

**Evaluación del establecimiento y distribución potencial  
de *Megarhyssa nortoni* Cresson (Hymenoptera - Ichneumonidae) en la Patagonia  
Argentina**

Tesis presentada para optar al título de Magister Scientiae de la Facultad de Ciencias  
Agrarias y Forestales.

Universidad Nacional de La Plata

Ingeniera Forestal Laura E. Maly



**Director:** Msc. Ing. Ftal. Edgar Eskiviski

**Codirector:** Dr. Lic. Marcelo Arturi

**Jurados:**

Dr. Cesar Basso

Dr. Eduardo Botto

Dra. Cecilia Margaria

**Defensa de Tesis:**

7 de marzo de 2019

## Resumen

*Sirex noctilio*, la “avispa taladradora de la madera”, es la principal plaga del género *Pinus* L. a nivel mundial y Argentina en particular, donde el 60 % de la superficie implantada está conformada por especies de este género. Esta importancia en la magnitud de su superficie requiere que, para abordar de sus problemas fitosanitarios, se incorporen todas las herramientas disponibles en el marco de un sistema de manejo integrado de plagas, donde las acciones de control están basadas principalmente en la utilización de agentes de control biológico. En los años 2005, 2007 y 2009, se introdujo *Megarhyssa nortoni*, en la región patagónica de la Argentina, en el marco de un Programa Binacional de Contingencia de *Sirex noctilio* llevado adelante por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) y el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) de Chile. Con el objetivo de confirmar el establecimiento de dicho agente de control biológico, se evaluaron 6 sitios distribuidos cuatro sitios en la provincia de Neuquén y dos en la provincia de Río Negro, en los que se habían realizaron las liberaciones de *M. nortoni*. Transcurridos cuatro años, se realizó la recolección de trozas de pino en cada sitio para su evaluación. Se confirmó su presencia en todos los casos, con niveles de parasitismo que variaron entre 0,3 % y 45,7%. Se evaluó la población hallada en cada sitio en relación con variables climáticas, a través de un modelo lineal generalizado según la distribución de Poisson para la variable número de *M. nortoni* esperado. La temperatura máxima y la precipitación en el período de lluvia explicaron lo observado a campo ( $R^2$ : 0.8692; F-statistic: 34.22 p-value: 0.00426) siendo el ajuste del modelo tentativo por la escases y variabilidad de los datos obtenidos. Utilizando la herramienta SIGAFIT, se generaron mapas de distribución potencial de *M. nortoni* en la Patagonia argentina, en base a variables climáticas. Su utilización como herramienta de gestión podría favorecer futuras liberaciones de *M. nortoni* para potenciar el establecimiento logrado y ser utilizado además como punto de partida de próximos estudios.

## Abstract

*Sirex noctilio*, commonly named *sirex woodwasp*, represents the most important pest of the genus *Pinus* L. worldwide and particularly in Argentina where pine plantations represent 60% of the implanted surface. Effective control of this forest pest requires all available management tools within the framework of an integrated pest management system. The use of biological control agents is among the most useful tools used against introduced forest pests. The insect *Megarhyssa nortoni*, was introduced in Argentina in 2005, 2007 and 2009 in the context of a Nocturnal Sirex Binational Contingency Program between the National Service of Health and Agro-Food Quality (SENASA) and the Livestock Agricultural Service (SAG) of Chile. The aim of this project was to determine the establishment of *M. nortoni* in the region. Six sites were evaluated, four of them in the province of Neuquén and two in the province of Río Negro, in which *M. nortoni* had been previously released. The establishment of *M. nortoni* on each of the six locations was evaluated four years after the releases by estimating the observed parasitism of sirex observed from collected pine logs collected at each releasing point. The presence of *M. nortoni* was confirmed in all cases, with different parasitism levels ranging from 0.3% to 45.7%. The amount of sirex and *M. nortoni* observed at each site and the climatic variables were evaluated considering a generalized linear model according to Poisson distribution for the expected number of *M. nortoni*. The maximum temperature and precipitation during the rainy season explained well the relationship observed in the field (R<sup>2</sup>: 0.8692, F-statistic: 34.22 p-value: 0.00426) being the adjustment of the tentative model due to the scarcity and variability of the data obtained. Using the SIGAFIT tool, maps of potential distribution of *M. nortoni* were generated in the Argentine Patagonia, based upon climatic variables. Its use as a management tool could favor future releases of *M. nortoni* to enhance the establishment achieved and be used as a starting point for future studies.

## INDICE GENERAL

1	Capítulo 1: Introducción .....	1
1.1	El recurso forestal en Argentina .....	1
1.2	Distribución natural del género <i>Pinus</i> .....	4
1.3	Plagas asociadas al cultivo de <i>Pinus</i> .....	5
1.4	<i>Sirex noctilio</i> , la plaga más importante asociada a <i>Pinus</i> .....	7
1.5	La acción de agentes de control biológico sobre <i>Sirex noctilio</i> .....	11
1.6	Acciones institucionales .....	15
1.7	Hipótesis .....	16
1.8	Objetivos Generales .....	16
2	Capítulo 2. Materiales y Métodos .....	18
2.1	Obtención de <i>Megarhyssa nortoni</i> .....	18
2.2	Liberación de <i>M. nortoni</i> .....	19
2.3	Obtención del material para la evaluación del establecimiento .....	20
2.4	Evaluación de establecimiento y parasitismo .....	21
2.5	Modelización de la distribución potencial .....	22
2.6	Análisis de datos .....	23
3	Capítulo 3. Resultados .....	25
3.1	Registro de insectos emergidos en las jaulas de evaluación .....	25
3.2	Parasitismo por sitio de evaluación .....	25
3.3	Resultados del Sitio 1 .....	26
3.3.1	Evaluación del establecimiento a través del parasitismo .....	26
3.3.2	Evaluación de las variables climáticas .....	28
3.4	Resultados del Sitio 2 .....	30
3.4.1	Evaluación del establecimiento a través del parasitismo .....	31
3.4.2	Análisis de las variables climáticas .....	33
3.5	Resultados del Sitio 3 .....	35
3.5.1	Evaluación del establecimiento a través del parasitismo .....	36
3.5.2	Análisis de las variables climáticas .....	38
3.6	Resultados del Sitio 4 .....	40
3.6.1	Evaluación del establecimiento a través del parasitismo .....	41
3.6.2	Análisis de las variables climáticas .....	42
3.7	Resultados Sitio 5 .....	44

3.7.1	Evaluación del establecimiento a través del parasitismo .....	44
3.8	Resultados del Sitio 6.....	46
3.8.1	Evaluación del establecimiento a través del parasitismo .....	47
3.9	Análisis de las variables climáticas Sitio 5 y 6 .....	49
3.10	Modelo Lineal Generalizado .....	51
3.11	Distribución potencial en la Patagonia argentina .....	55
3.11.1	Distribución potencial 1 .....	57
3.11.2	Distribución potencial 2 .....	58
3.11.3	Distribución potencial 3 .....	59
3.11.4	Distribución potencial 4 .....	60
3.11.5	Distribución potencial 5 .....	61
3.11.6	Distribución potencial 6 .....	62
3.11.7	Distribución potencial 7 .....	63
4	Capítulo 4. Discusión.....	65
5	Capítulo 5. Conclusiones .....	70
6	Bibliografía.....	71

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Superficie forestada por provincia y especies.....	1
Tabla 1.2. Áfidos presentes sobre coníferas en Argentina por hospedero y provincia.....	6
Tabla 1.3. Resumen de registros de <i>M. nortoni</i> y <i>M. nortoni nortoni</i> en América del Norte. .....	13
Tabla 2.1. N° de individuos de <i>M. nortoni</i> liberados.....	20
Tabla 2.2. Área de distribución de <i>M. nortoni</i> en América del Norte según Coyle y Gandhi (2012).....	22
Tabla 2.3. Variables climáticas relevadas.....	23
Tabla 3.1. Cantidad de insectos emergidos en jaulas de evaluación.....	25
Tabla 3.2. Parasitismo (%). .....	25
Tabla 3.3. Cantidad de insectos emergidos de las trozas del Sitio 1.....	26
Tabla 3.4. Cantidad de insectos y parasitismo por punto de evaluación - Sitio 1.....	27
Tabla 3.5. Resumen de variables climáticas - Chapelco.....	29
Tabla 3.6. Cantidad de insectos emergidos de las trozas del Sitio 2.....	31
Tabla 3.7. Cantidad de insectos y parasitismo por punto de evaluación - Sitio 2.....	32
Tabla 3.8. Resumen de variables climáticas - El Bolsón.....	34
Tabla 3.9. Cantidad de insectos emergidos de las trozas del Sitio 3.....	36
Tabla 3.10. Cantidad de insectos por punto y parasitismo - Sitio3.....	37
Tabla 3.11. Resumen de variables climáticas Chapelco.....	38
Tabla 3.12. Cantidad de insectos emergidos de las trozas del Sitio 4.....	41
Tabla 3.13. Cantidad de insectos por punto y parasitismo - Sitio 4.....	41
Tabla 3.14. Resumen de las variables climáticas Bariloche.....	42
Tabla 3.15. Cantidad de insectos emergidos de las trozas del Sitio 5.....	45
Tabla 3.16. Cantidad de insectos y parasitismo por punto de muestreo - Sitio 5.....	45
Tabla 3.17. Cantidad de insectos emergidos de las trozas del Sitio 6.....	47
Tabla 3.18. Cantidad de insectos y parasitismo por punto de muestreo. Sitio 6.....	48
Tabla 3.19. Resumen de las variables climáticas Chapelco.....	49
Tabla 3.20. Cantidad de <i>M. nortoni</i> por sitio.....	51
Tabla 3.21. Parámetros del modelo y su p-value.....	52
Tabla 3.22. Variables climáticas anuales.....	56
Tabla 3.23. Variables climáticas mensuales.....	56
Tabla 3.24. Variable climática mensual Temperatura (°C).....	56

Tabla 3.25. Variables climática mensual Precipitación (mm).....	56
---	----

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Distribución de bosques de cultivo. ....	2
Figura 1.2. Mapa de distribución del bosque de cultivo por especies. ....	3
Figura 1.3. Evolución de las exportaciones, importaciones y balanza comercial (2010-2015). ....	4
Figura 1.4. Mapa de las regiones fitogeográficas según Diels (1908). ....	5
Figura 1.5. Mapa de distribución de <i>S. noctilio</i> . ....	8
Figura 1.6. Foto de larva de <i>S. noctilio</i> . ....	9
Figura 1.7. Foto de adultos de <i>S. noctilio</i> ....	10
Figura 1.8. Gráfico de la relación de variables climáticas con la actividad de <i>S. noctilio</i> . .....	11
Figura 1.9. Adulto de <i>I. leucospoides</i> (López et al. 2012). ....	12
Figura 1.10. Adulto de <i>R. persuasoria</i> ....	13
Figura 1.11. Mapa de distribución de <i>M. nortoni</i> .....	14
Figura 1.12. Adulto de <i>M. nortoni</i> (Fuente: Senasa). ....	15
Figura 2.1. Preparación del material para el envío y material acondicionado. ....	18
Figura 2.2. Esquema de la Estación de Cuarentena Lo Aguirre (SAG - Chile).....	19
Figura 2.3. Adultos de <i>M. nortoni</i> luego del traslado a campo (1) y sobre el árbol (2) .	19
Figura 2.4. Vista satelital de sitio de liberación y puntos de muestreo.....	20
Figura 3.1. Parasitismo (%) por sitio de liberación. ....	25
Figura 3.2. Sitio de liberación año 2005 y puntos de muestreo. Junín de los Andes, Neuquén. ....	26
Figura 3.3. Parasitismo (%) en puntos de muestreo - Sitio 1. ....	27
Figura 3.4. Cantidad de <i>M. nortoni</i> en función de la distancia y orientación. ....	28
Figura 3.5. Cantidad de <i>S. noctilio</i> en función de la distancia y orientación. ....	28
Figura 3.6. Cantidad de <i>M. nortoni</i> en función de la distancia al punto de liberación. ...	28
Figura 3.7. Cantidad de <i>S. noctilio</i> en función de la distancia al punto de liberación. ....	28
Figura 3.8. Precipitación mensual y anual. ....	29
Figura 3.9. T° máxima diaria y su promedio.....	30
Figura 3.10. T° mínima diaria y su promedio. ....	30
Figura 3.11. HR (%) máxima diaria y su promedio.....	30
Figura 3.12. HR (%) mínima diaria y su promedio. ....	30

Figura 3.13. Sitio de liberación año 2005 y puntos de muestreo. El Bolsón, Río Negro. .....	31
Figura 3.14. Parasitismo (%) por puntos de muestreo - Sitio 2.....	32
Figura 3.15. Cantidad de <i>M. nortoni</i> en función de la distancia y orientación. ....	33
Figura 3.16. Cantidad de <i>S. noctilio</i> en función de la distancia y orientación. ....	33
Figura 3.17. Cantidad de <i>M. nortoni</i> en función de la distancia al punto de liberación. ....	33
Figura 3.18. Cantidad de <i>S. noctilio</i> en función de la distancia al punto de liberación. ....	33
Figura 3.19. Precipitación mensual y anual. ....	34
Figura 3.20. T° máxima diaria y su promedio.....	35
Figura 3.21. T° mínima diaria y su promedio. ....	35
Figura 3.22. HR (%) máxima diaria y su promedio.....	35
Figura 3.23. HR (%) mínima diaria y su promedio. ....	35
Figura 3.24. Sitio de liberación año 2007 y puntos de muestreo. Meliquina, Neuquén. ....	36
Figura 3.25. Parasitismo por puntos de muestreo- Sitio 3. ....	37
Figura 3.26. Cantidad de <i>M. nortoni</i> en función de la distancia y la orientación.....	37
Figura 3.27. Cantidad de <i>S. noctilio</i> en función de la distancia y orientación. ....	37
Figura 3.28. Cantidad de <i>M. nortoni</i> en función de la distancia al punto de liberación. ....	38
Figura 3.29. Cantidad de <i>S. noctilio</i> en función de la distancia al punto de liberación. ....	38
Figura 3.30. Precipitación mensual y anual .....	39
Figura 3.31. T° máxima diaria y su promedio.....	39
Figura 3.32. T° mínima diaria y su promedio .....	39
Figura 3.33. HR (%) máxima diaria y su promedio .....	40
Figura 3.34. HR (%) mínima diaria y su promedio. ....	40
Figura 3.35. Sitio de liberación año 2007 y puntos de muestreo. S.C. de Bariloche, Río Negro.....	40
Figura 3.36. Parasitismo por puntos de muestreo – Sitio 4.....	41
Figura 3.37. Cantidad de <i>M. nortoni</i> en función de la distancia y orientación. ....	42
Figura 3.38. Cantidad de <i>S. noctilio</i> en función de la distancia y orientación. ....	42
Figura 3.39. Cantidad de <i>M. nortoni</i> en función de la distancia al centro de liberación. ....	42
Figura 3.40. Cantidad de <i>S. noctilio</i> en función de la distancia al centro de liberación. ....	42
Figura 3.41. Precipitaciones S.C. de Bariloche. ....	43
Figura 3.42. T° máxima diaria y su promedio.....	43
Figura 3.43. T° mínima diaria y su promedio. ....	43
Figura 3.44. HR (%) máxima diaria y su promedio.....	44

Figura 3.45. HR (%) mínima diaria y su promedio. ....	44
Figura 3.46. Sitio de liberación año 2009 y puntos de muestreo. Las Ovejas, Neuquén. .....	44
Figura 3.47. Parasitismo por punto de muestreo –Sitio 5 .....	45
Figura 3.48. Cantidad de <i>M. nortoni</i> en función de la distancia y orientación. ....	46
Figura 3.49. Cantidad de <i>S. noctilio</i> en función de la distancia y orientación. ....	46
Figura 3.50. Cantidad de <i>M. nortoni</i> en función de la distancia al centro de liberación. ....	46
Figura 3.51. Cantidad de <i>S. noctilio</i> en función de la distancia al centro de liberación. ....	46
Figura 3.52. Sitio de liberación 2009 y puntos de muestreo. Huinganco, Neuquén. ....	47
Figura 3.53. Parasitismo por puntos de muestreo, Sitio 6.....	48
Figura 3.54. Cantidad de <i>M. nortoni</i> en función de la distancia y orientación. ....	48
Figura 3.55. Cantidad de <i>S. noctilio</i> en función de la distancia y orientación. ....	48
Figura 3.56. Cantidad de <i>M. nortoni</i> en función de la distancia al centro de liberación. ....	49
Figura 3.57. Cantidad de <i>S. noctilio</i> en función de la distancia del centro de liberación. .....	49
Figura 3.58. Precipitaciones Chapelco.....	50
Figura 3.59. T° máxima diaria y su promedio (°C).....	50
Figura 3.60. T° mínima diaria y su promedio (°C).....	50
Figura 3.61. HR (%) máxima diaria y su promedio.....	51
Figura 3.62. HR (%) mínima diaria y su promedio. ....	51
Figura 3.63. Relación entre valores predichos por el modelo y valores observados.....	52
Figura 3.64. Relación entre valores predichos por el modelo y valores observados de <i>S.</i> <i>noctilio</i> .....	53
Figura 3.65 Relación entre los valores predichos por el modelo y los valores observados de hembras de <i>M. nortoni</i> .....	54
Figura 3.66. Relación entre los valores predichos por el modelo y los valores observados de machos de <i>M. nortoni</i> . ....	54
Figura 3.67. Relación entre los valores predichos por el modelo y los valores observados total de <i>M. nortoni</i> . ....	55
Figura 3.68. Distribución potencial 1. Precipitación y T° media anual. ....	57
Figura 3.69. Distribución potencial 2. T° media mensual máxima diaria ....	58
Figura 3.70. Distribución potencial 3. T° media mensual mínima diaria. ....	59
Figura 3.71. Distribución potencial 4. Precipitación media anual.....	60

Figura 3.72. Distribución potencial 5. T° máxima en período de vuelo y precipitación en período de lluvia. ....	61
Figura 3.73. Distribución potencial 6. T° máxima y mínima en período de vuelo. ....	62
Figura 3.74. Distribución potencial 7. T° máxima diaria y precipitación mensual en período de lluvia. ....	63
Figura 3.75. Distribución potencial de las variables climáticas. ....	64

**Abreviaturas**

CORFONE: Corporación Forestal Neuquina

CPF S.A.: Controladora de Plagas Forestales Sociedad Anónima

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.

IASCAV: Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal

IGM: Instituto Geográfico Militar

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

NEA: Noreste argentino

NOA: Noroeste argentino

SAG: Servicio Agrícola y Ganadero

SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

DEDICATORIA

A mi familia, mi pilar.

## AGRADECIMIENTOS

A Edgar Eskiviski y Marcelo Arturi por su guía y enseñanza en el desarrollo de esta Tesis.

A los evaluadores María Cecilia Margaria, Eduardo Botto y Cesar Basso, que con cada una de sus observaciones permitieron profundizar mi aprendizaje.

A María Rosa Simón, por su seguimiento y apoyo.

Al SENASA por fortalecer a los profesionales del Organismo a través de la capacitación.

A cada uno de mis colegas del SENASA y de todos los Organismos estatales que participaron en el Plan Binacional de Control de *Sirex noctilio*.

A mi familia por brindarme su sostén y acompañamiento también, en esta etapa de desarrollo de la Maestría.

## 1 Capítulo 1: Introducción

### 1.1 El recurso forestal en Argentina

Argentina posee 279.181.000 hectáreas de tierras en el continente americano (Instituto Geográfico Militar (IGM), 2018) de las cuales, 36 millones están cubiertas de bosques. Los bosques de cultivo cubren 1,3 millones de hectáreas y constituyen la fuente de madera para cubrir la demanda de materia prima de las industrias forestales (Dirección Nacional de Planificación Sectorial, 2016).

La distribución de los bosques de cultivo en nuestro país puede observarse en la tabla 1.1 provista por la Dirección de Forestación en 2017, reflejando información actualizada en base al estado de avance del inventario nacional que está en ejecución.

Tabla 1.1. Superficie forestada por provincia y especies

Provincia	Superficie (ha)				Total
	Coníferas	Eucaliptos	Salicáceas	Otras	
Corrientes	345965	121857	-	6161	473983
Misiones	348305	40902	-	16617	405824
Entre Ríos	14156	112785	23279	577	150797
Buenos Aires	27	7818	60091	78	68014
Neuquén	63725	-	400	-	64125
Córdoba	34165	1013	-	2363	37541
Chubut	33446	-	320	-	33766
Santa Fe	7	13619	1253	157	15036
Jujuy	1956	11432	-	1190	14578
Río Negro	11860	-	1010	-	12870
Mendoza	-	-	6197	-	6197
Salta	707	3686	15	1674	6082
Santiago del Estero	-	-	-	5580	5580
Chaco	-	-	-	4803	4803
Tucumán	2741	757	99	790	4387
Formosa	-	-	-	2739	2739
San Juan	-	-	1743	-	1743
La Pampa	-	-	349	-	349
Catamarca	290	-	-	-	290
San Luis	46	-	75	29	150
Santa Cruz	-	-	14	-	14
	857396	313869	94845	42758	1308868

Fuente: Ministerio de Agroindustria, 2017.

La mayor superficie está concentrada en las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos con el 78%, siguiendo Buenos Aires, Neuquén y Córdoba (Figura 1.1). Dentro de

las 10 provincias con mayor superficie con bosques de cultivo, se encuentran Neuquén y Río Negro, objeto de este estudio.

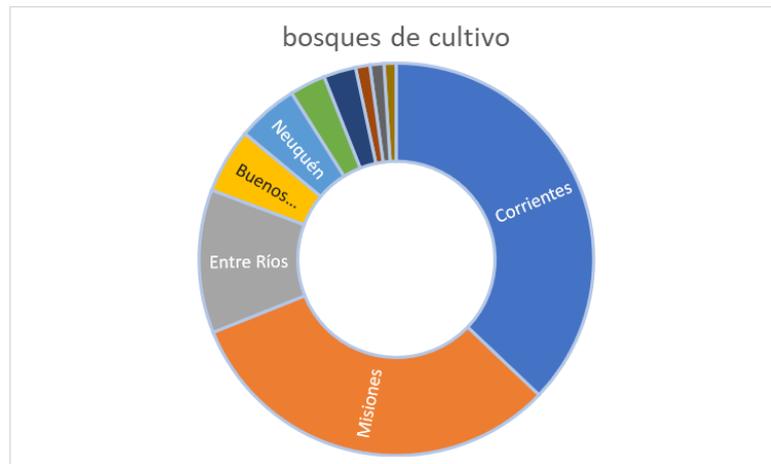


Figura 1.1. Distribución de bosques de cultivo.

La composición de estos bosques está conformada en un 66% por especies de coníferas como: *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* y *Araucaria angustifolia* distribuidas principalmente en la región mesopotámica y en menor medida otras especies como *Pinus ponderosa*, *P. contorta*, *P. radiata*, y *Pseudotsuga menziesii* con presencia en la región patagónica. Le siguen en importancia los eucaliptos con un 24 % de la superficie cultivada, siendo *Eucalyptus grandis* y sus híbridos los más plantados; en menor medida *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus viminalis* y *Eucalyptus globulus*. Luego, las salicáceas representan alrededor del 8% del bosque implantado, con diferentes clones de *Populus deltoides* y *Populus x euroamericana* son los cultivares más representativos entre los álamos; con relación a los sauces se destacan el *Salix babylonica* var. *sacramenta*, *Salix nigra* y los híbridos *Salix babylonica x Salix alba* y *Salix matsudana x Salix alba*. El 3% restante está conformado por especies latifoliadas como *Grevillea* sp., *Paulownia* sp., *Melia* sp., *Robinia* sp., *Prosopis* sp. y *Toona* sp. (Dirección de Producción Forestal, 2015) (Figura 1.2).

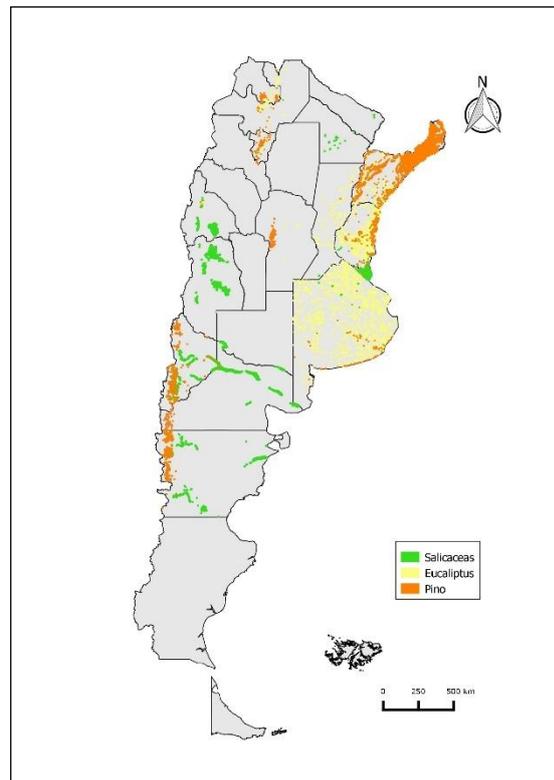


Figura 1.2. Mapa de distribución del bosque de cultivo por especies.

Fuente: SENASA con información del Ministerio de Agroindustria

La madera proveniente de los bosques de cultivo presenta diversos destinos, pudiendo ser el aserrado, la producción de tableros y la industria de la celulosa los principales (Braier et al. 2004). En el año 2013, del total de extracciones, el 96% fueron rollizos de cuya primera transformación se obtuvieron 3,6 millones de metros cúbicos destinados a la industria de la remanufactura, la industria de la construcción, y la industria del mueble. En particular, las forestaciones de pino proveyeron el 60% de los rollizos que fueron destinados a los aserraderos, el 75% de los rollizos destinados a la industria celulósica y dieron origen al 73 % de la producción de tableros reconstituidos (Dirección Nacional de Planificación Sectorial, 2016).

Dado que el bosque de cultivo es el principal recurso de la actividad forestal, desde el año 1999 está siendo fomentada por el Estado Nacional mediante la ley 25080 que busca promocionar la implantación de bosques y su manejo, hasta la industrialización de la madera, a través de beneficios fiscales y apoyos económicos no reintegrables. Esta ley fue prorrogada por la ley 26432 a fin de continuar con los beneficios hasta el año 2019.

Por otro lado, mediante este fomento se busca, además, equilibrar la balanza comercial deficitaria (Figura 1.3), ya que nuestro país a nivel mundial participa como proveedor de bienes forestales con mediano nivel de procesamiento como pasta celulósica y tableros, a países más desarrollados donde se incrementa su industrialización, importando a su vez, productos más elaborados como papel, cartón y muebles (Dirección Nacional de Planificación Sectorial, 2016).

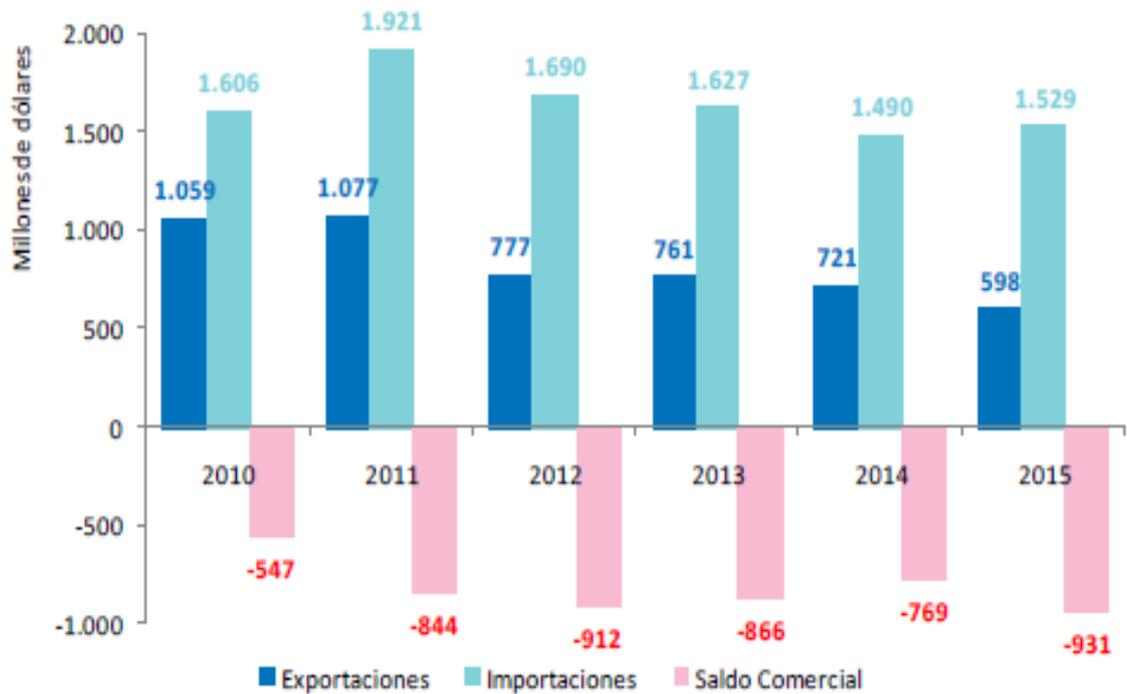


Figura 1.3. Evolución de las exportaciones, importaciones y balanza comercial (2010-2015).

Fuente: Dirección Nacional de Planificación Sectorial, 2016.

## 1.2 Distribución natural del género *Pinus*

El género *Pinus*, representa a la taxa con mayor número de especies dentro del Orden de las Coníferas, comprendido dentro de la Familia de las Pináceas. Su área de distribución natural está circunscripta a la región fitogeográfica Holártica (Figura 1.4), que comprende los grandes continentes boreales de América del Norte, Europa, gran parte de Asia y una porción de África. Se extiende aproximadamente desde los 30° latitud norte hasta el Polo Norte. A su vez, las pináceas constituyen uno de los taxones endémicos que se destacan en esta región formando parte del Bosque Boreal de Coníferas del hemisferio norte.

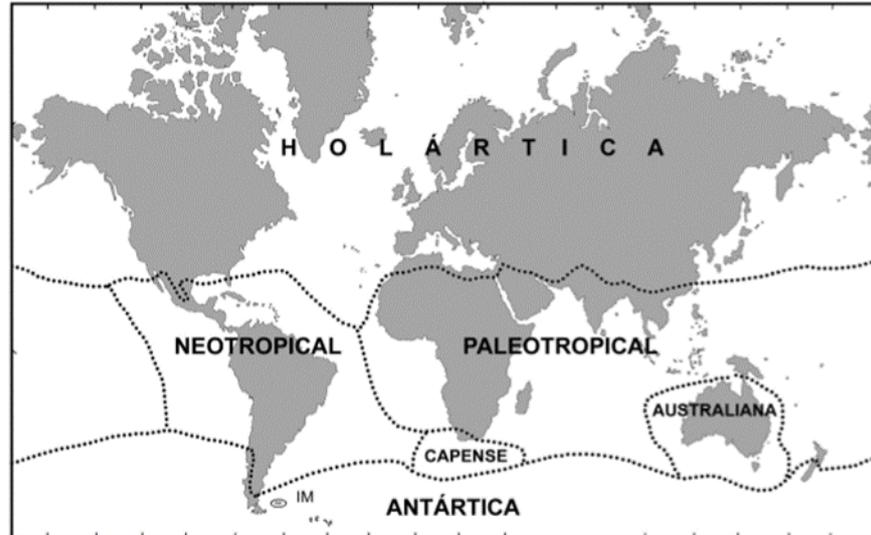


Figura 1.4. Mapa de las regiones fitogeográficas según Diels (1908).

A la altura de la isoterma de 10° C del mes más cálido se establece un amplio ecotono con la Tundra, lo que marca el límite septentrional de esta formación, que forma un cinturón continuo por América del Norte y Eurasia. Las especies dominantes son *Picea*, *Abies* (“abetos”), *Pinus* (“pinos”) y *Larix* (“alerces”). También el género forma parte del Bosque Mixto de Coníferas, que se desarrolla en la región de los grandes lagos, como así también en Europa central y Rusia.

El Pino en nuestro país ha sido introducido para su uso en bosques de cultivo, las principales especies implantadas. En la Región mesopotámica las principales especies son *Pinus taeda*, *Pinus ellioti* y *Pinus caribaea*, en la Región central y Buenos Aires las principales especies son *Pinus ellioti*, *Pinus patula*, *Pinus strobus*, *Pinus radiata*, *Pinus pinaster*, y *Pinus halepensis*, mientras que en la Región patagónica las especies implantadas son *Pinus ponderosa*, *Pinus radiata*, *Pinus contorta var latifolia murrayana*, *Pinus jeffreyi*, *Pinus radiata*. La importancia económica de las especies de *Pinus* es por ser una fuente importante de madera, papel, resinas, carbón vegetal, alimentos (especialmente semillas) y ornamentales (Richardson y Rundel, 1998).

### 1.3 Plagas asociadas al cultivo de *Pinus*

Los bosques de cultivo de *Pinus* sp. presentan diversas plagas que, afectando distintos órganos o partes de la planta, producen pérdidas en la producción, generando impactos económicos negativos.

Como ejemplo de acción sobre acículas y brotes de pino se destaca *Rhyacionia bouliana* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae) denominada “mariposita del brote del pino”. Esta plaga es originaria de Europa y fue citada por primera vez en el país, en el año 1939 en la provincia de Buenos Aires (Fiorentino y de Medina 1991; Botto et al. 1998; Klasmer 2011). Al ser un insecto exótico, la ausencia de enemigos naturales favoreció la rápida distribución hacia el resto del país, hasta que en 1979 se detectó en los bosques andinos patagónicos (Botto et al. 1998). El daño que ocasiona este insecto es causado por las larvas que emergen de los huevos que las hembras colocan próximo a los brotes. Durante los primeros dos estadios larvales se alimentan de las acículas, luego comienza a alimentarse del meristemo apical, ahuecando las yemas. Luego de cumplir con el 6° estadio larval, empupa dentro de una yema, para luego emerger como adulto (Gómez 2003). La muerte del meristemo apical ocasionado por la larva al barrenar el brote provoca que el árbol pierda su arquitectura, deformando su eje principal, generando a su vez una disminución del crecimiento en diámetro y en altura (Klasmer 2011).

Dentro del grupo de insectos fitosuccívoros (Hemiptera: Aphididae) que están presentes en Argentina, pueden citarse tres géneros de la tribu Eulachnini (subfamilia Lachninae): *Cinara* Curtis, *Eulachnus* Del Guercio y *Essigella* Del Guercio (Ortego et al. 2012).

Delfino y Binazzi (2012) publicaron un relevamiento de los áfidos hallados en Argentina sobre las Coníferas, en la tabla 1.2 se presenta un resumen de los pulgones hallados colonizando árboles de pino.

Tabla 1.2. Áfidos presentes sobre coníferas en Argentina por hospedero y provincia

Afido	Hospedero	Provincia
<i>Cinara maghrebica</i>	<i>Pinus</i> sp	Tucumán
<i>Cinara maritinae</i>	<i>P. contorta</i>	Rio Negro
	<i>Pinus</i> sp	Misiones, Tucumán
	<i>P. ellioti</i>	Jujuy
<i>Cinara acutirostris</i>	<i>P. patula</i>	Jujuy
<i>Cinara pinivora</i>	<i>P. taeda</i>	Corrientes; Córdoba
	<i>P. ellioti</i>	Córdoba
<i>Eulachnus rileyi</i>	<i>P. contorta</i> <i>P. halepensis</i> <i>P. taeda</i>	Rio Negro
<i>Eulachnus tauricus</i>	<i>Pinus</i> sp	Rio Negro; Tucumán
<i>Cinara atlantica</i>	<i>Pinus</i> sp	Misiones; Corrientes
<i>Essigella californica</i>	<i>Pinus</i> sp	Rio Negro; Neuquen; Córdoba; San Luis; Mendoza

Se caracterizan por ser parásitos al alimentarse de la savia de las plantas, a través de su aparato bucal succionador que presenta un estilete, el que perfora la epidermis de los tejidos (Lantschner 2014). Esto ocasiona clorosis en las acículas, haciendo que el follaje adquiera una tonalidad amarilla, para luego tornarse marrón y generar una caída prematura de las acículas (Gómez et al. 2011). Si las plantas son jóvenes y el ataque es intenso, puede producir también deformaciones o bifurcaciones, como ocurre sobre los pinos de Misiones y Corrientes ante el ataque de *Cinara atlantica* Wilson (Eskiviski et al. 2010).

Dentro de los insectos que causan daño en más de una parte de la planta, podemos citar a *Pissodes castaneus* (De Geer) (Coleoptera: Curculionidae) “gorgojo de la corteza del pino”. Este insecto se encuentra ampliamente distribuido en Europa y Norte de África, registrando la primera detección en Brasil en el año 2001 (Iede et al. 2004). En la región patagónica argentina se registra en el año 2005 (Gómez y Hartel 2010).

Los daños asociados a este insecto son de dos tipos: por un lado, está el que ocasiona el adulto al alimentarse de los brotes, y por el otro el que ocasionan las larvas al horadar las galerías por debajo de la corteza para alimentarse del floema (Gómez y Hartel 2010).

Su aparición está asociada a árboles debilitados por condiciones de sitio desfavorables, o debilitados por infestaciones previas de *Sirex noctilio* (Gómez y Hartel 2010).

#### **1.4 *Sirex noctilio*, la plaga más importante asociada a *Pinus*.**

La principal plaga, que afecta a los Pinos está representada por el taladrador de la madera *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae). Este insecto es originario de Europa y norte de África (Spradbery y Kirk 1978), donde no constituye una plaga (Taylor 1981; Hurley et al. 2007), sin embargo ha generado importantes pérdidas económicas en las regiones donde ha sido introducida (Carnegie et al. 2006). Así en Nueva Zelanda, en la segunda mitad de la década del '40, afectó 120.000 hectáreas de *Pinus radiata* (Gilmour 1965), en Australia finalizando la década del '50 se registró el 40 % de los árboles muertos (Bedding y Akhurst, 1974; Taylor 1981), y durante el brote registrado en 1987-1989 murieron 5 millones de árboles (FAO 2012).

En la figura 1.5 puede visualizarse un mapa generado a partir del trabajo realizado por Carnegie et al. (2006), el rango de distribución natural de *S. noctilio* (color verde). En él

también están identificadas las zonas donde la plaga ha sido introducida (azul) y el área de distribución potencial (celeste).

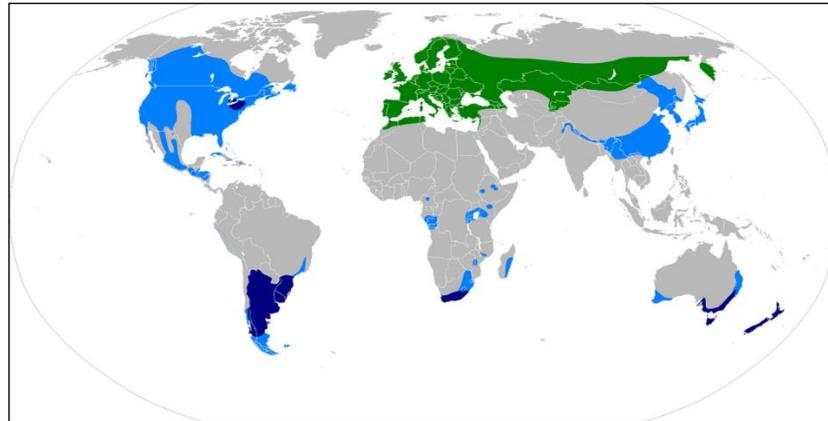


Figura 1.5. Mapa de distribución de *S. noctilio*.

(Fuente: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sirex\\_noctilio\\_distribution.PNG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sirex_noctilio_distribution.PNG))

En Argentina, a partir del momento de registrarse su introducción en 1985 (Espinoza et al. 1986) las condiciones de monocultivo extensivo, características de manejo y ausencia de enemigos naturales favorecieron su éxito en el establecimiento y dispersión. En menos de una década desde el momento del primer registro en la provincia de Entre Ríos, fue detectándose en las distintas forestaciones de pino distribuidas en el país; en la provincia de Jujuy el primer registro corresponde al año 1993 (Quintana de Quinteros y Vilte 1996) mientras que en la provincia de Córdoba, en la zona de los valles de Calamuchita, se registró en 1994 (López et al. 2002), en la Patagonia se indica su presencia en forestaciones en 1993 (Klasmer et al. 1997) si bien se identificó en la ciudad de Bariloche cuatro años antes (Aguilar et al. 1990).

La avispa cumple su ciclo biológico pasando por los estados de huevo, larva, pupa y adulto; seleccionando para iniciar su ciclo, árboles estresados, que la avispa identifica por la emisión de compuestos volátiles generados por los cambios en la relación osmótica y respiratoria en los hospederos en estas condiciones (Madden y Coutts 1979).

Los huevos, de color blanco, miden de 1 a 2 mm de longitud y son colocados por debajo de la corteza por la hembra mediante su ovipositor. En el proceso de oviposición, a su vez realiza la inoculación de las esporas del hongo simbionte *Amylostereum areolatum* (Chaillet ex Fr.) Boidin (1958) (Basidiomycotina: Corticiaceae) junto a un mucus fitotóxico. Este último produce un decaimiento general del árbol al generar cambios fisiológicos que alteran el contenido de humedad de la madera generando las condiciones

necesarias para la germinación de las esporas del hongo (Gómez 2007; Ryan y Hurley 2012). La hembra, en su interior, posee dos sacos o micangios que contienen al hongo (Madden y Coutts 1979) cuyo éxito de colonización está asociado por un lado al momento de la oviposición, debido al contacto previo que el huevo tiene con las esporas en el interior de la avispa (Gilmour 1965) y por el otro, por la inoculación directa, sin oviposición, que puede realizar la avispa al perforar el tronco (Talbot 1977).

El desarrollo del hongo se ve favorecido no solo por la acción del mucus fitotóxico, sino también por las condiciones de estrés y debilitamiento del hospedero (Gilmour 1965), su crecimiento en el interior del árbol garantiza el alimento de las larvas luego de la eclosión de los huevos ya que, en este estado del ciclo, su hábito alimenticio es fungívoro (Madden y Coutts 1979; Gómez 2007).

El daño es generado por las larvas de la avispa (Figura 1.6), que durante su crecimiento y alimentación taladran el tronco del árbol, por un período que puede variar entre 1 y 3 años (Aguilar y Lanfranco 1988; Klasmer et al. 1997; Corley y Villacide 2012; Klasmer et al. 2000; Klasmer y Botto 2012). El número de estadios larvales es de 6-7 (Aguilar y Lanfranco 1988) pudiendo ser menor o mayor en función de las condiciones en la madera (Morgan y Stewart 1966). Si bien la morfología de la larva no varía durante todo su desarrollo, si lo hace la coloración debido a que se va tornando más opaca.



Figura 1.6. Foto de larva de *S. noctilio*.

Klasmer, V., INTA. Fuente: Bugwood.org

Para empupar se posicionan próximas a la superficie externa del fuste, 5 cm, y permanecen por menos de cuatro semanas, en las que van adquiriendo la coloración del adulto (Morgan y Stewart 1966), hasta el momento de la emergencia del adulto (Figura 1.7) en la primavera, dejando como signo las perforaciones en el tronco (Aguilar y Lanfranco 1988; Gómez et al. 2011).



Figura 1.7. Foto de adultos de *S. noctilio*

Klasmer, V., INTA, Fuente: Bugwood.org

El período de emergencia varía en las distintas regiones del país, observándose en el noreste de Argentina (NEA) la emergencia durante todo el año, concentrándose desde mediados de octubre hasta inicios de enero, con un pico poblacional a mediados de noviembre (Eskiviski 2005). En el noroeste de Argentina (NOA), la emergencia ocurre entre septiembre y diciembre, con picos poblacionales en la segunda quincena de noviembre. (Muruaga de L'Argentier et al. 2005). En la Región Patagónica el período de emergencia se registra más tardío, iniciándose a fines de diciembre y finalizando a principios de mayo, los picos poblacionales se registran en marzo y abril (Klasmer et al. 2000; Eskiviski 2005).

La emergencia de los adultos es más aleatoria cuando se tienen años frescos con veranos más fríos y húmedos, y los picos de emergencia son menos marcados (Morgan y Steward 1966). Se evidencia que la temperatura mínima requerida es de 14 °C, pudiendo alcanzar los 30°C sin ser afectada la emergencia (Morgan 1968).

Una vez que emergen los machos vuelan hasta 12 días y las hembras hasta cinco días (Neumann y Minko 1981). Esta diferencia de longevidad también se comprobó en la Patagonia, donde las avispa hembra vivieron 3 días menos en promedio que las avispa macho (Klasmer et al. 1997). Durante el período de vuelo, no se alimentan, solo copulan y se dispersan (Aguilar y Lanfranco 1988), con una tasa de dispersión que puede variar entre 30 y 50 km por año (Tribe y Cillie 2004; Neumann et al. 1987).

La actividad de perforación que realizan las hembras luego de la emergencia se ve influenciada por la temperatura y la HR % (Figura 1.8) (Madden 1974).

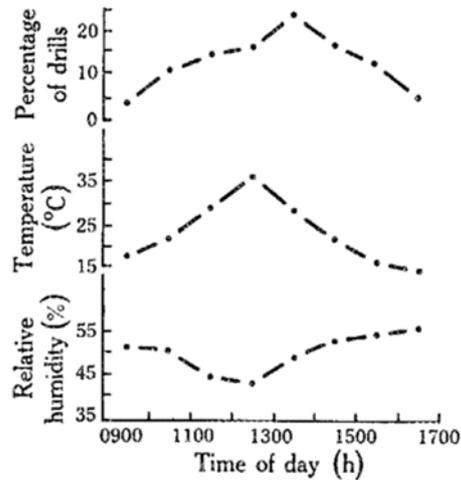


Figura 1.8. Gráfico de la relación de variables climáticas con la actividad de *S. noctilio*.

### 1.5 La acción de agentes de control biológico sobre *Sirex noctilio*

La eficiencia en el manejo de las plagas forestales se basa fundamentalmente en incorporar todas las herramientas disponibles en el marco de un sistema de manejo integrado de plagas, donde las acciones pueden ser de carácter preventivo, silvicultural y de control, basados principalmente en la utilización de agentes de control biológico tal como menciona Villacide y Corley (2006). El manejo de esta plaga a través del control biológico se inicia primero con las avispas, más tarde con el uso del nematodo *Deladenus siricidicola* Bedding (Nematoda: Neotylenchidae) luego que fuera descubierto por primera vez en poblaciones de *S. noctilio* en Nueva Zelanda (Zondag 1969). La acción de este entomoparásito, consiste en la capacidad de producir la esterilización de las larvas de la avispa, ya que atrofia su aparato reproductor. (Bedding 1968; Bedding y Akhurst 1974; Zondag 1979; Taylor 1981).

En 1996 en la región del Noreste de Argentina, se pone en funcionamiento la cría masiva del nemátodo *D. siricidicola* en la Estación Experimental de INTA Montecarlo (Eskiviski et al. 2003).

A su vez, se ha descubierto la acción parasitoidea de un complejo de avispas, sobre los sirícidos (Chrystal y Myers 1928; Nuttall 1980; Lanfranco y Aguilar 1990; Collett y Elms 2009; Coyle y Gandhi 2012):

- *Ibalia leucospoides* (Hockenwarth) (Hymenoptera: Ibalidae), es la primera registrada en nuestro país (Figura 1.9), produciéndose su arribo juntamente con la plaga (Muruaga de L'Argentier et al. 2005); la asociación existente entre ambos organismos permitió el

ingreso conjunto, a través presuntamente de madera infestada (Fernández-Arhex y Corley 2003; Fischbein y Corley 2015). Esta especie actúa como endoparásitoide de huevos y larvas de 1° y 2° estadio. La hembra de *I. leucospoides* detecta el árbol atacado por la atracción que ejerce probablemente el desarrollo del hongo en las perforaciones que realiza *S. noctilio*; al reconocer a través de sus antenas el sitio donde se encuentran disponibles los huevos o larvas de la plaga, para oviponer (Fernández-Arhex y Corley 2003). El parasitismo alcanzado por esta avispa es variable, encontrándose valores menores al 10 % en Tasmania (Taylor 1967, 1976, 1978), 62 % en New South Wales (Carnegie et al. 2006); superior al 20 % en Brasil, (Iede et al. 2010, 2012); en la Argentina se han observado valores superiores al 35 % en la región mesopotámica (Eskiviski et al. 2004), próximos al 26% en la Provincia de Jujuy (Muruaga de L'Argentier et al. 2005) como así también en la provincia de Córdoba donde se evidenciaron valores próximos al 25% (López et al. 2012), mientras que en la Patagonia está en el rango de 20 a 40 % (Klasmer et al. 2000).

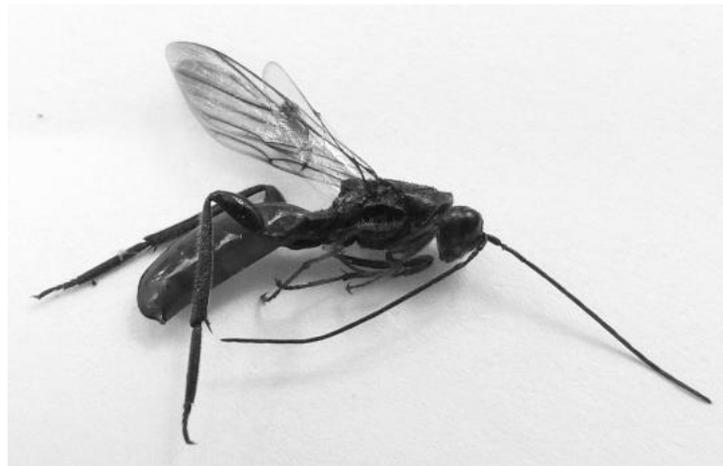


Figura 1.9. Adulto de *I. leucospoides* (López et al. 2012).

- *Rhyssa persuasoria* (Linnaeus) (Hymenoptera: Ichneumonidae) es un ectoparásitoide idiobionte, cuya acción provoca la detención del desarrollo del huésped y su muerte posterior (Figura 1.10). En Europa, se destaca como uno de los biocontroladores más ampliamente distribuidos (Spradbery 1970).

El ovipositor le permite a las avispas atravesar la corteza y madera hasta aproximadamente 5 cm de profundidad, atacando a las larvas de *S. noctilio* directamente, registrándose en distintas regiones del mundo parasitismos superiores al 31% (Coyle y

Gandhi, 2012). El período de vulnerabilidad de *S. noctilio* respecto a *R. persuasoria* es mayor que el registrado para *I. leucospoides* (Haavik et al. 2015).



Figura 1.10. Adulto de *R. persuasoria*  
Boris Hrasovec, Faculty of Forestry, Bugwood.org

- *Megarhyssa nortoni* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) representa a los parasitoides de sirícidos de mayor tamaño junto a otras especies del género (Coyle y Gandhi 2012) con individuos de hasta 5 cm de largo (Crankshaw y Matthews 1981). América del Norte constituye su área de dispersión natural desde el noreste hasta el suroeste.

A partir del trabajo que realizaron Coyle y Gandhi (2012) en el que se recopiló el rango de distribución por los estados de América del Norte, de los parasitoides de las avispas de la madera, se realizó la tabla 1.3. En la figura 1.9 se representa en un mapa los Estados detallados.

Tabla 1.3. Resumen de registros de *M. nortoni* y *M. nortoni nortoni* en América del Norte.

Familia	Especies de parasitoides	Provincia o estado	Especie de arbol registrado	Siricido hospedero actual o potencial	Referencia
Hymenoptera  Ichneumonidae	<i>Megarhyssa nortoni</i> (Cresson)	Pennsylvania		<i>U. albicornis</i>	Champlain, 1922
		British Columbia, California, New York, Oregon, Whashington			Michener, 1939
		New York	<i>P. sylvestris</i>	<i>S. edwardsii</i> , <i>S. nigricornis</i> , <i>S. noctilio</i>	Long et al., 2009
		California		<i>S. areolatus</i> , <i>S. juvencus californicus</i> , <i>S. longicauda</i>	Camerun, 2012
	<i>Megarhyssa nortoni nortoni</i> (Cresson)	Colorado			Cresson, 1864
		California		<i>X. morrisoni</i>	Middlekauff, 1960
		Alaska, Alberta, Arizona, British Columbia, California, Colorado, Idaho, Michigan, Montana, Oregon, Ontario, Utah, Vermont, Washington	<i>A. concolor</i> , <i>A. grandis</i> , <i>A. lasiocarpa</i> , <i>A. magnifica</i> , <i>P. contorta murrayana</i> , <i>P. menziessi</i> , <i>P. sitchensis</i> , <i>P. ponderosa</i>		Townes y Townes, 1960
		California	<i>P. jeffreyi</i>	<i>S. juvencus californicus</i>	Cameron, 1967
		Washington	<i>P. menziessi</i>		Deyrup, 1975
		Arizona	<i>A. concolor</i> , <i>P. englemannii</i> , <i>P. ponderosa</i>	<i>S. cyaneus</i> , <i>S. juvencus</i> , <i>S. longicauda</i> , <i>U. albicornis</i> , <i>X spectrum</i>	Kirk, 1975

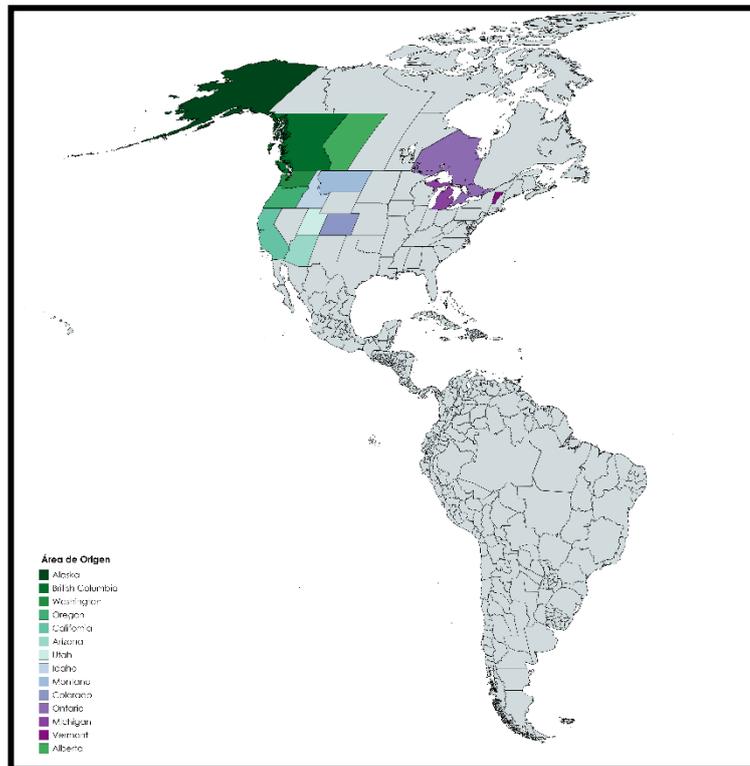


Figura 1.11. Mapa de distribución de *M. nortoni*

Este insecto es un ectoparasitoide idiobionte, que ataca los estadios larvales avanzados de *S. noctilio*, ya que las hembras de *M. nortoni*, por su largo ovipositor (Figura 1.12), realizan perforaciones de hasta 7 cm para colocar los huevos sobre las larvas de *S. noctilio* o sobre sus pupas (Tribe y Cillie 2004). Cuando eclosionan, se alimentan externamente de la larva o pupa (Taylor 1976).



Figura 1.12. Adulto de *M. nortoni* (Fuente: Senasa).

Las hembras producen una secreción mandibular que atrae a los machos al lugar de emergencia del tronco, si se produce la fecundación, dan lugar a hembras, es decir que son haplodiploides (Nuttall 1973). Esto dio lugar a numerosos estudios que evalúan el comportamiento de agregación de los machos, en las inmediaciones a la zona de emergencia de la hembra para desencadenar la cópula. (Davies y Madden 1985; Madden y Coutts 1979; Madden 1968). Esta puede darse antes o después de la emergencia de las hembras. Cuando es preemergente, los machos insertan su abdomen en el orificio de salida de la hembra el que fue recientemente realizado.

En su área de origen en el hemisferio norte, los adultos presentan el periodo de vuelo entre junio y agosto (Coyle y Gandhi 2012) mientras que, en Tasmania donde ha sido introducido, inicia la emergencia en octubre (Taylor 1978).

### 1.6 Acciones institucionales

A raíz de la aparición del foco de infestación de la avispa *S. noctilio* en Dina-Huapi (Aguilar et al. 1990) y a su detección en forestaciones en 1993 (Klasmer et al. 2000), el Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal (IASCAV) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina; el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) y la Controladora de Plagas Forestales (CPF S.A.) por parte de Chile, desarrollaron durante los años 1993 y 1994 el proyecto “Bioecología y control de *Sirex noctilio* en la región Andino-Patagónica”. Este trabajo consideró como objetivos la erradicación de la

plaga de la región y la realización de estudios de biología, daños, comportamiento y métodos de detección de esta (SENASA 2012). Sin embargo, por razones de índole presupuestaria, este proyecto debió ser discontinuado a partir de 1995.

A partir del año 2001, se inicia el Plan Binacional de Contingencia de *Sirex noctilio*, llevado adelante por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) junto con el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) de Chile, que contempló la liberación al medio de agentes de control biológico. En primer lugar, tuvieron lugar inoculaciones con el nematodo *D. siricidicola*, que luego incluyó la introducción al país de *M. nortoni* y *R. persuasoria* en el año 2005 y de *M. nortoni* en los años 2007 y 2009 (SAG SENASA 2010), para su liberación y establecimiento en la región patagónica.

Se ha sugerido que uno de los factores de mayor importancia en las reducciones poblacionales de *S. noctilio* es la acción del complejo de parasitoides asociado a la plaga (Taylor 1976, 1978, 1980; Hajek y Morris 2014).

En base a lo antedicho, es objeto de este estudio evaluar aspectos que contribuyen al establecimiento de *M. nortoni* como agente de biocontrol de *S. noctilio* en la región patagónica. Estos estudios se efectuarán en el marco del Programa Binacional para el manejo de esta plaga con el propósito de efectuar nuevos aportes que contribuyan a corroborar la capacidad de adaptación de *M. nortoni* a las condiciones ambientales en Patagonia norte.

Se propone para ello, 1- evaluar la evolución de su dispersión en el área original de su liberación y 2- analizar la distribución potencial del parasitoide para ser contemplado en la planificación de las estrategias de control.

### **1.7 Hipótesis**

*Megarhyssa nortoni* tiene potencial para adaptarse a las condiciones ambientales de la Patagonia norte de Argentina, lo que contribuiría a su establecimiento y dispersión en las provincias de Neuquén y Río Negro actuando como un biocontrolador de *Sirex noctilio*.

### **1.8 Objetivos Generales**

Evaluar el establecimiento y dispersión real y potencial de *Megarhyssa nortoni* en las plantaciones de *Pinus* sp. de Neuquén y Río Negro, afectadas por la plaga *Sirex noctilio*.

#### **Objetivos específicos**

1.- Estimar el parasitismo de *Sirex noctilio* por *Megarhyssa nortoni* en los sitios evaluados.

- 2.- Analizar el parasitismo de *Megarhyssa nortoni* en función de las condiciones ambientales de los sitios de liberación.
- 3.- Evaluar el parasitismo de *Megarhyssa nortoni* en función de la distancia al sitio de liberación.
- 4.- Modelizar la distribución potencial de *Megarhyssa nortoni*.

## 2 Capítulo 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Obtención de *Megarhyssa nortoni*

Los individuos de *M. nortoni* fueron recolectados en Nueva Zelanda. En el año 2004 en la Isla Norte (Rotorua, Napier, Gisborne y Te Kao) y en el año 2007 en la Isla Sur de Nueva Zelanda. Ambas colectas fueron organizadas y realizadas por el Servicio Agrícola Ganadero de Chile, participando SENASA, en la colecta del año 2007.

El proceso de obtención se inició con el reconocimiento en forestaciones de *P. radiata*, de árboles con sintomatología de ataque por *S. noctilio*. Los árboles identificados, luego de constatarse la presencia de larvas y pupas de *M. nortoni* se cortaron, desramaron y embalaron para ser transportados vía aérea a Chile, bajo medidas de bioseguridad (Figura 2.1)



Figura 2.1. Preparación del material para el envío y material acondicionado.

Una vez que el material arribó a Chile, se ingresó a la Estación de Cuarentena Lo Aguirre del SAG, y se dispuso en una sala (A) bajo condiciones controladas de Temperatura y Humedad. Paralelamente en otra sala (B) se dispusieron trozas de *Pinus* sp. atacadas por *S. noctilio* recolectadas en la Patagonia (forestaciones de Río Negro y Neuquén), para ser utilizadas en la multiplicación de los biocontroladores.

Los adultos de *M. nortoni* emergidos en la sala (A) constituyeron los primeros adultos (generación parental) nacidos en la cuarentena de Chile. Estos fueron recolectados y dispuestos en la sala (B) donde se aparearon y ovipusieron (Figura 2.2). Los insectos obtenidos de la sala (B) conformaron las filiales de *M. nortoni*, dando origen a la segunda generación bajo condiciones de cuarentena.



Figura 2.2. Esquema de la Estación de Cuarentena Lo Aguirre (SAG - Chile)

Previo a su traslado a Argentina, los adultos se alimentaron con agua miel y se pusieron en condiciones de aislamiento para el apareamiento. El transporte se realizó en frascos individuales en conservadora a temperatura de  $7^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

## 2.2 Liberación de *M. nortoni*

Durante los años 2005, 2007 y 2009 se realizaron liberaciones de *M. nortoni* provenientes de la Estación de Cuarentena de Lo Aguirre, en plantaciones de pino de las provincias de Neuquén y Río Negro (Figura 2.3). Los sitios se seleccionaron habiendo constatado la presencia de la plaga, sin embargo, no se evaluó el grado de afectación de esta en cada predio.



Figura 2.3. Adultos de *M. nortoni* luego del traslado a campo (1) y sobre el árbol (2)

En la Tabla 2.1 se presentan los datos relativos a las liberaciones de los parasitoides realizadas en los años mencionados, discriminando por sitio de liberación y cantidad de individuos de *M. nortoni*.

Tabla 2.1. N° de individuos de *M. nortoni* liberados

Año	Sitio de liberación	Individuos de <i>Megarhyssa nortoni</i>		Total
		hembra	macho	
2005	Neuquen - Junín de los Andes	61	15	76
	Río Negro . El Bolsón	32	82	114
2007	Neuquen - Meliquina	8	75	83
	Río Negro - Bariloche	22	50	72
2009	Neuquen - Huingan co	30	29	59
	Neuquen - Las Ovejas	30	30	60

### 2.3 Obtención del material para la evaluación del establecimiento.

A partir del cuarto año de liberación, se realizó un muestreo sistemático que consistió en la generación de circunferencias concéntricas de 500, 2.000 y 10.000 metros a partir del sitio de liberación, sobre los que se trazaron líneas desde el punto de liberación direccionados hacia los cuatro puntos cardinales. La intersección entre la circunferencia y la línea del punto cardinal determinó los sitios donde realizar la colecta de trozas para evaluar la emergencia de los insectos (Figura 2.4). Se definió realizar la evaluación al cuarto año de liberación a fin de contemplar hasta dos ciclos biológicos de *S. noctilio*.

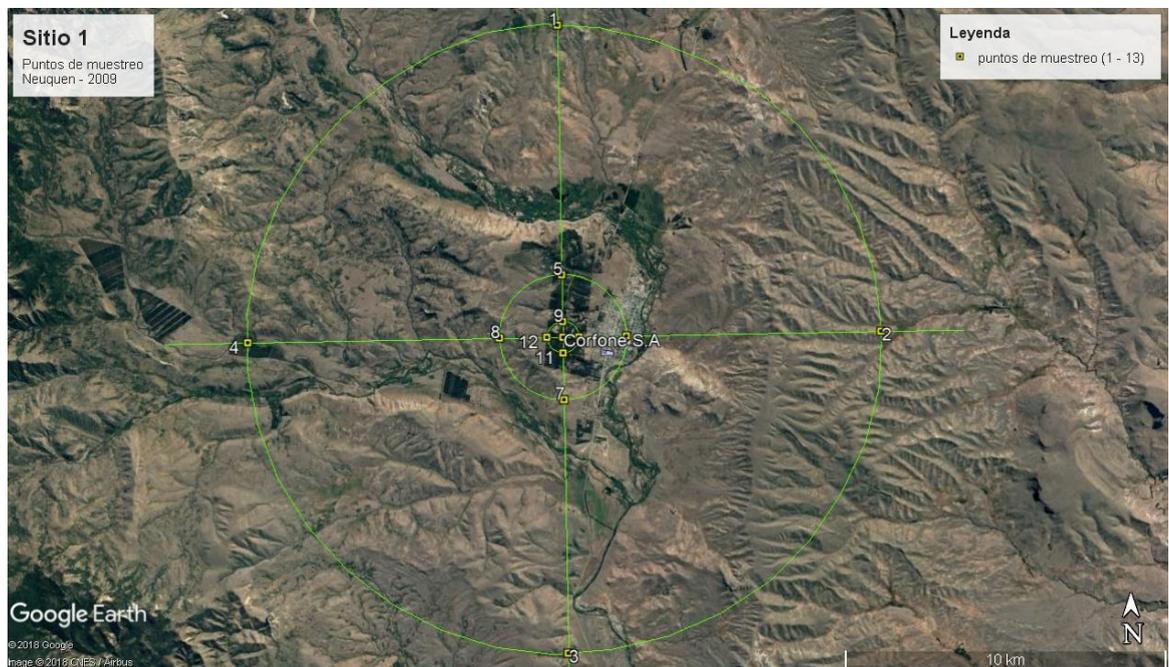


Figura 2.4. Vista satelital de sitio de liberación y puntos de muestreo.

Cada sitio de liberación generó 13 puntos de muestreo potenciales, sin embargo, la obtención de material fue parcial debido a la ausencia de plantación; de los sitios donde no había plantación, no se obtuvo material. En los puntos de muestreo de cada sitio de liberación, se identificaron tres árboles con sintomatología de ataque de *S. noctilio*. De cada árbol, se extrajo una troza de 1 m de longitud del tercio medio del árbol. Este muestreo se realizó en los años 2009, 2011 y 2013. Los árboles identificados como sintomáticos no constituían parcelas cebo.

Con el diseño implementado se sistematizó la colecta de trozas a fin de obtener resultados que fueran comparables no solo a partir de las liberaciones realizadas en Argentina, sino también con las realizadas en Chile.

Las trozas recolectadas se dispusieron en jaulas de evaluación de 1,2 x 1, 2 x 0,50 m una vez que los extremos fueron sellados con parafina. Las jaulas de evaluación se mantuvieron por un período de tres años en las instalaciones de SENASA en San Martín de los Andes, al resguardo de las condiciones climáticas, en una sala con luz natural y temperatura promedio de 21.3 °C.

#### 2.4 Evaluación de establecimiento y parasitismo

La evaluación del establecimiento se realizó a partir de la recolección de trozas en los sitios de liberación con el objetivo de constatar la recuperación de los parasitoides en terreno luego de transcurrido al menos un lapso de dos años, (Van Driesche et al. 2007); teniendo *S. noctilio* ciclos biológicos entre 1 y 3 años, se definió realizar la evaluación al cuarto año de la liberación a campo. Para estimar el parasitismo se utilizó una relación porcentual según la siguiente expresión (López et al. 2012; Maldonado et al. 2008; Ryan y Hurley 2012):

Parasitismo (%) =	$\frac{\text{n}^\circ \text{ de individuos de } M. \text{ nortoni}}{\text{n}^\circ \text{ de individuos de } S. \text{ noctilio} + \text{n}^\circ \text{ de individuos de } M. \text{ nortoni}}$	x 100
-------------------	--	-------

La información de las condiciones climáticas del período evaluado fue obtenida del Servicio Meteorológico Nacional.

## 2.5 Modelización de la distribución potencial

Para analizar la distribución potencial del biocontrolador se hizo uso del SIGAFIT ([sigafit.senasa.gov.ar](http://sigafit.senasa.gov.ar)), una herramienta web del portal Geonode ([geonode.senasa.gov.ar](http://geonode.senasa.gov.ar)) de SENASA utilizada para la estimación de áreas potenciales de aparición de plagas, a partir de la selección de las condiciones predisponentes, relacionadas a variables bioclimáticas de *M. nortoni* en su área de distribución natural. En este caso fue aplicado a un agente benéfico, de manera de que pueda ser utilizado en la gestión de las estrategias de control de la plaga.

Este análisis se realizó mediante un enfoque deductivo que permite determinar la probabilidad de establecimiento del parasitoide en función de las condiciones climáticas que le permiten al insecto completar su ciclo biológico, la distribución de *S. noctilio* en la Patagonia argentina, requerimientos de temperatura para su desarrollo, la distribución de *Pinus* sp, y valores de temperatura y precipitación que puedan afectar su establecimiento y potencial distribución.

Se obtuvo información de las condiciones climáticas de los Estados de Norte América (Tabla 2.2) descriptos por Coyle y Gandhi (2012) como el área de distribución de *M. nortoni*.

Tabla 2.2. Área de distribución de *M. nortoni* en América del Norte según Coyle y Gandhi (2012).

Canadá	Alberta
	British Columbia
	Ontario
Estados Unidos	Alaska
	Arizona
	California
	Colorado
	Idaho
	Michigan
	Montana
	Oregon
	Utah
	Vermont
Washington	

También fueron contempladas las variables climáticas de las localidades de Australia y Nueva Zelanda donde el parasitoide ha sido introducido.

Para cada una de las localidades descritas en la Tabla 2.3, se relevaron los valores de las variables climáticas detalladas en la Tabla 3, para cada mes. Luego, se obtuvo el rango para cada variable, a fin de identificar las áreas de la Patagonia Argentina que cumplen con las condiciones y realizar los mapas de límites potenciales de colonización de *M. nortoni*.

Tabla 2.3. Variables climáticas relevadas.

variable climática
promedio precipitación anual(mm)
T° media anual (°C)
T° media mensual máx. diaria (°C)
T° media mensual min. diaria (°C)
T° media mensual máx. en período de vuelo (°C)
promedio precipitación mensual en periodo de lluvias (mm)

## 2.6 Análisis de datos

Se calcularon los valores de parasitismo. Se realizó un análisis exploratorio descriptivo de los datos, a fin de analizar la variable porcentaje de parasitismo. Se identificaron los valores máximos y mínimos. (Di Rienzo et al. 2008; Canavos 1988). Se realizó un análisis descriptivo de las variables climáticas de los sitios evaluados.

Se realizaron análisis de dispersión del parasitoide a través de gráficos. En los gráficos de burbuja, se representó la cantidad de *M. nortoni* emergidas en función de la distancia y la orientación respecto al punto central de liberación. El tamaño de las burbujas representó la cantidad de insectos recolectados.

Se utilizó un modelo lineal generalizado con distribución de Poisson para analizar la relación entre el número de *M. nortoni* emergidos y las variables climáticas. El modelo representa la distribución esperada para la variable dependiente discreta: N° de individuos de *M. nortoni*.

Debido a que las unidades de muestreo examinadas en cada sitio presentaron una alta proporción de valores nulos, se tomó como variable dependiente el número total de individuos de *M. nortoni* contabilizados en cada sitio. De esta manera se dispuso solamente de 6 observaciones restringiendo severamente el número de variables

plausibles de ser incluidas en el modelo. Por ese motivo se decidió incluir un máximo de dos variables independientes para analizar el efecto de los factores climáticos que fueron la precipitación media mensual en el periodo de lluvias y el promedio mensual de la temperatura máxima diaria. La selección de las variables climáticas se realizó mediante el valor de "t" obtenido para los respectivos parámetros y la observación de las tendencias lineales en gráficos de los valores observados en función de los predichos.

Una vez seleccionado el modelo con factores climáticos se realizaron gráficos entre los valores observados vs. valores predichos por el modelo. Si el modelo ajusta perfectamente, los valores se posicionan sobre la recta de ordenada 0 y pendiente 1. Se graficaron los valores observados de *S. noctilio* y de *M. nortoni* emergidos en cada sitio.

### 3 Capítulo 3. Resultados

#### 3.1 Registro de insectos emergidos en las jaulas de evaluación.

En la Tabla 3.1 se presenta la información de las emergencias registradas en las jaulas de evaluación, compilado por sitio y año en el que se realizó la colecta de las trozas.

Tabla 3.1. Cantidad de insectos emergidos en jaulas de evaluación.

Año	Sitio de evaluación	N° de sitios de muestreo	N° de trozas colectadas	N° <i>S. noctilio</i>		N° de <i>M. nortoni</i>	
				hembra	macho	hembra	macho
2009	Neuquén - Junín de los Andes	9	27	185	340	29	24
	Río Negro - El Bolson	8	24	50	132	103	50
2011	Neuquén - Meliquina	9	27	128	109	18	7
	Río Negro - Bariloche	7	21	287	234	6	4
2013	Neuquén - Las Ovejas	7	21	93	217	44	13
	Neuquén - Huingan co	7	21	106	203		1

#### 3.2 Parasitismo por sitio de evaluación

Una vez obtenido el número de individuos de *S. noctilio* y *M. nortoni* emergidos, se calculó el parasitismo para cada Sitio de evaluación, el que se presenta en la Tabla 3.2 y se esquematiza en la figura 3.1.

Tabla 3.2. Parasitismo (%).

Año	Sitio de evaluación	parasitismo (%)
2009	Neuquén - Junín de los Andes	9,2
	Río Negro - El Bolsón	45,7
2011	Neuquén - Meliquina	9,5
	Río Negro - Bariloche	1,9
2013	Neuquén - Huingan co	0,3
	Neuquén - Las Ovejas	15,5

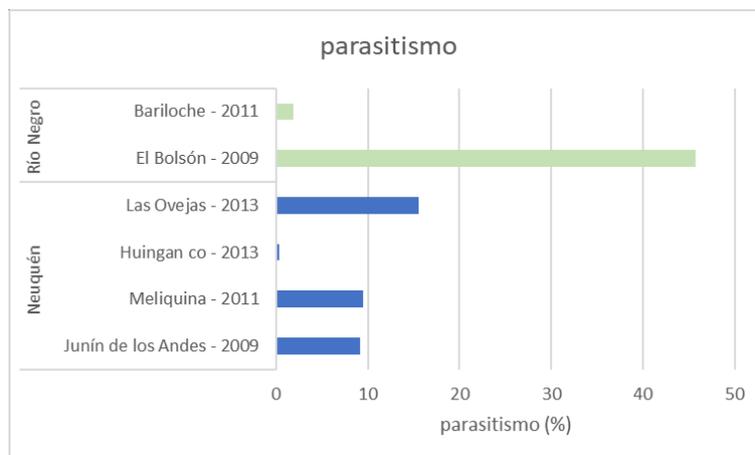


Figura 3.1. Parasitismo (%) por sitio de liberación.

### 3.3 Resultados del Sitio 1

Este sitio estuvo ubicado en Junín de los Andes Provincia Neuquén, en forestaciones de *P. ponderosa* pertenecientes a la empresa CORFONE S.A. La figura 3.2 muestra el sitio de liberación y los puntos de muestreo.



Figura 3.2. Sitio de liberación año 2005 y puntos de muestreo. Junín de los Andes, Neuquén.

#### 3.3.1 Evaluación del establecimiento a través del parasitismo

El núcleo de *M. nortoni* liberado en 2005 estaba compuesto por 61 hembras y 15 machos. A partir del punto de liberación, y en función al esquema de muestreo sistemático definido para la evaluación, se identificaron 9 puntos dentro del área de 314.16 km<sup>2</sup> (31416 ha) factibles para la toma de muestras. De las 27 trozas colectadas, emergieron 525 individuos de *S. noctilio* y 53 individuos de *M. nortoni*, de acuerdo con el siguiente detalle (Tabla 3.3):

Tabla 3.3. Cantidad de insectos emergidos de las trozas del Sitio 1.

Sitio de evaluación	N° de trozas colectadas	N° <i>S. noctilio</i>		N° de <i>M. nortoni</i>	
		hembra	macho	hembra	macho
Neuquén	27	185	340	29	24

La cantidad de insectos emergidos de las trozas colectadas en cada punto de evaluación se detalla en la tabla 3.4, en la que se indica además el parasitismo obtenido en aquellos puntos donde se registró *M. nortoni*. Se representa en la figura 3.3.

Tabla 3.4. Cantidad de insectos y parasitismo por punto de evaluación - Sitio 1.

orientacion	distancia	n° de trozas	Megarhyssa	Sirex	parasitismo (%)
C	0	3	30	3	90,9
N	500	3	23	6	79,3
N	2000	3	0	29	
N	10000	3	0	63	
S	500	3	0	73	
S	10000	3	0	23	
O	500	3	0	265	
O	2000	3	0	4	
O	10000	3	0	59	

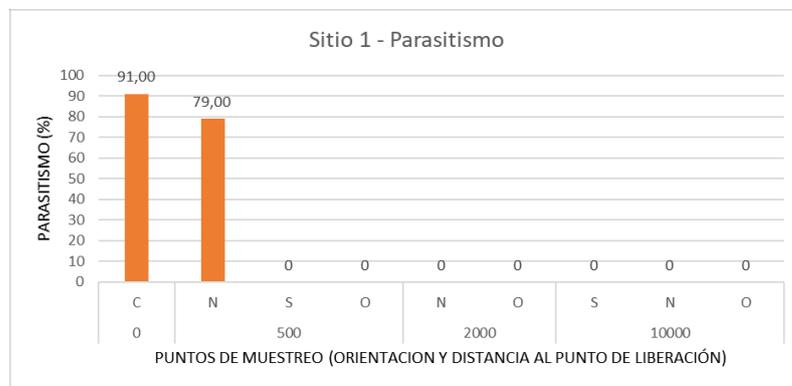


Figura 3.3. Parasitismo (%) en puntos de muestreo - Sitio 1.

A través de los siguientes gráficos se representa la cantidad de individuos emergidos de *M. nortoni* (Figura 3.4, 3.6) y de *S. noctilio* (Figura 3.5, 3.7) en cada punto de evaluación. En los gráficos de burbuja, el tamaño de esta representa el número de individuos emergidos. La distancia (en metros) al punto de liberación está representada sobre el eje y, mientras que la orientación (en función de los puntos cardinales), está representada sobre el eje x.

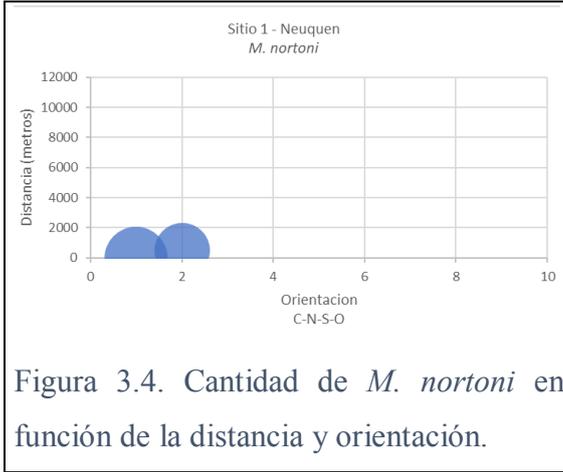


Figura 3.4. Cantidad de *M. nortoni* en función de la distancia y orientación.

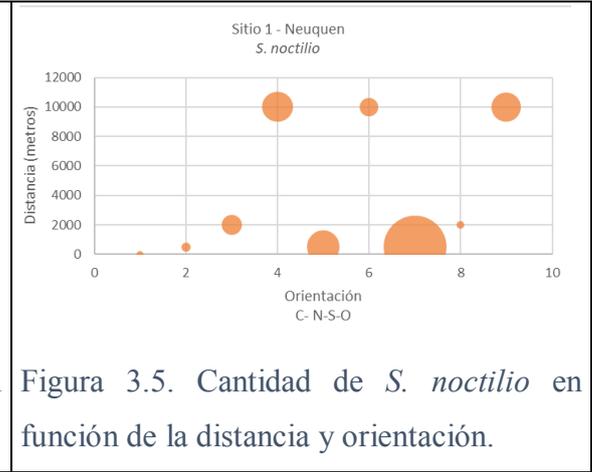


Figura 3.5. Cantidad de *S. noctilio* en función de la distancia y orientación.

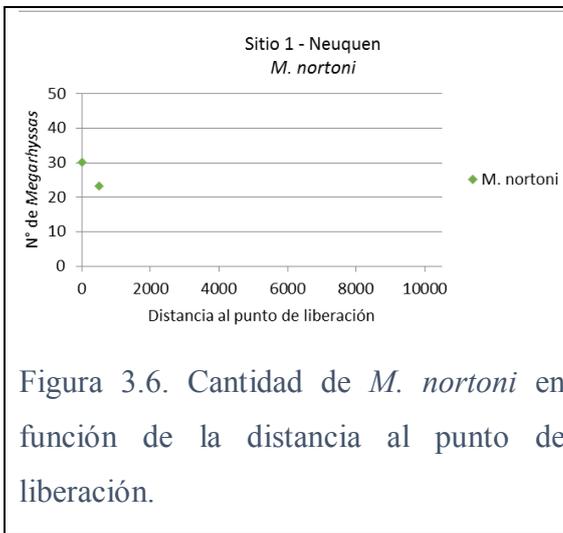


Figura 3.6. Cantidad de *M. nortoni* en función de la distancia al punto de liberación.

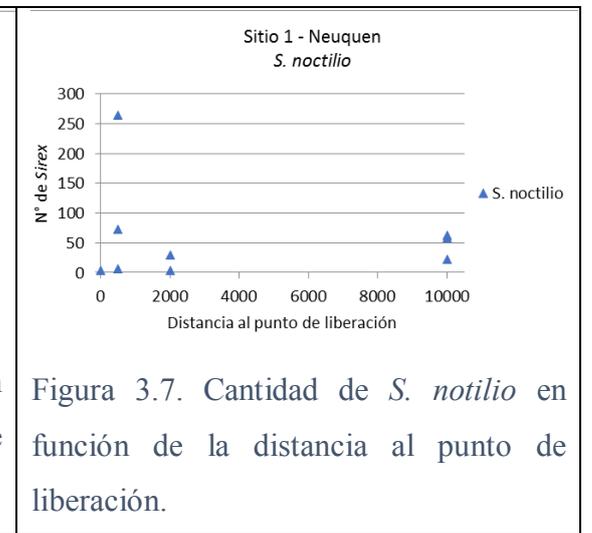


Figura 3.7. Cantidad de *S. noctilio* en función de la distancia al punto de liberación.

### 3.3.2 Evaluación de las variables climáticas

Desde el año en el que se efectuaron las liberaciones de los núcleos de parasitoides, hasta el año de la recolección de las trozas para su disposición en las jaulas de evaluación, se obtuvo información del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) proveniente de la estación meteorológica Chapelco, de las siguientes variables: precipitación, T° máxima, T° mínima, HR máxima y HR mínima. A su vez se generaron dos nuevas variables: el promedio de la T° máxima diaria registrada en el periodo activo de *M. nortoni* observado en Tasmania (Taylor 1976) y el promedio de la precipitación en el periodo de lluvia, tomado como un indicador de sequía, situación predisponente para el ataque de *S. noctilio* (Morgan 1968). La tabla 3.5 presenta un resumen de las variables para el período 2005 - 2009.

Tabla 3.5. Resumen de variables climáticas - Chapelco.

Neuquén 2005-2009	
variable climática	
promedio pptación anual (mm)	781,1
promedio pptación mensual (mm)	65,1
promedio pptación período mayo - agosto (mm)	138,6
promedio T máx. diaria (°C)	16,3
promedio T máx. diaria período octubre - marzo (°C)	22
promedio T mín. diaria (°C)	2,3
promedio HR máx. (%)	79,4
promedio HR mín. (%)	39,4

La precipitación promedio anual registrada en el periodo 2005 – 2009 fue de 781,1 mm, mientras que el promedio mensual fue de 65,1 mm. El período de lluvias mayo – agosto tuvo un promedio de 138,6 mm. La mayor precipitación anual acumulada se registró en el año 2005 con 1047mm. El año 2007 fue el año más seco, con 439 mm. En la figura 3.8 se representa la precipitación acumulada por mes, y el total anual.

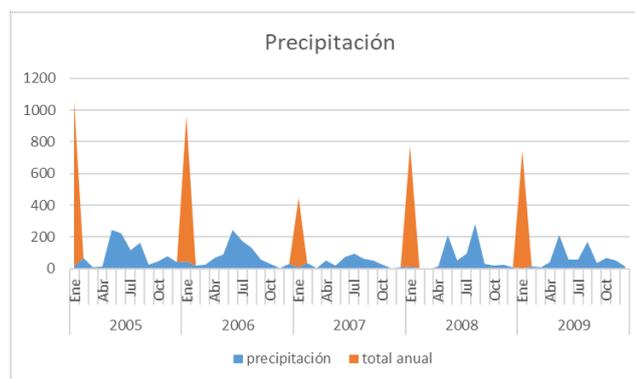


Figura 3.8. Precipitación mensual y anual.

Los datos de la T° máxima diaria corresponden al periodo 2007-2009 (ausencia de registros entre 2005 y 2007). El promedio de la T máxima es de 16.1°C mientras que el promedio para el periodo de vuelo es de 22°C. La temperatura máxima diaria registrada durante el verano fue de 35,6°C en febrero de 2008 y 34,4°C en enero de 2009 (Figura 3.9). Los datos de la T° mínima diaria corresponden al período 2005-2009. El promedio de la temperatura mínima diaria registrada fue de -5°C. La temperatura mínima diaria más baja se registró en julio de 2007 con un valor de -19.9°C. (Figura 3.10)

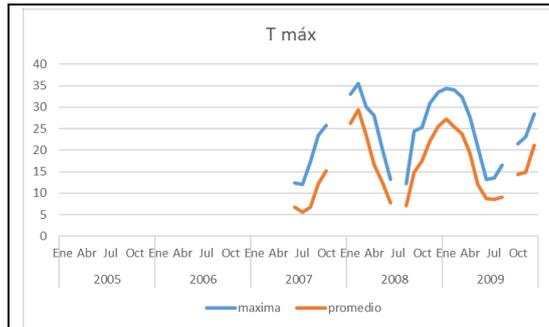


Figura 3.9. T° máxima diaria y su promedio

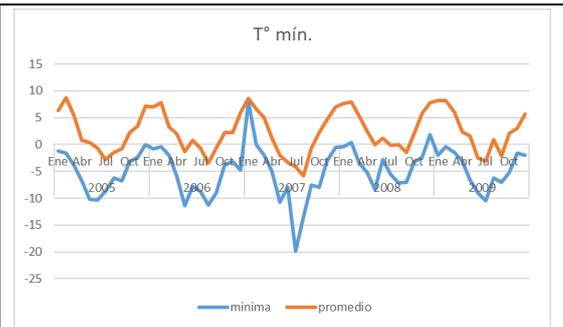


Figura 3.10. T° mínima diaria y su promedio.

La HR máxima (Figura 3.11) y mínima (Figura 3.12) fueron obtenidos para el periodo 2005-2009. El promedio anual de la HR máxima fue de 79.4% mientras que para la HR min el promedio fue de 39.4%.

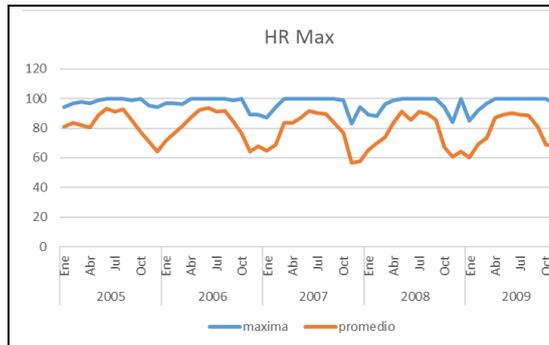


Figura 3.11. HR (%) máxima diaria y su promedio.

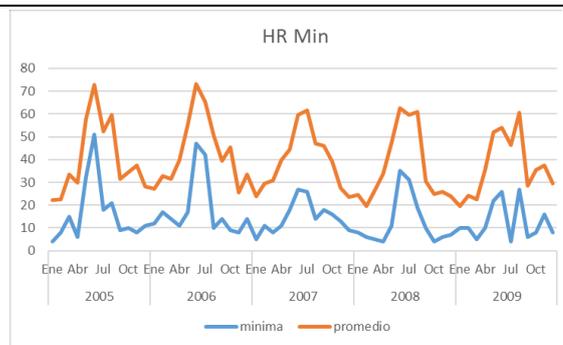


Figura 3.12. HR (%) mínima diaria y su promedio.

### 3.4 Resultados del Sitio 2

El sitio 2 estuvo ubicado en El Bolsón - Provincia Rio Negro. La liberación de *M. nortoni* se realizó en forestaciones de *P. ponderosa*. La figura 3.13 representa el sitio de liberación y los puntos de muestreo.



Figura 3.13. Sitio de liberación año 2005 y puntos de muestreo. El Bolsón, Río Negro.

### 3.4.1 Evaluación del establecimiento a través del parasitismo

El núcleo de *M. nortoni* liberado en 2005 estaba compuesto por 32 hembras y 82 machos. En este sitio se identificaron 8 puntos de muestreo de los que se recolectaron 24 trozas dentro del área de 31416 ha, definido por la circunferencia de radio 10 km. De las jaulas emergieron 182 individuos de *S. noctilio* y 153 individuos de *M. nortoni*, de acuerdo con el detalle de la tabla 3.6:

Tabla 3.6. Cantidad de insectos emergidos de las trozas del Sitio 2.

Sitio de evaluación	N° de trozas colectadas	N° <i>S. noctilio</i>		N° de <i>M. nortoni</i>	
		hembra	macho	hembra	macho
Río Negro	24	50	132	103	50

El número de insectos emergidos de las trozas colectadas en cada punto de evaluación y el parasitismo obtenido se detalla en la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Cantidad de insectos y parasitismo por punto de evaluación - Sitio 2.

orientacion	distancia	n° de trozas	Megarhyssa	Sirex	parasitismo (%)
C	0	3	51	5	91,1
N	2000	3	44	2	95,7
N	10000	3	10	122	7,6
S	500	3	0	1	
S	2000	3	5	18	21,7
S	10000	3	0	25	
E	500	3	11	2	84,6
O	10000	3	32	7	82,1

El parasitismo en los 6 puntos donde se registraron emergencias de *M. nortoni*, ha mostrado valores dentro del rango 7,6 y 95.65 % (Figura 3.14).

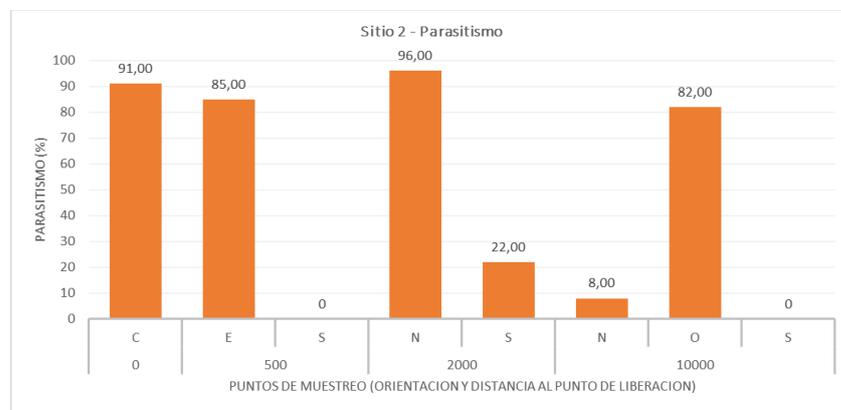


Figura 3.14. Parasitismo (%) por puntos de muestreo - Sitio 2.

La distribución de las emergencias de *M. nortoni* (Figura 3.15) y *S. noctilio* (Figura 3.16) se representa en los siguientes gráficos de burbujas, en los que el tamaño de la burbuja es proporcional a la cantidad de emergencias registradas en cada punto de muestreo en función de la distancia al punto de liberación y la orientación (puntos cardinales). A su vez, se generaron los gráficos de dispersión para representar el N° de insectos emergidos en función de la distancia (Figuras 3.17 y 3.18).

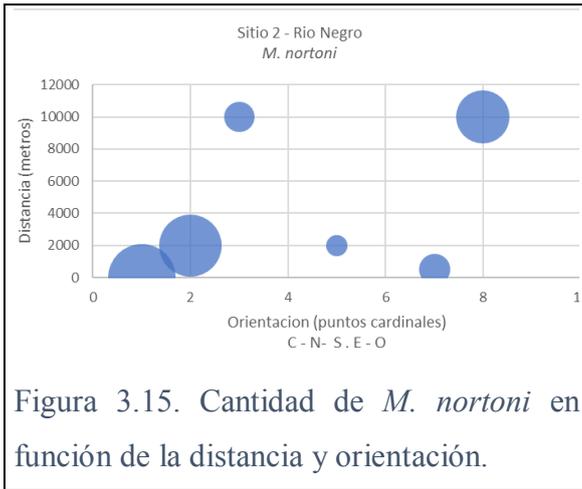


Figura 3.15. Cantidad de *M. nortoni* en función de la distancia y orientación.

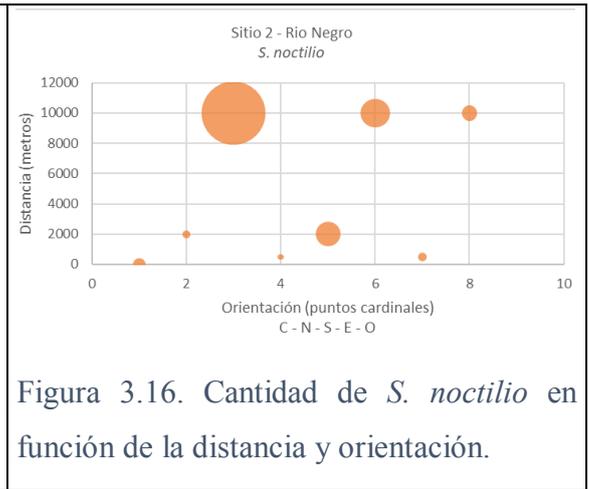


Figura 3.16. Cantidad de *S. noctilio* en función de la distancia y orientación.

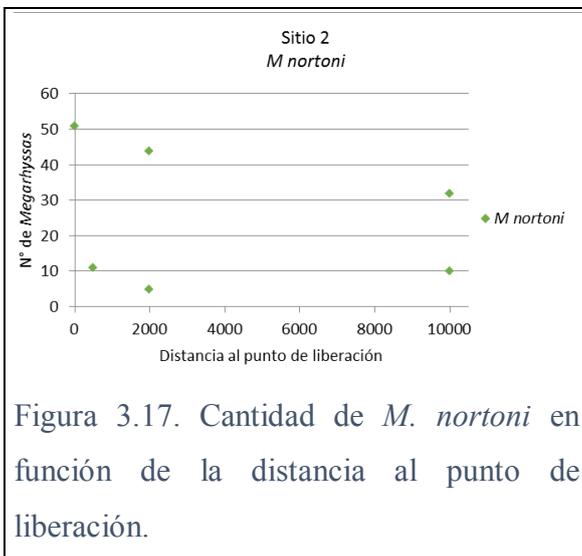


Figura 3.17. Cantidad de *M. nortoni* en función de la distancia al punto de liberación.

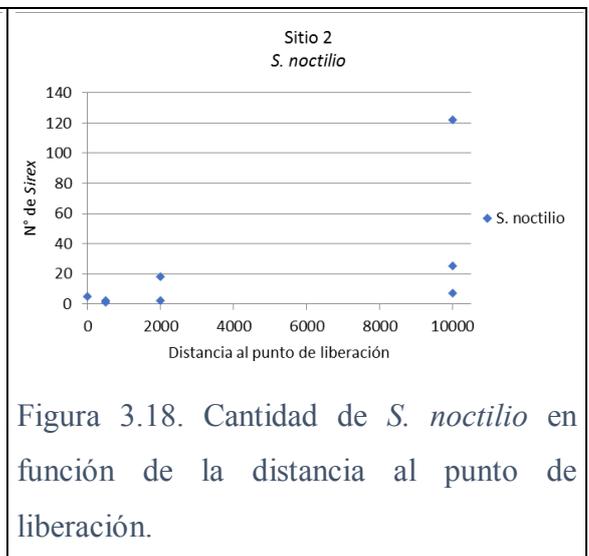


Figura 3.18. Cantidad de *S. noctilio* en función de la distancia al punto de liberación.

### 3.4.2 Análisis de las variables climáticas

Las variables climáticas analizadas para el periodo 2005-2009, fueron provistas también por el SMN, obtenidas en la estación meteorológica de El Bolsón; las mismas se resumen en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Resumen de variables climáticas - El Bolsón.

Río Negro 2005-2009	
variable climática	
promedio pptación anual (mm)	1059,4
promedio pptación mensual (mm)	88,3
promedio pptación período mayo - agosto (mm)	171,6
promedio T máx. diaria (°C)	17,1
promedio T máx. diaria período octubre - marzo (°C)	22,5
promedio T mín. diaria (°C)	3,2
promedio HR máx. (%)	93,5
promedio HR mín. (%)	49,2

Durante el período analizado, se observó que la precipitación anual fue en promedio de 1059,4 mm, mientras que el promedio mensual fue de 88,3 mm. El periodo de lluvias alcanzó un promedio de 171,6 mm (Figura 3.19). El año 2006 fue el más lluvioso con un registro de 1343,8 mm.

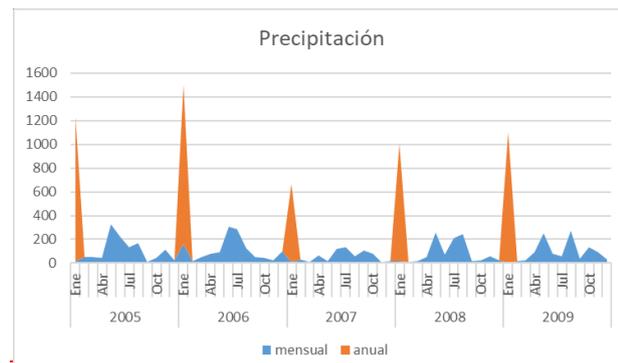


Figura 3.19. Precipitación mensual y anual.

La T máxima diaria en promedio fue de 17,1°C mientras que el promedio para el periodo de vuelo es de 22,5 °C. En enero y febrero de 2008 se registraron los máximos valores de T° máxima diaria, 36 °C y 36,5°C respectivamente (Figura 3.20). El promedio de la temperatura mínima diaria registrada fue de 3,2 °C, mientras que la temperatura mínima diaria más baja (-11,5°C) se registró en julio de 2007 (Figura 3.21).

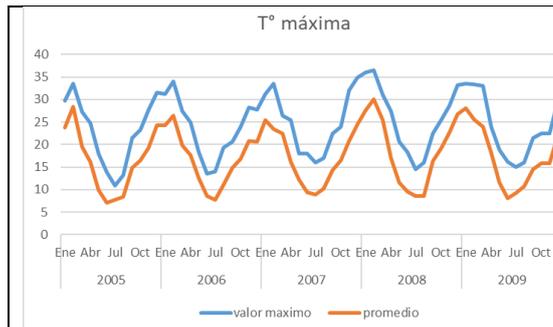


Figura 3.20. T° máxima diaria y su promedio.

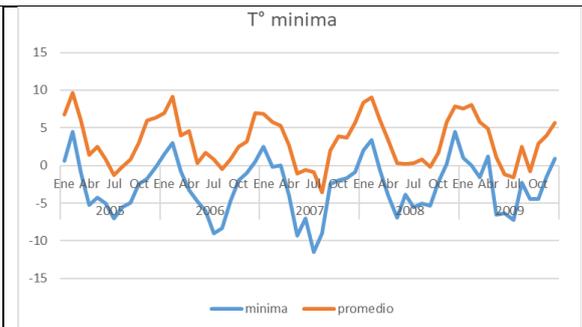


Figura 3.21. T° mínima diaria y su promedio.

El promedio anual de la HR máx. (Figura 3.22 20) fue de 93,5 % mientras que para la HR min (Figura 3.23) el promedio fue de 49,2 %.

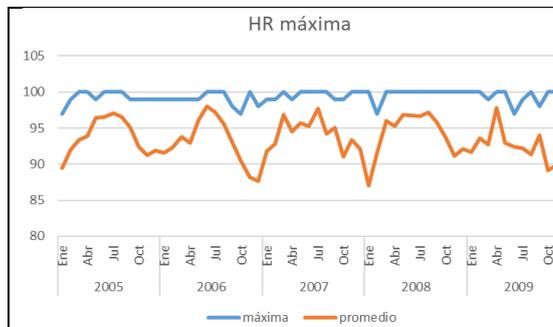


Figura 3.22. HR (%) máxima diaria y su promedio.

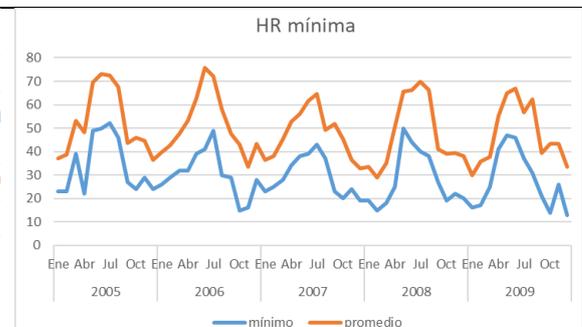


Figura 3.23. HR (%) mínima diaria y su promedio.

### 3.5 Resultados del Sitio 3

El sitio 3 estuvo ubicado en Meliquina - Provincia de Neuquén. La liberación de *M. nortoni* se realizó en la Estancia San Jorge en forestaciones de *P. ponderosa*. La figura 3.24 representa el sitio de liberación y los puntos de muestreo.

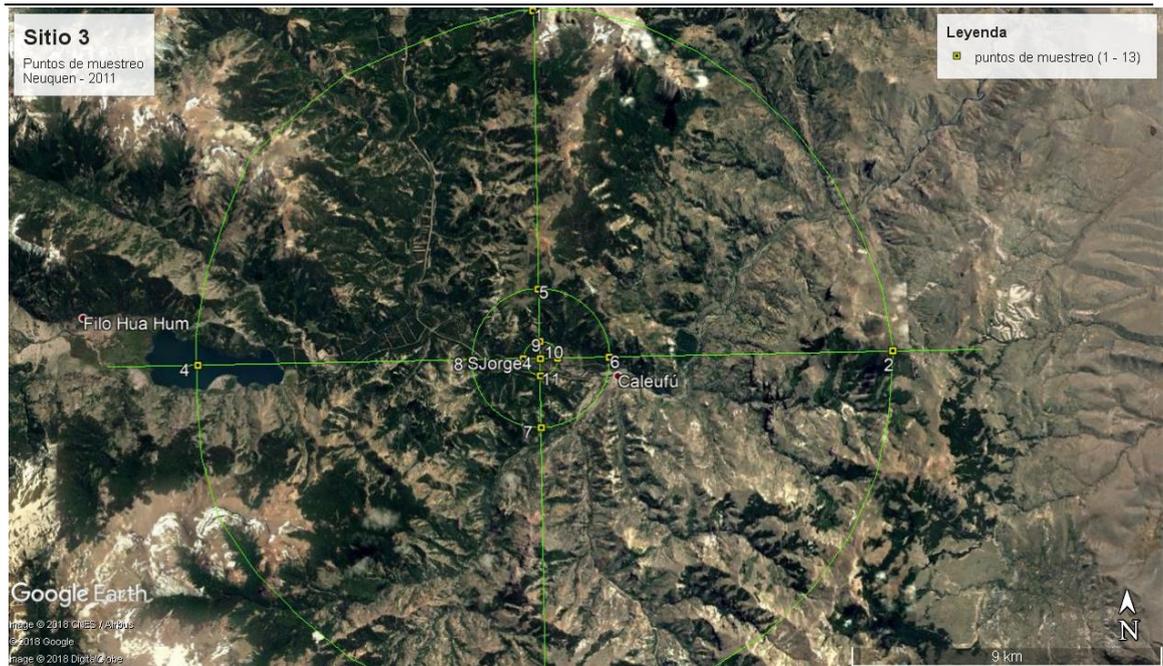


Figura 3.24. Sitio de liberación año 2007 y puntos de muestreo. Meliquina, Neuquén.

### 3.5.1 Evaluación del establecimiento a través del parasitismo

El núcleo de *M. nortoni* liberado en 2007 estuvo compuesto por 8 hembras y 75 machos. En este sitio se identificaron 9 puntos de muestreo de los que se recolectaron 27 trozas dentro del área de 31416 ha, definido por la circunferencia de radio 10 km. De las jaulas emergieron 237 individuos de *S. noctilio* y 25 individuos de *M. nortoni*, de acuerdo con el detalle de la tabla 3.9.

Tabla 3.9. Cantidad de insectos emergidos de las trozas del Sitio 3.

Sitio de evaluación	N° de trozas colectadas	N° <i>S. noctilio</i>		N° de <i>M. nortoni</i>	
		hembra	macho	hembra	macho
Neuquen	27	128	109	18	7

El número de insectos emergidos de las trozas colectadas en cada punto de evaluación se detalla en la tabla 3.10 y se representa en la figura 3.25.

Tabla 3.10. Cantidad de insectos por punto y parasitismo - Sitio3.

orientacion	distancia	n° de trozas	Megarhyssa	Sirex	parasitismo (%)
C	0	3	18	69	20,7
E	500	3	7	136	4,9
E	2000	3	0	7	
E	10000	3	0	15	
O	500	3			
O	2000	3			
O	10000	3	0	4	
N	500	3	0	5	
S	500	3	0	11	

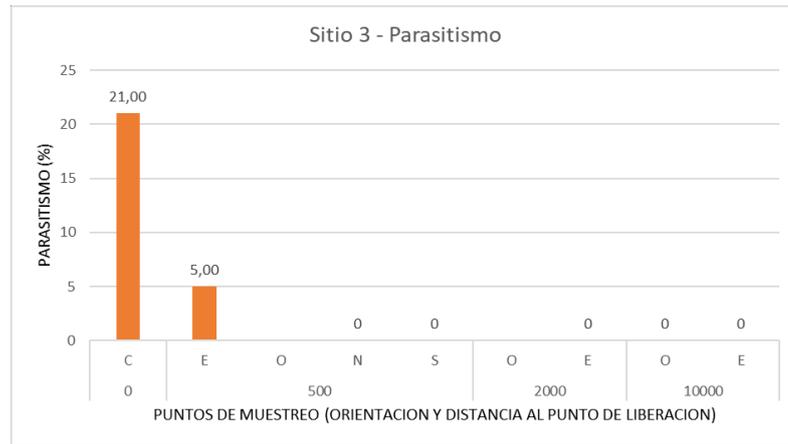


Figura 3.25. Parasitismo por puntos de muestreo- Sitio 3.

La distribución de las emergencias en relación con la distancia y orientación, se representan a través de los gráficos de burbujas para *M. nortoni* (Figura 3.26) y *S. noctilio* (Figura 3.27). Los gráficos de dispersión del N° de insectos emergidos en función de la distancia, se representan en las figuras 3.28 y 3.29.

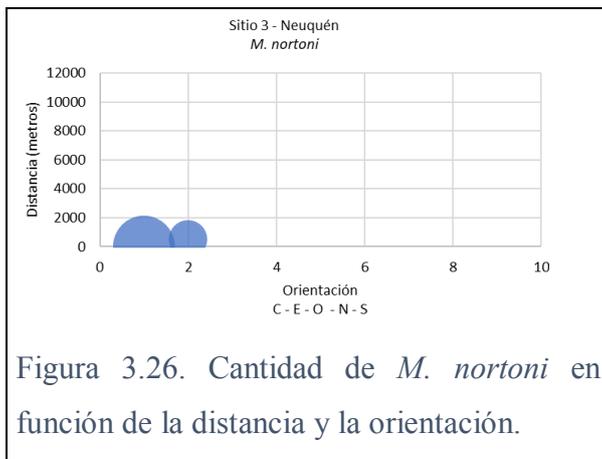


Figura 3.26. Cantidad de *M. nortoni* en función de la distancia y la orientación.

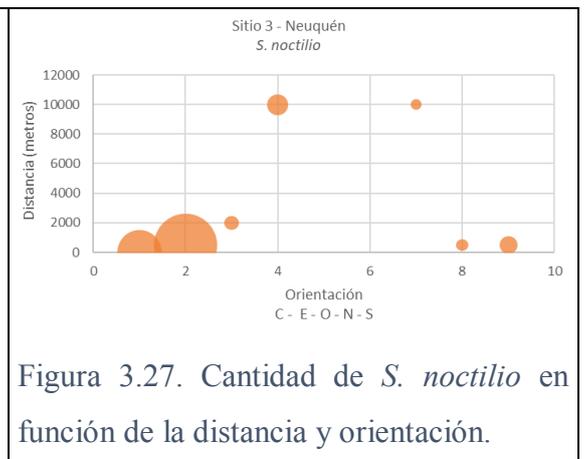


Figura 3.27. Cantidad de *S. noctilio* en función de la distancia y orientación.

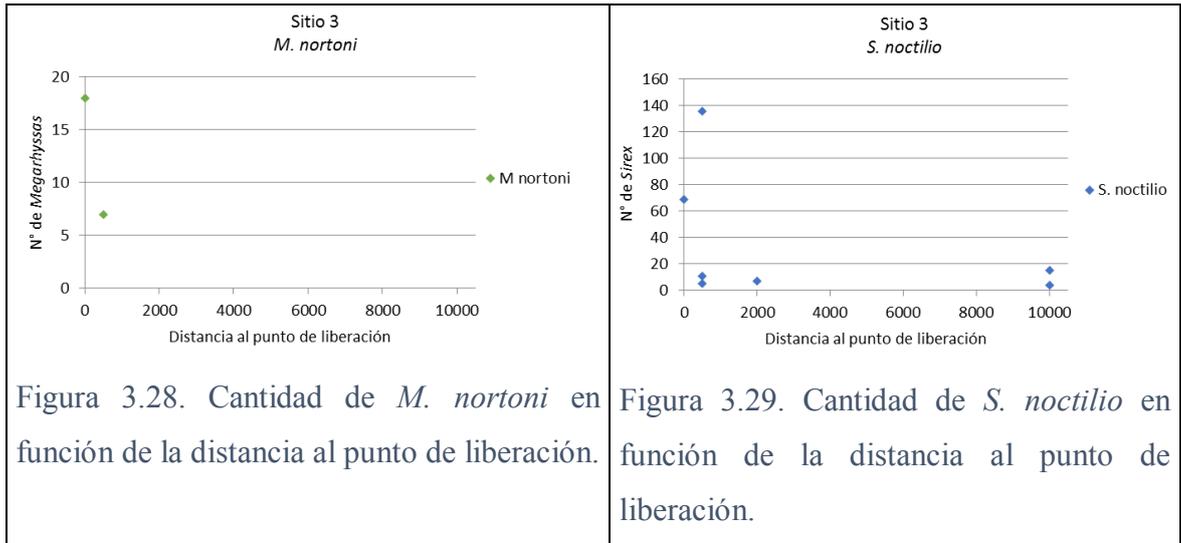


Figura 3.28. Cantidad de *M. nortoni* en función de la distancia al punto de liberación.

Figura 3.29. Cantidad de *S. noctilio* en función de la distancia al punto de liberación.

### 3.5.2 Análisis de las variables climáticas

La información climática obtenida de la estación meteorológica Chapelco para el período 2007 – 2011 se resume en la tabla 3.11.

Tabla 3.11. Resumen de variables climáticas Chapelco.

Neuquén 2007-2011	
variable climática	
promedio pptación anual (mm)	584
promedio pptación mensual (mm)	48,7
promedio pptación periodo mayo - agosto (mm)	102,1
promedio T max diaria (°C)	16,3
promedio T max diaria periodo octubre - marzo (°C)	21,9
promedio T minima diaria (°C)	2,4
promedio HR max (%)	78,4
promedio HR min (%)	39,7

Para esta región, la precipitación anual promedio fue de 584 mm, mientras que el promedio mensual fue de 48,7 mm. El periodo de lluvias registró 102,1 mm en promedio de mm. Los años 2008 y 2009 presentaron mayores precipitaciones con valores acumulados de 761.5 mm y 741 mm respectivamente (Figura 3.30).

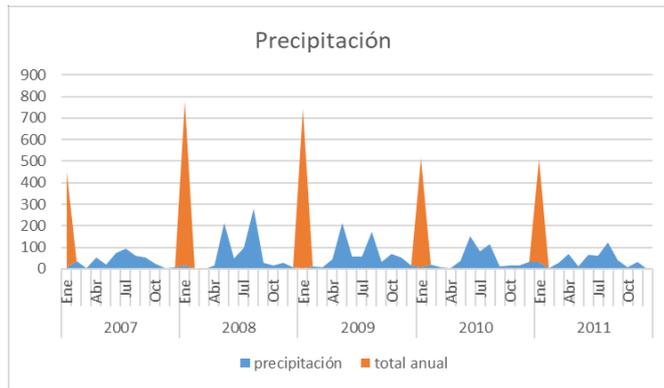


Figura 3.30. Precipitación mensual y anual

La T° máxima diaria en promedio fue de 16,3°C mientras que el promedio para el periodo de vuelo de *M. nortoni* fue de 21,9 °C. En febrero de 2008 se registró el máximo valor diario de T° con 35,6 °C (Figura 3.31). El promedio de la T° mínima diaria registrada fue de 2,4 °C, mientras que la T° mínima diaria más baja se registró en julio de 2007 con un valor de -19,9 °C. (Figura 3.32).

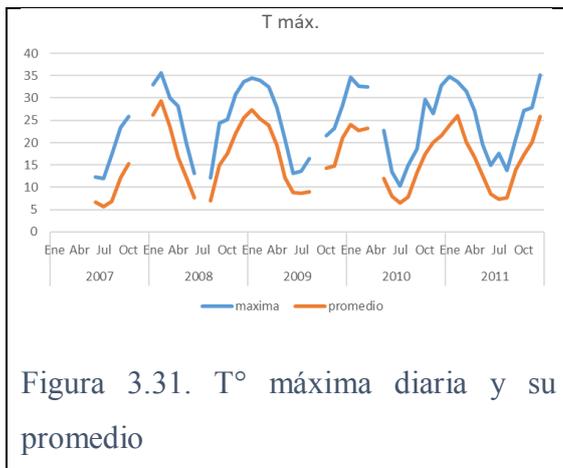


Figura 3.31. T° máxima diaria y su promedio

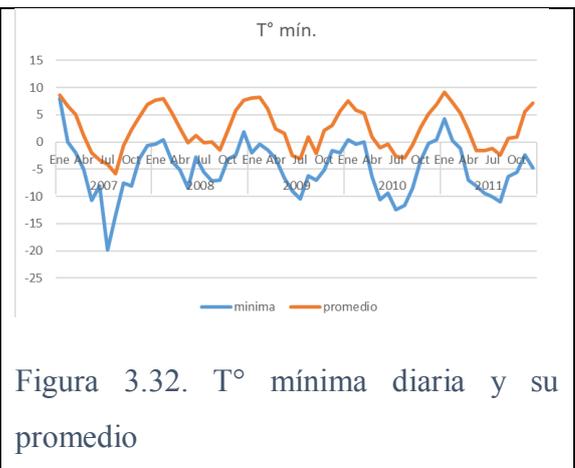


Figura 3.32. T° mínima diaria y su promedio

Respecto a la HR, el promedio anual de la HR máx. fue de 78,4 % mientras que para la HR min, el promedio fue de 39,7 %. En las figuras 3.33 y 3.34 se representan la HR máxima mensual y mínima mensual respectivamente.

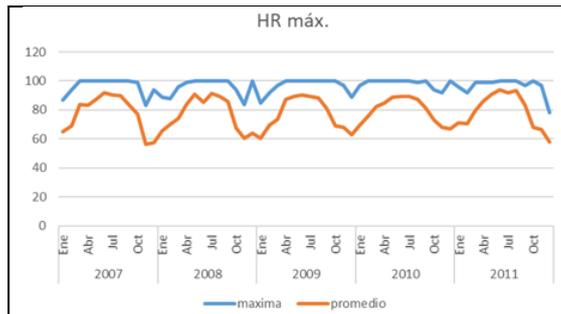


Figura 3.33. HR (%) máxima diaria y su promedio

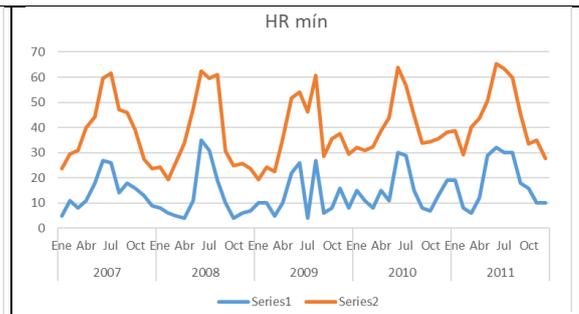


Figura 3.34. HR (%) mínima diaria y su promedio.

### 3.6 Resultados del Sitio 4

Este sitio estuvo ubicado en San Carlos de Bariloche - Provincia de Río Negro. La liberación de *M. nortoni* se realizó en forestaciones de *P. contorta* y *P. ponderosa* de la Estancia Kaltschimdt. La figura 3.35 representa el sitio de liberación y puntos de muestreo.



Figura 3.35. Sitio de liberación año 2007 y puntos de muestreo. S.C. de Bariloche, Río Negro.

### 3.6.1 Evaluación del establecimiento a través del parasitismo

En el año 2007, el núcleo de *M. nortoni* estuvo conformado por 22 hembras y 50 machos. En este sitio se identificaron 7 puntos de muestreo de los que se recolectaron 21 trozas dentro del área definido por la circunferencia de radio 10 km. De las jaulas emergieron 521 individuos de *S. noctilio* y 10 individuos de *M. nortoni*. La tabla 3.12 presenta el detalle por especie.

Tabla 3.12. Cantidad de insectos emergidos de las trozas del Sitio 4

Sitio de evaluación	N° de trozas colectadas	N° <i>S. noctilio</i>		N° de <i>M. nortoni</i>	
		hembra	macho	hembra	macho
Río Negro	21	287	234	6	4

El número de insectos emergidos de las trozas colectadas en cada punto de evaluación se detalla en la tabla 3.13 y se representa en la figura 3.36.

Tabla 3.13. Cantidad de insectos por punto y parasitismo - Sitio 4.

orientacion	distancia	n° de trozas	Megarhyssa	Sirex	parasitismo (%)
C	0	3	0	142	
N	500	3	0	136	
N	2000	3	0	96	
N	10000	3	0	40	
S	500	3	0	21	
S	2000	3	0	75	
S	10000	3	10	11	47,6

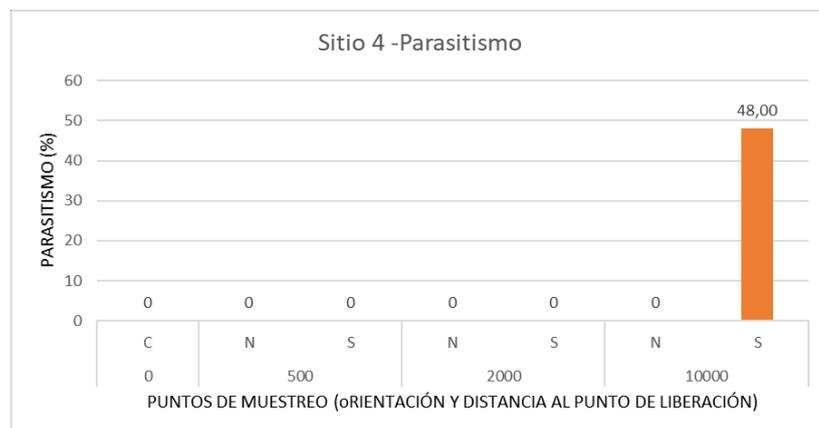


Figura 3.36. Parasitismo por puntos de muestreo – Sitio 4.

La distribución de las emergencias de *M. nortoni* (Figuras 3.37 y 3.39) y *S. noctilio* (Figuras 3.38 y 3.40) se representa en los siguientes gráficos de burbujas y de dispersión.

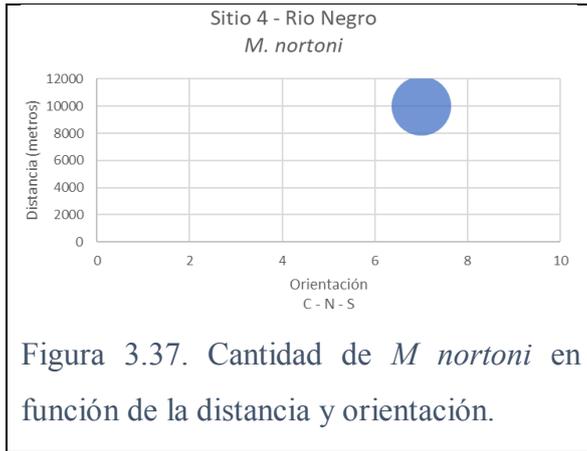


Figura 3.37. Cantidad de *M. nortoni* en función de la distancia y orientación.

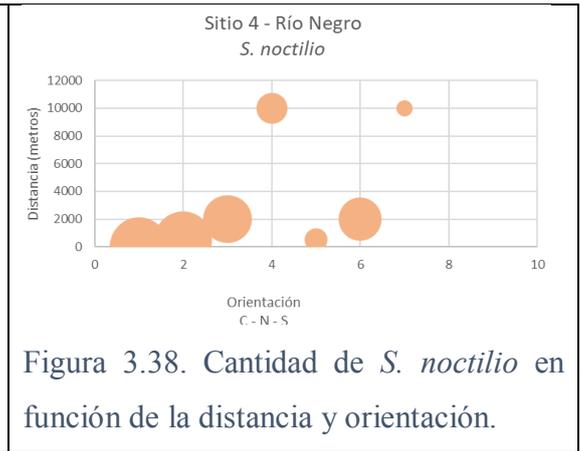


Figura 3.38. Cantidad de *S. noctilio* en función de la distancia y orientación.

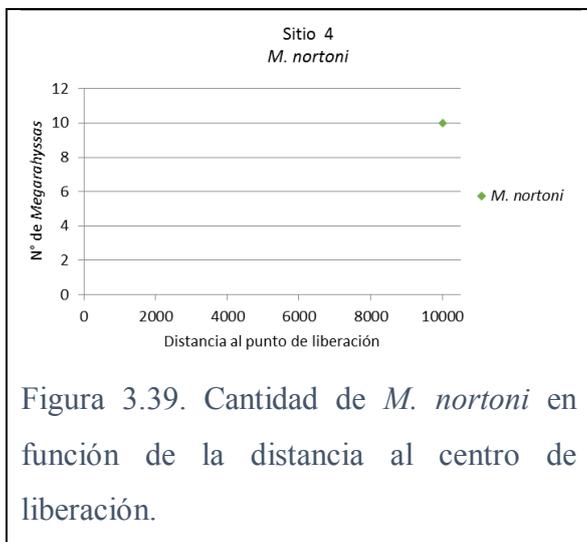


Figura 3.39. Cantidad de *M. nortoni* en función de la distancia al centro de liberación.

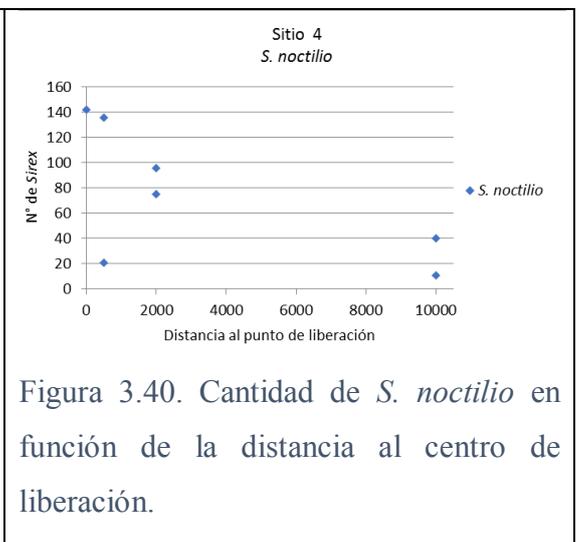


Figura 3.40. Cantidad de *S. noctilio* en función de la distancia al centro de liberación.

### 3.6.2 Análisis de las variables climáticas

Los datos climáticos del periodo 2007 - 2011, fueron obtenidos de la estación meteorológica de San Carlos de Bariloche., Río Negro. En la tabla 3.14, se resumen los valores hallados.

Tabla 3.14. Resumen de las variables climáticas Bariloche.

Río Negro 2007-2011	
variable climática	
promedio pptación anual (mm)	762,6
promedio pptación mensual (mm)	63,6
promedio pptación período mayo - agosto (mm)	127,1
promedio T máx. diaria (°C)	14,9
promedio T máx. diaria período octubre - marzo (°C)	20,1
promedio T mín. diaria (°C)	2,2
promedio HR máx. (%)	82,8
promedio HR mín. (%)	40,7

Para este período y región, la precipitación anual promedio fue de 765,6 mm, mientras que el promedio mensual fue de 63,6 mm. El periodo de lluvias tuvo en promedio precipitaciones de 127,1 mm. Los años más lluviosos se presentaron en 2008 y 2009 con precipitaciones acumuladas de 970,3 mm y 1043,1 mm respectivamente (Figura 3.41).

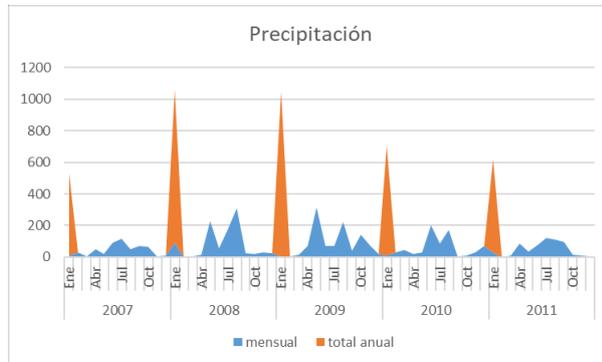


Figura 3.41. Precipitaciones S.C. de Bariloche.

La T° máxima diaria en promedio fue de 14,9°C mientras que el promedio para el período de vuelo de *M. nortoni* fue de 20,1 °C. En febrero de 2011 se registró el máximo valor diario de T° con 33,8 °C (Figura 3.42). El promedio de la T° mínima diaria registrada fue de 2,2 °C, mientras que la T° mínima diaria más baja se registró en julio de 2007 con un valor de -18,8 °C (Figura 3.43).

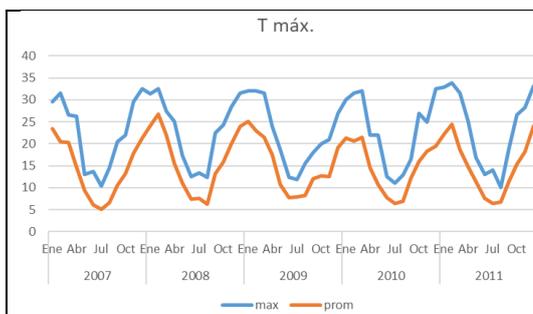


Figura 3.42. T° máxima diaria y su promedio

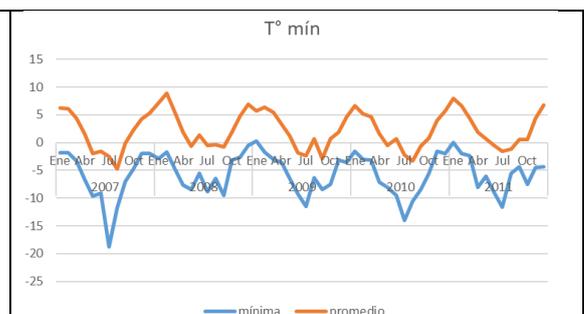
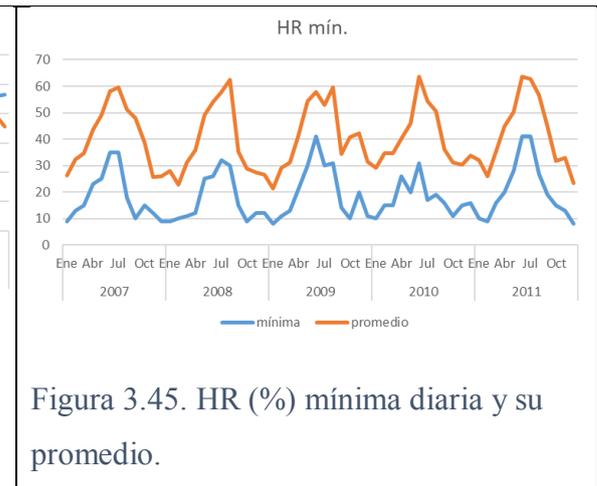
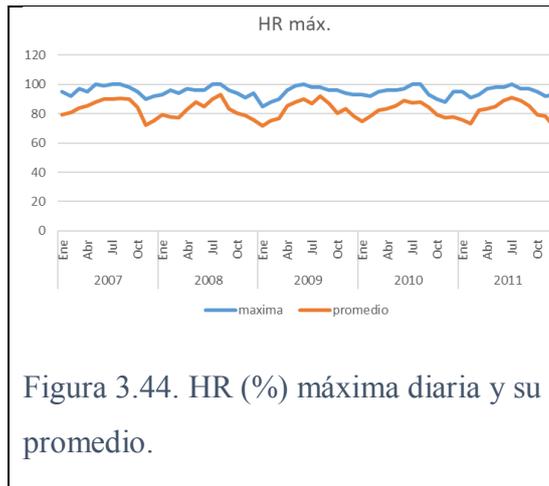


Figura 3.43. T° mínima diaria y su promedio.

Respecto a la HR, el promedio anual de la HR máxima fue de 82,8 % mientras que para la HR mínima el promedio fue de 40,7 %. (Figuras 3.44 y 3.45).



### 3.7 Resultados Sitio 5

El sitio 5 estuvo ubicado en la localidad de Las Ovejas - Provincia de Neuquén. La liberación de *M. nortoni* se realizó en forestaciones comunales de *P. poderosa* y *P. contorta*. La figura 3.46 representa el sitio de liberación y los puntos de muestreo.



Figura 3.46. Sitio de liberación año 2009 y puntos de muestreo. Las Ovejas, Neuquén.

#### 3.7.1 Evaluación del establecimiento a través del parasitismo

En el año 2009, el núcleo de *M. nortoni* estuvo conformado por 30 hembras y 30 machos. En este sitio se identificaron 7 puntos de muestreo de los que se recolectaron 21 trozas dentro del área definido por la circunferencia de radio 10 km. De las jaulas emergieron

403 individuos de *S. noctilio* y 57 individuos de *M. nortoni* de acuerdo con el detalle de la tabla 3.15.

Tabla 3.15. Cantidad de insectos emergidos de las trozas del Sitio 5

Sitio de evaluación	N° de trozas colectadas	N° <i>S. noctilio</i>		N° de <i>M. nortoni</i>	
		hembra	macho	hembra	macho
Neuquen	21	93	217	44	13

Las emergencias por punto de muestreo y el parasitismo se detallan en la tabla 3.16 y se representa en la figura 3.47.

Tabla 3.16. Cantidad de insectos y parasitismo por punto de muestreo - Sitio 5.

orientacion	distancia	n° de trozas	Megarhyssa	Sirex	parasitismo (%)
C	0	3	0	59	
E	500	3			
E	2000	3	0	2	
O	500	3	0	75	
O	2000	3	57	68	45,6
O	10000	3	0	60	
S	500	3	0	48	

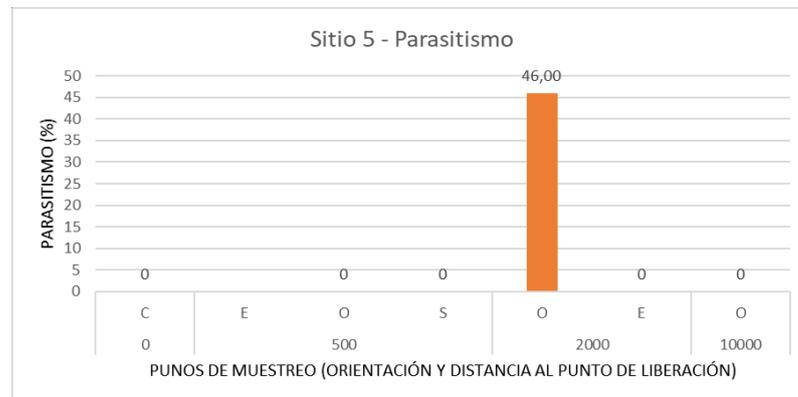


Figura 3.47. Parasitismo por punto de muestreo –Sitio 5

La distribución de las emergencias de *M. nortoni* (Figura 3.48) y *S. noctilio* (Figura 3.49), en función de la distancia y orientación se representa en los siguientes gráficos de burbujas. A su vez, se generaron los gráficos de dispersión para representar el N° de insectos emergidos en función de la distancia (Figura 3.50 y 3.51).

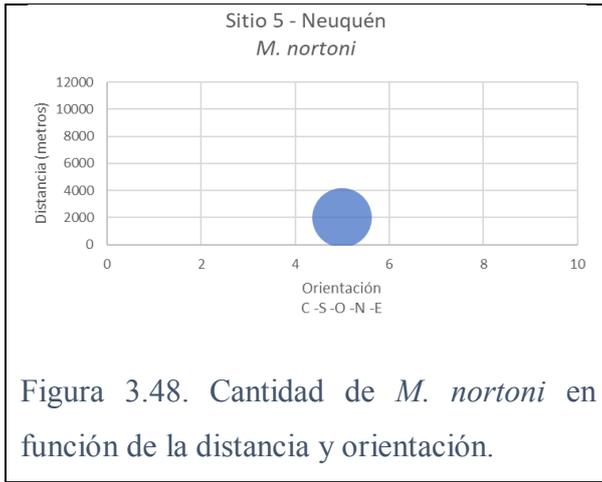


Figura 3.48. Cantidad de *M. nortoni* en función de la distancia y orientación.

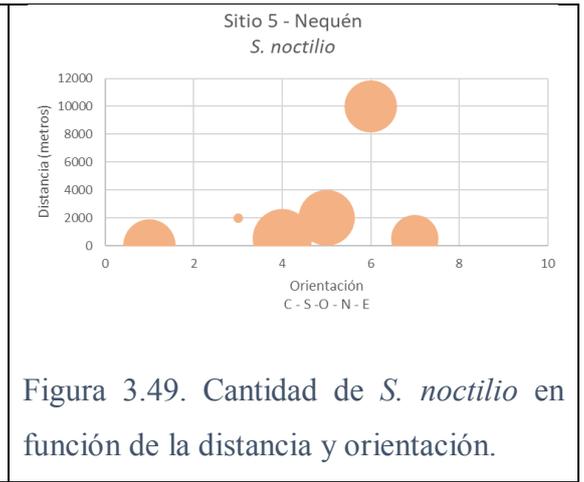


Figura 3.49. Cantidad de *S. noctilio* en función de la distancia y orientación.

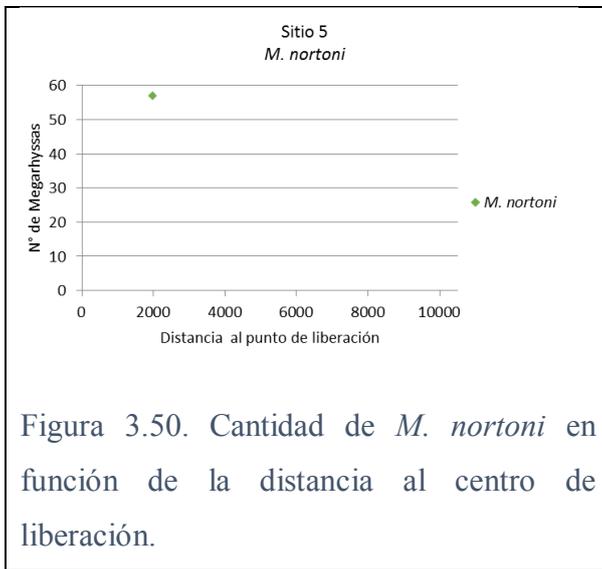


Figura 3.50. Cantidad de *M. nortoni* en función de la distancia al centro de liberación.

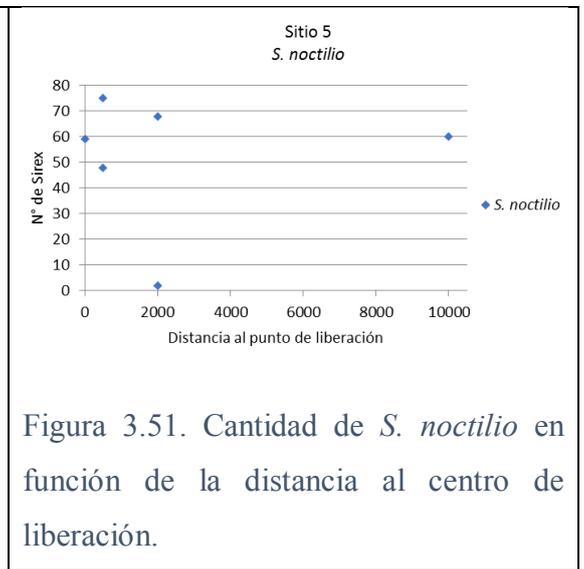


Figura 3.51. Cantidad de *S. noctilio* en función de la distancia al centro de liberación.

### 3.8 Resultados del Sitio 6

Este sitio corresponde a la Localidad de Huinganco - Provincia de Neuquén. La liberación de *M. nortoni* se realizó en forestaciones comunales de *Pinus poderosa* y *P. radiata*. La figura 3.52 representa el sitio de liberación y los puntos de muestreo.

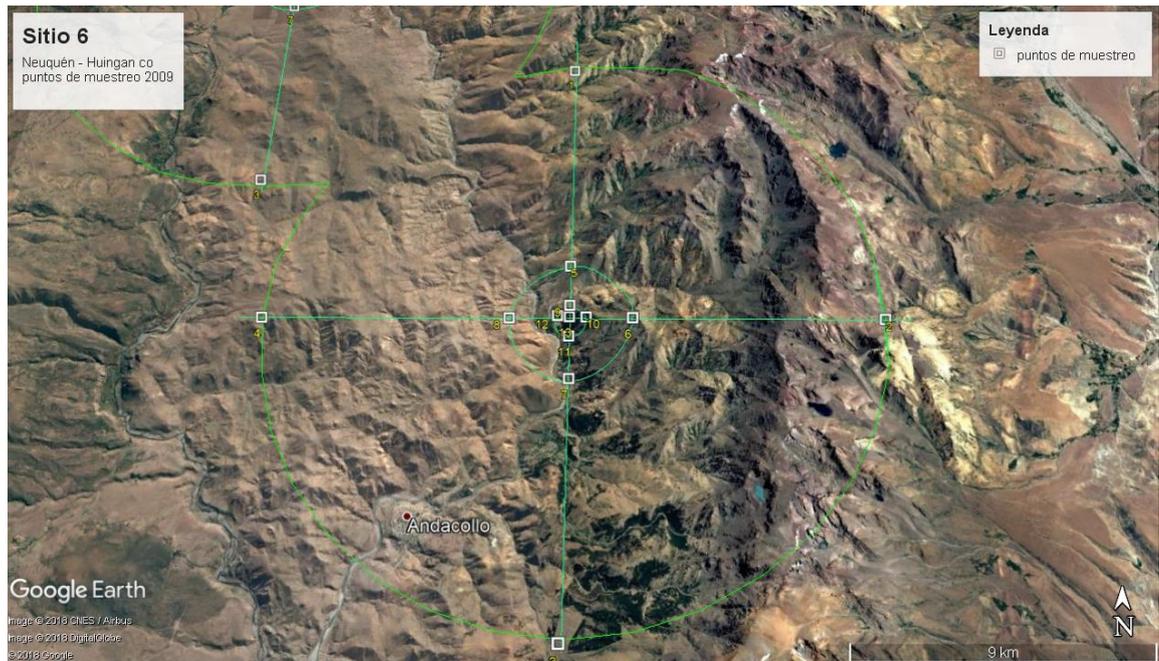


Figura 3.52. Sitio de liberación 2009 y puntos de muestreo. Huinganco, Neuquén.

### 3.8.1 Evaluación del establecimiento a través del parasitismo

El núcleo de *M. nortoni* liberado en el año 2009, estuvo conformado por 30 hembras y 29 machos. En el año 2013, en este sitio se identificaron 7 puntos de muestreo de los que se recolectaron 21 trozas dentro del área definido por la circunferencia de radio 10 km. De las trozas recolectadas emergieron 309 individuos de *S. noctilio* y 1 individuo de *M. nortoni*, según el detalle de la tabla 3.17.

Tabla 3.17, Cantidad de insectos emergidos de las trozas del Sitio 6

Sitio de evaluación	N° de trozas colectadas	N° <i>S. noctilio</i>		N° de <i>M. nortoni</i>	
		hembra	macho	hembra	macho
Neuquen	21	106	203		1

La distribución de los insectos emergidos de las trozas colectadas en cada punto de evaluación y el parasitismo se presenta en la tabla 3.18 y representada en la figura 3.53.

Tabla 3.18. Cantidad de insectos y parasitismo por punto de muestreo. Sitio 6.

orientacion	distancia	n° de trozas	Megarhyssa	Sirex	parasitismo (%)
C	0	3	0	6	
S	500	3	1	123	0,8
S	2000	3	0	60	
S	10000	3	0	69	
O	500	3	0	22	
N	500	3	0	7	
E	500	3	0	22	

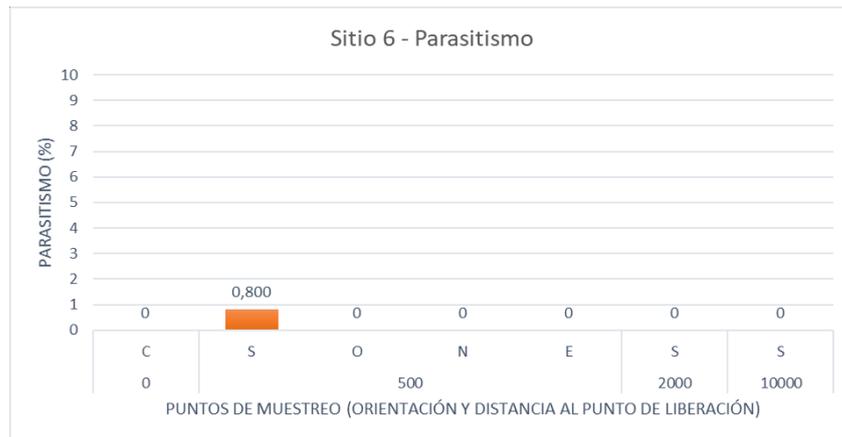


Figura 3.53. Parasitismo por puntos de muestreo - Sitio 6.

En los siguientes gráficos de burbujas, se representa la distribución de las emergencias de *M. nortoni* (Figura 3.54) y de *S. noctilio* (Figura 3.55) en función de la distancia y orientación, como también los gráficos de dispersión para representar el N° de insectos emergidos en función de la distancia (Figura 3.56 y 3.57).

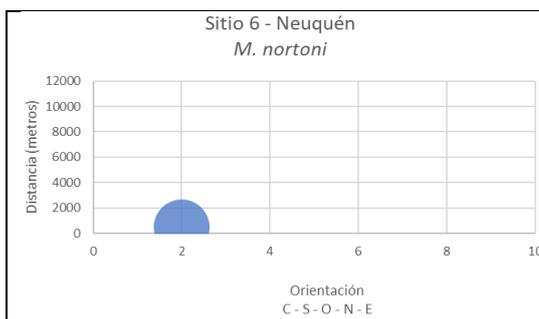


Figura 3.54. Cantidad de *M. nortoni* en función de la distancia y orientación.

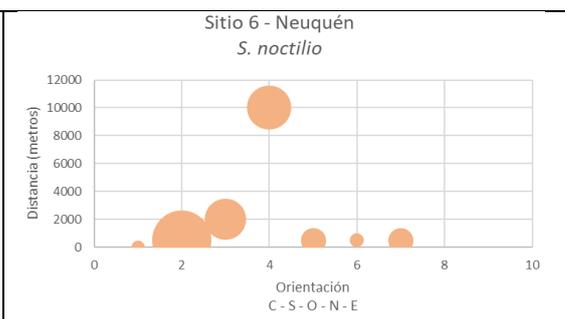


Figura 3.55. Cantidad de *S. noctilio* en función de la distancia y orientación.

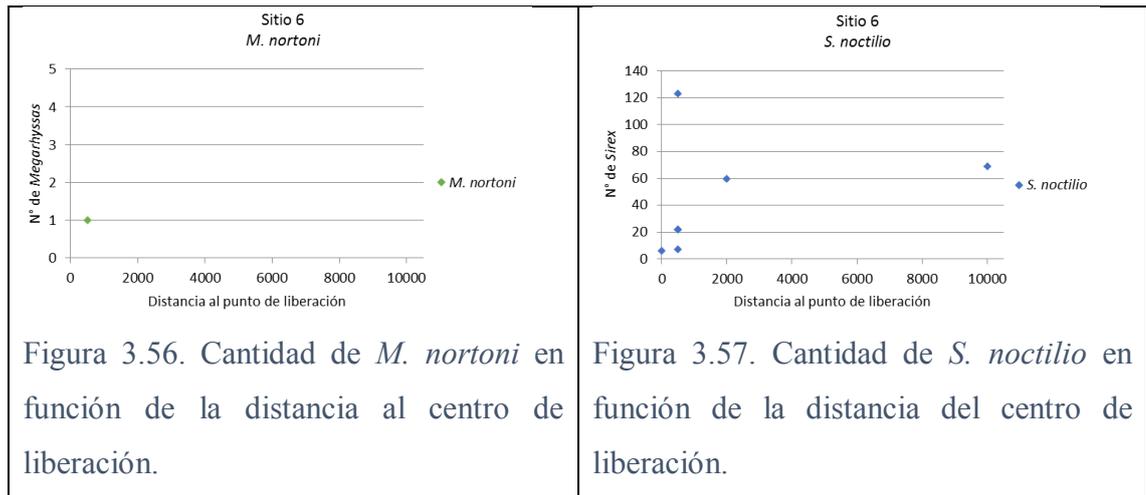


Figura 3.56. Cantidad de *M. nortoni* en función de la distancia al centro de liberación.

Figura 3.57. Cantidad de *S. noctilio* en función de la distancia del centro de liberación.

### 3.9 Análisis de las variables climáticas Sitio 5 y 6

Los datos climáticos del periodo 2009 – 2013, fueron obtenidos de la Estación meteorológica Chapelco. En la tabla 3.19 se presentan las variables obtenidas.

Tabla 3.19. Resumen de las variables climáticas Chapelco.

Neuquén 2009-2013	
variable climática	
promedio pptación anual (mm)	568,5
promedio pptación mensual (mm)	47,4
promedio pptación período mayo - agosto (mm)	95,0
promedio T máx. diaria (°C)	16,9
promedio T máx. diaria período octubre - marzo (°C)	21,8
promedio T mín. diaria (°C)	2,7
promedio HR máx. (%)	79,6
promedio HR mín. (%)	41,7

Para el período analizado, el promedio de la precipitación acumulada anual fue de 568,5 mm, siendo los años 2009 y 2013, los que se presentaron con mayor precipitación acumulada (741 mm y 626,7 mm respectivamente), el promedio mensual fue de 47,4 mm, mientras que el promedio del periodo de lluvias fue de 95 mm (Figura 3.58).

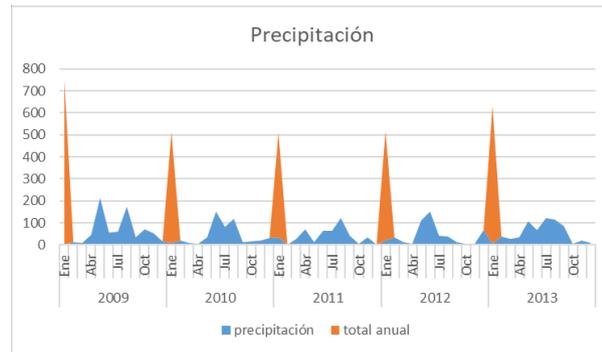


Figura 3.58. Precipitaciones Chapelco

La  $T$  máxima diaria en promedio fue de  $16,9^{\circ}\text{C}$  mientras que el promedio para el período de vuelo de *M. nortoni* fue de  $21,8^{\circ}\text{C}$ . La  $T^{\circ}$  máxima diaria fue de  $37,4^{\circ}\text{C}$  y se registró en febrero de 2013 (Figura 3.59). El promedio de la  $T^{\circ}$  mínima diaria registrada fue de  $2,7^{\circ}\text{C}$ , mientras que la  $T^{\circ}$  mínima diaria más baja se registró en julio de 2010 con un valor de  $-12,4^{\circ}\text{C}$  (Figura 3.60).

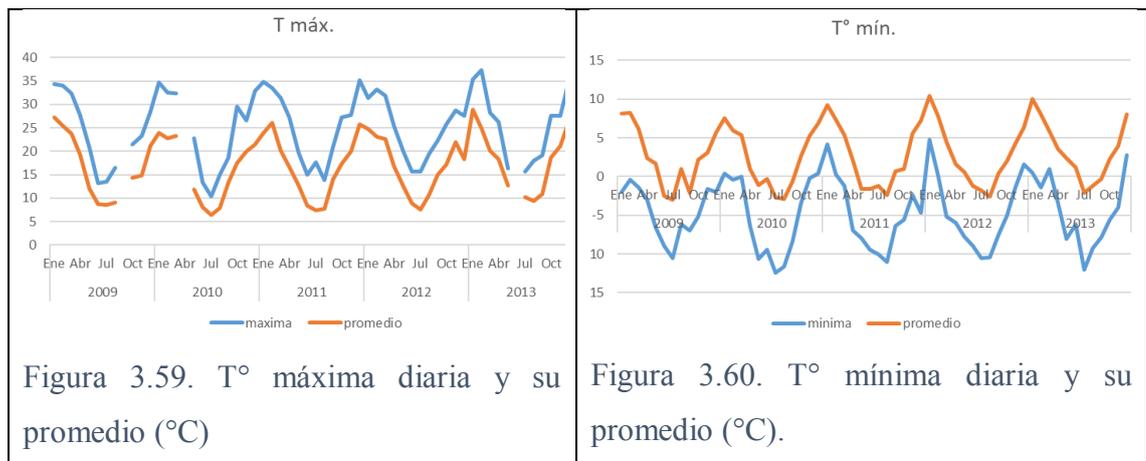
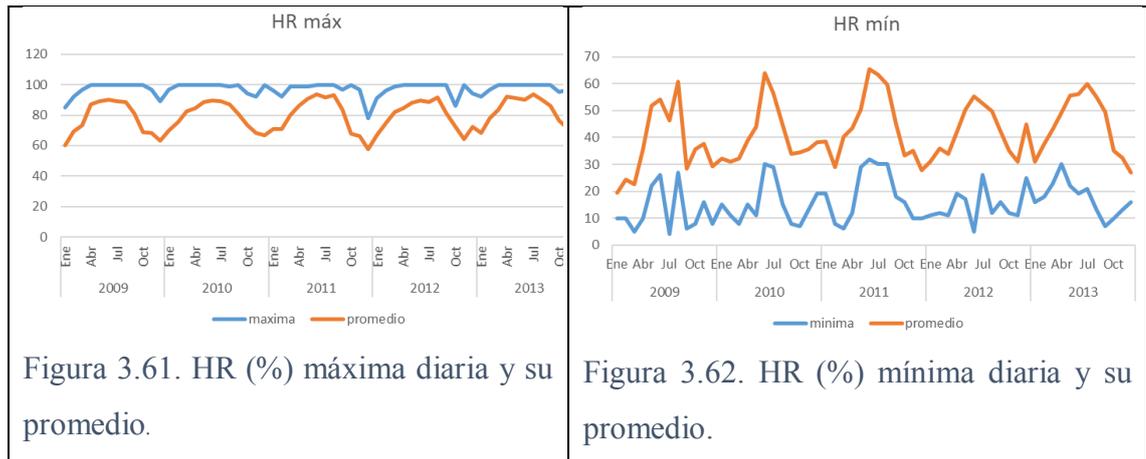


Figura 3.59.  $T^{\circ}$  máxima diaria y su promedio ( $^{\circ}\text{C}$ )

Figura 3.60.  $T^{\circ}$  mínima diaria y su promedio ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Respecto a la HR, el promedio anual de la HR máxima fue de  $79,6\%$  mientras que para la HR mínima, el promedio fue de  $41,7\%$ . Las figuras 3.61 y 3.62 representan las HR máxima y mínima respectivamente.



### 3.10 Modelo Lineal Generalizado

Con el objetivo de evaluar la distribución esperada de *M. nortoni*, se aplicó un modelo lineal generalizado con distribución de Poisson. Se tomó como variable dependiente al número total de individuos de *M. nortoni* contabilizados en cada sitio (Tabla 3.20).

Tabla 3.20. Cantidad de *M. nortoni* por sitio.

		Megarhyssas		
		♂	♀	Total
sitio	1	24	29	53
	2	50	103	153
	3	7	18	25
	4	4	6	10
	5	13	44	57
	6	1		1

Se incluyó un máximo de dos variables independientes para analizar el efecto de los factores climáticos. La selección se realizó mediante el valor de "t" obtenido para los respectivos parámetros y mediante la observación de las tendencias lineales en gráficos de los valores observados en función de los valores predichos.

Las variables climáticas que permitieron obtener un modelo con mejor ajuste lineal en predichos y observados fueron precipitación media mensual en el periodo de lluvias y el promedio de la T° máxima diaria (R<sup>2</sup>: 0.8692; F-statistic: 34.22 p-value: 0.00426). Algunas combinaciones de variables climáticas resultaron en modelos con similar comportamiento, sin embargo, se eligió el que incluía variables de significado más general como promedio mensual de la T° máxima diaria en lugar de promedio de la T° máxima en el período de vuelo de *M. nortoni*. La precipitación en el

periodo de lluvias y la temperatura máxima diaria presentaron un efecto positivo sobre el número de individuos de *M. nortoni* esperados (Tabla 3.21). La realización de estudios futuros, que contemplen un mayor número de variables independientes podría considerar a los grados día efectivos para el desarrollo de *M. nortoni*.

Tabla 3.21. Parámetros del modelo y su p-value

Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Intercept	-11.369498	1.989574	-5.715	<b>1.10e-08 ***</b>
pplluvia	0.019245	0.001955	9.842	<b>&lt;2e-16 ***</b>
tmax	0.766588	0.123906	6.187	<b>6.14e-10 ***</b>

Una vez seleccionado el modelo con los factores climáticos detallados en la tabla 3.21, se realizaron gráficos para representar los valores de *M. nortoni* predichos por el modelo vs los valores observados. Si las observaciones se disponen sobre la recta de ordenada 0 y pendiente 1, se verifica el ajuste del modelo. En la figura 3.63, puede observarse que el modelo presentó un alto ajuste y que las variables climáticas explicaron las variaciones entre sitios y entre años. Se observó un comportamiento particular para las observaciones del año 3 que presentaron residuos apreciablemente mayores que el resto, pero una de ellas con residuo positivo y otra, negativo.

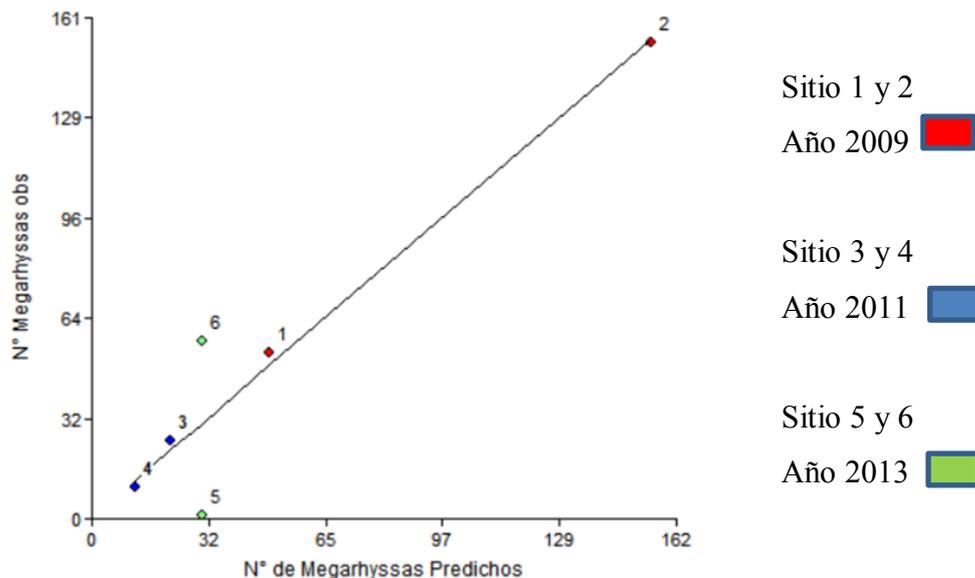


Figura 3.63. Relación entre valores predichos por el modelo y valores observados.

A su vez se evaluó sobre el gráfico de valores predichos por el modelo y valores observados, la abundancia de *S. noctilio* registrada en cada sitio (Figura 3.64). No se evidenció una tendencia de asociación entre el número de *S. noctilio* registrados, con los valores que predice el modelo, como así tampoco explica los residuos o alejamientos de las predicciones. La ausencia de una tendencia de asociación indica que el número de individuos de *S. noctilio* en cada sitio, no es capaz de explicar la variación no explicada por las variables climáticas utilizadas en el modelo.

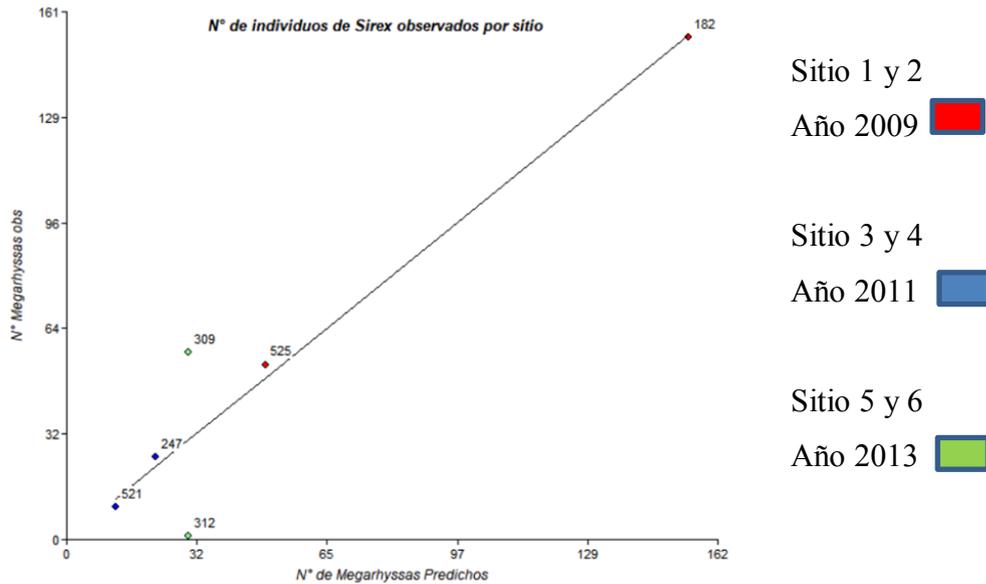


Figura 3.64. Relación entre valores predichos por el modelo y valores observados de *S. noctilio*.

De la misma manera se analizó si el número de hembras (Figura 3.65), machos (Figura 3.66) o la suma de hembras y machos (Figura 3.67) de *M. nortoni* liberados en cada sitio, podían explicar lo que predice el modelo, o los residuos o alejamientos que se presentan.

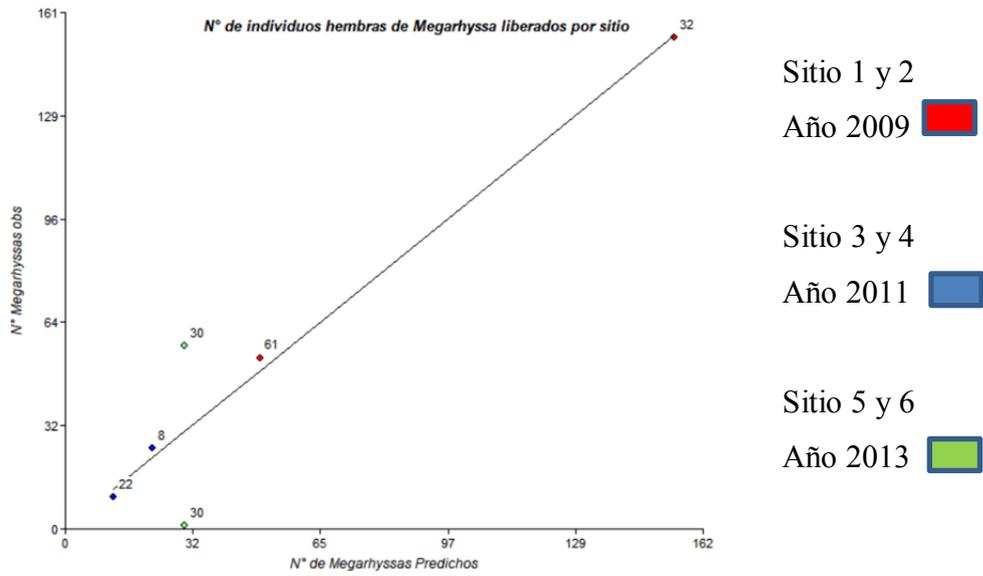


Figura 3.65 Relación entre los valores predichos por el modelo y los valores observados de hembras de *M. nortoni*.

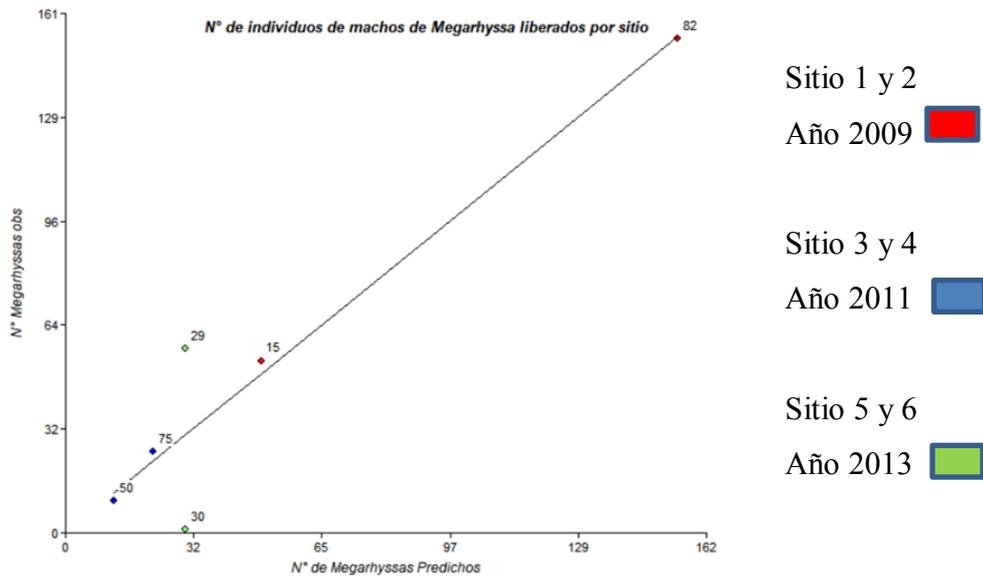


Figura 3.66. Relación entre los valores predichos por el modelo y los valores observados de machos de *M. nortoni*.

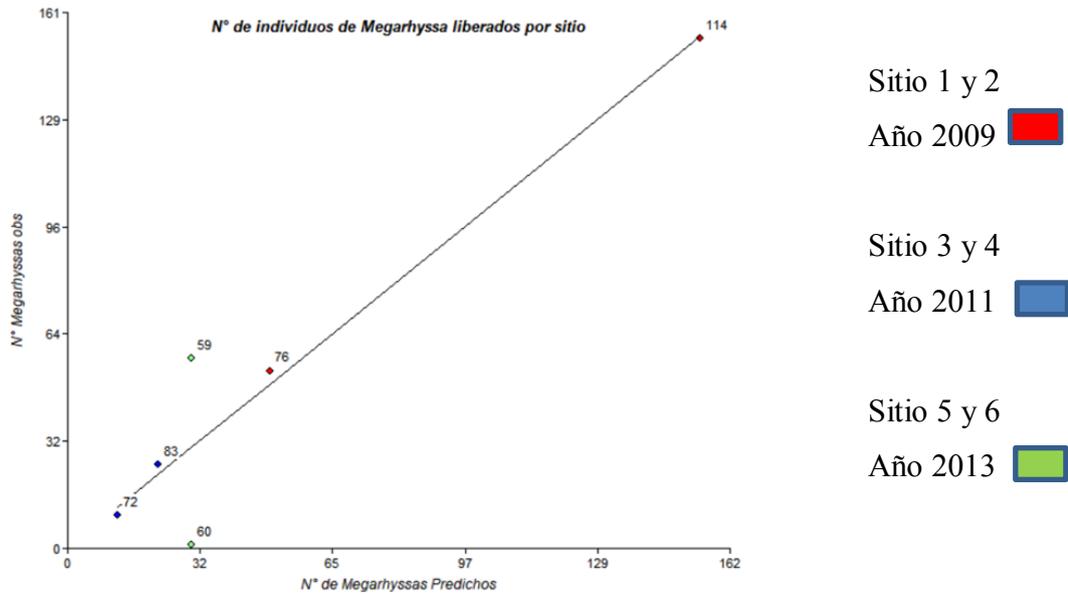


Figura 3.67. Relación entre los valores predichos por el modelo y los valores observados total de *M. nortoni*.

Si bien la ausencia de relación, o tendencia de asociación, entre el número de individuos registrados de *S. noctilio* en los sitios de evaluación y el N° individuos de *M. nortoni* predichos por el modelo, confirma que esta variable no forme parte del modelo hallado, sería esperable que aporte algún grado de ajuste debido a la relación denso dependiente que presenta *M. nortoni* respecto de *S. noctilio*.

El número de individuos de *M. nortoni* liberados en los mismos, confirma que esa variable no forme parte del modelo hallado, ya que no explicó la variación no explicada por las variables climáticas.

### 3.11 Distribución potencial en la Patagonia argentina

Para las variables climáticas detalladas en la tabla 2.3, se obtuvieron los valores correspondientes al área de distribución natural de *M. nortoni*, contemplando a su vez, regiones donde ha sido introducida (Tablas: 3.22, 3.23, 3.24, 3.25). Luego, a partir de los máximos y mínimos observados para cada variable, se determinó el rango observado. Con los rangos de cada variable, mediante el uso de SIGAFIT, se generaron mapas de distribución potencial en la Patagonia argentina a partir de distintas combinaciones de las variables climáticas.

Tabla 3.22. Variables climáticas anuales

variable climatica	Rango	
	mín	max
promedio precipitación anual (mm)	204	1466
T° media anual (°C)	2,8	23,85

Tabla 3.23. Variables climáticas mensuales

variable climatica	Rango (min - max)											
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
promedio mensual T° max diaria (°C)	18,6 - 41,2	17,5 - 40,2	12,8 - 37,7	4,7 - 31,4	(-2,3) - 24,2	(-5) - 18,9	(-6) - 19,6	(-5) - 21,5	1,1 - 24,9	6,6 - 29,6	13,3 - 34,9	17,1 - 39,9
promedio mensual T° min diaria (°C)	8 - 28,6	8 - 28,2	4 - 24,9	(-1,6) - 18,2	(-8,6) - 11,5	(-10,4); 7,1	(-15) - 7,6	(-14) - 9,3	(-7,1) - 11,9	(-1,6) - 15,7	3 - 20,8	6 - 25,4

Tabla 3.24. Variable climática mensual Temperatura (°C).

variable climatica	Rango (min-max)					
	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo
promedio mensual T° máx. en periodo de vuelo (C°)	6,6 - 29,6	13,3 - 34,9	17,1 - 39,9	18,6 - 41,2	17,5 - 40,2	12,8 - 37,7

Tabla 3.25. Variables climática mensual Precipitación (mm)

variable climatica	Rango (min-max)			
	mayo	junio	julio	agosto
promedio pptacion mensual en periodo de lluvias (mm)	15 - 114	8 - 135	10 - 130	9 - 157

### 3.11.1 Distribución potencial 1

El mapa de distribución potencial 1 (Figura 3.68) se generó utilizando la precipitación media anual y T° media anual, ingresando los valores máximos y mínimos observados en su área de distribución natural, y donde ha sido introducido exitosamente (Tasmania y Nueva Zelanda).

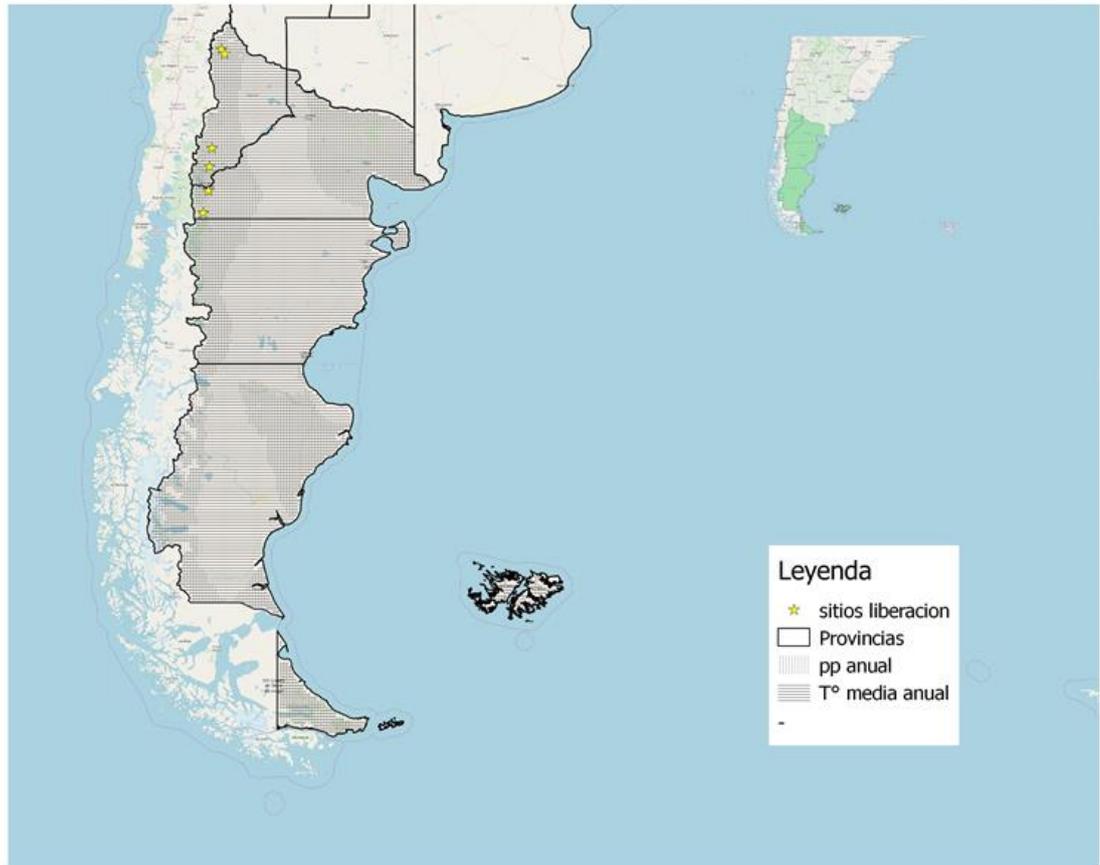


Figura 3.68. Distribución potencial 1. Precipitación y T° media anual.

### 3.11.2 Distribución potencial 2

El mapa de distribución potencial 2 (Figura 3.68) se generó utilizando la  $T^{\circ}$  media mensual máxima diaria, para ello se ingresaron los valores máximos y mínimos registrados los 12 meses en el área de distribución natural de *M. nortoni*.



Figura 3.69. Distribución potencial 2.  $T^{\circ}$  media mensual máxima diaria

### 3.11.3 Distribución potencial 3

En este caso, el mapa de distribución potencial 3 (Figura 3.70) se generó utilizando  $T^{\circ}$  media mensual mínima, ingresando los valores promedios máximos y mínimos para los 12 meses del año.

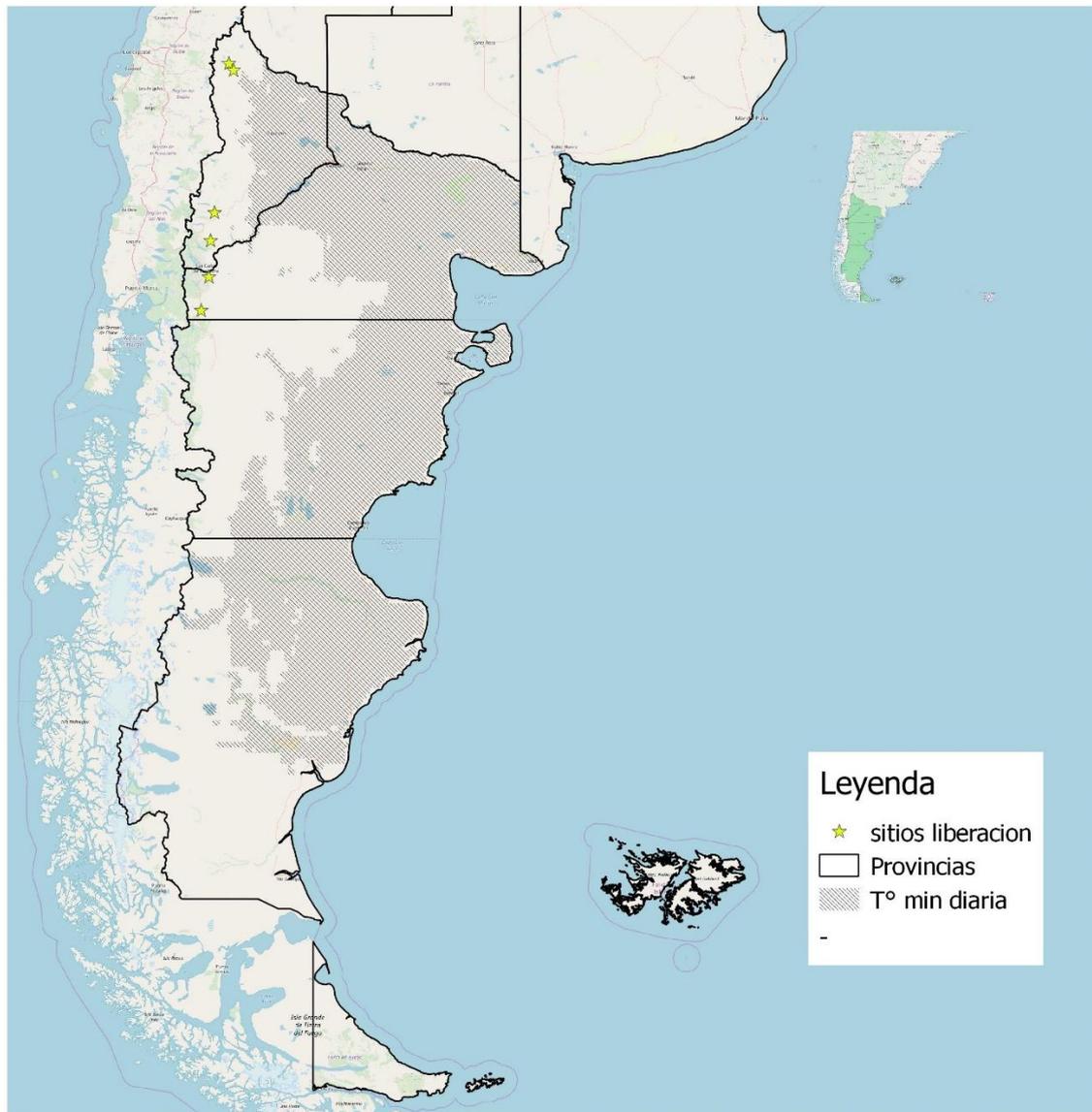


Figura 3.70. Distribución potencial 3.  $T^{\circ}$  media mensual mínima diaria.

### 3.11.4 Distribución potencial 4

El mapa de distribución potencial 4 (Figura 3.71) fue generado utilizando máximo y mínimo de la precipitación media anual.

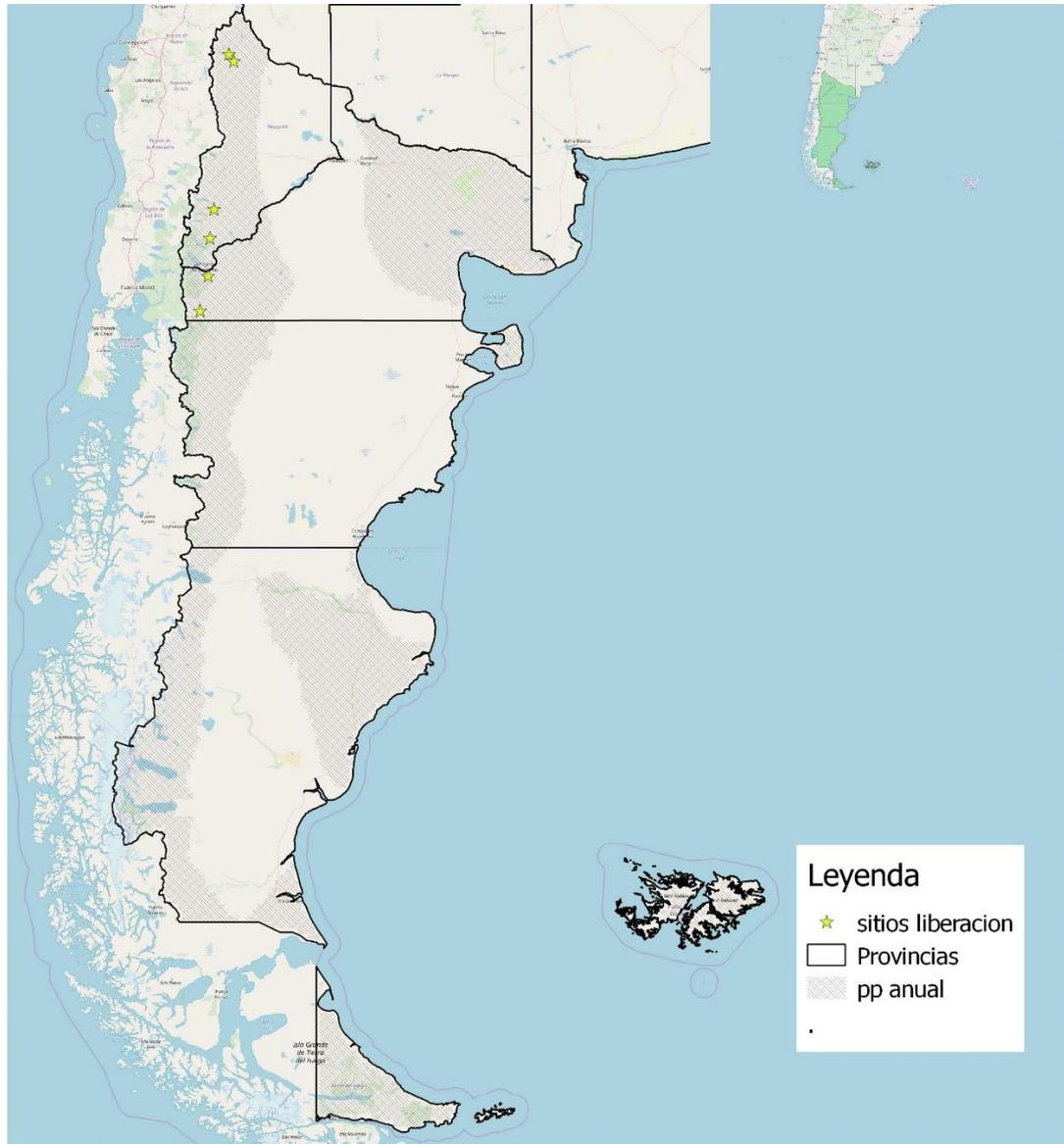


Figura 3.71. Distribución potencial 4. Precipitación media anual.

### 3.11.5 Distribución potencial 5

El mapa de distribución potencial 5 (Figura 3.72) se generó utilizando los valores máximos y mínimos del promedio mensual de la T máxima en el periodo de vuelo y el promedio de la precipitación en el periodo de lluvias.

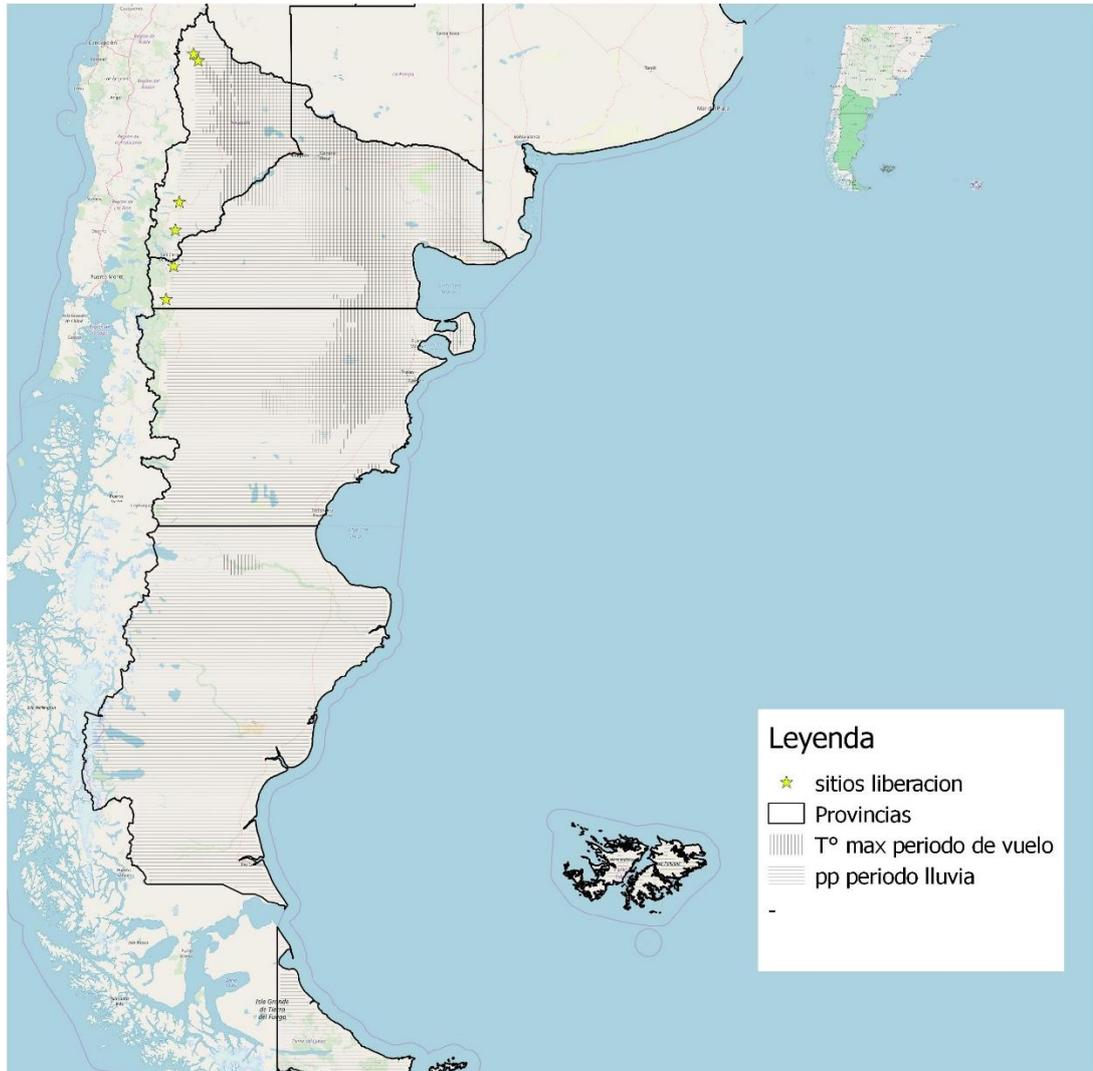


Figura 3.72. Distribución potencial 5. T° máxima en período de vuelo y precipitación en período de lluvia.

### 3.11.6 Distribución potencial 6

El mapa de distribución potencial 6 (Figura 3.73) se generó utilizando  $T^{\circ}$  mínima y máxima, en periodo de vuelo. Ingresando los valores máximos y mínimos observados para cada variable entre octubre y marzo.



Figura 3.73. Distribución potencial 6.  $T^{\circ}$  máxima y mínima en período de vuelo.

### 3.11.7 Distribución potencial 7

Este mapa de distribución potencial 7 (Figura 3.74) se generó utilizando la T máxima diaria y la precipitación en período de lluvia. Se contemplaron los valores máximos y mínimos entre enero y diciembre para la T máxima diaria y los máximos y mínimos de la precipitación mensual entre mayo y agosto.

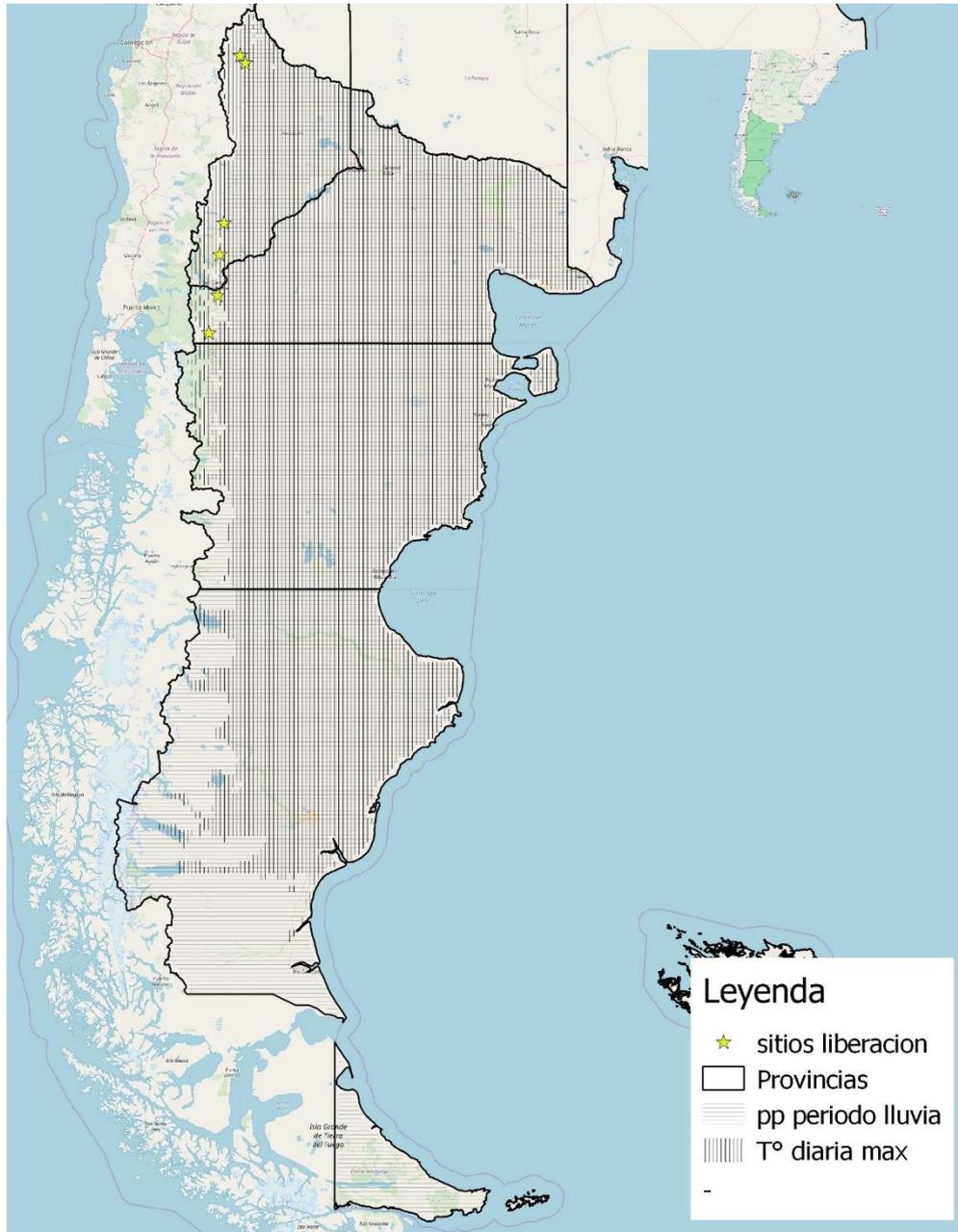


Figura 3.74. Distribución potencial 7. T° máxima diaria y precipitación mensual en período de lluvia.

En la figura 3.75 se presenta un resumen de cada una de las variables climáticas.

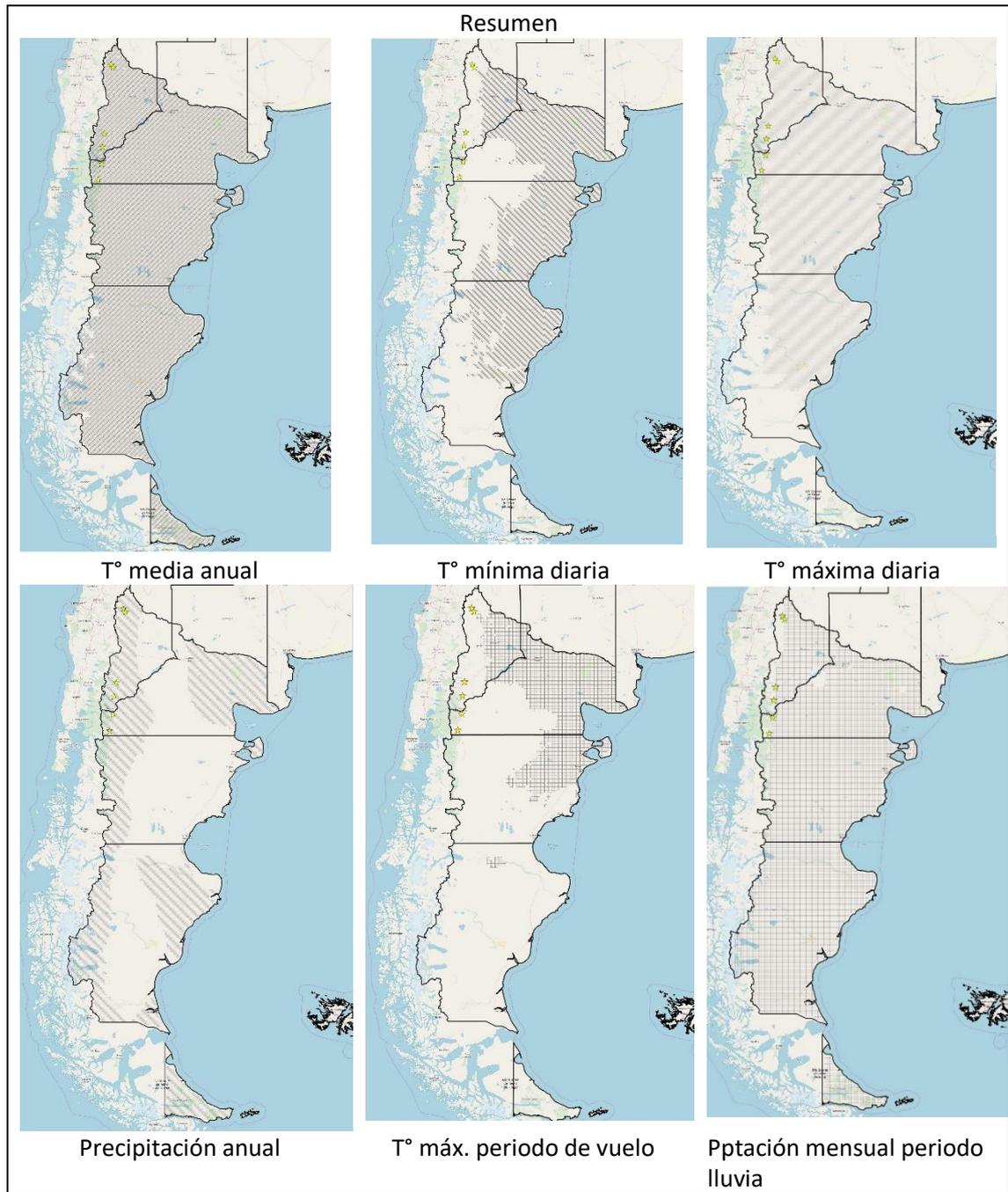


Figura 3.755. Distribución potencial de las variables climáticas.

#### 4 Capítulo 4. Discusión

Como se ha observado en otros países como Sudáfrica (Tribe y Cillie 2004), Nueva Zelanda (Gilmourt 1964) y Australia (Neumann y Minko 1981), desde su detección en el país de *S. noctilio* en 1985, se produjo la rápida distribución de la plaga en los sitios donde su hospedero estuviera presente, abarcando con el correr de los años regiones desde el norte hasta el sur del país (Villacide y Corley 2003). Para su control, se contemplaron distintas herramientas del manejo integrado de las plagas, siendo el control biológico clásico una de ellas.

En Tasmania, donde se han introducido parasitoides de siricidos, se ha registrado su posterior establecimiento sugiriendo su adaptación a las condiciones climáticas donde *S. noctilio* se encuentra presente (Taylor 1976). En este estudio se realizó la evaluación de la introducción de *M. nortoni*, realizada en el marco del Plan binacional de contingencia de *S. noctilio*, evidenciando de forma preliminar el establecimiento del parasitoide; a partir de la recuperación de individuos del parasitoide en los 6 sitios en los que se han realizado las primeras liberaciones.

Las cantidades de hembras de *M. nortoni* liberadas en los sitios seleccionados de la Patagonia, están dentro de los rangos evaluados en las liberaciones realizadas en la región Triangulo Verde de Australia (Haugen 1990). El rango de parasitismo que surge como evaluación del establecimiento varió entre el 0,3 % a 95.7%, estando estos valores en concordancia con las evaluaciones realizadas por Taylor (1976) en Australia.

La sistematización planteada para la toma de muestras a partir de los puntos donde se realizaron las liberaciones de los parasitoides, no mostró asociación entre el N° de insectos de *M. nortoni* emergidos y la distancia al punto de liberación, sin embargo permitió observar la gran capacidad de dispersión que posee este parasitoide a distancias de 10 km, corroborando lo mencionado por Taylor (1976), respecto a la elevada tasa de dispersión de la avispa, superior a los 19 km desde el punto de liberación, contemplando barreras de monte nativo, cultivos o lagos. En este sentido, investigaciones recientes detectaron que la capacidad de vuelo y las características de este en cuanto a su distancia, están asociados al sexo, el tamaño del cuerpo y de las alas de los individuos de *M. nortoni* (Fischbein et. al 2018). Otras evaluaciones de establecimiento se realizaron contemplando los registros de *M. nortoni* a nivel localidades (Haugen 1990), sin estandarizar distancias de evaluación.

La falta de relación entre el número de individuos de *M. nortoni* recuperados con los liberados, sugiere que las condiciones climáticas resultarían un factor limitante. En esta interpretación, las diferencias en el número de individuos liberados no determinaron diferencias en las tasas de recuperación por encima del factor limitante climático. Esto se motiva en que la tasa de crecimiento y desarrollo de los insectos está directamente relacionada al incremento de la temperatura (Yousuf et al. 2014).

Por otro lado, los 13 puntos definidos para la toma de muestra en cada sitio de evaluación arrojaron una baja tasa de recuperación de individuos de *M. nortoni*, que obligó a analizar los datos como conteo total a nivel de sitio; esto redujo el número de observaciones de los modelos ajustados por lo que estas relaciones deben considerarse como tendencias, las que resultan confiables en términos de las características biológicas de la especie y su relación con variables climáticas. Las tendencias halladas en este estudio pueden ser exploradas como preguntas específicas y ser abordadas y puestas a prueba en futuros análisis.

El modelo lineal generalizado aplicado para explicar el N° de *M. nortoni* esperado en función de la temperatura máxima y la precipitación en el periodo de lluvias, contemplando variables en concordancia a lo expresado por Van Driesche et al. (2007), las mismas están dentro de los factores climáticos considerados más importantes para el establecimiento de los agentes de control biológico (extremos de temperatura y humedad, los efectos de patrones de lluvia estacional sobre la disponibilidad de hospederos y plantas hospederas, y el fotoperíodo).

El modelo puede ser utilizado para explicar las diferencias que se reflejan entre los sitios 1 y 3. Considerando que el modelo utilizó solo dos variables climáticas, la T° máxima diaria y la precipitación en el periodo de lluvias, analizando ambas, puede observarse que la precipitación del periodo de lluvias para el periodo 2005-2009 fue de 138,6 mm en el sitio 1, mientras que para el sitio 3 fue de 102,1 mm en el periodo 2007 - 2011; el promedio de la T° máxima diaria registrada para el sitio 1 (periodo 2007-2009 por ausencia de registros previos) fue de 16.3 °C al igual que para el sitio 3 (periodo 2007-2011). Al darse valores más elevados de una de las variables, se espera la ocurrencia de un mayor número de individuos de *M. nortoni*, tal como se observó en esta experiencia (sitio 1: 53 individuos; sitio 3: 25 individuos). Además de estas variables contempladas en el modelo, la precipitación anual fue para el sitio 1 de 781 mm, mientras que para el sitio 3 fue de 584 mm.

Para los sitios 5 y 6, en los que se registraron los mayores residuos (positivo para el sitio 5 y negativo para el sitio 6), es decir que el ajuste del modelo fue menor que para el resto de los sitios, las variables climáticas calculadas para el periodo 2009 – 2013 arrojaron los siguientes valores: precipitación en el periodo de lluvia de 95 mm y T° máxima de 16.9°C. Los residuos más amplios, registrados el mismo año, requieren profundizar su análisis en el futuro a fin de detectar si las características de la plantación, en cuanto a especie, edad o superficie, pueden explicar las diferencias a las predicciones del modelo. Extender el muestreo, permitirá poner a prueba las tendencias encontradas con los seis sitios evaluados.

Los sitios de evaluación en la provincia de Rio Negro (sitio 2 y sitio 4) mostraron diferencias no solo en la distribución de las emergencias en el área de evaluación de cada sitio, sino también en el número de individuos emergidos de las trozas colectadas en cada uno de ellos; esas diferencias pueden explicarse también al comparar las variables climáticas contempladas en el modelo lineal generalizado. Al evaluar las condiciones climáticas en El Bolsón (sitio 2), a través de las variables seleccionadas para el modelo se observa que la precipitación en el periodo de lluvias fue de 171,6 mm y la T° máxima fue de 17,1°C, ambas para el periodo 2005-2009, estas variables presentarían una tendencia a favorecer el número de emergencias obtenido (153 individuos de *M. nortoni*, de los cuales 103 han sido hembras). En este sitio, *M. nortoni* se registró en 6 puntos de muestreo del total de los 8 evaluados, es decir que el parasitismo medido estuvo dentro del rango 7,6% a 95,7%.

En San Carlos de Bariloche (sitio 4) para el período 2007-2011 se registró una precipitación menor, de 127,1 mm como así también fue menor la T° máxima registrada para igual período, 14,9°C, por ende, el número de individuos ha sido sensiblemente menor: 10 individuos registrados en un único punto de muestreo.

Dentro de cada año, las diferencias entre sitios también responden al modelo aplicado, así entre los sitios 1 y 2, la diferencia observada en el N° de *M. nortoni*, está asociado a las variaciones de precipitación y temperatura que se registraron en el sitio 2, donde se presentaron valores mayores que en el sitio 1.

Las variables climáticas utilizadas pueden predecir el número esperado de *M. nortoni*, en concordancia a lo mencionado por Van Driesche et al. (2007).

Las cantidades liberadas en cada sitio no parecen estar relacionadas a los valores predichos por el modelo, esto puede verse en las figuras 3.64, 3.65, 3.66, en los que se

detallan el N° de hembras, machos, y la suma de macho y hembras de *M. nortoni* respectivamente, liberados en cada sitio. Puede observarse por ejemplo que en el sitio 3 se liberó una pequeña cantidad de hembras, menor que en el sitio 4, sin embargo, esto redundó en un número mayor de individuos emergidos durante la evaluación, sin embargo, son experiencias preliminares que requieren ensayos específicos que contemplen la evaluación de otras variables no consideradas en esta experiencia. Esto podría compararse a lo observado en Tasmania, donde liberaciones masivas del biocotrolador, no implicaron altos niveles de parasitismo, contrariamente lugares donde se liberaron un pequeño número de hembras de *M. nortoni*, se observaron altas tasas de parasitismo solo tres años después. (Taylor, 1976).

Si bien puede decirse que, al haber recuperado al agente de control biológico del ambiente, este se ha establecido, en aquellos puntos de muestreo donde aún no se ha recuperado, se sugieren nuevas evaluaciones antes de confirmar que *M. nortoni* no ha logrado establecerse (Van Driesche, Hoddle & Center, 2007). Las condiciones climáticas de forma preliminar en base al modelo lineal obtenido son los factores condicionantes para determinar la población de *M. nortoni*, que ha evidenciado un incremento de población de forma más rápida con una sola liberación a campo (Taylor, 1976). Contemplando las variables climáticas disponibles y las priorizadas en el modelo lineal generalizado, se obtuvo la distribución potencial para *M. nortoni* en la Patagonia argentina.

Las condiciones climáticas de la Patagonia, comparadas con las existentes en el área de distribución natural de *M. nortoni* y en áreas donde ha sido introducida, ha permitido obtener distintos resultados en función de las diferentes variables climáticas utilizadas. Los mapas climáticos o de datos meteorológicos permiten mapear e identificar similitudes entre regiones, para fortalecer las áreas de liberaciones (Van Driesche et al. 2007). Los mapas de distribución potencial que utilizaron la temperatura máx., T media anual y las variables que contemplaron la precipitación (anual, media mensual y período de lluvia) fueron los que condicen en parte con los sitios evaluados.

Los mapas que contemplaron la T° mínima mensual, representados por la figura 3.70 y figura 3.73, podría evidenciar que la misma no sería un factor determinante en el establecimiento de *M. nortoni*, ya que no aparecen reflejadas como áreas potenciales, todos los sitios donde la especie ha sido recolectada, evidenciando su establecimiento.

El mapa de distribución potencial representado en la figura 3.77, contiene sobre la región cordillerana, la distribución de las forestaciones de pino actuales, como así también los 6 sitios de evaluación, por lo que el mismo puede ser utilizado como una herramienta de gestión para la selección de sitios en los que realizar futuras liberaciones para afianzar la población de *M. nortoni*, como también iniciar o aumentar investigaciones para el control de la plaga con agentes de control biológico (Villacide y Corley 2003)

Es importante destacar que tanto el ajuste de los modelos como su aplicación en los mapas son tentativos porque los datos que se obtuvieron, fueron escasos y variables. Así que tanto la relación que se propone con clima como los mapas derivados, solo tienen utilidad como punto de partida para próximos estudios como base para la formulación de hipótesis.

## 5 Capítulo 5. Conclusiones

Se confirma la presencia y establecimiento de *M. nortoni* en las provincias de Río Negro y Neuquén.

El modelo lineal generalizado en función de la temperatura máxima diaria y la precipitación mensual en el período de lluvias es el modelo que más se ajusta para predecir las emergencias de *M. nortoni* esperadas.

Las herramientas de sistemas de información geográficos como el SIGAFIT se presentan como herramientas potenciales para la identificación de áreas de distribución y establecimiento de plagas y sus controladores biológicos.

## 6 Bibliografía

Aguilar, A. y Lanfranco, D. 1988. Aspectos biológicos y sintomatológicos de *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera-Siricidae): Una revisión. *Bosque*, 9(2): 87-91.

Aguilar, A., Lanfranco, D. y Puentes, O. 1990. Prospección para la detección de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) en Bariloche, República Argentina. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales.

Bedding, R. A. 1968. *Deladenus wilsoni* n. sp. and *D. siricidicola* n. sp. (Neotylenchidae), entomophagous-mycetophagous nematodes parasitic in siricid woodwasps. *Nematologica*, 14(4): 515-525.

Bedding, R. A. y Akhurst, R. J. 1974. Use of the nematode *Deladenus siridicola* in the biological control of *Sirex noctilio* in Australia. *Australian Journal of Entomology*, 13(2): 129-135.

Braier, G., Esper, N., y Corinaldesi, L. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020: Informe Nacional Argentina. FAO

Canavos George C., 1988. Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos. Editorial McGraw-Hill. México.

Carnegie, A. J., Matsuki, M., Haugen, D. A., Hurley, B. P., Ahumada, R., Klasmer, P., Sun, J. y Iede, E. T. 2006. Predicting the potential distribution of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae), a significant exotic pest of *Pinus* plantations. *Annals of Forest Science*, 63(2): 119-128.

Chrystal, R. N. y Myers, J. G. 1928. The sirex woodwasps and their parasites. *Empire Forestry Journal*, 7(2): 145-154.

Collett, N. G., y Elms, S. 2009. The control of *sirex* wood wasp using biological control agents in Victoria, Australia. *Agricultural and forest entomology*, 11(3): 283-294.

Corley, J. C. y Villacide, J. M. 2012. Population dynamics of *Sirex noctilio*: influence of diapause, spatial aggregation and flight potential on outbreaks and spread. Pp 51-64 en Slippers, B., de Groot, P. y Wingfield, M.J. (Eds). *The Sirex Woodwasp and its Fungal Symbiont: Research and Management of a Worldwide Invasive Pest*. Springer, Netherlands.

- Coyle, D. R. y Gandhi, K. J. 2012. The ecology, behavior, and biological control potential of hymenopteran parasitoids of woodwasps (Hymenoptera: Siricidae) in North America. *Environmental Entomology*, 41(4): 731-749.
- Crankshaw, O. S. y Matthews, R. W. 1981. Sexual behavior among parasitic *Megarhyssa* wasps (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 9(1): 1-7.
- Davies, N. W. y Madden, J. L. 1985. Mandibular gland secretions of two parasitoid wasps (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Journal of Chemical Ecology*, 11(8): 1115-1127.
- Delfino, M. A. y Binazzi, A. 2002. Conifer Aphids from Argentina (Hemiptera: Aphididae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 61(3-4): 27-36.
- Diels, L. 1908. *Pflanzengeographie*. Vol. 389. Walter de Gruyter.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, Y. C. 2011. InfoStat versión 2011. Universidad Nacional de Córdoba.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., González, L. A., Tablada, E. M., Díaz, M. D. P., Robledo, C. W. y Gilreath, J. P. 2008. Estadística para las ciencias agropecuarias. UNED, Costa Rica.
- Subsecretaria de Desarrollo Foresto Industrial. Inventario Nacional de Forestaciones por superficie, 2017. Disponible en <https://datos.agroindustria.gob.ar/dataset/inventario-nacional-de-plantaciones-forestales-por-superficie/resource/147acbc6-2048-4d2b-9cd7-df13efe328fa/view/5f5938b7-12a6-4938-a104-f53adc285911>. Ultima consulta 01/03/2018.
- Eskiviski, E. R., de Coll, O., Faraldo, G. S. y Bennesch, M. A. 2003. Eficiencia de nuevos aislamientos de *Deladenus siricidicola* B. en el control biológico de *Sirex noctilio* F. X Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Eldorado, Misiones.
- Eskiviski, E., Nuñez Cresto, M., Olmedo, D. y de Coll, O. 2004. Biological aspects of *Sirex noctilio* F. and *Ibalia leucospoides* H. parasitism in forest plantations of *Pinus* sp. in Santo Tome, Corrientes. XI Jornadas Tecnicas Forestales y Ambientales. Eldorado, Misiones.
- Eskiviski, E. R. 2005. La avispa de los pinos, características y su control biológico. *Idia XXI. Revista de Información sobre Investigación y Desarrollo Agropecuario*, 5 (8): 143-146.

- Eskiviski, E., Agostini, J., Figueredo, I. y Belaber, E. 2010. Preferencias alimentarias del pulgón de los pinos *Cinara atlantica* Wilson y sus controladores biológicos en cuatro especies de pinos cultivados en Misiones. IVX Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Eldorado, Misiones.
- Espinoza, H., Lavanderos, A. y Lobos, C. 1986. Reconocimiento de la plaga *Sirex noctilio* en plantaciones de pinos de Uruguay y Argentina. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile.
- Fernández-Arhex, V. y Corley, J. 2003. Biología del parasitoide *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae), enemigo natural de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae). Patagonia Forestal, 9(4): 4-5.
- Fiorentino, D. C. y de Medina, L. D. 1991. Breve panorama de las plagas entomológicas forestales argentinas. Forest Systems, (1): 181-190.
- Fischbein, D., Villacide, J. M., De La Vega, G. y Corley, J. C. 2018. Sex, life history and morphology drive individual variation in flight performance of an insect parasitoid. *Ecological Entomology*, 43(1): 60-68.
- Fischbein, D. y Corley, J. C. 2015. Classical biological control of an invasive forest pest: a world perspective of the management of *Sirex noctilio* using the parasitoid *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae). Bulletin of Entomological Research, 105(01): 1-12.
- Gilmour, J. W. 1965. The life cycle of the fungal symbiont of *Sirex noctilio*. New Zealand Journal of Forestry, 10 (1): 80-89.
- Gómez, C. 2003. Relación entre la acumulación de días grado y el vuelo estacional de la mariposa europea del brote del pino en Esquel, Argentina. Bosque (Valdivia), 24(3): 57-63.
- Gómez, C. 2007. *Sirex noctilio*, la avispa de los pinos. INTA FORESTAL N° 13.
- Gómez, C. A., Greslebin, A.G. y Rajchenberg, M. 2011. Plagas y enfermedades de *Pinus* sp. de la región Andino Patagónica de Argentina.. Facultad de Ingeniería, UNPSJB, Esquel. Argentina
- Gómez, C. y Hartel, M. 2010. El gorgojo de la corteza del pino, *Pissodes castaneus*. Serie Técnica: Manejo integrado de plagas forestales. Laboratorio de Ecología de Insectos, INTA EEA, Bariloche. Cuadernillo N° 9.

- Haavik, L.J., Dodds, K.J. y Allison, J.D., 2015. Do Native Insects and Associated Fungi Limit NonNative Woodwasp, *Sirex noctilio*, Survival in a Newly Invaded Environment? PLoS ONE 10(10): e0138516.
- Hajek, A. E., y Morris, E. E. 2014. *Sirex* Woodwasp. Pp. 331-346 en Van Driesche, R. y Reardon, R. C. (Eds.). The use of classical biological control to preserve forests in North America. United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team.
- Haugen, D. A. 1990. Control procedures for *Sirex noctilio* in the Green Triangle: review from detection to severe outbreak (1977–1987). Australian forestry, 53(1): 24-32.
- Hurley, B. P., Slippers, B. y Wingfield, M. J. 2007. A comparison of control results for the alien invasive woodwasp, *Sirex noctilio*, in the southern hemisphere. Agricultural and Forest Entomology, 9(3): 159-171.
- Iede, E. T., Reis Filho, W. y Penteado, S. 2004. Ocorrência de *Pissodes castaneus* (De Geer) (Coleoptera: Curculionidae) em pinus, na Região Sul do Brasil. Embrapa Florestas- Comunicado Técnico 114. (INFOTECA-E).
- Iede, E. T., Penteado, S. R. C. y Reis Filho, W. 2010. *Sirex* research and management in South America. Pp. 32-34 en McManus, K. A. y Gottschalk, K. W. (Eds). Proceedings. 21st US Department of Agriculture interagency research forum on invasive species 2010. General Technical Report NRS-P-75. USDA Forest Service. Annapolis, Maryland.
- Iede, E.T., Penteado, S.R.C. y Reis Filho, W. 2012. The woodwasp *Sirex noctilio* in Brazil: Monitoring and Control. Pp. 217-228 en: Slippers, B., de Groot, P. y Wingfield, M.J. (Eds). The *Sirex* Woodwasp and its Fungal Symbiont: Research and Management of a Worldwide Invasive Pest. Springer, Netherlands.
- Klasmer, P., Corley, J. y Botto, E. 1997. Presencia de la avispa barrenadora de los pinos *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) en la región andino-patagónica de Argentina Estado actual de las investigaciones para su control biológico. International Forest Insect Workshop, Pucón, Chile. 69-79.
- Klasmer, P., Botto, E. N., Corley, J.C., Villacide J.M y Fernandez Arhex, V. 2000. Avances en el control biológico de *Sirex noctilio* en la región Patagónica de Argentina. Anais do 10 Simposio do Cone Sul sobre Manejo de Pragas e Doencas de *Pinus*. Serie Técnica IPEF 13 (33): 21-30.

- Klasmer, P. 2011. Principales plagas forestales en la región andino-patagónica de Argentina. Pp. 171-182 en Didier Mauricio Chavarriaga. Protección Fitosanitaria Forestal. ICA. Colombia.
- Klasmer, P. y Botto, E. 2012. The Woodwasp, *Sirex Noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae): The Ecology and Biological Control of the Woodwasp *Sirex noctilio* In Patagonia Argentina. Pp. 203-215 en Slippers, B., de Groot, P. y Wingfield, M.J. (Eds). The *Sirex* Woodwasp and its Fungal Symbiont: Research and Management of a Worldwide Invasive Pest. Springer, Netherlands.
- Lanfranco D. y Aguilar A. 1990. Opciones de control para *Sirex noctilio*: una revisión (Hymenoptera - Siricidae). Bosque (Valdivia), 11(2): 9-16.
- Lantschner, V. 2014. Pulgones. Serie de divulgación sobre insectos de importancia ecológica, económica y sanitaria. GEPI. INTA Bariloche. Cuadernillo N° 11.
- López, A., Demaestri, M., Zupan, E., Barotto, O., Viale, S. y Degioanni, A. 2002. Application of a Geographical Information System (GIS) to the Study of *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera-Siricidae) in Calamuchita Valley, Córdoba, Argentina. Forest Systems, 11(2): 299-310.
- López, A., Demaestri, M., Zupán, E., Ibañez, M., Garcia, J. y Crenna, C. 2012. *Ibalia leucospoides* parasitoide de *Sirex noctilio* en Córdoba, Argentina. Quebracho. Revista de Ciencias Forestales, 20(2): 68-77.
- Madden, J. L. 1968. Behavioural responses of parasites to the symbiotic fungus associated with *Sirex noctilio* F. Nature. (218): 189-190.
- Madden, J. L. 1974. Oviposition behaviour of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. Australian Journal of Zoology, 22(3): 341-351.
- Madden, J.L. y Coutts, M.P. 1979. The role of fungi in the biology and ecology of wood wasps (Hymenoptera: Siricidae). Insect Fungus Symbiosis. 165-174.
- Morgan, F. D. 1968. Bionomics of siricidae. Annual Review of Entomology, 13(1): 239-256.
- Morgan, F. D. y Stewart, N. C. 1966. The biology and behaviour of the wood-wasp *Sirex noctilio* F. in New Zealand. Transactions Royal Society New Zealand Zoology, 7(14):195-204.
- Muruaga de L'Argentier, S., Quintana de Quinteros, S., Gallardo, C. y Vilte, H. 2005. Establecimiento de *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae) endoparásito de *Sirex*

- noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) en La Almona (Jujuy, Argentina). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 64(1-2): 23-25.
- Neumann, F. G., Morey, J. L. y McKimm, R. J. 1987. The *sirex* wasp in Victoria. Lands and Forest Division. Bulletin N°29.
- Nuttall, M. J. 1973. Pre-emergence fertilisation of *Megarhyssa nortoni nortoni* (Hymenoptera: Ichneumonidae). New Zealand Entomologist, 5(2): 112-117.
- Nuttall, M. J. 1980. Insect parasites of *Sirex* (Hymenoptera: Ichneumonidae, Ibalidae, and Orussidae). Forest and Timber Insects in New Zealand N° 47.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2012. Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal. 77-78.
- Ortego, J., Durante, M. y Pilar, M. 2012. Primera cita de *Essigella californica* (Essig, 1909) (Hemiptera: Aphididae) en Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, 44(1): 199-204.
- Quintana de Quinteros, S. y Fidalgo, P. 1993. Registro de una nueva plaga forestal en el NOA. *CIRPON Boletín MIP*, (36): 2-3.
- Quintana de Quinteros, S. L. y Vilte, H. 1996. Primer registro del ataque de *Sirex noctilio* Fabr. (Hymenoptera-Siricidae) en coníferas de la provincia de Jujuy. *Agraria*, 1(1): 27-32.
- Richardson, D. M., & Rundel, P. W. (1998). Ecology and biogeography of *Pinus*: an introduction Pp. 3-46 en Richardson, D. M. (Ed.). Ecology and biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ryan, K y Hurley, B.P. 2012. Life history and biology of *Sirex noctilio*. Pp. 15-30 en Slippers, B., de Groot, P. y Wingfield, M.J. (Eds). *The Sirex Woodwasp and its Fungal Symbiont: Research and Management of a Worldwide Invasive Pest*. Springer Netherlands.
- SAG y SENASA 2001 -2010. Documento Plan Binacional de Contingencia SENASA – SAG para el control biológico de la avispa barrenadora de los pinos *Sirex noctilio* en Argentina y Chile.
- Spradbery, J. P. y Kirk, A.A. 1978. Aspects of the ecology of siricid woodwasp (Hymenoptera: Siricidae) in Europe, North Africa and Tukey with special reference to the biological control of *Sirex noctilio* F. in Australia. *Bulletin of Entomological Research* N° 68. 341- 359.

- Spradbery, J. P. 1970. Host finding by *Rhyssa persuasoria* (L.), an ichneumonid parasite of siricid woodwasps. *Animal Behaviour*, (18): 103-114.
- Talbot, P. H. B. 1977. The *Sirex-amylostereum-pinus* association. *Annual review of Phytopathology*, 15(1): 41-54.
- Taylor, K. L. 1967. The Introduction, Culture, Liberation, and Recovery of Parasites of *Sirex Noctilio* in Tasmania, 1962-67. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Technical Paper N° 8.
- Taylor, K. L. 1976. Introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. *Entomophaga*, 21(4): 429-440.
- Taylor, K. L. 1978. Evaluation of the insect parasitoids of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) in Tasmania. *Oecologia*, (32): 1-10.
- Taylor, K. L. 1981 The *Sirex* woodwasp: ecology and control of an introduced forest insect. Pp. 231-248 en Kitching & Jones (eds.). *The ecology of pest - Some Australian case histories*. CSIRO, Australia.
- Tribe, G. D. y Cillié, J.J. 2004. The spread of *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae) in South African pine plantations and the introduction and establishment of its biological control agents. *African Entomology*, (12): 9-17.
- Van Driesche, R., Hoddle, M. y Center, T. D. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. Department of Agriculture, US Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team.
- Villacide, J. M. y Corley, J. C. 2003. Distribución potencial del parasitoide *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae) en la Argentina. *Quebracho. Revista de Ciencias Forestales*, (10): 7-13.
- Villacide, J. M. y Corley, J. C. 2006. Control de niveles poblacionales endémicos de la avispa de los pinos *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) mediante el raleo sanitario de hospederos atacados. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 35(1): 121-134.
- Yousuf, F., Carnegie, A. J., Bedding, R. A., Bashford, R., Nicol, H. I. y Gurr, G. M. 2014. Effect of temperature on woodwasp (*Sirex noctilio* F.) development and parasitism by the entomopathogenic nematode, *Deladenus siricidicola*. *Biological control*, 79: 67-74.

Zondag, R. 1969. A nematode infection of *Sirex noctilio* (F.) in New Zealand. New Zealand Journal of Science, 12(4): 732-747.

Zondag R. 1979. Control of *Sirex noctilio* (F.) with *Deladenus siricidicola* Bedding, Part II. Introduction and establishments in the South Island 1968-1975. New Zealand Journal of Forestry Science, 9(1): 68-76.

Instituto Geográfico Militar, 2018. Disponible en :

<http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geografia/DatosArgentina/DivisionPolitica>.

Ultima visita (18 de marzo de 2018).