. (*Rallus antárticus*)

Existen registros del cauquén colorado ya que es posible que el sitio sea utilizado durante sus migraciones.

**Laguna Nimezy costa alemana del Lago Argentino**

**AICA**

Reserva municipal de El Calafate

**Ubicación geográfica:** 50°20'S 72°16'W

**Objeto de conservación:** Proteger un humedal periurbano y las más de 100 especies de aves que lo utilizan, muchas de ellas migratorias.

Importante presencia del chorrito playero (*Phuvane llus socialis*). Se han registrado unas 145 especies de aves, algunas consideradas de valor especial para la conservación, como el choique. En cuanto a mamíferos se destaca la nutria o coipo (*Myo sc astor c oypus*).

**Meseta del Asador (o Águila)**

**AICA**

**Ubicación geográfica:** 47°44'S 71°12'W

**Objeto de conservación:** Se ha registrado nidificación de macá tobiano (*Podiceps gallardoi*) en varias lagunas. Aves amenazadas como el choique (*Rhea pennata*) y el chorrito ceniciento (*Pluvianellus socialis*) son nidificantes. El flamenco austral (*Phoenicopterus chilensis*) es visitante regular. La quiula patagónica (*Tinamotis ingoufi*) es nidificante y probablemente más abundante de lo estimado. Especies de distribución restringida como la caminera patagónica (*Geositta antarctica*) y la monjita chocolate (*Neoxolmis rufiventris*) cuentan con importantes poblaciones y son nidificantes.

La lagartija amarilla y negra (*Liolaemus gallardoi*) y la espinosa estriada (*Liolaemus hatcheri*) son endémicas.

**La Angostura y Alto Río Chico**

**AICA**

**Ubicación geográfica:** 48°38'S 70°42'W

**Objeto de conservación:** Fue redescubierta la gallineta chica (*Rallus antarcticus*) categorizada como vulnerable y con un conteo de pocos individuos, siendo la localidad más importante en el país para esta especie.

Sustenta poblaciones de aves acuáticas de importancia, congregando a miles de ejemplares. Es ocasional la presencia del casi amenazado macá tobiano (*Podiceps gallardoi*).

**Estancia El Cóndor**

**AICAS**

**Ubicación geográfica:** 52°10'S 69°05'W

**Objeto de conservación:** El área recibe todos los años la visita estival de entre 25 y 560 ejemplares de cauquén colorado, junto con otros reportados en cabo vírgenes, éstos son los únicos registros de nidificación y cría en el territorio continental Argentino.

Especies amenazadas o carismáticas: el choique y el Yala austral, ambas residentes y nidificantes. Otras especies de distribución restringida y nidificantes son la caminera patagónica y la monjita chocolate.

### **Meseta Lago Stobel**

**AICA**

**Ubicación geográfica:** 48°45'S 71°03'W

**Objeto de conservación:** Una rica avifauna acuática y una población importante de macá tobiano, entre 20 y 30% de la población. Se registran regularmente cuatro especies globalmente casi amenazadas, tres de ellas nidificantes: el choique, el macá tobiano, el chorlo ceniciento y flamenco austral.

Nidifican especies poco conocidas y casi endémicas como tinamotis y la caminera patagónica (*Geositta antarctica*).

### **Estuario del Río Gallegos**

**Reserva Provincial de Aves Migratorias-Reserva Municipal Urbana Costera Río Chico. AICA (todo el estuario)**

**Ubicación:** 51°61'S 69°00'W **Superficie:** 1500 Ha

**Objeto de conservación:** Proteger el hábitat que utilizan varias especies de aves migratorias.

Propiciar el contacto de la población con los procesos ecológicos, contribuyendo a lograr una mayor valoración de este ambiente por la sociedad.

La zona actuaría como zona de amortiguamiento, protegiendo las zonas de importancia, protegiendo las zonas de importancia para chorlos y playeros y las zonas de nidificación del choquito

de doble collar (*Charadrius Falklandicus*) se protegen también ambas márgenes del estuario, garantizándose el hábitat usado para miles de aves.

Se han citado cerca de 120 especies de aves para el área entre las que se destacan chorlitos y playeros migratorios muchos provenientes del hemisferio norte, que nidifican en el ártico y pasan el periodo no reproductivo en diferentes regiones de Sudamérica, y otros que crían en la Patagonia durante el verano y luego migran total o parcialmente hacia el norte de la Argentina.

Varias de las especies que visitan el estuario de los ríos gallegos y chico son consideradas de un valor de conservación especial, por ser endémicas exclusivas de la Patagonia sur, como el ostero austral (*Haematopus leucopodus*) y el chorlito ceniciento (*Pluvialis socialis*), y otras, como el playero rojizo (*Calidris canutus*) y la becasa de mar (*Limosa haemastica*), ambas migrantes del hemisferio norte, por encontrarse en declinación poblacional.

Este valor biológico ubica al estuario como un sitio de gran relevancia internacional, encontrándose a nivel de otros sectores de su ruta migratoria ya considerados críticos para su conservación, principalmente porque alberga una proporción significativa de las poblaciones mundiales de especies tales como el chorlito Ceniciento (*Pluvialis socialis*) y el Ostero Austral (*Haematopus leucopodus*), ambas endémicas de la Patagonia Austral; y también porque es usado por cantidades importantes de otras tres especies de aves playeras: el playero de Rabadilla Blanca (*Calidris fuscicollis*), el Playero Rojizo (*Calidris canutus*) y Becasa de Mar (*Limosa haemastica*), provenientes del hemisferio norte, que utilizan al estuario como escala migratoria en la época no reproductiva.

**Categoría de manejo (equivalente UICN):** Categoría V

**Regiones:** Estepa Patagónica. Mar Argentino

#### **Reserva Natural Provincial Hume dal Caleta Olivia**

Su finalidad es proteger el ambiente acuático estepario y la avifauna de la estepa patagónica

Protección biodiversidad marina y del lobo marino (Monumento Natural Municipal)

### **Humedal Río Santa Cruz**

Incluye poblaciones significativas que dependen de humedales: Sitio de importancia internacional según criterios 2 (b) y (c), y 3 (b) de Ramsar.

Especies de importancia económica:

Turismo: *Spheniscus magellanicus*, *Phalacrocorax spp.* y *Cathartus comersonii*.

Pesca artesanal: *Odotis sp.* y *Eleginops maclovinus*.

Pesca deportiva: *Odotis sp.*, *Eleginops maclovinus*, *Sillota australis*, *Notomorphnus cepedianus*, *Squalus sp.*, *Callorhynchus callorhynchus* y *Parona signata*.

Especies carismáticas: *Spheniscus magellanicus*, *Phalacrocorax gaimardi*, *C. comersonii* y *Otaria flavescens*.

Fenómeno biológico destacado: *Larus rosbii*

### **Humedal Punta Medanosa**

Poblaciones significativas que dependen de humedales: Sitio de importancia internacional según el criterio 2(c) de Ramsar.

Especies de importancia económica: *Phaethon* (extracción guanera).

Especies carismáticas: *Spheniscus magellanicus* y *Otaria Flavescens*

Es sitio de nidificación de varias aves como el ostrero americano (*H. Palliatus*) fenómeno biológico destacado.

### **Lagos y lagunas santacruceñas, para escarchados, Viedma y Teo**

Incluyen sitios de nidificación de especies amenazadas, como el macá tobiano (*Podiceps gallardoi*) y de otras especies de aves acuáticas endémicas y/o migratorias neárticas. Las lagunas santacruceñas constituyen el límite sur del área de distribución de especies de paseriformes

palustres como el tordo aliamarillo (*Agelaius thilius*), ratona aperdizada (*Cistothorus platensis*) y tachurí siete colores (*Tachuris rubrigastra*).

Entre las especies endémicas y amenazadas se encuentra el pato ante ojo (*Anas specularis*) y chorro de magallanes (*Pluvianellus socialis*).

Entre las especies que presentan mayor importancia económica, se encuentra la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*).

Las especies carismáticas se representan principalmente por el Macá tobiano (*P. Gallardo*) y Flamenco común (*Phoenicopterus chilensis*).

Las principales funciones de estos sitios, están asociadas a su condición de refugios de vida silvestre y recreación.

Los impactos y amenazas más significativos son: la destrucción de la vegetación de la cuenca; la realización de actividades petroleras/mineiras y la fragmentación del hábitat.

#### **Fuentes:**

-Administración de Parques Nacionales, información suministrada por su biblioteca y extraída de la página web. <http://www.parquesnacionales.gov.ar/parques/>, 2012

-Consejo Agrario de la provincia de Santa Cruz, a través de su página web <http://consejoagrario.santacruz.gov.ar/>, 2012

-Áreas Importantes para la Conservación de las Aves de la provincia de Santa Cruz. Di Giacomo, 2007

-Manual de Áreas Protegidas-Fundación Patagonia Natural, 2008

## Anexo 2. Categorías de manejo de Áreas Protegidas

### **Categoría I Protección estricta-Ia. Reserva Natural Estricta**

**Objetivo:** Conservar a escala regional, nacional o global ecosistemas, especies (presencia o agregaciones) y/o rasgos de geodiversidad extraordinarios: dichos atributos se han conformado principalmente o exclusivamente por fuerzas no humanas y se degradarían o destruirían si se vieran sometidos a cualquier impacto humano significativo.

### **Categoría I Protección estricta-Ib. Área natural silvestre**

**Objetivo:** Proteger la integridad ecológica a largo plazo de áreas naturales no perturbadas por actividades humanas significativas, libres de infraestructuras masivas y en las que predominan las fuerzas y procesos naturales, de forma que las generaciones presente y futuras tengan la oportunidad de experimentar dichas áreas.

### **Categoría II Conservación y protección del ecosistema-Parque nacional**

**Objetivo:** Proteger la biodiversidad natural junto con la estructura ecológica subyacente y los procesos ambientales sobre los que se apoya, y promover la educación y el uso recreativo.

### **Categoría III Conservación de los rasgos naturales-Monumento natural**

**Objetivo:** Proteger rasgos naturales específicos sobre salientes, la biodiversidad y los hábitats asociados a ellos.

### **Categoría IV Conservación mediante manejo activo-Área de manejo de hábitats/ especies**

**Objetivo:** Mantener, conservar y restaurar especies y hábitats.

### **Categoría V Conservación de paisajes terrestres y marinos y recreación-Paisaje terrestre y marino protegido**

**Objetivo:** Proteger y mantener paisajes terrestres/marinos importantes y la conservación de la naturaleza asociada a ellos, así como otros valores creados por las interacciones con los seres humanos mediante prácticas de manejo tradicionales.

### **Categoría VI Uso sostenible de los recursos naturales-Área protegida manejada**

**Objetivo:** Proteger los ecosistemas naturales y usar los recursos naturales de forma sostenible, cuando la conservación y el uso sostenible puedan beneficiarse mutuamente.

**Fuente:** [http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur\\_trabajo/sur\\_protegidas/ap\\_categorias.cfm](http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur_trabajo/sur_protegidas/ap_categorias.cfm), 2012.



### **Anexo 3. Definición de las categorías de estado de conservación.**

#### **Según la UICN:**

##### **Extinto (EX)**

Un taxón está Extinto cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo existente ha muerto. Un taxón se presume extinto cuando tras realizar estudios exhaustivos en los hábitats conocidos y / o hábitats de esperar, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), a través de su área de distribución histórica, han fracasado en detectar un individuo.

##### **Extinto en estado silvestre (EW)**

Un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como población naturalizada (o poblaciones) y fuera de su distribución. Un taxón se presume extinto en estado silvestre cuando relevamientos exhaustivos en los hábitats conocidos y / o esperados del hábitat, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), a través de su área de distribución histórica, han fracasado en detectar un individuo.

##### **En Peligro Crítico (CR)**

Un taxón está En Peligro Crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios A a E para En Peligro Crítico (ver criterios en [http://www.iucnredlist.org/static/categories\\_criteria\\_3\\_1](http://www.iucnredlist.org/static/categories_criteria_3_1)), por lo que se considera que enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en el medio natural.

##### **En Peligro (EN)**

Un taxón está En Peligro cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios A a E para En Peligro (ver criterios en [http://www.iucnredlist.org/static/categories\\_criteria\\_3\\_1](http://www.iucnredlist.org/static/categories_criteria_3_1)), y lo que se considera que se está enfrentando a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.

##### **Vulnerable (VU)**

Un taxón es Vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios A a E para Vulnerable (ver criterios en [http://www.iucnredlist.org/static/categories\\_criteria\\_3\\_1](http://www.iucnredlist.org/static/categories_criteria_3_1)), y lo que se considera que se está enfrentando un alto riesgo de extinción en estado silvestre.

##### **Casi Amenazado (NT)**

Un taxón está Casi Amenazado cuando ha sido evaluado según los criterios pero no califica para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable ahora, pero está cerca de la calificación o con posibilidad de calificarse para una categoría de amenaza en un futuro próximo.

**Preocupación Menor (IC)**

Un taxón se considera de Preocupación Menor cuando, habiendo sido evaluado según los criterios y no pueden acogerse a En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. Taxones ampliamente distribuidos se incluyen en esta categoría.

**Datos Insuficientes (DD)**

Un taxón es Datos Insuficientes cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación directa o indirecta, de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o situación de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado, y su biología ser bien conocida, pero los datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución faltan. Datos Insuficientes no es por tanto una categoría de amenaza.

**No evaluado (NE)**

Un taxón se considera No Evaluado cuando está aún no ha sido evaluado según los criterios.

Fuente: [http://www.iucnedlist.org/apps/redlist/static/categorias\\_criterios\\_3\\_1](http://www.iucnedlist.org/apps/redlist/static/categorias_criterios_3_1), 2012.

#### Anexo 4. Plantas más comunes de la provincia de Santa Cruz

<i>Ade smia vo lk manni</i>	ma nuel cho ique
<i>Nard ophyllum ob tusifo lium</i>	ma ta to rida
<i>Ac ae na mage llanica</i>	c adillo-ac ae na
<i>Ac antho lippia se niphio ide s</i>	to millo
<i>Alstro e me ria pa ta go nic a</i>	a manc ay liuto , a manc ay del de sie rto
<i>Ana rthro phyllum de side ra tum</i>	na tíva o ma men tal
<i>Ana rthro phyllum rig idum</i>	ma ta guan aco
<i>Atrip le x la mpa</i>	zampa
<i>Bac cha ris mage llanica</i>	mo sa iqu illo , hua utro ras tre ro
<i>Be rbe ris mic ro phylla</i>	c ala fa te
<i>Bro mus se tifo lius</i>	ce badilla pa ta go nic a
<i>Cal ce ola ria poly rhi za</i>	flor de pa títo
<i>Cal ce ola ria un iflo ra</i>	ta qui to de re ina , za pa títo de la vir gen
<i>Car du us nutans</i>	c ar do
<i>Chu qui ra ga au re a</i>	qu ilim bai
<i>Chu qui ra ga ave llane dae</i>	qu ile mb ai
<i>Co do no rchis le sso nü</i>	pa lo mi ta
<i>Col lig ua ja in te ge ri ma</i>	du ra zn illo
<i>Con da lia mic ro phylla</i>	pi qu illin
<i>Em bo thri um coc cine um</i>	c irue lillo , no tro
<i>Em pe trum rub rum</i>	mu tilla
<i>Ep he dra oc hre ata</i>	so lu pe
<i>Fes tuc a ar ge ntina</i>	hue c ú
<i>Fes tuc a gra c illi ma</i>	c o iro n fue gu ino
<i>Fes tuc a pal le se ns</i>	c o iro n blan co
<i>Gr ande lia chi loe nsis</i>	me lo sa
<i>Gr ande lia chi loe nsis</i>	bo ton de oro

<i>Helic hrisum italicum</i>	siempre viva o borosa
<i>Hoffmanseggia glauca</i>	porotillo silvestre
<i>Hordeum spp</i>	cebadilla silvestre
<i>Hyalis argentea</i>	olivillo
<i>Jarava humilis</i>	coiron llama
<i>Juncus balticus</i>	junquillo
<i>Junellia azorellodes</i>	verbena
<i>Junellia tridens</i>	mata negra
<i>Lepidophyllum cupressifolium</i>	mata verde
<i>Lycium ameghinoi</i>	llaollín
<i>Lycium chilense</i>	yao yin
<i>Maihuenia patagonica</i>	yerba del guanaco
<i>Maihueniopsis darwinii</i>	tuna
<i>Mammbium vulgare</i>	mambio
<i>Mulinum spinosum</i>	neneo
<i>Nassauvia globulosa</i>	colapiche
<i>Nothofagus antarctica</i>	ñire
<i>Nothofagus betuloides</i>	coihue de magallanes
<i>Nothofagus pumilio</i>	lenga
<i>Oxalis enneaphylla</i>	ojo de agua
<i>Phaiophleps biflora subsp. biflora</i>	campanita
<i>Philesia magellanica</i>	coicoicoihue-
<i>Pilgerodendron wiforium</i>	ciprés de la guaitecas
<i>Pilgerodendron wiforium</i>	ciprés de la guaitecas
<i>Poa ligularis</i>	coiron poa
<i>Prosopeastrum globosum</i>	barba de chivo
<i>Prosopestrum alpataco</i>	alpataco
<i>Schinus molle</i>	molle
<i>Senecio candidans</i>	oreja de cordero

<i>Senecio miser</i>	Senecio miser
<i>Stipa psylanta</i>	coiron amargo
<i>Suaeda divaricata</i>	jume, vidriera
<i>Taraxacum officinalis</i>	diente de leon
<i>Trevoa patagonica</i>	mal espina

## Anexo 5. Plantas endémicas en la Lista Roja de la provincia de Santa Cruz

Categoría 4: Plantas restringidas a una sola provincia política, o con áreas reducidas compartidas por dos o más provincias políticas contiguas.

<i>Acacena confertiflora</i>	<i>Delphinophytum patagonicum</i>
<i>Adeimia ameghinoi</i>	<i>Descurainia nana Romanczuk</i>
<i>Adeimia graiminidea</i>	<i>Erigeron imbricatus Vieh.</i>
<i>Astragalus ameghinoi</i>	<i>Fabiana foliosa</i>
<i>Astragalus austroargentinus</i>	<i>Fabiana nana</i>
<i>Astragalus chubutensis</i>	<i>Gymnocalyx gibbosus</i>
<i>Astragalus neoburkartianus</i>	<i>Hordeum parodi Cova</i>
<i>Atriplex ameghinoi</i>	<i>Hypochaeris chubutensis</i>
<i>Atriplex patagonica</i>	<i>Hypochaeris patagonica</i>
<i>Benthameia longifolia</i>	<i>Jarava subplumosa</i>
<i>Benthameia skottsbergii</i>	<i>Junelia azoreloides</i>
<i>Benthameia sorianoi</i>	<i>Junelia ligustrina</i>
<i>Benthameia spegazziniana</i>	<i>Koeleria vurlonensis</i>
<i>Brachyladosea spitosus</i>	<i>Larrea ameghinoi</i>
<i>Carex patagonica</i>	<i>Leucheria riocephala</i>
<i>Carex subfuegiensis</i>	<i>Lycium ameghinoi</i>
<i>Cheopodium oblanceolatum</i>	<i>Moscopsis ameghinoi</i>
<i>Cheopodium parodi</i>	<i>Mostacillastrum ameghinoi</i>
<i>Chilocardium onuidifolium</i>	<i>Mulinum halli Skottsberg</i>
<i>Chilocardium patagonicum</i>	<i>Nassauvia ameghinoi</i>
<i>Chuquiraga morenonis</i>	<i>Nassauvia argyrophylla</i>

*Nassauvia pentacae noides*  
*Nesparton patagonicum*  
*Nicotiana acaulis*  
*Nicotiana ameghinoi*  
*Oenothera rivadaviae*  
*Pappostipa chubutensis*  
*Pappostipa soriai*  
*Petunia patagonica*  
*Plantago correae*  
*Polygala desiderata*  
*Polygala hickeniana*  
*Polygala sabuletohum*  
*Pterygiosperma tehuelches*  
*Pycnophyllopsis muscosa*  
*Senecio boeckei*  
*Senecio queensei*  
*Silene filifolia*  
*Sphaerolobea tehuelches*  
*Symphotrichum patagonicum*  
*Trophaea strum patagonicum*

Categoría 5: Plantas de distribución restringida (como 4) pero con poblaciones escasas o sobre las que se presume que puedan actuar uno o más factores de amenaza (destrucción de hábitat, sobre explotación, invasiones biológicas, etc.).

<i>Ade smia australis</i>	<i>Pappostipa arenicola</i>
<i>Ade smia karaike nsis</i>	<i>Polygala oedipus</i>
<i>Ade smia ruizle ali</i>	<i>Polygala patagonica</i>
<i>Ade smia silvestrii</i>	<i>Polygala santacruzensis</i>
<i>Ade smia suffocata</i>	<i>Sarcodra ba karaike nsis</i>
<i>Ade smia te hue lcha</i>	<i>Sarcodra ba subte ranea</i>
<i>Atriplex braunii</i>	<i>Senecio australandinus</i>
<i>Atriplex frigida</i>	<i>Senecio chrysanthemum</i>
<i>Benthame lla pycnophylloides</i>	<i>Senecio cryptocephalus</i>
<i>Carex duse nii</i>	<i>Senecio desideratus</i>
<i>Carex nelmesiana</i>	<i>Senecio julianus</i>
<i>Cra ssula minutissima</i>	<i>Senecio pelque nsis</i>
<i>Grabowskia megalosperma</i>	<i>Tichotolinum deserticola</i>
<i>Lepidium santacruzensis</i>	<i>Viola auricolor</i>
<i>Lycium pubitubum</i>	<i>Xerodra ba lycopodioides</i>
<i>Lycium repens</i>	<i>Xerodra ba monantha</i>
<i>Nassauvia sc eptrum</i>	<i>Xerodra ba pycnophylloides</i>
<i>Neobaclea crispifolia</i>	
<i>Nitrophila australis</i>	
<i>Olsynium filifolium</i>	



## Anexo 6. Plantas con Valor de uso de la provincia de Santa Cruz

Especie	Nombre común	Valor de uso
<i>Alstroemeria patagonica</i>	amancay del desierto	o mamental
<i>Berberis microphylla</i>	c alafate	c ome stible, tintó rea, medic inal y le ña te ra.
<i>Chuquiraga aurea</i>	quilimbai	medic inal y o mamental
<i>Grindeia chilensis</i>	boton de oro	medic inal y o mamental
<i>Junellia tridens</i>	mata negra	arom ática
<i>Lycium chilense</i>	ya o yin	fo raje ra, le ña te ra, c ome stible y tintó rea.
<i>Lycium ameghinoi</i>	lla o llín	fo raje ra
<i>Maihuenia patagonica</i>	yerba del guanaco	medic inal y c ome stible
<i>Mulinum spinosum</i>	neneo	medic inal
<i>Senecio filaginoides</i>	charao	o mamental, arom ática, medic inal
<i>Senecio miser</i>	Senecio miser	o mamental
<i>Oxalis enneaphylla</i>	ojo de agua	o mamental
<i>Phaiopleps biflora</i>	campanita	o mamental
<i>Adesmia volckmanni</i>	manuelchoique	le ñe ra
<i>Sc hinus sp.</i>	molle	La resina obtenida de su madera fue utilizada por los Tehuelches para la fabricación del “mastic”, que sirvió de pegamento para unir los hastiles a las puntas de flecha.

## Anexo 7. Mamíferos más relevantes de la provincia de Santa Cruz

<i>Especie</i>	Nombre común	Estado de conservación	Origen	tratados internacionales
<i>Abrothrix longipilis</i>	ratón de pelos largos	LC	autoctona	
<i>Abrothrix olivaceus</i>	ratón oliváceo	DD	autoctona	
<i>Akodon iniscatus</i>	ratón patagónico	NT	autoctona	
<i>Arctocephalus australis</i>	lobo fino -lobo de dos pelos	LC	autoctona	CMSII y CITESII
<i>Bos taurus</i>	vacacimarrona		exótica	
<i>Calomys musculinus</i>	lucha bimaculada Vesper Mouse	LC	autoctona	
<i>Canis familiaris</i>	perro		exótica	
<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	tonina oveja	LC	autoctona	CITESII
<i>Chaeophrac tus vellosus</i>	piche llorón, quinquinchucho	LC	autoctona	
<i>Chaeophrac tus villosus</i>	quinquinchucho grande - peludo	LC	autoctona	
<i>Chelomys macronyx</i>	ratón topo grande	LC	autoctona	
<i>Conepatus humboldtii</i>	zorro patagónico	NT	autoctona	CITESII
<i>Conepatus patagonicus</i>	zorro		autoctona	
<i>Ctenomys colubini</i>	tucotuco ventrillanco	EN	<b>endémica</b>	
<i>Ctenomys magellanicus</i>	tucotuco magallánico	NT	autoctona	
<i>Dolichotis patagonum</i>	mara	VU	autoctona	
<i>Eligmodontia typus</i>	lucha colilarga baya, lucha sedosa pampeana	LC	<b>endémica</b>	
<i>Equus caballus</i>	caballo		exótica	
<i>Eubalaena australis</i>	balea franca austral	VU	autoctona	CMSI y CITESI
<i>Euneomys chinchilloides</i>	rata sedosa fueguina, ratón peludo castaño	LC	autoctona	
<i>Galeotis cuya</i>	huón menor	NT	endémica	
<i>Geoxus valdivianus</i>	ratón topo pardo	LC	autoctona	
<i>Gracomys griseo flavus</i>	pericote común gray leafeared mouse	LC	autoctona	
<i>Hippocamelus bisulcus</i>	huemul	EN	autoctona	
<i>Histiopus montanus</i>	murciélago orejón chico small big-eared bat	LC	autoctona	
<i>Hydrurga leptonyx</i>	leopardo marino	DD	autoctona	
<i>Lagenorhynchus australis</i>	delfín austral, grisaceo blanco	LC	autoctona	CMSII y CITESII
<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	delfín oscuro	LC	autoctona	CMSII y CITESII

<i>Lagidium wolffsohni</i>	c hinc hillón anaranjado	EN	endemic a	
<i>Lama guanicoe</i>	guanaco	NT	auto c to na	C TIES II
<i>Lasiurus varius</i>	murcié lago peludo rojo	DD	auto c to na	
<i>Lepus europaeus</i>	liebre europea		e xo tíc a	
<i>Lagidium wolffsohni</i>	c hinc hillón anaranjado		<b>endemic a</b>	
<i>Leptodelphis halli</i>	c o madre jita patagónica	VU	<b>endemic a</b>	
<i>Loxodontomys microps</i>	pericote patagónico	LC	auto c to na	
<i>Lynx baileyi</i>	gato del pajonal	VU	auto c to na	
<i>Lynx oregonus</i>	huroncito patagónico	NT	auto c to na	
<i>Microcavia australis</i>	c uis chico	LC	auto c to na	
<i>Mirounga leonina</i>	e lefante marino del sur	LC	auto c to na	C TIES II
<i>Myotis chilensis</i>	murciélaguito de Chile	LC	auto c to na	
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	c o lila rgo común - c o lila rgo patagónico	LC	auto c to na	
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	c onejo de castilla		e xo tíc a	
<i>Orcinus orca</i>	orca	LC	auto c to na	C MS II y C TIES II
<i>Oncifelis geoffroyi</i>	gato montés	NT	auto c to na	C TIES I
<i>Oncifelis guigna</i>	huíña	VU	auto c to na	
<i>Otaria flavescens</i>	lobo marino de un pelo ó león marino	LC	auto c to na	C MS II
<i>Ovis aries</i>	oveja		e xo tíc a	
<i>Phyllotis darwini</i>	pericote andino		auto c to na	
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	pericote panza gris-pericote patagónico	LC	auto c to na	
<i>Pseudalopex culpaeus</i>	zorro colorado	NT	auto c to na	C TIES II
<i>Pseudalopex gymnocercus</i>	zorro gris chico, zorro pampa	LC	auto c to na	C TIES II
<i>Pseudalopex sp.</i>			auto c to na	
<i>Puma concolor</i>	puma	NT	auto c to na	C TIES II
<i>Reithrodon auritus</i>	rata conejo	LC	auto c to na	
<i>Sus scrofa</i>	jabalí europeo		e xo tíc a	
<i>Tasmacetus shepherdi</i>	tasmaceto	DD	auto c to na	C TIES II
<i>Zedyus pichiy</i>	piche patagónico	LC	auto c to na	
<i>Dusicyon gneseus</i>	zorro pampa - zorro gris patagónico	LC	auto c to na	C TIES II
<i>Dusicyon culpaeus</i>	zorro colorado - culpeo	NT	auto c to na	C TIES II
<i>Tadarida brasiliensis</i>	moloso común	LC	auto c to na	

## Anexo 8. Reptiles más comunes de la provincia de Santa Cruz

Especie	Nombre común	Estado de conservación	Origen
<i>Bothrops ammodytoides</i>	Vibora-Yarará ñata	NA	autóctona
<i>Diplolaemus bibronii</i>	matuasto	IC	autóctona
<i>Diplolaemus darwini</i>	kamter-kirké-matuasto	IC	autóctona
<i>Homonota darwini</i>	geko austral	NA	autóctona
<i>Leio saurus bellii</i>	matuasto de Bell	NA	endémica
<i>Liolae mus archeforus</i>	Lagartija primitiva	IC	autóctona
<i>Liolae mus bibronii</i>	lagartija de Bibron	NA	autóctona
<i>Liolae mus bouleengeri</i>	Lagartija de Boulenger, Lagartija ocelada	NA	autóctona
<i>Liolae mus escarchadosi</i>	Lagartija escarchada	IC	autóctona
<i>Liolae mus fitzgeraldi</i>	Lagartija del Aconcagua	IC	autóctona
<i>Liolae mus gallardoi</i>	Lagartija amarilla y engra	IC	autóctona
<i>Liolae mus gracilis</i>	Lagartija grácil	NA	autóctona
<i>Liolae mus hatchei</i>	Lagartija espinosa estriada	IC	endémica del PN perito Moreno
<i>Liolae mus kingii</i>	lagartija de las rocas patagónica		autóctona
<i>Liolae mus lineomaculatus</i>	Lagartija de tres líneas	IC	autóctona
<i>Liolae mus periglacialis</i>	lagartija periglacial	R	endémica del PN perito Moreno
<i>Micrurus phymocryptus</i>	coral	sin datos	autóctona
<i>Vilunia periglacialis</i>	lagarto - lagartija	sin datos	endémica del PN perito Moreno

IC: Insuficientemente conocida. NA: No amenazada

### Anexo 9. Anfibios más comunes de la provincia de Santa Cruz

Especie	Nombre común	Estado de conservación	Origen
<i>Alsodes australis</i>		IC	autóctona
<i>Alsodes gargola</i>	rana palmada de aroyo	NA	autóctona
<i>Alsodes monticola</i>	rana de aroyo	NA	autóctona
<i>Nannophryne variegata</i>	sapito de tres rayas	NA	autóctona
<i>Pleurodema bufoninum</i>	rana esteparia	NA	autóctona
IC: Insuficientemente conocida. NA: No amenazada			

### Anexo 10. Peces más comunes de la provincia de Santa Cruz

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>origen</b>
<i>Aplochiton taeniatus</i>	peladilla	autóctona
<i>Aplochiton taeniatus</i>	peladilla	autóctona
<i>Diplomystes viduensis</i>	bagre aterciopelado	autóctona
<i>Galaxias maculatus</i>	puyen	autóctona
<i>Galaxias platei</i>	puyén grande	autóctona
<i>Odontesthes hatcheri</i>	peje ney patagónico	autóctona
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	trucha arcoiris	exótica
<i>Percichthys trucha</i>	perca-perca o trucha criolla	autóctona
<i>Percichthys vinciguemai</i>	perca-perca criolla- trucha criolla	autóctona
<i>Salvelinus namaycush</i>	trucha de lago	exótica
<i>Sprattus fueguensis</i>	sardina fueguina	autóctona

### Anexo 11. Reducción de emisiones

<b>Reducción de emisiones (2014-2033) aportadas por la operación de parque eólicos a instalarse en la provincia de Santa Cruz</b>							
<b>Estación meteorológica cercana</b>	<b>Proyecto Parque Eólico</b>	<b>Potencia a instalarse (MW)</b>	<b>Factor de capacidad</b>	<b>Generación anual (MWh/año)</b>	<b>Factor de emisiones de la red (tonCO2/MWh)</b>	<b>Reducción de emisiones (tonCO2/año)</b>	<b>CEEs</b>
					<b>2014</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,675	241250,4	241250,4
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,675	226172,3	226172,3
Puerto Deseado	Saraí	300	0,51	1340280	0,675	904689,0	904689,0
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,675	1809378,0	1809378,0
Perito Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,675	144868,5	144868,5
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,675	313625,5	313625,5
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,675	60312,6	60312,6
Perito Moreno	Vientos Argentinos-Saraí	300	0,49	1287720	0,675	869211,0	869211,0
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,675	904689,0	904689,0
Puerto Deseado	Caleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,675	9046,9	9046,9
						<b>5483243,2</b>	

					<b>2015</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,669	239106,0	239106,0
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,669	224161,8	224161,8
Puerto Deseado	Saraí	300	0,51	1340280	0,669	896647,3	896647,3
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,669	1793294,6	1793294,6
Perito Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,669	143580,8	143580,8
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,669	310837,7	310837,7
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,669	59776,5	59776,5

Peñón Moreno	Vientos Argentinos-Saraí	300	0,49	1287720	0,669	861484,7	861484,7
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,669	896647,3	896647,3
Puerto Deseado	Calleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,669	8966,5	8966,5
						<b>5434503,2</b>	

					<b>2016</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,658	235174,5	235174,5
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,658	220476,1	220476,1
Puerto Deseado	Saraí	300	0,51	1340280	0,658	881904,2	881904,2
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,658	1763808,5	1763808,5
Peñón Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,658	141220,0	141220,0
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,658	305726,8	305726,8
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,658	58793,6	58793,6
Peñón Moreno	Vientos Argentinos-Saraí	300	0,49	1287720	0,658	847319,8	847319,8
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,658	881904,2	881904,2
Puerto Deseado	Calleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,658	8819,0	8819,0
						<b>5345146,7</b>	

					<b>2017</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,653	233387,4	233387,4
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,653	218800,7	218800,7
Puerto Deseado	Saraí	300	0,51	1340280	0,653	875202,8	875202,8
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,653	1750405,7	1750405,7
Peñón Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,653	140146,9	140146,9
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,653	303403,7	303403,7
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,653	58346,9	58346,9
Peñón Moreno	Vientos Argentinos-Saraí	300	0,49	1287720	0,653	840881,2	840881,2
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,653	875202,8	875202,8
Puerto Deseado	Calleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,653	8752,0	8752,0



					<b>5304530,0</b>	
--	--	--	--	--	------------------	--

					<b>2018</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,665	237676,3	237676,3
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,665	222821,6	222821,6
Puerto Deseado	Sara í	300	0,51	1340280	0,665	891286,2	891286,2
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,665	1782572,4	1782572,4
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,665	142722,3	142722,3
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,665	308979,2	308979,2
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,665	59419,1	59419,1
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Sara í	300	0,49	1287720	0,665	856333,8	856333,8
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,665	891286,2	891286,2
Puerto Deseado	Caleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,665	8912,9	8912,9
						<b>5402009,9</b>	

					<b>2019</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,670	239463,4	239463,4
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,670	224496,9	224496,9
Puerto Deseado	Sara í	300	0,51	1340280	0,670	897987,6	897987,6
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,670	1795975,2	1795975,2
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,670	143795,4	143795,4
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,670	311302,4	311302,4
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,670	59865,8	59865,8
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Sara í	300	0,49	1287720	0,670	862772,4	862772,4
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,670	897987,6	897987,6
Puerto Deseado	Caleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,670	8979,9	8979,9
						<b>5442626,5</b>	

					<b>2020</b>	
--	--	--	--	--	-------------	--

San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,676	241607,8	241607,8
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,676	226507,3	226507,3
Puerto Deseado	Sara í	300	0,51	1340280	0,676	906029,3	906029,3
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,676	1812058,6	1812058,6
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,676	145083,1	145083,1
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,676	314090,2	314090,2
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,676	60402,0	60402,0
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Sara í	300	0,49	1287720	0,676	870498,7	870498,7
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,676	906029,3	906029,3
Puerto Deseado	Caleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,676	9060,3	9060,3
						<b>5491366,5</b>	

					<b>2021</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,681	243394,8	243394,8
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,681	228182,7	228182,7
Puerto Deseado	Sara í	300	0,51	1340280	0,681	912730,7	912730,7
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,681	1825461,4	1825461,4
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,681	146156,2	146156,2
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,681	316413,3	316413,3
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,681	60848,7	60848,7
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Sara í	300	0,49	1287720	0,681	876937,3	876937,3
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,681	912730,7	912730,7
Puerto Deseado	Caleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,681	9127,3	9127,3
						<b>5531983,1</b>	

					<b>2022</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,693	247683,7	247683,7
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,693	232203,5	232203,5
Puerto Deseado	Sara í	300	0,51	1340280	0,693	928814,0	928814,0

Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,693	1857628,1	1857628,1
Peñito Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,693	148731,7	148731,7
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,693	321988,9	321988,9
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,693	61920,9	61920,9
Peñito Moreno	Vientos Argentinos-Saraí	300	0,49	1287720	0,693	892390,0	892390,0
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,693	928814,0	928814,0
Puerto Deseado	Calleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,693	9288,1	9288,1
						<b>5629463,0</b>	

					<b>2023</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,693	247683,7	247683,7
Puerto Deseado	Koluelkaike I y II	75	0,51	335070	0,693	232203,5	232203,5
Puerto Deseado	Saraí	300	0,51	1340280	0,693	928814,0	928814,0
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,693	1857628,1	1857628,1
Peñito Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,693	148731,7	148731,7
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,693	321988,9	321988,9
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,693	61920,9	61920,9
Peñito Moreno	Vientos Argentinos-Saraí	300	0,49	1287720	0,693	892390,0	892390,0
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,693	928814,0	928814,0
Puerto Deseado	Calleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,693	9288,1	9288,1
						<b>5629463,0</b>	

					<b>2024</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,694	248041,2	248041,2
Puerto Deseado	Koluelkaike I y II	75	0,51	335070	0,694	232538,6	232538,6
Puerto Deseado	Saraí	300	0,51	1340280	0,694	930154,3	930154,3
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,694	1860308,6	1860308,6
Peñito Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,694	148946,3	148946,3
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,694	322453,5	322453,5

Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,694	62010,3	62010,3
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Saraí	300	0,49	1287720	0,694	893677,7	893677,7
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,694	930154,3	930154,3
Puerto Deseado	Caleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,694	9301,5	9301,5
						<b>5637586,3</b>	

					<b>2025</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,695	248398,6	248398,6
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,695	232873,7	232873,7
Puerto Deseado	Saraí	300	0,51	1340280	0,695	931494,6	931494,6
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,695	1862989,2	1862989,2
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,695	149160,9	149160,9
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,695	322918,1	322918,1
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,695	62099,6	62099,6
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Saraí	300	0,49	1287720	0,695	894965,4	894965,4
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,695	931494,6	931494,6
Puerto Deseado	Caleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,695	9314,9	9314,9
						<b>5645709,6</b>	

					<b>2026</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,695	248398,6	248398,6
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,695	232873,7	232873,7
Puerto Deseado	Saraí	300	0,51	1340280	0,695	931494,6	931494,6
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,695	1862989,2	1862989,2
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,695	149160,9	149160,9
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,695	322918,1	322918,1
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,695	62099,6	62099,6
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Saraí	300	0,49	1287720	0,695	894965,4	894965,4
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,695	931494,6	931494,6

Puerto Deseado	Caleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,695	9314,9	9314,9
						<b>5645709,6</b>	

					<b>2027</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,703	251257,8	251257,8
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,703	235554,2	235554,2
Puerto Deseado	Sara í	300	0,51	1340280	0,703	942216,8	942216,8
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,703	1884433,7	1884433,7
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,703	150877,9	150877,9
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,703	326635,2	326635,2
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,703	62814,5	62814,5
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Sara í	300	0,49	1287720	0,703	905267,2	905267,2
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,703	942216,8	942216,8
Puerto Deseado	Caleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,703	9422,2	9422,2
						<b>5710696,2</b>	

					<b>2028</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,703	251257,8	251257,8
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,703	235554,2	235554,2
Puerto Deseado	Sara í	300	0,51	1340280	0,703	942216,8	942216,8
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,703	1884433,7	1884433,7
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,703	150877,9	150877,9
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,703	326635,2	326635,2
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,703	62814,5	62814,5
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Sara í	300	0,49	1287720	0,703	905267,2	905267,2
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,703	942216,8	942216,8
Puerto Deseado	Caleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,703	9422,2	9422,2
						<b>5710696,2</b>	

					2029		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,704	251615,2	251615,2
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,704	235889,3	235889,3
Puerto Deseado	Sara í	300	0,51	1340280	0,704	943557,1	943557,1
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,704	1887114,2	1887114,2
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,704	151092,5	151092,5
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,704	327099,8	327099,8
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,704	62903,8	62903,8
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Sara í	300	0,49	1287720	0,704	906554,9	906554,9
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,704	943557,1	943557,1
Puerto Deseado	Calleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,704	9435,6	9435,6
						<b>5718819,5</b>	

					2030		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,704	251615,2	251615,2
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,704	235889,3	235889,3
Puerto Deseado	Sara í	300	0,51	1340280	0,704	943557,1	943557,1
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,704	1887114,2	1887114,2
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,704	151092,5	151092,5
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,704	327099,8	327099,8
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,704	62903,8	62903,8
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Sara í	300	0,49	1287720	0,704	906554,9	906554,9
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,704	943557,1	943557,1
Puerto Deseado	Calleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,704	9435,6	9435,6
						<b>5718819,5</b>	

					2031		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,704	251615,2	251615,2
Puerto Deseado	Ko luel Ka ike I y II	75	0,51	335070	0,704	235889,3	235889,3

Puerto Deseado	Saraí	300	0,51	1340280	0,704	943557,1	943557,1
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,704	1887114,2	1887114,2
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,704	151092,5	151092,5
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,704	327099,8	327099,8
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,704	62903,8	62903,8
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Saraí	300	0,49	1287720	0,704	906554,9	906554,9
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,704	943557,1	943557,1
Puerto Deseado	Calleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,704	9435,6	9435,6
						<b>5718819,5</b>	

					<b>2032</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,704	251615,2	251615,2
Puerto Deseado	Koluelkaíke I y II	75	0,51	335070	0,704	235889,3	235889,3
Puerto Deseado	Saraí	300	0,51	1340280	0,704	943557,1	943557,1
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,704	1887114,2	1887114,2
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,704	151092,5	151092,5
Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,704	327099,8	327099,8
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,704	62903,8	62903,8
Peñto Moreno	Vientos Argentinos-Saraí	300	0,49	1287720	0,704	906554,9	906554,9
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,704	943557,1	943557,1
Puerto Deseado	Calleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,704	9435,6	9435,6
						<b>5718819,5</b>	

					<b>2033</b>		
San Julián	Piedra Buena I y II	80	0,51	357408	0,704	251615,2	251615,2
Puerto Deseado	Koluelkaíke I y II	75	0,51	335070	0,704	235889,3	235889,3
Puerto Deseado	Saraí	300	0,51	1340280	0,704	943557,1	943557,1
Puerto Deseado	La Deseada	600	0,51	2680560	0,704	1887114,2	1887114,2
Peñto Moreno	Las Heras	50	0,49	214620	0,704	151092,5	151092,5

Puerto Deseado	Pico Truncado	104	0,51	464630,4	0,704	327099,8	327099,8
Puerto Deseado	Milenio	20	0,51	89352	0,704	62903,8	62903,8
Puerto Moreno	Vientos Argentinos-Saraí	300	0,49	1287720	0,704	906554,9	906554,9
Puerto Deseado	Puerto Deseado	300	0,51	1340280	0,704	943557,1	943557,1
Puerto Deseado	Caleta Olivia	3	0,51	13402,8	0,704	9435,6	9435,6
		<b>1832</b>				<b>5718819,5</b>	

*Se estima que la generación de energía a partir del viento en la provincia de Santa Cruz permitirá reducir alrededor de 111.638.830 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en un período de 20 años. De esta manera se obtendrán 111.638.830 CERs requiriendo una inversión de 4,6 millones de dólares para los 1832 MW a instalarse.*



## Referencias Bibliográficas

- A Bird's Eye View On Flyways, A Brief Tour By The Convention On The Conservation Of Migratory Species Of Wild Animals, 2012. Second Edition. UNEP-CMS.
- Acuerdo sobre la Conservación de Albatros y Petreles, 2012: <http://www.acap.aq/es/>, <http://www.acap.aq/es/especies-acap?id=12>.
- Agencia de Noticias Austral, Desocupación en Santa Cruz, 2012: <http://noticiaaustral.com/2012/02/06/la-desocupacion-en-santa-cruz-llego-al-38/>.
- AIP Argentina, 2008. Vuelos Migratorios De Aves, Zonas Con Fauna Sensible Y Control De Peligro Aviario. Dirección de tránsito aéreo.
- American Wind Energy Association, 2011: <http://www.awea.org/>.
- Apéndices I y II de la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS), 2012: [http://www.cms.int/documents/appendix/appendices\\_s.pdf](http://www.cms.int/documents/appendix/appendices_s.pdf).
- Barrios, L; Brande, D.; Rodríguez, A. Uso De Un Modelo De Interacción Entre Viento Y Relieve Para Entender La Mortalidad Del Buitre Leonado En Parques Eólicos. GreenSings S.L, Lafayette College, Easton (EEUU), Estación Biológica de Doñana (CSIC). Libro De Resúmenes I Congreso Ibérico Sobre Energía Eólica Y Conservación De La Fauna, Jerez, 12-14 enero 2012.
- Barrios, L and Rodríguez, A. 2004, Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. Journal of Applied Ecology, 41: 72–81. doi: 10.1111/j.

- Barros, Frumento, Camilloni y Rivero, 1997. Energía eólica. Parte 1: Descripción y evaluación.
- Bañuelos, R.; Camacho, García, S.; Morales, M. 2008. Análisis y Validación de Metodología Usada para la Obtención de perfiles de Velocidad de Viento.
- Beljansky, M., 2010. Informe Final Proyecto CE 0030/EN: Fuentes Renovables. Secretaría de energía, Grupo de planeamiento energético.
- Bird Life International Posición Global sobre el Cambio Climático, 2008: [http://www.birdlife.org/climate\\_change/pdfs/CambioClimtico.pdf](http://www.birdlife.org/climate_change/pdfs/CambioClimtico.pdf).
- Bustos, C., 2009. La temperatura media en Río Negro en un marco de Calentamiento global. Área de Investigación en Recursos Naturales. INTA EEA. Bariloche. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210932.pdf>.
- California Energy Commission, 2007. California Guidelines For Reducing Impacts To Birds And Bats From Wind Energy Development, Commission Final Report.
- Canevari, D. E, Blanco, E, Bucher, G. Castro e I Davison, 1998. Los humedales de La Argentina, Clasificación, situación actual, conservación y legislación. Wetlands Internacional, Publicación N° 46.
- Categorización de las aves de Argentina según su estado de conservación, Informe de aves Argentinas/AOP y la secretaría de ambiente y desarrollo sustentable, 2008: <http://www.avesargentinas.org.ar/12/conservacion/Categorizacion%20de%20las%20Aves%20de%20la%20Argentina%202008.pdf>, 2011.
- Censo Nacional De Hogares Y Viviendas 2010, 2012: [http://www.santacruz.gov.ar/dpeyc/pdfs/Censo2010/censo2010\\_resultados\\_provisionales.pdf](http://www.santacruz.gov.ar/dpeyc/pdfs/Censo2010/censo2010_resultados_provisionales.pdf).

- Ceme y Possia., 2004. Evolution of extratropical South American high-pressure system during a SACZ event. Meteorological Applications Vol. 11.pág.329-341.
- Chebez, J.C, 2005. Guía de las Reservas Naturales de la Argentina, Tomo 2 Patagonia Austral. Editorial Albatros.
- Cocconier, E, Aves Argentinas, 2006. Reporte Final De Aves Acuáticas En La Argentina, Asociación Ornitológica del Plata.
- Cocconier, E, Aves Argentinas, 2005. Reporte Final De Aves Acuáticas En La Argentina, Asociación Ornitológica del Plata.
- Condiciones geotécnicas de la provincia de Santa Cruz, 2012:  
<http://www.mineria.gov.ar/estudios/im/santacruz/ind-cgeog.asp>.
- Consejo Agrario de la provincia de Santa Cruz, 2012:  
<http://consejoagrario.santacruz.gov.ar/>.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, 2012:  
<http://www.cites.org/esp/disc/how.php>.
- Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres, 2012:  
[http://www.cms.int/documents/appendix/cms\\_app1\\_2.htm](http://www.cms.int/documents/appendix/cms_app1_2.htm).
- Corporación Financiera Internacional Grupo Del Banco Mundial, Abril de 2007. Guías Sobre Medio Ambiente, Salud Y Seguridad-Energía Eólica.
- Cúneo, N.R.; Panza, J. L 2008. El Bosque Petrificado De Madre E Hija, El parque jurásico de la Patagonia, Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. Buenos Aires. p. 781-789.

-Danish Wind Industry Association, 2012:  
[http://www.windpower.org/da/aktuel/aktuel\\_i\\_vindmoelleindustrien/news\\_q1\\_2011/vindmoelle\\_rskader\\_ikke\\_naboers\\_helbred.html](http://www.windpower.org/da/aktuel/aktuel_i_vindmoelleindustrien/news_q1_2011/vindmoelle_rskader_ikke_naboers_helbred.html)

-Darieu, C.A.; Campen, A.R.; Imberti, S.,2008. Avifauna (Non Passeriformes) of Santa Cruz province, Patagonia (Argentina): annotated list of species. Revista Museo Argentino Cienc. Nat., n11. s1. Buenos Aires, Argentina.

-Di Giacomo A. S. 2007. Áreas importantes para la conservación de las aves en Argentina. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad .Temas de Naturaleza y Conservación-Monografía de Aves Argentinas # 5. Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires.

-Díaz, M. A., 2009. Escenarios De Cambio Climático Y Aves En Argentina: Problemática Para Su Conservación. Programa Gestión Ambiental Antártica. En Libro Resúmenes Segundas Jornadas Interdisciplinarias De La Universidad De Buenos Aires Sobre Cambio Climático Y Global.

-English Nature RSPB, WWF-UK, BWEA, 2001. Wind farm development and nature conservation. A guidance document for nature conservation organizations and developers when consulting over wind farm proposals in England.

-Escenarios climáticos, 2012:  
[http://atlas.ambiente.gov.ar/tematicas/mt\\_01/pdfs/ME\\_07\\_%20Escenarios%20climaticos.pdf](http://atlas.ambiente.gov.ar/tematicas/mt_01/pdfs/ME_07_%20Escenarios%20climaticos.pdf)

-European Wind Energy Association, 2011: <http://www.ewe.a.org/>.

-Evaluación de Impacto Ambiental Parque Eólico Vientos Argentinos, 2012:

[http://www.intigob.ar/cirso/c/pdf/accion\\_viento/EIAPEVA\\_001\\_09\\_SOW.pdf](http://www.intigob.ar/cirso/c/pdf/accion_viento/EIAPEVA_001_09_SOW.pdf).

-Evaluación de Impacto Ambiental Parque Eólico Vientos Argentinos, 2012:

[http://www.intigob.ar/cirso/c/pdf/accion\\_viento/EIAPEVA\\_001\\_09\\_SOW.pdf](http://www.intigob.ar/cirso/c/pdf/accion_viento/EIAPEVA_001_09_SOW.pdf).

-Ferrari, S.; Sawcki, Z.; Abrieu, C.; Loekemeyer, N.; Gigli, S. y Bucher Enrique, 2008. Manejo y Conservación de Aves Playeras Migratorias en Argentina: Experiencias Locales en Cuatro Sitios de la Red Hemisférica de reservas para Aves playeras (RHRAP).

-Ferro, L; Morales, S; Wilvers, N. 2004, Educando con las plantas nativas de la estepa patagónica. Educación ambiental. Esquel, Chubut.

-Formulario para el Programa de Actividades MDL  
[http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/OAMDI/file/1212\\_poa\\_energia\\_eolica\\_wpd\\_esp.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/OAMDI/file/1212_poa_energia_eolica_wpd_esp.pdf), 2012.

-Forman, R. T y M. Godron, 1986. Landscape Ecology. John Wiley and Sons, Nueva York, EUA, 619 pp.

-García, C; Benimeli, M.; Sastre, J. Implantación De Medidas Correctoras Para Mitigar La Afección De Un Parque Eólico Sobre Una Especie Amenazada. Ingeniería Multidisciplinar EMIN S.L Libro De Resúmenes I Congreso Ibérico Sobre Energía Eólica Y Conservación De La Fauna, Jerez, 12-14 enero 2012.

-Geuna, S. E; Escosteguy, LD, 2008. El valle del río Pinturas. La Cueva de las Manos, Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. Buenos Aires. p. 771 – 780.

-Global Wind Energy Council, 2011:  
<http://www.gwec.net/index.php?id=141&L=0%EF%BF%BD%27>.

-Global Wind Energy Council, 2012:  
<http://www.gwec.net/index.php?id=144>, <http://www.gwec.net>.

-Graham R. Un paso más para comprender las colisiones de las aves: a vista de pájaro. Centre for Ornithology, University of Birmingham, UK  
Libro De Resúmenes I Congreso Ibérico Sobre Energía Eólica Y Conservación De La Fauna, Jerez, 12-14 enero 2012.

-Hobbs, J. Lindesay J. y Bridgman H.; 1998: Climates of the Southern Continents, Present, Past and Future. Wiley Editorial. 300 pag.

-Informe redactado por BirdLife International en nombre de la Convención de Bema 2003., 2008: <http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Wind-climate-fact-sheet-low-res.pdf>.

-Informe anual 2012, CAMMESA  
<http://portalweb.cammesa.com/memnet1/Pages/descargas.aspx>, 2013.

-Jiang Ying & Yong Luo & Zongci Zhao & Shuwang Tao, 2010. Changes in wind speed over China during 1956–2004. Theor Appl Climatol 99:421–430 DOI 10.1007/s00704-009-0152-7.

-Latin American Wind Energy, 2005: [www.lawea.org](http://www.lawea.org)

-Lekuona J.M., Abril de 2001. Uso Del Espacio Por La Avifauna Y Control De La Mortalidad De Aves Y Murciélagos En Los Parques Eólicos De Navarra Durante Un Ciclo Anual. Dirección General de Medio Ambiente, Gobierno de Navarra.

-Libro Rojo de los Mamíferos Amenazados de la Argentina. 2000., 2012:  
<http://www.sib.gov.ar/#>.

-Lizarralde, Z; Ferrari, S; Pittaluga, S; Albrieu, C., 2010. Seasonal Abundance And Trophic Ecology Of The Hudsonian Godwit (*Limosa Haemastica*) At Río Gallegos Estuary (Patagonia, Argentina). The Neotropical Ornithological Society. ORNITHOLOGIA NEOTROPICAL 21: 283–294.

-Lista Roja Preliminar de las Plantas Endémicas de la Argentina, 2012:  
<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/CCB/file/Reso%2084-10%20Listas%20Rojas%20Flora.pdf>.

-Lugo, A., Octubre de 2001.El manejo de la biodiversidad en el siglo XXI,  
VOL 26 N° 10, 2012:  
[http://www.fs.fed.us/global/itf/pubs/ja\\_itf\\_2001\\_lugo001.pdf](http://www.fs.fed.us/global/itf/pubs/ja_itf_2001_lugo001.pdf).

-Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales 2010, 2012:  
<http://www.ramsar.org/>.

-Mapas descriptivos, Suelos y Ambientes de la República Argentina, 2012. <http://www.inta.gov.ar/info/mapas.htm>.

-Martín, G. R., Un Paso Más Para Comprender Las Colisiones De Las Aves: A Vista De Pájaro Centre For Ornithology, University Of Birmingham, UK Libro De Resúmenes I Congreso Ibérico Sobre Energía Eólica Y Conservación De La Fauna, Jerez, 12-14 enero 2012.

-Mateos M.; Arroyo G. M.; Alonso, J.J., Modelización De Riesgo De Colisión De Las Aves Con Los Parques Eólicos Marinos Universidad de Cádiz, Fundación Migres. Libro De Resúmenes I Congreso Ibérico Sobre Energía Eólica Y Conservación De La Fauna, Jerez, 12-14 enero 2012.

-Mateos, M.; Muñoz, A.R.; Arroyo G. M., 2012. Valoración De Los Efectos De Los Parques Eólicos Marinos y Necesidades De Planificar Su Futuro Desarrollo En España. *Ardeola* 59(2), 2012, pp.217-236 Cádiz, España.

-Medio Ambiente Socioeconómico De La Provincia De Santa Cruz, 2012: <http://www.mine ria.gov.ar/estudio s/im/santa cruz/z-7-8.asp>.

-Medio Ambiente Socioeconómico De La Provincia Chubut, 2012: <http://www.mine ria.gov.ar/estudio s/im/chubut/u-7ind.asp>.

-Ministerio De Ambiente Y Control Del Desarrollo Sustentable Chubut, 2012: <http://organismo s.chubut.gov.ar/ambiente/2012/03/28/impac to-ambiental-de-obras-viales-y-parques-eolicos>.

-Moragues, J. A.; Rapallini, A.T, 2012. Aspectos Ambientales De La Energía Eólica. <http://www.iae.org.ar/renovables/renovables60.pdf>, 2012.

-National Wind Coordinating Committe (NWCC), 1999. Studying Wind Energy/Bird Interactions: A Guidance Document Metrics And Methods For Determining Or Monitoring Potential Impacts On Birds At Existing And Proposed Wind Energy Sites: [www.nationalwind.org](http://www.nationalwind.org).

-National Wind Coordinating Collaborative, 2011: <http://www.nationalwind.org>.

-Oliva, R., Mayo de 2008, Estudio Exploratorio: “Energía Eólica Para Puerto San Julián”. Informe Final para Fundación Agencia de Desarrollo de Puerto San Julián.

-Otero, F. Ceme, B y Campetella, C., 2012. Análisis Preliminar del Viento en San Julián. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera. Buenos Aires, Argentina.



-Palese C y Lassig, J. L, 2012. Variabilidad De La Velocidad Del Viento En Neuquén. Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería, Neuquén, Argentina.

-Panorama de la Energía Eólica en la Argentina, 2012:  
<http://www.argentinaeolica.org.ar/portal/images/stories/Anuario%20E&N.pdf>.

-Plantas Endémicas de la Argentina, 2012: <http://www.lista-planear.org/index.php?item=especie>.

-Parque eólico Caleta Olivia, 2012:  
[http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/cambio\\_climatico/oa\\_md/estado\\_proyectos/pin25.pdf](http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/cambio_climatico/oa_md/estado_proyectos/pin25.pdf).

-Parque eólico Caleta Olivia, 2012:  
[http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/cambio\\_climatico/oa\\_md/estado\\_proyectos/fip25.pdf](http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/cambio_climatico/oa_md/estado_proyectos/fip25.pdf).

-Población por departamento de la Provincia de Santa Cruz, 2012: <http://www.sig.indec.gov.ar/censo2010>.

-Portal de noticias. Ley nacional 23302 de Protección a las Comunidades Aborígenes. <http://www.telam.com.ar/nota/869/>, 2012.

-Provincia de Santa Cruz, medio ambiente socioeconómico.  
[http://www.mineira.gov.ar/estudios/im/santa\\_cruz/z-7-7.asp#4,0](http://www.mineira.gov.ar/estudios/im/santa_cruz/z-7-7.asp#4,0),  
<http://www.mineira.gov.ar/estudios/im/chubut/u-7ind.asp>, 2012

-Qué es el factor de capacidad, 2012:  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia48/HIMI/articulo03.htm>.

-Recursos hídricos de la provincia de Santa Cruz, 2012:  
<http://www.mine ria.gov.ar/estudios/im/santa cruz/ind-a sup.asp>.

-Relieve de la provincia de Santa Cruz, 2012:  
<http://www.santa cruz.gov.ar/index.php?opcion=relieve>.

-Relieve de la Provincia de Santa Cruz, 2012:  
<http://www.santa cruz.gov.ar/index.php?opcion=relieve>.

-Reseña Histórica Cultural De La Provincia De Santa Cruz, Noviembre 2006. Información Aportada Por La Casa De La Provincia De Santa Cruz.

-Ruido de aerogeneradores, 2012.  
<http://www.fbb.utn.edu.ar/utec/38/n6.html>

-Rusticucci, M., Barucand, 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, 69-83 pp,

-Secretaría de Energía-Coordínación de Energías Renovables, Energías Renovables 2008 - Energía Eólica, 2011: <http://energia3.mec on.gov.ar>

-Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Manual de buenas prácticas-Energías Alternativas-Energía Eólica, 2012:  
<http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1265>.

-Seo/Birdlife, 2008. Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos, Madrid, España.

-Seo/Birdlife, Marzo 2006. Documento de Posición sobre Parques Eólicos y Aves.

-Sociedad Española de Ornitología, 2011: <http://www.seo.org>.

-Soto, Y. Abril de 2011.Red de Conservación Protege las Migraciones épicas de aves playeras: [http://www.eco-index.org/eco-exchange/2011/april\\_11\\_01.html](http://www.eco-index.org/eco-exchange/2011/april_11_01.html).

-Schwerdtfeger, W., 1976.Climate of Central and South America. World survey of climatology. Vol 12, Elsevier. 531 pags.

-Sistema de Información de Biodiversidad, 2011: <http://www.sib.gov.ar>.

-Tagliorette A., Mansur L, 2008. Manual de Áreas Protegidas Fundación Patagonia Natural 1era edición. Fundación Patagonia Natural. Puerto Madryn.

-The IUCN Red List Of Threatened Species, 2011: <http://www.iucnredlist.org>.

-Tomé, R. Métodos Para El Seguimiento De Rapaces Y La Reducción De Riesgos En Parques Eólicos: Una Revisión. SIRIX I da. Libro De Resúmenes I Congreso Ibérico Sobre Energía Eólica Y Conservación De La Fauna, Jerez, 12-14 enero 2012.

-US Fish & Wildlife Service, 2002 Migratory Bird Mortality, Many human caused threats afflict our bird population. División of migratory bird management: <http://www.fws.gov/birds/mortality-fact-sheet.pdf>.

-Waimann, C., 2011. Generación de campos de viento en capas bajas a partir del modelo WRF/CIMA para su aplicación a la explotación de energía eólica. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Atmósfera. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Universidad de Buenos Aires.

-Wan, H, X. L. Wang, and V. R. Swail, 2010. Homogenization and trend analysis of Canadian near-surface wind speeds, J. Clim., 23, 1209–1225.

-Western Hemisphere Shorebird Reserve Network, Estuario Río Gallegos, 2012: <http://www.whsm.org/es/perfil-de-sitio/estuario-de-l-rio-gallegos>.

-Wildlife Working Group, 2010: National Wind Coordinating Collaborative <http://www.nationalwind.org>.

-Wind power is crucial for combating climate change, 2012: <http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Wind-climate-fact-sheet-low-res.pdf>.

-World Wind Energy Association, Wind Energy Around the World, Quarterly bulletin 01 Marzo 2012: [http://wwindea.org/home/index.php?option=com\\_content&task=view&id=354&Itemid=41](http://wwindea.org/home/index.php?option=com_content&task=view&id=354&Itemid=41).

-World Wind Energy Association, 2011: <http://wwindea.org/>.

-World Wind Energy Association, 2011: [http://www.wwindea.org/home/index.php?option=com\\_content&task=view&id=345&Itemid=43](http://www.wwindea.org/home/index.php?option=com_content&task=view&id=345&Itemid=43), 2012.