



Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Biología

**Impacto potencial del cambio climático y presión
antrópica sobre la distribución del gato güiña**

***Leopardus guigna* (Carnivora, Felidae; Molina, 1782)**

Tesis presentada en la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas de la Universidad de Concepción para optar al título profesional de Biólogo.

POR: FRANCISCA ANTONIA ZAMORA CORNEJO

Profesor Guía: Enrique Rodríguez Serrano

Co-guía: Daniela Lazo Cancino

Director de Tesis: Enrique Rodríguez Serrano

Agosto, 2021
Concepción, Chile

DECLARACIÓN

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica de este documento.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, amigos y cercanos que me acompañaron durante el trayecto de mi carrera, a Javiera Rojas y a Cristóbal Araneda por desvelarse para retroalimentar este escrito, y a los integrantes del laboratorio de mastozoología que tuvieron la paciencia de enseñarme todo lo necesario para realizar este trabajo. Gracias a MSc Daniela Lazo por sus consejos para guiar la teoría de este trabajo, al Dr. Reinaldo Rivera por aconsejarme en cuanto a los programas (a pesar de que no era su obligación), y a MSc Selim Musleh por lograr desentrañar el script que dio pie a los análisis principales para esta tesis. Por ultimo y en especial al Dr. Enrique Rodríguez por darse el tiempo para encaminarme académicamente durante este proceso de aprendizaje.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
INDICE DE CONTENIDOS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
INDICE DE TABLAS	6
1. RESUMEN.....	7
2. ABSTRACT	8
3. INTRODUCCIÓN.....	9
4. OBJETIVOS	13
4.1 Objetivo General	13
4.2 Objetivos Específicos.....	13
5. MATERIALES Y MÉTODOS	14
5.1 Área de estudio	14
5.2 Colecta de registros de ocurrencias, variables ambientales y antropogénicas	15
5.3 Modelo de nicho climático	16
6. RESULTADOS	20
6.1 Presente Climático y Presente Total	21
6.2 Descripción de los escenarios de cambio climáticos y modelos.....	23
6.3 Futuro Climático y Futuro Total	24
6.3a Futuro Climático	24
6.3b Futuro Total.....	25
7. DISCUSIÓN.....	26
7.1 Distribución de hábitat actual	26
7.2 Proyecciones al futuro	29
7.3 Limitaciones y sugerencias hacia futuras investigaciones	33
8. CONCLUSIÓN.....	33
9. BIBLIOGRAFÍA.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Registros de presencia e idoneidad del hábitat actual (expresada como probabilidad de presencia) para la güiña. a) Mapa de registros de ocurrencia y eco-regiones terrestres de Chile y Argentina. b) Mapa de registros de ocurrencia y uso de suelo. c) Mapa de la idoneidad del hábitat de *L. guigna* en base a las variables climáticas del presente. d) Mapa de la idoneidad del hábitat según las variables climáticas más los efectos antropogénicos (huella humana) y elevación del presente. 55-57

Figura 2: Mapas de idoneidad de hábitat y cambios de la distribución de *L. guigna* bajo las condiciones climáticas en los escenarios RCP2.6 (1 = CESM1_CAM5; 2 = MIROC_MIROC5): mejor escenario; y RCP8.5 (3 = CESM1_CAM5; 2 = MIROC_MIROC5): peor escenario; hacia el año 2080. a)Idoneidad de hábitat b) Predicción binaria c) Cambios de la distribución de *L. guigna* 58-62

Figura 3: Mapas de idoneidad de hábitat y cambios de la distribución de *L. guigna* bajo las condiciones climáticas, elevación y huella humana, en los escenarios RCP2.6 (1 = CESM1_CAM5; 2 = MIROC_MIROC5): mejor escenario; y RCP8.5 (3 = CESM1_CAM5; 2 = MIROC_MIROC5): peor escenario; hacia el año 2080. a)Idoneidad de hábitat b) Predicción binaria c) Cambios de la distribución de *L. guigna*. 63-67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valor AUC y porcentaje de contribución para las variables climáticas seleccionadas mediante VIF, elevación y huella humana para el presente y futuro (RCP2.6 y RCP8.5).	68
Tabla 2: Descripción del cambio climático en los distintos escenarios utilizados en el estudio. Para las variables de temperatura se utilizan grados Celsius y para las de precipitaciones en mm (Valor medio \pm desviación estándar).	69
Tabla 3: Diferenciación de área del presente climático vs presente total en base al umbrales percentil 10 y área de los diferentes usos de suelo resumidos en 4 categorías: 1) Nativo: Vegetación silvestre, pastizales, herbáceas, zonas arbustivas, matorrales y diferentes tipos de bosque. 2) Bosque: bosque siempre verde, caduco, hoja ancha, cerrado o abierto. 3) Alterado: zonas de cultivo, mosaico y urbanizaciones. 4) Otros: rocas, hielo, cursos de agua y dunas.....	70
Tabla 4: Cambios de la distribución geográfica de <i>Leopardus guigna</i> en el futuro climático y futuro total. Contracción, expansión y áreas sin cambios previstas (Ausencia y presencia) en % de Área total.....	71
Datos de la investigación Tabla 1: Registros de ocurrencia. Latitud y longitud del registro de ocurrencia utilizado en este estudio (y sus respectivas referencias).....	72
Datos de la investigación Tabla 2: 80 modelos probados y sus características. En negrita, el modelo seleccionado mejor ajustado utilizado en este estudio. Las abreviaturas de características siguen a Phillips et al. (2006): L = lineal, Q = cuadrática, P = producto, T = umbral y H = bisagra.....	77
Datos de la investigación Tabla 2: Continuar.....	83

1. RESUMEN

La presión antrópica y el cambio climático, son factores que amenazan la sobrevivencia de la biodiversidad, sobretodo en especies de distribución restringida. La güiña (*Leopardus guigna*) es el felino neotropical más pequeño, endémico y restringido a los bosques templados y áreas semiabiertas que se han visto altamente perturbados por el hombre y el cambio climático. En este estudio, se aplicó el enfoque de máxima entropía para relacionar los registros de presencia de la especie bajo condiciones climáticas, presión antrópica y elevación de Chile y Argentina. El modelo actual se proyectó bajo ocho escenarios de cambio climático diferentes para predecir el estado futuro de la distribución potencial de la güiña para el año 2080. Los resultados de esta investigación indican que la güiña presenta un 51% de distribución potencial abarcando en su mayoría las ecoregiones del Bosque valdiviano y del Matorral chileno, que actualmente se han visto altamente fragmentados por la presión antrópica. Proponemos para el presente, 4 “hotspot” de alta idoneidad de hábitat que incluyen zonas alteradas, fragmentadas, e incluso peri-urbanas mientras cumplan las condiciones ambientales mínimas para esta especie. De estos 4 “hotspot”, destaca la zona de la isla de Chiloé, que bajo cualquier escenario futuro proyectado, mantuvo una alta calidad ambiental. Por otro lado, los efectos del cambio climático para el futuro 2080 comprometerán los límites extremos de la distribución potencial de la güiña con duras contracciones. Más, si se manejan zonas como la cordillera de Nahuelbuta en pos de la conservación, en un futuro podrían recuperar su idoneidad de hábitat para este felino.

2. ABSTRACT

Anthropogenic pressure and climate change are factors that threaten the survival of biodiversity, especially in species with restricted distribution. The güiña (*Leopardus guigna*) is the smallest Neotropical felid, endemic and restricted to temperate forests and semi-open areas that have been highly disturbed by humans and climate change. In this study, the maximum entropy approach was applied to relate the species occurrence records under climatic conditions, anthropogenic pressure and elevation in Chile and Argentina. The current model was projected under eight different climate change scenarios to predict the future state of the potential distribution of the güiña by the year 2080. The results of this research indicate that the güiña has 51% of potential distribution covering mostly the ecoregions of the Valdivian Forest and Chilean Scrubland, which are currently highly fragmented by anthropogenic pressure. We propose for the present, 4 "hotspot" of high environmental suitability that include altered, fragmented, and even peri-urban areas as long as they meet the minimum environmental conditions for this species. Of these 4 "hotspots", the area of Chiloé Island stands out, which under any projected future scenario, maintained a high environmental quality. On the other hand, the effects of climate change for the future 2080 will compromise the extreme limits of the potential distribution of the güiña with harsh contractions. Moreover, if areas such as the Nahuelbuta mountain range are managed for conservation, they could recover their environmental suitability for this feline in the future.

3. INTRODUCCIÓN

El cambio climático al que nos enfrentamos en la actualidad constituye una de las principales amenazas para el futuro de la biodiversidad (Sala *et al.* 2000; Parmesan 2006; Arribas *et al.* 2012). Sus efectos pueden resultar en cambios observables en atributos de las especies tales como la expansión o contracción en los rangos de distribución de especies (García *et al.* 2014), así también eventos de extinción (Thomas *et al.* 2004). Lo que ha planteado nuevos desafíos para la biología de la conservación como la adaptación de sus herramientas y sus principios clásicos para incorporar las diferentes respuestas de los organismos ante el inminente cambio climático y de esta forma, llevar a cabo una gestión efectiva para las especies y sus hábitats (Akçakaya *et al.* 2006; Thomas *et al.* 2011; Arribas *et al.* 2012). El cambio climático comienza a convertirse en una preocupación cada vez mayor en la literatura, donde se ha indicado que este tendería a aumentar la tasa de pérdida de los recursos biológicos y que sus efectos serían particularmente severos en aquellos ecosistemas significativamente alterados por causa de la presión antrópica (Uribe 2015). La presión antrópica está estrictamente relacionada con el número de personas que viven en una determinada zona y, por consiguiente, con sus actividades. Estos factores pueden estresar el medio ambiente influyendo en su estado natural (López 2021), alterando la distribución y salud de las poblaciones naturales que a menudo dan como resultado patrones localizados (alrededor de centros de poblaciones humanas) o patrones multidireccionales de alteraciones en las poblaciones de especies (Root *et al.* 2003). El grado de estrés que se ejerce sobre el medio ambiente depende de las características intrínsecas de ese territorio y principalmente de las condiciones geológicas y ambientales que determinan el nivel de vulnerabilidad y sostenibilidad (Floris *et al.* 2014). Actividades como la fragmentación, modificación y pérdida de hábitats han provocado un fuerte declive de la biodiversidad mundial (Pimm & Raven 2000; Sala *et al.* 2000). Alterando la

riqueza, composición de especies, abundancia y distribución de las poblaciones (Fahrig 2003; Pineda 2010), la heterogeneidad espacial, la estructura vegetacional, la productividad del ambiente (Kauffman & Pyke 2001), limitando además, posibles refugios y alimento para la fauna silvestre (Pereira 2009; Pineda 2010). Existen numerosos estudios que muestran respuestas negativas de la eficacia biológica de los individuos (capacidad de persistencia de las especies o de la diversidad de las comunidades) bajo cambios en la estructura del paisaje asociados al proceso de fragmentación (Ej. Sanchez-Hernandez *et al.* 2001; Crooks 2002; Claire & Badilla 2007; Zitske *et al.* 2011; Quesnelle *et al.* 2013), y casi tan abundantes como éstos son los estudios que no detectan efectos, o que incluso encuentran efectos positivos (Ej. Crooks 2002; McGarigal & Cushman 2002; Ewers & Didham 2006; Prugh *et al.* 2008). Es por esto que el estudio de la distribución geográfica de las especies se ha convertido en una herramienta fundamental en ecología, biogeografía, conservación de la biodiversidad y gestión de recursos naturales (Guisan & Thuiller 2005; Franklin 2010; Newbold 2010; Guisan *et al.* 2013), ya que contiene información relevante y significativa sobre los requisitos para el éxito ecológico de las especies (Margules & Pressey 2000; Bozinovic *et al.* 2011).

El desarrollo de modelos de distribución de especies (SDM, o ENM: modelos de nicho ecológico, por sus siglas en inglés), relaciona aspectos del clima y las ocurrencias conocidas de las especies en un paisaje de interés, para definir el conjunto de las condiciones bióticas y abióticas en las que es probable que la especie pueda mantener poblaciones viables (Hutchinson 1957; Araujo & Peterson 2012). Por consiguiente, SDM predice un hábitat potencial e idóneo que cumple con las necesidades de nicho de la especie (Soberón & Nakamura 2009; Wiens *et al.* 2009; Lazo-Cancino *et al.* 2020). Lo que permite estimar los impactos que podrían tener factores como el cambio climático a dicha especie en un futuro (Dawson 2003; Pearson & Thuiller *et al.* 2005; McMahon *et al.*

2011; Lazo-Cancino *et al.* 2020). Así mismo, SDM se puede aplicar a una variedad de situaciones de gran interés científico como lo es el descubrimiento de nuevas poblaciones (Ej. Feria & Peterson 2002; Bourg *et al.* 2005) o de especies previamente desconocidas (Ej. Raxworthy *et al.* 2003), una buena planificación de la conservación (Ej. Araujo *et al.* 2011a; Williams *et al.* 2005; Wilson *et al.* 2005a), el estudio de posibles áreas geográficas afectadas por especies invasoras (Ej. Broennimann *et al.* 2007; Peterson *et al.* 2008; Villemant *et al.* 2011), cartografiar el riesgo de transmisión de enfermedades (Ej. Peterson *et al.* 2006, 2007), la identificación de refugios históricos para la biodiversidad (Ej. Waltari *et al.* 2007; Carnaval & Moritz 2008; Vega *et al.* 2010; Araujo & Peterson 2012), pronosticar los efectos del cambio climático en la distribución de las especies (Ej. Thuiller *et al.* 2005; Araujo *et al.* 2006; Huntley *et al.* 2008; Lawler *et al.* 2009) y en la diversidad filogenética (Thuiller *et al.* 2011).

Un grupo taxonómico particularmente sensibles a estas drásticas alteraciones del paisaje natural son las especies carnívoras de ambientes templados y tropicales (Presley *et al.* 2019), que pueden generar diferentes respuestas de forma temprana o tardía acorde al ambiente. Las especies especialistas de un ambiente nativo tienden a ser altamente sensibles al cambio de uso del suelo, mientras que las especies más generalistas pueden prosperar en paisajes con cantidades moderadas de factores antrópicos (Presley *et al.* 2019). La güiña (*Leopardus guigna*; Molina 1782) es un felino especialista y dependiente del bosque nativo (Greer 1966; Dunstone *et al.* 2002a; Sanderson *et al.* 2002; Acosta & Simonetti 2004; Zúñiga *et al.* 2009; Gálvez *et al.* 2013), que se caracteriza por poseer un peso alrededor de 1,3–2,5 kg en individuos adultos (Figuroa *et al.* 2018), catalogado como la especie de felino neotropical más pequeño (Iriarte *et al.* 2013) y con una de las distribuciones geográficas más restringidas, endémica de los bosques templados y áreas semiabiertas (Miller *et al.* 1983; Acosta & Simonetti 2004). Donde se alimenta en su mayoría de

pequeños mamíferos que comparten su ambiente (Dunstone *et al.* 2002b; Acosta & Simonetti 2004). La distribución restringida y su especificidad de hábitat la catalogan como una especie particularmente sensible a los cambios en el uso de suelo y climáticos (Araújo *et al.* 2008; Cuyckens *et al.* 2015). Siendo considerada uno de los felinos más amenazados de Sudamérica (Nowell & Jackson 1996; Figueroa *et al.* 2018) y categorizada globalmente como Vulnerable (VU) por la IUCN (Napolitano *et al.* 2015) e incluida en el Apéndice II de CITES (Iriarte *et al.* 2013). A lo largo de los años se han documentado efectos negativos para esta especie por el cambio de uso de suelo y presencia de plantaciones exóticas (Acosta & Simonetti 2004; Moreira-Arce *et al.* 2015; Napolitano *et al.* 2015). Esto porque las plantaciones simplifican el paisaje disminuyendo la efectividad de forrajeo en estratos arbóreos y la abundancia de sus presas (Moreira-Arce *et al.* 2015). Recientemente Napolitano y colaboradores (2020) informo registros de individuos más allá de los límites históricos de la distribución de esta especie, extendiendo el rango norte de este felino aproximadamente 66 km (distancia lineal de Catapilco a Cerro Palo Colorado) y confirmando su presencia en la región de Coquimbo. Por otro lado, Cuckyens y colaboradores (2015), realizaron un estudio con el objetivo de evaluar los efectos del cambio climático más el uso de suelo en la distribución de este felino para el futuro 2050, realizando un modelo consenso de 3 posibles futuros climáticos que contrastaron con las zonas protegidas de Chile y Argentina. Sus resultados indicaron que la güiña ya ha perdido un 5.5% de su distribución por acción humana y que para el 2050 perderá un 40%, mencionando que las zonas alteradas por el humano son un ambiente inadecuado para la güiña. Estos autores enfocaron su proyección futura principalmente a la ecorregión del Bosque valdiviano y predijeron que las áreas con mayor idoneidad para la güiña se encontrarán en la frontera entre Argentina y la Región de Los Lagos en Chile. Predicen que el cambio climático será mayor en Argentina mientras que

el impacto humano será mayor en Chile, además de que las poblaciones más septentrionales de su distribución pueden estar bajo amenaza de extinción local. El trabajo de Cuckyens y colaboradores (2015) consideró que las zonas artificiales, las áreas urbanas y las áreas terrestres cultivadas son inadecuadas para este felino, limitando su futuro a la ecorregión del Bosque valdiviano. Sin embargo, la güiña es un felino que se encuentra establecido en áreas semi-abiertas como la ecorregión del Matorral chileno (Miller *et al.* 1983; Acosta & Simonetti 2004; Napolitano *et al.* 2020). Así también, se han identificado paisajes antropizados que podrían ser relevantes para la conservación de la güiña, que no deberían ser descartadas como inadecuadas, siendo esta especie capaz de tolerar un alto grado de pérdida de hábitat (>80% dentro de un área de distribución; Gálvez 2018). En vista de estos antecedentes se propone que el cambio climático en conjunto a factores exógenos adversos para el paisaje, como la presión antrópica y el cambio del uso de suelo, no provocaran una reducción relevante en la distribución potencial de *Leopardus guigna*, siempre y cuando se mantengan zonas que cumplan con los requisitos ambientales mínimos para la especie, ya que se ha evidenciado la prevalencia de *L. guigna* en ambientes perturbados y/o fragmentados.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Conocer los efectos de los factores climáticos y antrópicos sobre la distribución potencial presente y futura de la güiña.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Se estimó y se proyectó la idoneidad de hábitat de la güiña basada en registros de presencia en distintos escenarios ambientales futuros y se evaluaron las repercusiones de estos escenarios sobre la distribución potencial de este felino.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. ÁREA DE ESTUDIO

La IUCN ha establecido que la distribución de *Leopardus guigna* se encuentra principalmente en el centro y sur de Chile (30 °-48 ° S) y marginalmente en áreas adyacentes del suroeste de Argentina (39 °-46 ° S al oeste de 70° O) desde el nivel del mar hasta los 2.500 metros (Napolitano *et al.* 2015). Habitando tanto bosques de matorral mediterráneos y bosques esclerófilos en el norte y centro de Chile, como bosques templado lluvioso y bosques patagónicos en el sur de Chile, y bosques patagónicos andinos en el suroeste de Argentina (Napolitano *et al.* 2014). Para definir la distribución potencial de la güiña, nuestra área de estudio, abarco la totalidad de la ecorregión del Matorral chileno en la zona central de Chile y la totalidad de la ecorregión del Bosque valdiviano, además se consideraron las ecoregiones: Estepa Sur andina, Estepa Patagónica y el Bosque Sub-polar Magallánico (para las dos últimas ecoregiones se consideraron solo las áreas dentro de la región de Aysén). El Matorral chileno es una franja de 100 km de ancho que se extiende a lo largo de la parte central de la costa chilena. Se caracteriza por un clima mediterráneo templado, con inviernos lluviosos y veranos secos, y presenta un alto endemismo en flora (aprox. 95% de las especies). Es una zona que se ha visto gravemente afectada por incendios, minería, tala, vertederos de basura, urbanización y contaminación del aire, el agua y el suelo, siendo considerada la ecorregión menos protegida de Chile (WWF 2006). Mientras que la ecorregión del Bosque valdiviano abarca Chile (35° - 48°S) incluyendo la isla de Chiloé (WWF 2001) y de forma más marginal, áreas adyacentes del suroeste de Argentina (39° - 46°S al oeste de 70°W) desde el nivel del mar hasta los 2500 m (Lucherini *et al.* 2000; Sanderson *et al.* 2002; Napolitano *et al.* 2014; Napolitano *et al.* 2015; Napolitano *et al.* 2020). El Bosque valdiviano es

reconocido como un sitio de alta prioridad de conservación por la iniciativa Global 2000 (Olson *et al.* 2001), que presenta temperaturas medias anuales mínimas y máximas de 7–21 y 4–13 ° C en el norte y sur de esta ecorregión, respectivamente (CONAMA 2007) y una precipitación anual que varía entre 1.000 mm en el norte y 6.000 mm en el sur (Huber 1979). Esta ecorregión se ha visto constantemente amenazada y degradada bajo fines comerciales, de leña y agricultura, reemplazando el bosque nativo rico en especies, con monocultivos de especies exóticas como el Pino *Pinus radiata* D. Don y el Eucalipto *Eucalyptus globulus* Labill 1800 (World Wildlife Fund *et al.* 2001).

5.2. COLECTA DE REGISTROS DE OCURRENCIAS, VARIABLES AMBIENTALES Y ANTRÓPICAS

Se obtuvo un total de 304 registros de ocurrencia de *Leopardus guigna* de Chile y Argentina que abarcan 113 años. Para cada registro se definió una zona de amortiguamiento de 4 km como un aproximado del rango máximo de hogar registrado (Mazzolli 2000; Dunstone *et al.* 2002; Sanderson *et al.* 2002) para limitar el modelo y no especificar puntos de fondo de hábitats improbables para la especie. Esto se tradujo en 167 puntos en una cuadrícula de 30" de resolución espacial. Estos registros se obtuvieron de tres maneras: 1) búsqueda exhaustiva de literatura (Napolitano *et al.* 2014; Cuckyens *et al.* 2015; Mora *et al.* 2015; Napolitano *et al.* 2015; Fleschutz *et al.* 2016; López 2017; Schüttler *et al.* 2017; Acosta-Jamett *et al.* 2018; Fotografía & Morales 2018; Acuña 2019; Napolitano *et al.* 2020; Pliscoff *et al.* 2020; Sacristán *et al.* 2020; Sieg *et al.* 2020; Silva-Rodríguez *et al.* 2021); 2) Observación de campo. Se obtuvo una ocurrencia de güiña mediante una cámara trampa frente al río Santa Gertrudis en la región del Ñuble (71°21'47.82"O, 36°40' 52.20"S); y 3) material de la base de datos de la "Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad" o GBIF (<https://www.gbif.org/es/>). Se generaron puntos de fondo de manera aleatoria y

para modelar la distribución de esta especie se usaron diecinueve variables bioclimáticas, que son biológicamente significativas para definir los límites ecofisiológicos de esta misma (Graham & Hijmans 2006). Las variables climáticas se obtuvieron del conjunto de datos WorldClim, con resolución espacial de 30-arc-segundos (~1km) (Hijmans *et al.* 2005; Graham & Hijmans 2006; Fick & Hijmans 2017 <http://www.worldclim.org/>). Dado que parte de la distribución del este felino abarca la cordillera andina y la de la costa, se consideró una capa de elevación (Fick & Hijmans 2017 <http://www.worldclim.org/>). Este conjunto de variables ha resultado viable para el modelado de la distribución potencial del gato andino *Leopardus jacobita* Cornalia 1865 (Marino *et al.* 2011), felino que habita en la Puna Seca del norte de Chile (Lagos *et al.* 2020). Por último el factor antrópico se consideró de dos maneras. La primera llamada “Huella humana” (variable continua), se mide utilizando ocho variables que incluyen entornos urbanizados, densidad de población, infraestructura de energía eléctrica, tierras de cultivo, tierras de pastoreo, carreteras, vías férreas y vías navegables (Venter *et al.* 2018 <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/wildareas-v3-2009-human-footprint>) lo que la convierte en el conjunto de datos terrestres más completo y de mayor resolución consistente a nivel mundial sobre la presión antrópica acumulada sobre el medio ambiente (Venter *et al.* 2016). La segunda variable antrópica que se consideró, fue el cambio de uso de suelo evaluado con una capa discreta del mapa global de cobertura terrestre del 2019 con una resolución de 100 m de “Copernicus Global Land Service” (Buchhorn *et al.* 2020).

5.3. MODELO DE NICHOS CLIMÁTICO

Las variables climáticas se escogieron a través del factor de inflación de varianza (VIF) para eliminar aquellas variables fuertemente correlacionadas con el paquete “USDM” en Rstudio (Naimi *et al.* 2014; RStudio Team 2020).

Evaluando la colinealidad entre los predictores (Queen *et al.* 2002). De las 19 variables se utilizaron 7 predictores no correlacionados ($r=0.9$). Para caracterizar los cambios de estas variables climáticas entre los modelos actuales y futuros se estimaron las estadísticas descriptivas (media y desviación estándar) mediante los raster de las variables climáticas seleccionadas para el área de estudio en el programa ArcMap 10.1 (ArcGIS 2010) que es el componente principal del conjunto de programas de procesamiento geoespacial ArcGIS de Esri (Environmental System Research Institute, Inc. Redlands, CA).

Para el modelado y predicción de la distribución potencial de la güiña, se usó la interfaz gráfica Wallace 1.0.3 que es una aplicación GUI basada en R (R Core Team, 2020) para el modelado ecológico que actualmente se enfoca en construir, evaluar y visualizar modelos de nichos y la distribución de las especies (Kass *et al.* 2018). Primero se calculó el presente de este felino con solo las variables climáticas preseleccionadas que llamaremos “Presente Climático”. Luego, se calculó un presente más complejo que incluye las mismas variables climáticas, más la variable de elevación y la huella humana que llamaremos “Presente Total”. Para construir los modelos en Wallace, se utilizó el algoritmo de máxima entropía Maxent que es un método de aprendizaje automático que puede ajustar una variedad de funciones a patrones en los datos, desde simples hasta complejos por medio del paquete “DISMO” mediante R (Hijmans *et al.* 2017) .Se ajustó el modelo en función de las clases de entidades L, LQ, H y LQH (L=Lineal, Q=cuadrática, H=bisagra) y el multiplicador de regularización (RM) 1 y 2, que es una forma de reducir la complejidad del modelo. Luego, se seleccionó el mejor modelo según el criterio de información de Akaike (AIC, “Delta AICc = 0”) que es una medida de ajuste relativo, proporcional a la similitud del modelo y al número de parámetros utilizados (Akaike 1974; Anderson & Burnham 2002), este ofrece un valor objetivo que de manera relativa, cuantifica simultáneamente la precisión y

sencillez del modelo (Martínez *et al.* 2009). Una vez seleccionado el mejor modelo, se implementó para predecir la idoneidad del hábitat (distribución potencial) según el clima del presente y para las proyecciones futuras. El rendimiento del modelo ajustado se evaluó mediante la prueba de área bajo la curva (AUC), con el criterio de valores para $AUC > 0,8$ que representa un ajuste más adecuado. Para evaluar el porcentaje de contribución de cada variable utilizada (variables climáticas presentes y futuras, y elevación y huella humana para el presente total) se realizó un análisis Jackknife en R con el paquete "ENMeval" (Muscarella *et al.* 2017). Para comparar el "Presente Climático" con el "Presente Total", se evaluaron las superficies de ambos modelos en el programa QGIS v3.16 (QGIS Development Team 2021) bajo un análisis del umbral de la capa de presencia de entrenamiento del percentil 10 (10p). Esta opción es la más estricta de las dos reglas de umbral disponibles que presta la plataforma Wallace 1.0.3 (Kass *et al.* 2018) que se eligen para maximizar el acuerdo entre las distribuciones observadas y predichas (Cramer 2003; Liu *et al.* 2005). Además, se superpuso la capa de uso de suelo (variable categórica) para el área de estudio, donde el tipo de suelo se categorizó de cuatro maneras: 1. Zona Alterada (Alterado): zonas de cultivo, mosaico y urbanizaciones. 2. Zona Nativa (Nativo): Vegetación silvestre, pastizales, herbáceas, zonas arbustivas, matorrales y diferentes tipos de bosque. 3. Bosque nativo (Bosque; que es parte de la Zona Nativa): diferentes tipos de bosque. 4. Otros: rocas, hielo, cursos de agua, dunas y sin vegetación. Se calculó la superficie de cada categoría en km^2 y se comparó con los modelos "Presente Climático" y "Presente Total".

En cuanto para las proyecciones futuras hacia el año 2080, se usaron todos los puntos de presencia en dos escenarios hipotéticos y contrastantes entre sí: RCP2.6 y RCP8.5. El primero (RCP2.6) presenta un futuro escenario de "pico y declive"; su nivel de forzamiento radiativo alcanza por primera vez un valor de

alrededor de 3,1 W/m² a mediados de siglo, y vuelve a 2,6 W/m² para 2100. Las emisiones de gases de efecto invernadero (e indirectamente las emisiones de contaminantes atmosféricos) son reducidas sustancialmente con el tiempo (Van Vuuren *et al.* 2011). Mientras que el segundo escenario (RCP8.5) es un futuro donde hay un gran aumento de las emisiones y concentración de gases de efecto invernadero en el tiempo (Schwalm *et al.* 2020). Para cada escenario, se evaluaron dos modelos: CESM1_CAM5 y MIROC_MIROC5. CESM1_CAM5 es el Modelo del Sistema de Tierra Comunitario versión 1 (CESM1) que incluye el Modelo Atmosférico Comunitario versión 5 (CAM5). Este proporciona un modelo más realista y una simulación mejorada del clima que produce cambios climáticos de mayor amplitud en el siglo XXI con un mayor calentamiento, mayores precipitaciones y cambios en la presión del nivel del mar, un verano en el Ártico sin hielo más temprano y una pérdida más rápida de permafrost (Meehl *et al.* 2013). MIROC_MIROC5 es la nueva versión del modelo de Investigación Interdisciplinaria sobre el Clima (MIROC). Algunos aspectos de MIROC5 son similares o ligeramente peores que MIROC3.2, pero por lo demás las características climatológicas son considerablemente mejores. En particular, se encuentran mejoras en la precipitación, los campos atmosféricos medios zonales, los campos sub-superficiales del océano ecuatorial y la simulación de El Niño-Oscilación del Sur (Watanabe *et al.* 2010). Siendo cuatro en total: CESM1_CAM5 RCP2.6; CESM1_CAM5 RCP8.5 y MIROC_MIROC5 RCP2.6; MIROC_MIROC5 RCP8.5 (http://www.ccafs-climate.org/data_spatial_downscaling/).

Con los datos recolectados, se realizó un total de 10 proyecciones: 2 para el presente de la distribución potencial de la güiña (“Presente Climático” y “Presente Total”) y 8 para el futuro de la distribución potencial (4 para “Futuro Climático” y 4 para “Futuro Total”). Para el “Futuro Climático” sólo se tomaron en consideración las variables climáticas derivadas de VIF, bajo los mismos parámetros de análisis proyectados en escenarios futuros (RCP2.6 y RCP8.5

de 2080) y así caracterizar los posibles cambios climáticos entre el presente y futuro. Mientras que para el “Futuro Total” se utilizaron las mismas variables climáticas proyectadas para el año 2080 y además, se consideraron como constantes (para ambos escenarios) las variables de la huella humana y de elevación del presente. Esto bajo la lógica de que la huella humana actual, variable que incluye el uso de suelo, representa un cambio permanente en el área de estudio y que a futuro, si bien no existen proyecciones de esta, no disminuirá con el tiempo. Por último, para obtener los cambios de distribución geográfica de las proyecciones futuras (“Futuro Climático” y “Futuro Total”), comparamos los modelos del presente con los modelos seleccionados del futuro (RCP2.6 CESM1_CAM5 y MIROC_MIROC5; RCP8.5 CESM1_CAM5 y MIROC_MIROC5 de las proyecciones climáticas y totales). Utilizando el modelamiento binario (presencia/ausencia) con el análisis de umbral establecido en el percentil 10 (10p) de presencia en el entrenamiento, donde las celdas con valores sobre el umbral fueron clasificadas como hábitat idóneo (presencia), mientras que aquellas bajo el umbral fueron clasificadas como hábitat no idóneo (ausencia). El cambio en la distribución del área (expansión, contracción, presencia sin cambio y ausencia sin cambio) se calculó en el programa QGIS (QGIS Development Team 2021) mediante la resta de las capas raster entre el modelo presente y modelo futuro (modelo presente – modelo futuro*2) en conjunto a la herramienta de post-procesamiento del complemento Clasificación semiautomática (Congedo 2020).

6. RESULTADOS

Las variables climáticas seleccionadas mediante el análisis VIF fueron: Rango diurno medio (BIO2), Isotermalidad (BIO3), Temperatura estacional (BIO4), Temperatura media del cuarto más húmedo (BIO8), Temperatura media del cuarto más seco (BIO9), Precipitación del mes más húmedo (BIO13), y

Estacionalidad de las precipitaciones (BIO15). El mejor modelo para el Presente climático tuvo un valor de AICc de 4356,23 (Datos de la investigación Tabla 2), mientras que el Presente total obtuvo un valor de 4305,40 (Datos de la investigación Tabla 2). Dados los resultados de la prueba Jackknife para evaluar el porcentaje de contribución, las variables más importantes para la distribución de idoneidad de hábitat en el presente climático de la güiña son: La precipitación en el mes más húmedo (BIO13), temperatura media en el cuarto más seco (BIO9), rango medio diurno (BIO2) y la precipitación estacional (BIO15), Temperatura media del cuarto más seco (BIO8), Temperatura estacional (BIO4) y la isothermalidad (BIO3) (Tabla 1). Este *ranking* de importancia se mantienen en el presente total, con BIO13 como la variable más importante, la huella humana reemplaza el segundo puesto de BIO9, seguido de BIO2, la variable de elevación (ELEV) en paralelo a BIO8, BIO15, BIO4 y BIO3 (Tabla 1). Una vez se proyectan al futuro, el porcentaje de contribución varía según el modelo utilizado, pero predomina la variable BIO13. El único modelo donde BIO13 desciende en el ranking, es en RCP8.5 CESM1_CAM5, reemplazado por BIO9.

6.1. PRESENTE CLIMÁTICO Y PRESENTE TOTAL

Se estimaron 680922 km² como el área total de estudio para Chile y Argentina, cubriendo principalmente las ecoregiones del Matorral chileno y del Bosque valdiviano (Fig. 1A). Del área total el 59% está cubierto por vegetación nativa (37% Bosque + 22% pastizal) y un 10% corresponde a suelo alterado, el 31% restante está cubierto por cuerpos de agua, nieve o no presenta vegetación. Chile corresponde al 90% del área total (Tabla 3) y este presenta un 58% de vegetación nativa de la cual el 37% es de bosques. El suelo alterado equivale a un 11% y el 31% restante equivale a otros elementos del suelo. Argentina equivale al 10% (Tabla 3) del área total, donde el 73% es vegetación nativa con

un 38% de bosques, mientras que el porcentaje alterado es solo el 1% y el 26% restante equivale al resto de elementos del suelo como agua, nieve, etc. En el “Presente climático”, la distribución potencial de la güiña es de un 54% (Tabla 3; Fig. 1C), y un 51% del “Presente total” (Tabla 3; Fig. 1D). Este porcentaje de área potencial de distribución se ve alterada aproximadamente 18%, que corresponde a la cobertura de suelo alterado que cruza de manera longitudinal el área potencial de la güiña (Fig. 1B) que atraviesa bruscamente el Matorral chileno y el Bosque valdiviano, avanzando desde la costa en la región de Valparaíso por la depresión intermedia de la zona central por la región Metropolitana hasta Los Ríos y Los Lagos, incluso en la isla de Chiloé. Los modelos del presente proyectan una idoneidad de hábitat para *L. guigna* en gran parte de Chile central y sur desde la región de Coquimbo hasta la región de Aysén, abarcando gran parte del Matorral chileno y la total extensión del Bosque valdiviano en Chile y Argentina. En el “Presente Climático” (Fig. 1C), el hábitat ideal para la güiña comienza por el litoral costero en la zona sur de la región de Atacama, pero se intensifica en el borde límite entre Coquimbo y Valparaíso expandiéndose hacia la cordillera de los Andes en la región Metropolitana y del Libertador Bernardo O’Higgins, para concentrarse en gran parte de la región del Maule. Más al sur, vuelve a concentrarse en la región del Biobío, intercalando a la región de Los Ríos y Los Lagos, destacando en la zona norte de la isla de Chiloé mientras que en terreno continental está idoneidad comienza a declinar mientras se aproxima a la región de Aysén. Por otro lado, a pesar de presentarse en Argentina, la idoneidad de esta área no es tan alta si se contrasta con el territorio chileno. Los factores agregados como la huella humana y la elevación en la proyección del “Presente total” son variables que a pesar de sólo reducir la distribución potencial de la güiña un 3% (Tabla 3), generan una marcada fragmentación y distanciamiento entre los focos de idoneidad como se ve en la zona centro en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O’Higgins (Fig.1D). Estas variables concentran puntos de

idoneidad en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y del Biobío. La isla de Chiloé se mantiene estable a pesar de la huella humana y la elevación de terreno. Por la parte continental La Araucanía disminuye su idoneidad (<0.5) y rompe la continuidad del ambiente entre el Biobío y Los Ríos. Pero Los Lagos y Los Ríos se mantienen unidas.

6.2. DESCRIPCIÓN DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICOS Y MODELOS

La Tabla 2 presenta las estadísticas descriptivas calculadas para el cambio climático estimado del presente y futuro de los distintos escenarios y sus respectivos modelos. La distribución de idoneidad de hábitat actual muestra una media de $10,2 \pm 2,3^{\circ}\text{C}$ para el rango medio diurno ($\pm\text{DE}$)(B2), una isothermalidad de $50,9 \pm 6,9^{\circ}\text{C}$ ($\pm\text{DE}$)(BIO3), una temperatura estacional $366,4 \pm 71,3^{\circ}(\pm\text{DE})(\text{BIO4})$, $5,1 \pm 4,3^{\circ}\text{C}$ para la temperatura media del cuarto más húmedo ($\pm\text{DE}$)(BIO8) y $12,4 \pm 5,1^{\circ}\text{C}$ para la temperatura media del cuarto más seco ($\pm\text{DE}$)(BIO9). Por el lado de las precipitaciones, el mes más húmedo presenta una media de $171,9 \pm 103,9\text{ mm}$ ($\pm\text{DE}$)(BIO13) y una media de $366,5 \pm 71,3\text{ mm}$ la estacionalidad de estas ($\pm\text{DE}$)(BIO15). Según las proyecciones futuras, las variables asociadas a temperatura tienden a aumentar para los modelos de RCP8.5 (BIO2, BIO3, BIO4, BIO8 y BIO9), mientras que la variable BIO13 disminuye en relación al presente. Siendo un escenario en promedio más seco y caluroso. Por otro lado en el escenario RCP2.6 si bien las variables de temperatura fluctúan según el modelo utilizado, CESM1_CAM o MIROC_MIROC5, RCP2.6 representa un futuro más húmedo. Destaca la variable BIO13 en RCP2.6 MIROC_MIROC5 siendo la que más aumenta ($197,2 \pm 105,0\text{ mm}$ ($\pm\text{DE}$)). BIO2 y BIO3 se mantienen constantes según modelo y escenario, BIO2 aumenta en el escenario RCP8.5, pero varía muy poco entre modelos. Por último, las variables de temperatura estacional y estacionalidad de

las precipitaciones (BIO4 y BIO15) aumentan bajo el modelo MIROC_MIROC5 para ambos escenarios (RCP2.6 y RCP8.5). Aun así, la mayoría de los modelos presento una desviación estándar elevada.

6.3. FUTURO CLIMÁTICO Y FUTURO TOTAL

6.3A. FUTURO CLIMÁTICO

RCP2.6 CESM1_CAM5 es el mejor futuro climático para la güiña (Tabla 4; Fig. 2.1C), donde la expansión de la distribución supera a la contracción. El límite norte de la distribución potencial de la güiña en la región de Coquimbo se ve contraído en su totalidad al mismo tiempo que se expande de manera transversal por el Matorral chileno desde el límite sur de esta región, por Valparaíso y la región Metropolitana. Esta expansión recorre de manera longitudinal y continúa las faldas de la cordillera andina entre Chile y Argentina hasta el borde de la región de Aysén adentrándose en las ecoregiones del bosque subpolar y la estepa patagónica. Este escenario contrae la zona norte y la costa en la región de Aysén, zona sur. El peor futuro climático se proyecta con RCP2.6 MIROC_MIROC5 (Tabla 4; Fig. 2.2C), donde las contracciones son aproximadamente cinco veces el área de expansión. Este escenario presenta los mismos focos de contracción que la proyección anterior, pero aumenta el área contraída de la zona sur y no presenta grandes expansiones. Los escenarios del futuro climático proyectado en RCP 8.5 bajo los modelos de CESM1_CAM y MIROC_MIROC5 resultaron ser negativos. RCP 8.5 CESM1_CAM (Tabla 4; Fig. 2.3C), muestra una contracción fragmentada pero mayor que en RCP 2.6 CESM1_CAM5, además de presentar nuevos focos de pérdida de hábitat en la región Metropolitana y del Biobío. La tasa de expansión se concentra en Argentina con dirección a la Patagonia por la región de Aysén. En cuanto a los focos de idoneidad de hábitat desde Valparaíso hasta Los Lagos se ve reducida, mientras que la isla de Chiloé por otro lado se destaca en

su totalidad como idóneo (>0.8). Argentina y el extremo sur del área de estudio se vuelve un ambiente más accesible para la güiña en relación a la actualidad (>0.2). RCP 8.5 MIROC_MIROC5 (Tabla 4; Fig. 2.4C) presenta patrones de contracción y expansión similares a RCP 8.5 CESM1_CAM5, con la diferencia de que las contracciones triplican las expansiones. Los focos de idoneidad en este escenario se mantienen de manera continua desde la costa de la región de Valparaíso hasta la región del Biobío, que se ve interrumpida en la región de la Araucanía.

6.3B. FUTURO TOTAL

A diferencia de nuestras proyecciones climáticas, los escenarios del “Futuro Total” muestran una mayor contracción en la distribución potencial de la güiña en tres de nuestros cuatro escenarios (RCP 2.6 CESM1_CAM5; RCP 2.6 MIROC_MIROC5 y RCP 8.5 CESM1_CAM5). Por ejemplo, RCP2.6 MIROC_MIROC5 (Tabla 4; Fig. 3.2) es el peor “Futuro Total” para la güiña, donde el porcentaje de contracción cuadruplica la expansión. Este escenario, en comparación a su versión climática, aumenta la contracción en la zona sur de Chile eliminando la región de Aysén y parte de la región de Los Lagos continental de la distribución potencial de la güiña, mientras que en el Norte mantiene el límite sur de la región de Coquimbo y se expande hacia la cordillera de los Andes. En términos de idoneidad de hábitat el área que climáticamente fue apropiado y de carácter continuo, se ve reducido y altamente fragmentado, donde antes se presentaban zonas entre 0.7 y 0.5, ahora se ven reducidas a 0.2. Esta fragmentación y disminución de la idoneidad del hábitat se puede ver en todas nuestras proyecciones del “Futuro Total”. El único escenario de nuestro “Futuro Total” que no presenta mayor contracción que su versión climática, es la proyección de RCP8.5 MIROC_MIROC5 (Tabla 4; Fig. 3.4). Es el único escenario que presenta un equilibrio entre el porcentaje de expansión y contracción, en este caso la contracción se ve concentrada en la región de

Coquimbo y en la cordillera de Nahuelbuta produciendo un quiebre en la idoneidad climática (<0.2) continua que conectaban la región del Biobío y de Los Ríos, diferencia con su versión climática la cual contrae los límites norte y sur de la distribución potencial de la güiña.

7. DISCUSIÓN

7.1. DISTRIBUCIÓN DE HÁBITAT ACTUAL

Nuestra área de estudio presentó un 59% cubierto por vegetación nativa y un 10% alterado para uso humano, siendo mayor la alteración en Chile. Mientras, la distribución potencial de la güiña equivale a un 54% del área total que inicia con un terreno aislado en la zona costera en la región de Atacama y Coquimbo, que retoma en el límite sur de la región de Valparaíso de manera continua hasta la zona norte de la región de Aysén. Si bien, la presión antrópica solo reduce la distribución potencial de este felino en un 3%, se observa alteración, fragmentación y disminución de la calidad ambiental en toda la distribución potencial de este felino. Bajo esta fragmentación destacan cuatro “hotspots” de alta idoneidad de hábitat para la güiña en Chile: 1. Zona centro: que abarca las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O’Higgins y el Maule; 2. Zona centro-sur: la región del Biobío; 3. Zona sur: las regiones Los Lagos y Los Ríos; 4. La isla de Chiloé. Por otro lado, Argentina presenta una pequeña zona de alta idoneidad de hábitat para este felino alrededor de San Carlos de Bariloche paralelo al Parque Nacional Puyehue en Chile, que muestra una menor alteración en su territorio (1%). En Chile, la disminución y fragmentación de la calidad ambiental se evidencia por la extensa actividad forestal y agropecuaria (Lara *et al.* 1996; Acosta 2001; Echeverría *et al.* 2006, 2008; Zuñiga 2009). En particular, entre las regiones del Maule y Valdivia, la ecorregión del Bosque valdiviano ya ha perdido casi la mitad de vegetación nativa existente hacia el año 1550 (Lara *et al.* 2012; Promis 2020) supliendo la demanda internacional de

productos derivados de la madera y el papel. Además, de habilitar áreas para cultivos agrícolas y praderas (Lara *et al.* 2002; Echeverría *et al.* 2006, 2008; Altamirano & Lara 2010). Estos cambios en el paisaje, han afectado a los organismos que habitan en ellos siendo la causa más frecuente de amenaza para los organismos que están ligados al Bosque valdiviano y esclerófilo (Miller *et al.* 1983; Simonetti 1999; Acosta 2001; Smith-Ramírez *et al.* 2005). Obligando a la güiña y otras especies nativas (Ej. *Lycalopex culpaeus* Molina 1782 y *Leopardus colocola* Molina 1782) a convivir en un hábitat altamente modificado y en contacto con humanos (Napolitano 2020). Si bien, coincidimos con el estudio de Cuckyens y colaboradores (2015) en que las variables climáticas más importantes para la güiña están asociadas a la humedad ambiental, nuestro estudio propone cuatro zonas ambientalmente ideales a lo largo de la distribución de este felino considerando zonas urbanas y peri-urbanas como adecuadas siempre y cuando existan parches de vegetación nativa que la güiña pueda utilizar como fuente de recursos. Ejemplo de esto es evidenciado por Silva-Rodríguez y colaboradores (2021) que presentan registros fotográficos de este felino en Concepción a una distancia mínima de 34 m de la casa y la acera más cercana, mientras que en Valdivia se fotografiaron ejemplares a no más de 40 m de distancia de construcciones humanas. Sus hallazgos y la concentración de nuestros “*hotspots*” de idoneidad del hábitat cercanos a zonas urbanas dada la fragmentación ambiental por el uso de suelo y la presión antrópica, destacan una mejor capacidad de esta especie para tolerar altos niveles de fragmentación por efectos antrópicos de lo que se pensaba anteriormente (Gálvez *et al.* 2018).

En términos generales, el uso del hábitat de bosque y sus proximidades permiten asignarle a *L. guigna* un carácter especialista (Acosta & Simonetti 2004; Zuñiga 2009). Es así que la presencia tan al norte de esta especie y la existencia de un hábitat adecuado para ella, posiblemente está ligada a la persistencia de bosques deciduos de las cimas de la Cordillera de la Costa de

Chile Central, resultado de ascensos altitudinales postglaciales de formaciones que actualmente se desarrollan en zonas bajas al sur del río del Maule (Smith-Ramírez *et al.* 2005). Así también, podría deberse a la presencia de los bosques de olivillo, que son mantenidos por la neblina en las cimas de cerros del Norte Chico (Squeo *et al.* 2001; Smith-Ramírez *et al.* 2005), que probablemente constituyeron a remanentes de una distribución continua de bosques húmedos a lo largo de la costa de Chile central-norte, durante las edades glaciales con climas más húmedos (Troncoso *et al.* 1980). Igualmente, esto podría verse explicado por los bosques esclerófilos y el tipo de vegetación de matorral en la región de Coquimbo que son los más septentrionales de su distribución (Gajardo 1994), coincidiendo con el límite norte de la distribución de la güiña y cubriendo el requisito ecológico clave de cobertura vegetal de la misma (Napolitano *et al.* 2020). Esto es similar con lo reportado por Napolitano y colaboradores (2014), que describieron estas poblaciones bastante aisladas genéticamente de otros grupos, con haplotipos genéticos únicos. Siendo descrita como una población con adaptaciones ecológicas únicas para habitar el ecosistema seco del Matorral chileno, tan diferente de los bosques lluviosos templados en el sur de Chile. En cuanto a la distribución de este felino en la ecorregión del Bosque valdiviano (para la isla de Chiloé y parte continental de su distribución) en la isla de Chiloé, durante el último evento glacial en el sur de Sudamérica (0.026 – 0.007 millones de años), se formó un puente terrestre entre esta isla y el continente chileno, lo que permitió el movimiento de muchas especies de fauna y el flujo de genes efectivo (Vidal *et al.* 2012), incluyendo poblaciones de güiña en estos eventos migratorios (Napolitano *et al.* 2014). Mientras que en la parte continental, la Zona Sur, esta especie tiende a concentrarse en bosques viejos y de segundo crecimiento con una alta cobertura vertical (Dunstone *et al.* 2002; Sanderson *et al.* 2002; Acosta & Simonetti 2004). Características vegetacionales que favorecen la presencia de presas predilectas como *Irenomys tarsalis* Philippi 1900, *Dromiciops gliroides*

Thomas 1894, *Abrothrix olivaceus* Waterhouse 1837 y *Oligoryzomys longicaudatus* Bennett 1832 (Mann 1958; Greer 1965; Marshall 1978; Murúa & González 1986; Kelt 1993; Fontúrbel *et al.* 2010; Formoso & Sánchez 2014). La depredación por parte de la güiña sobre roedores como *O. longicaudatus*, que es el principal hospedador del hantavirus de los Andes en Chile y Argentina (Juan *et al.* 2018), resalta el rol de controlador biológico de este felino (Silva-Rodríguez *et al.* 2007; Gálvez *et al.* 2013; Napolitano *et al.* 2014).

7.2. PROYECCIONES AL FUTURO

La incertidumbre sobre la dimensión de los posibles efectos del cambio climático sobre la biodiversidad, apremia la necesidad de alcanzar una mayor comprensión sobre la dinámica de las especies y distribución geográfica. Sobre todo, el fortalecimiento de la capacidad de predecir estos efectos (Hooper *et al.* 2012; Uribe 2015). El cambio climático ya ha afectado a los felinos en el pasado, generando cambios en el rango de distribución, aislamiento genético y extinciones (Arias-Álzate *et al.* 2017, 2020; Zanin *et al.* 2020). Los cambios y la disminución de la distribución potencial de *L. guigna* como consecuencia del cambio climático es inminente y en la mayoría de nuestras proyecciones se presentan escenarios negativos donde la güiña tendrá contracciones de su distribución actual, llegando a disminuir su distribución potencial hasta un 9%. De estas contracciones, destacan los límites extremos de su distribución como los más afectados, con reducciones en la región de Coquimbo por el norte y la región de Aysén por el sur. Probablemente, estos cambios de distribución se deban a que ambos límites presentan y presentarán niveles de temperatura más marcadas (más altas o bajas) y menor humedad ambiental, disminuyendo su idoneidad para la güiña y sus requerimientos de hábitat (vegetación, presas, etc.). En Chile los distintos estudios de tendencias y variabilidad climática contemplan proyecciones de aumento de las temperaturas en todas las regiones y la reducción de las precipitaciones en la estación invernal para el

territorio entre 30° y 40° S, y en el período estival para el territorio entre los 38° y 50° S (Rosenblüth 1995; Rosenblüth 1997; CONAMA 2006). En este caso, la región de Coquimbo es una zona de transición entre clima mediterráneo desértico y semidesértico, con matices: húmedo y nuboso en el litoral, y estepario cálido en el interior (Novoa 2001), mientras que la región de Aysén es una zona de transición hacia un clima transandino continental desde la vertiente occidental hasta la zona esteparia, caracterizada por la disminución de las precipitaciones y una mayor amplitud térmica (Dirección meteorológica de Chile 2008). Las zonas con limitada disponibilidad hídrica de la región de Aysén, podrían ser especialmente susceptibles a los cambios climáticos y ambientales (Saavedra 2012). Por otro lado, las expansiones proyectadas en este estudio, tenderán a concentrarse en dirección a la Patagonia por el Bosque sub-polar y por territorio Argentino. Lugares que representarían un reto climático dada la baja idoneidad de hábitat, y ecológico por posibles competencias de nicho con especies meso-depredadoras ya establecidas como *Leopardus colocola* y *Leopardus geoffroyi* d'Orbigny & Gervais, 1844, pero también significaría una nueva fuente de recursos para las poblaciones de güiña de la zona sur. Además de estos cambios en la distribución, destacan sitios como la isla de Chiloé, que presenta un bosque contiguo de 6000 ha con menos influencia humana y altas precipitaciones (Sanderson *et al.* 2002), que mantiene una alta calidad ambiental independiente de la proyección futura propuesta, resaltando un gran valor de conservación dadas las características ambientales de este sitio para el presente y futuro de la güiña. La adecuada conservación de este ambiente será fundamental para la güiña dada la alta degradación y fragmentación de los ambientes nativos que sufre la parte continental de su distribución. Esto puede deberse a que a pesar de ser un paisaje altamente fragmentado y dominado por humanos de aproximadamente 1200 ha, el sistema español de tenencia de la tierra ha logrado mantener baja la presión antrópica en las zonas rurales del norte de Chiloé (Sanderson *et al.* 2002).

La presión antrópica actual y el futuro cambio climático comprometerán hasta un 12% de la distribución potencial de *L. guigna*, además de generar variaciones en la fragmentación y calidad ambiental alrededor de nuestros “hotspot” propuestos. De manera similar a las proyecciones realizadas por Cuckyens y colaboradores (2015), el cambio climático y los factores antrópicos afectarán negativamente la distribución potencial de la güiña, pero discrepamos con su propuesta de un solo “hotspot” ambientalmente idóneo para el futuro, ya que al considerar la distribución potencial de este felino en la totalidad de las ecoregiones del Matorral chileno y el Bosque valdiviano, se definen 4 zonas ambientalmente idóneas para esta especie a lo largo de Chile que se podrían mantener en el futuro, siempre y cuando la presión antrópica actual no aumentase considerablemente a lo largo de los años (Esto último en un futuro ideal). Lamentablemente las actividades como el cambio de uso de suelo, urbanización y deforestación implican un ambiente dañado de manera severa, la cual si bien se puede intentar reducir y mitigar bajo leyes de fomento y recuperación del bosque nativo ligados a incentivos económicos (Lara *et al.* 2003; Altamirano & Lara 2010), no asegura que el daño sea reversible a gran escala, ni que se cumpla adecuadamente la ley. Ya que actualmente, la tala y quema de los bosques nativos para establecer campos agrícolas, ganaderos o plantaciones forestales de especies exóticas implican cambios dramáticos en los atributos propios de un ecosistema nativo, en la estructura, la composición de especies, las funciones y procesos ecológicos (Promis 2020), que podrían potenciar la vulnerabilidad de la güiña en otros aspectos además de su futura distribución geográfica.

Zanin y colaboradores (2021) llegó a la conclusión de que el cambio climático alterará la distribución de todos los felinos, provocando un desplazamiento del nicho espacial, contracciones del rango y fragmentación. Con ello, se debe considerar que las especies no pueden dispersarse a la velocidad de los cambios ambientales y solo pueden persistir en el refugio restante (Mahdavi *et*

al. 2020). Si tomamos en cuenta que la güiña es el felino neotropical más pequeño (Iriarte *et al.* 2013), esta capacidad de dispersión a través del paisaje puede verse reducida, incluso aún más por la presión antrópica y el cambio de uso de la tierra que diseca los hábitats adecuados en parches aislados, disminuyendo la conectividad del hábitat y aumentando las barreras para la dispersión (Caplat *et al.* 2016). Un potencial escenario de conectividad y/o barrera dependiendo del futuro, se proyecta en la Cordillera de Nahuelbuta. Está es considerada por algunos autores como un área de alto valor de conservación y reserva mundial de la biodiversidad, por sus altos niveles de diversidad de especies, endemismo y características físicas que favorecieron la persistencia de algunos organismos, incluso durante la última glaciación (Smith-Ramírez 2004; Wolodarsky & Díaz 2011). Se localiza entre el río Biobío y el río Imperial, entre la VIII y IX región respectivamente, y se extiende por 200 km en sentido norte-sur, alcanzando una altitud máxima de 1,530 m sobre el nivel del mar (Otavo-Echeverría 2017). La alta riqueza de especies y endemismo de esta área se atribuye al hecho que los bosques deciduos y matorrales característicos de la zona mediterránea del norte de Chile convergen con la vegetación valdiviana del sur (Otavo-Echeverría 2017). Donde la extracción de leña es una de las principales causas de degradación forestal en la mayor parte de esta zona (Vergara & Schlegel 2017). Nuestros resultados indican que la Cordillera de Nahuelbuta es una zona de baja idoneidad de hábitat para la güiña, que si proyectamos climáticamente para el año 2080 solo mejoraría en un escenario ambiental más húmedo (RCP 2.6). De forma paralela, la presión antrópica del lugar contrae bruscamente áreas idóneas que podrían limitar la continuidad ambiental entre la Zona Centro y la Zona Sur. Por consiguiente, como se desenvuelva la futura calidad ambiental de este sector dependerá del accionar humano, dado que si se mantiene la degradación actual, el cambio climático podría mejorar la calidad ambiental del lugar, incluso se restablecería la continuidad entre hábitats fragmentados. En caso contrario, la Cordillera de

Nahuelbuta podría potenciar las áreas inadecuadas para la güiña creciendo como una barrera geográfica que aislaría las poblaciones establecidas en la Zona Sur de Chile.

7.3. LIMITACIONES Y SUGERENCIAS HACIA FUTURAS INVESTIGACIONES

Este trabajo utilizó la última proyección liberada por SEDAC (Socioeconomic Data and Applications Center) de la huella humana el pasado 2018, que proyecta la presión antrópica sobre el ambiente para el año 2009 (Venter *et al.* 2018), a la cual se le sumaron las proyecciones del cambio climático para el futuro 2080 bajo los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5. La elevación de terreno se consideró como una variable constante en el tiempo. No consideramos posibles superposiciones de distribución con especies del mismo género como el gato colocolo (*L. colocola*) o el gato de Geoffroyi (*L. geoffroyi*). Este último parece competir con la güiña en Argentina (Lucherini & Luengos 2003), por ello, sugerimos estudios de comportamiento trófico y monitoreo de campo entre estos felinos, para crear un panorama actual y entender cómo se relacionan estas especies y así comprobar si existe competencia por disponibilidad de recursos.

8. CONCLUSIÓN

El cambio climático y sus efectos en la distribución de este felino son inminentes, sumado a la alta degradación, fragmentación y pérdida de hábitat que se presenta por sobre todo en Chile, obligarán a este felino a adaptarse a nuevas situaciones y ambientes, forzándolo a indagar en zonas peri-urbanas y asimilar ambientes introducidos. Siendo así, los extremos límites de su distribución potencial serán climáticamente los más afectados presentando bruscas contracciones. Mientras que el centro de su distribución dependerá en su mayoría del accionar humano. Si bien destacamos la alta fragmentación y

disminución de la calidad ambiental por la presión antrópica, se presentan zonas que para el 2080 podrían recuperarse bajo un adecuado manejo en *pos* de la conservación.

Nuestro trabajo propone 4 “*hotspots*” actuales que son ambientalmente idóneos para la güiña a lo largo y amplio de su distribución potencial, dada su alta idoneidad del hábitat y a pesar de la presión antrópica que se localizan principalmente en Chile: 1. Zona centro; 2. Zona centro-sur; 3. Zona sur; 4. La isla de Chiloé. De estas, destacamos que la isla de Chiloé resulta de suma importancia ya que en todas las proyecciones futuras, esta zona se mantuvo totalmente idónea para *L. guigna* dada la baja presión antrópica y sus condiciones climáticas presentes y futuras. Por lo que conservar la calidad ambiental de este y los otros “*hotspots*” podría ser fundamental para el futuro de este controlador biológico.



9. BIBLIOGRAFÍA

AARTS, G., FIEBERG, J., & MATTHIOPOULOS, J. 2012. Comparative interpretation of count, presence–absence and point methods for species distribution models. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(1), 177-187.

ACOSTA, G. 2001. Efecto de la fragmentación del bosque nativo en la conservación de *Oncifelis guigna* y *Pseudalopex culpaeus* en Chile central.

ACOSTA-JAMETT, G., & SIMONETTI, J. A. 2004. Habitat use by *Oncifelis guigna* and *Pseudalopex culpaeus* in a fragmented forest landscape in central Chile. *Biodiversity & Conservation*, 13(6), 1135-1151.

ACOSTA-JAMETT, G., CONTRERAS, S., MUÑOZ, P., BRICEÑO, C., CHIRGWIN, C., & HERNÁNDEZ, F. 2018. Descripción del parasitismo gastrointestinal mediante análisis coprológico en zorro de Darwin, *Lycalopex fulvipes* (Martin 1837), y güiña, *Leopardus guigna* (Molina 1782), en isla de Chiloé, Chile. *Gayana (Concepción)*, 82(2), 160-165.

ACOSTA-JAMETT, G., SIMONETTI, J. A., BUSTAMANTE, R. O., & DUNSTONE, N. 2003. Metapopulation approach to assess survival of *Oncifelis guigna* in fragmented forests of central Chile: a theoretical model. *Mastozoología Neotropical*, 10(2), 217-229.

ACUÑA OLEA, F. P. 2019. Descripción de endoparásitos gastrointestinales y cardiorrespiratorios en güiñas (*Leopardus guigna*) del centro y sur de Chile.

AKAIKE, H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*, 19(6), 716-723.

AKCAKAYA, H.R., BUTCHART, S.H.M., MACE, G.M., STUART, S.N., HILTON-TAYLOR, C. 2006. Use and misuse of the IUCN Red List Criteria in projecting climate change impacts on biodiversity. *Global Change Biology* 12:2037- 2043.

ALTAMIRANO, A., & LARA, A. 2010. Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 31(1), 53-64.

ANDERSON, D. R., & BURNHAM, K. P. 2002. Avoiding pitfalls when using information-theoretic methods. *The Journal of wildlife management*, 912-918.

ARAÚJO MB, THUILLER W, PEARSON RG. 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography* 33: 1712–1728.

ARAÚJO, M. B., & PETERSON, A. T. 2012. Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology*, 93(7), 1527-1539.

ARAÚJO, M. B., ALAGADOR, D., CABEZA, M., NOGUÉS-BRAVO, D., & THUILLER, W. 2011. Climate change threatens European conservation areas. *Ecology letters*, 14(5), 484-492.

ARAÚJO, M.B., NOGUÉS -BRAVO, D., DINIZ-FILHO, J.A.F., HAYWOOD, A.M., VALDES , P.J. & RAHBK, C. (2008) Quaternary climate changes explain diversity among reptiles and amphibians. *Ecography*, 31, 8–15

ArcGIS [software GIS]. Versión 10.0. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2010.

ARIAS-ALZATE A, GONZÁLEZ-MAYA JF, ARROYO-CABRALES J ET AL. 2020. Environmental drivers and distribution patterns of carnivoran assemblages (Mammalia: Carnivora) in the Americas: past to present. *J Mamm Evol* 27:759–774.

ARIAS-ALZATE A, GONZÁLEZ-MAYA JF, ARROYO-CABRALES J, MARTÍNEZ-MEYER E. 2017. Wild felid range shift due to climatic constraints in the Americas: a bottleneck explanation for extinct felids? *J Mamm Evol* 24:427–438.

ARIAS-LE CLAIRE, H., & GAMBOA-BADILLA, N. 2007. Influencia de la fragmentación del bosque y el manejo forestal en la composición de especies de mamíferos en el Noreste de Costa Rica.

ARRIBAS, P., ABELLÁN, P., VELASCO, J., BILTON, D. T., LOBO, J. M., MILLÁN, A., & SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, D. 2012. La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas*, 21(3), 79-84.

BOURG, N. A., MCSHEA, W. J., & GILL, D. E. 2005. Putting a CART before the search: successful habitat prediction for a rare forest herb. *Ecology*, 86(10), 2793-2804.

BOZINOVIC, F., CALOSI, P., SPICER, J.I. 2011. Physiological correlates of geographic range in animals. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 42, 155–179.

BROENNIMANN, O., TREIER, U. A., MÜLLER-SCHÄRER, H., THUILLER, W., PETERSON, A. T., & GUISAN, A. 2007. Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecology letters*, 10(8), 701-709.

BUCHHORN, M., LESIV, M., TSENDBAZAR, N. E., HEROLD, M., BERTELS, L., & SMETS, B. 2020. Copernicus global land cover layers—collection 2. *Remote Sensing*, 12(6), 1044.

CAPLAT, P., EDELAAR, P., DUDANIEC, R. Y., GREEN, A. J., OKAMURA, B., COTE, J. & PETIT, E. J. 2016. Looking beyond the mountain: dispersal barriers in a changing world. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(5), 261-268.

CARNAVAL, A. C., & MORITZ, C. 2008. Historical climate modelling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography*, 35(7), 1187-1201.

CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente, CL). 2006. Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Informe Final. Santiago, Chile. CONAMA. 63 p.

CONAMA. 2007. Diario oficial de la república de Chile, 10. Chile.
CONGEDO LUCA. 2020. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation.

CRAMER, D. 2003. Advanced quantitative data analysis. McGraw-Hill Education (UK).

CROOKS, K. R. 2002. Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. *Conservation biology* 16(2): 488-502.

CUYCKENS, G. A., MORALES, M. M., & TOGNELLI, M. F. 2015. Assessing the distribution of a Vulnerable felid species: threats from human land use and climate change to the kodkod *Leopardus guigna*. *Oryx*, 49(4), 611-618.

DIRECCION METEOROLOGICA DE CHILE. 2008. Guía Climática Práctica de Chile. Sub Departamento de Climatología y Meteorología Aplicada. pp. 117

DUNSTONE N., DURBIN L., WYLLIE I., FREER R., ACOSTA G., MAZZOLLI M. AND ROSE S. 2002a. Spatial organization, ranging behaviour and habitat utilization of the *Oncifelis guigna* in southern Chile. *Journal of Zoology (London)* 257: 1-11.

DUNSTONE N., FREER R., ACOSTA-JAMETT G., DURBIN L., WYLLIE I., MAZZOLLI M. AND SCOTT D. 2002b. Uso del habitat, actividad y dieta de la güiña (*Oncifelis guigna*) en el Parque Nacional Laguna San Rafael, XI Región, Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 51: 147-158.

ECHEVERRÍA C, D COOMES, M HALL, AC NEWTON. 2008. Spatially explicit models to analyze forest loss and fragmentation between 1976 and 2020 in southern Chile. *Ecological Modelling* 212: 439-449.

ECHEVERRÍA, C., COOMES, D., REY-BENAYAS, J.M., LARA, A. & NEWTON, A. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Biological conservation* 130(4):481-494.

EWERS, R. M., & DIDHAM, R. K. 2006. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological reviews*, 81(1), 117-142.

FAHRIG L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics* (34):487-515

FERIA A, T. P., & PETERSON, A. T. 2002. Prediction of bird community composition based on point-occurrence data and inferential algorithms: a valuable tool in biodiversity assessments. *Diversity and Distributions*, 8(2), 49-56.

FICK, S.E. AND R.J. HIJMANS. 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-4315.

FIGUEROA, R. A., CORALES, E. S., & RAU, J. R. 2018. Prey of the güiña (*Leopardus guigna*) in an Andean mixed southern beech forest, southern Chile. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 53(3), 211-218.

FLESchUTZ, M. M., GÁLVEZ, N., PE'ER, G., DAVIES, Z. G., HENLE, K., & SCHÜTTLER, E. 2016. Response of a small felid of conservation concern to habitat fragmentation. *Biodiversity and Conservation*, 25(8), 1447-1463.

FLORIS, M., BOZZANO, F., STRAPPAVECCIA, C., BAIOCCHI, V., & PRESTININZI, A. 2014. Qualitative and quantitative evaluation of the influence of anthropic pressure on subsidence in a sedimentary basin near Rome. *Environmental Earth Sciences*, 72(11), 4223–4236.

FONTÚRBEL FE, SILVA-RODRÍGUEZ EA, CÁRDENAS NH, JIMÉNEZ JE. 2010. Spatial ecology of monito del monte (*Dromiciops gliroides*) in a fragmented landscape of southern Chile. *Mamm Biol.* 5(1):1–9.

FORMOSO AE, SÁNCHEZ JP. 2014. First description of the breeding nest of *Irenomys tarsalis*, a sigmodontine rodent endemic to southern Andean forests. *Rev Mex Biodiv.* 85 (3):987–989

FOTOGRAFÍA, P. R. D. V., & MORALES, M. F. 2018. Boletín anterior. *Boletín N.*

FRANKLIN, J. 2010. *Mapping species distributions: spatial inference and prediction.* Cambridge University Press.

GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile: clasificación y distribución geográfica.

GÁLVEZ, N., GUILLERA-ARROITA, G., ST. JOHN, F. A., SCHÜTTLER, E., MACDONALD, D. W., & DAVIES, Z. G. 2018. A spatially integrated framework for assessing socioecological drivers of carnivore decline. *Journal of Applied Ecology*, 55(3), 1393-1405.

GÁLVEZ, N., HERNÁNDEZ, F., LAKER, J., GILABERT, H., PETITPAS, R., BONACIC, C., ... & MACDONALD, D. W. 2013. Forest cover outside protected areas plays an important role in the conservation of the Vulnerable güiña *Leopardus guigna*. *Oryx*, 47(2), 251-258.

GARCÍA, R. A., CABEZA, M., RAHBEK, C., & ARAÚJO, M. B. 2014. Multiple dimensions of climate change and their implications for biodiversity. *Science*, 344(6183).

GBIF.org (02 January 2021) GBIF Occurrence Download.

GRAHAM, C. H., & HIJMANS, R. J. 2006. A comparison of methods for mapping species ranges and species richness. *Global Ecology and biogeography*, 15(6), 578-587.

GREER J.K. 1966. Mammals of Malleco Province, Chile. Publication of the Museum, Michigan State University, Biological Series 3: 51-151.

GREER JK. 1965. Mammals of Malleco Province, Chile. *Publ Mus Michigan State Univ. Biol Ser.* 3:49–152

GUISAN, A., & THUILLER, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology letters*, 8(9), 993-1009.

GUISAN, A., TINGLEY, R., BAUMGARTNER, J. B., NAUJOKAITIS-LEWIS, I., SUTCLIFFE, P. R., TULLOCH, A. I. & BUCKLEY, Y. M. 2013. Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology letters*, 16(12), 1424-1435.

HIJMANS, R. J., PHILLIPS, S., LEATHWICK, J., ELITH, J., & HIJMANS, M. R. J. 2017. Package 'dismo'. *Circles*, 9(1), 1-68.

HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G. & JARVIS, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965– 1978.

HOOPER, D. U., ADAIR, E. C., CARDINALE, B. J., BYRNES, J. E., HUNGATE, B. A., MATULICH, K. L., ... & O'CONNOR, M. I. 2012. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486(7401), 105-108.

HUBER A. 1979. Estimación empírica de las características hidrológicas de Chile. *Agro Sur* 7: 57-65.

HUNTLEY, B., COLLINGHAM, Y. C., WILLIS, S. G., & GREEN, R. E. 2008. Potential impacts of climatic change on European breeding birds. *PLoS one*, 3(1), e1439.

HUTCHINSON EG. 1957. Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22:415–427.

IRIARTE, J. A., ACUÑA, J. R. R., VILLALOBOS, R., LAGOS, N., & SADE, S. 2013. Revisión actualizada sobre la biodiversidad y conservación de los felinos silvestres de Chile. *Boletín de biodiversidad de Chile* (8): 5-24

JUAN, E. E., PROVENSAL, M. C., & STEINMANN, A. R. 2018. Space use and social mating system of the hantavirus host, *Oligoryzomys longicaudatus*. *EcoHealth*, 15(1), 96-108.

KASS, J. M., VILELA, B., AIELLO-LAMMENS, M. E., MUSCARELLA, R., MEROW, C., & ANDERSON, R. P. 2018. Wallace: A flexible platform for reproducible modeling of species niches and distributions built for community expansion. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(4), 1151-1156.

KAUFFMAN, J. B., & PYKE, D. A. 2001. Range ecology, global livestock influences.

KELT DA. 1993. *Irenomys tarsalis*. *Mamm Species*. 447:1–3.

LAGOS, N., HERNÁNDEZ, J., VÁSQUEZ, D., SEPÚLVEDA, C., BENNETT, M., VILLALOBOS, R., ... & PALMA, R. E. 2020. Fine scale approach to propose conservation areas for the endangered andean cat (*Leopardus jacobita*) in the chilean dry puna. *Journal of Arid Environments*, 181, 104200.

LARA A, C ECHEVERRÍA, R REYES. 2002. Bosques Nativos. *In* Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile eds. Informe País. Estado del Medioambiente en Chile. Santiago, Chile. p. 127-160.

LARA A, D SOTO, J ARMESTO, P DONOSO, C WERNLI, L NAHUELHUAL, F SQUEO EDS. 2003. Componentes científicos clave para una política nacional sobre usos, servicios y conservación de los bosques nativos chilenos. Libro resultante de la reunión científica sobre bosques nativos realizada en Valdivia, los días 17-18 julio de 2003. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 134 p. (Iniciativa Científica Milenio de Mideplan).

LARA, A., DONOSO, C., & ARAVENA, J. C. 1996. La conservación del bosque nativo en Chile: Problemas y desafíos. *Ecología de los bosques nativos de Chile*, 335, 362.

LARA, A., SOLARI, M. E., PRIETO, M. D. R., & PEÑA, M. P. 2012. Reconstrucción de la cobertura de la vegetación y uso del suelo hacia 1550 y sus cambios a 2007 en la ecorregión de los bosques valdivianos lluviosos de Chile (35°-43° 30 S). *Bosque (Valdivia)*, 33(1), 13-23.

LAWLER, J. J., SHAFER, S. L., WHITE, D., KAREIVA, P., MAURER, E. P., BLAUSTEIN, A. R., & BARTLEIN, P. J. 2009. Projected climate-induced faunal change in the Western Hemisphere. *Ecology*, 90(3), 588-597.

LAZO-CANCINO, D., RIVERA, R., PAULSEN-CORTEZ, K., GONZÁLEZ-BERRÍOS, N., RODRÍGUEZ-GUTIÉRREZ, R., & RODRIGUEZ-SERRANO, E. 2020. The impacts of climate change on the habitat distribution of the vulnerable Patagonian-Fuegian species *Ctenomys magellanicus* (Rodentia, Ctenomyidae). *Journal of Arid Environments*, 173, 104016.

LIU, C., BERRY, P. M., DAWSON, T. P., & PEARSON, R. G. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28(3), 385-393.

LÓPEZ CALVOPIÑA, K. D. 2021. Determinación de la presión antrópica mediante indicadores socioambientales en la cuenca quebrada La Mesa, Piñas–Ecuador.

LÓPEZ JARA, M. J. 2017. Superposición espacial de gatos domésticos en hábitat de güiñas (*Leopardus guigna*) residentes en la Región de los Ríos, Chile.

LUCHERINI, M. & LUENGOS VIDAL, E. 2003. Intraguild competition as a potential factor affecting the conservation of two endangered cats in Argentina. *Endangered Species Update*, 20, 211

LUCHERINI, M., MERINO, M. J., & SOLER, L. 2000. First data on the kodkod in Argentina. *Cat News*, 32, 19-20.

MAHDAVI, T., SHAMS-ESFANDABAD, B., TORANJZAR, H., ABDI, N., & AHMADI, A. 2020. Potential impact of climate change on the distribution of the Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) in Iran (Mammalia: Felidae). *Zoology in the Middle East*, 66(2), 107-117.

MANN GF. 1958. Monito del monte *Dromiciops australis* Philippi. *Invest Zool Chilenas*. 2:159–166.

MARGULES, C. R., & PRESSEY, R. L. 2000. Systematic conservation planning. *Nature*, 405(6783), 243-253.

MARINO, J., BENNETT, M., COSSIOS, D., IRIARTE, A., LUCHERINI, M., PLISCOFF, P., ... & WALKER, S. 2011. Bioclimatic constraints to Andean cat distribution: a modelling application for rare species. *Diversity and Distributions*, 17(2), 311-322.

MARSHALL LG. 1978. *Dromiciops australis*. *Mamm Species*. 99:1–5.

MARTÍNEZ ORTEGA, R. M., TUYA PENDÁS, L. C., MARTÍNEZ ORTEGA, M., PÉREZ ABREU, A., & CÁNOVAS, A. M. 2009. El coeficiente de correlación de

los rangos de Spearman caracterización. Revista Habanera de Ciencias Médicas, 8(2), 0-0.

MAZZOLLI, M. 2000. A comparison of habitat use by the mountain lion (*Puma concolor*) and kodkod (*Oncifelis guigna*) in the southern neotropics with implications for the assessment of their vulnerability status (Doctoral dissertation, Durham University).

MCMAHON, S.M., HARRISON, S.P., ARMBRUSTER, W.S., BARTLEIN, P.J., BEALE, C.M., EDWARDS, M.E., KATTGE, J., MIDGLEY, G., MORIN, X., PRENTICE, I.C. 2011. Improving assessment and modelling of climate change impacts on global terrestrial biodiversity. Trends Ecol. Evol. 26, 249–259.

MEEHL, G. A., WASHINGTON, W. M., ARBLASTER, J. M., HU, A., TENG, H., KAY, J. E., ... & STRAND, W. G. 2013. Climate change projections in CESM1 (CAM5) compared to CCSM4. Journal of Climate, 26(17), 6287-6308.

MILLER S.D., ROTTMANN J., RAEDEKE K.J. AND TABER R.D. 1983. Endangered mammals of Chile: status and conservation. Biological Conservation 25: 335-352.

MILLER, S.D., ROTTMANN, J., RAEDEKE, K.J. & TABER, R.D. 1983. Endangered mammals of Chile: status and conservation. Biological Conservation, 25, 335-352.

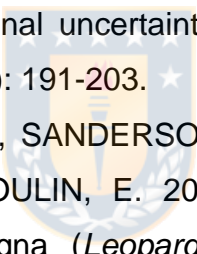
MORA, M., NAPOLITANO, C., ORTEGA, R., POULIN, E., & PIZARRO-LUCERO, J. 2015. Feline immunodeficiency virus and feline leukemia virus infection in free-ranging guignas (*Leopardus guigna*) and sympatric domestic cats in human perturbed landscapes on Chiloé Island, Chile. Journal of Wildlife Diseases, 51(1), 199-208.

MOREIRA-ARCE, D., VERGARA, P. M., BOUTIN, S., SIMONETTI, J. A., BRICEÑO, C., & ACOSTA-JAMETT, G. 2015. Native forest replacement by

exotic plantations triggers changes in prey selection of mesocarnivores. *Biological Conservation*, 192, 258-267.

MURÚA RE, GONZÁLEZ LA. 1986. Regulation of numbers in two Neotropical rodent species in southern Chile. *Revista chilena de historia natural* 59(2):193–200.

MUSCARELLA, R., GALANTE, P. J., GUARDIA, R. A. B., KASS, J. M., URIARTE, M., ANDERSON, R. P., & MUSCARELLA, M. R. 2017. Package 'ENMeval'. Automated Runs and Evaluations of Ecological Niche Models. Version 0.2, 2.

NAIMI, B., HAMM, N.A.S., GROEN, T.A., SKIDMORE, A.K., AND TOXOPEUS, A.G. 2014. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling?, *Ecography* 37 (2): 191-203. 

NAPOLITANO, C., DÍAZ, D., SANDERSON, J., JOHNSON, W. E., RITLAND, K., RITLAND, C. E., & POULIN, E. 2015. Reduced genetic diversity and increased dispersal in Guigna (*Leopardus guigna*) in Chilean fragmented landscapes. *Journal of Heredity*, 106(S1), 522-536.

NAPOLITANO, C., JOHNSON, W. E., SANDERSON, J., O'BRIEN, S. J., HOELZEL, A. R., FREER, R., ... & POULIN, E. 2014. Phylogeography and population history of *Leopardus guigna*, the smallest American felid. *Conservation genetics*, 15(3), 631-653.

NAPOLITANO, C., LARRAGUIBEL-GONZÁLEZ, C., CEPEDA-MERCADO, A. A., VIAL, P., & SANDERSON, J. 2020. New records of *Leopardus guigna* in its northern-most distribution in Chile: implications for conservation. *Revista chilena de historia natural*, 93(1), 1-5.

NEWBOLD, T. 2010. Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. *Progress in physical geography*, 34(1), 3-22.

NOVOA, J. E., & LÓPEZ, D. A. V. I. D. 2001. IV Región: el escenario geográfico físico. Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo, 13-28.

NOWELL K, JACKSON P. 1996. Wild cats. Status survey and conservation action plan. Switzerland: IUCN/SSC Cat Specialist Group, Gland.

OLSON, D.M., DINERSTEIN, E., WIKRAMANAYAKE, E.D., BURGESS, N.D., P OWELL, G.V., UNDERWOOD, E.C. ET AL. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. *BioScience*, 51, 933–938.

OTAVO, S., & ECHEVERRÍA, C. 2017. Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88(4), 924-935.

PARMESAN, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 37:637-669.

PEARSON, R.G., DAWSON, T.P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Glob. Ecol. Biogeogr.* 12, 361–371.

PEREIRA, J. A. 2009. Efectos del manejo ganadero y disturbios asociados sobre la ecología trófica y espacial y la demografía del gato montés (*Leopardus geoffroyi*) en el Desierto del Monte, Argentina. *Mastozoología Neotropical* 16(2): 515-517.

PETERSON, A. T. 2006. Ecologic niche modeling and spatial patterns of disease transmission. *Emerging infectious diseases*, 12(12), 1822.

PETERSON, A. T. 2007. Ecological niche modelling and understanding the geography of disease transmission. *Vet Ital*, 43(3), 393-400.

PETERSON, A. T., A. STEWART, K. I. MOHAMED, AND M. B. ARAÚJO. 2008. Shifting global invasive potential of European plants with climate change. *PLoS ONE* 3: e2441.

PIMM, S. L., & RAVEN, P. 2000. Extinction by numbers. *Nature*, 403(6772), 843-845.

PINEDA GUERRERO, A. A. 2010. Uso de hábitat por carnívoros en un sistema de ganadería extensiva silvopastoril (Córdoba, Colombia).

PLISCOFF, P., SIMONETTI, J. A., GREZ, A. A., VERGARA, P. M., & BARAHONA-SEGOVIA, R. M. 2020. Defining corridors for movement of multiple species in a forest-plantation landscape. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01108.

PRESLEY, S. J., CISNEROS, L. M., KLINGBEIL, B. T., & WILLIG, M. R. 2019. Landscape ecology of mammals. *Journal of Mammalogy* 100(3): 1044-1068.

PROMIS, Á. 2020. Plantaciones nativas o exóticas: Reflexiones sobre los impactos ambientales en Chile. *Ecología Austral*, 30(2), 191-198.

PRUGH, L. R., HODGES, K. E., SINCLAIR, A. R., & BRASHARES, J. S. 2008. Effect of habitat area and isolation on fragmented animal populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(52), 20770-20775.

QGIS Development Team (2021). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

QUEEN, J. P., QUINN, G. P., & KEOUGH, M. J. 2002. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge university press.

QUESNELLE, P. E., FAHRIG, L., & LINDSAY, K. E. 2013. Effects of habitat loss, habitat configuration and matrix composition on declining wetland species. *Biological Conservation*, 160, 200-208.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RAXWORTHY, C. J., MARTINEZ-MEYER, E., HORNING, N., NUSSBAUM, R. A., SCHNEIDER, G. E., ORTEGA-HUERTA, M. A., & PETERSON, A. T. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature*, 426(6968), 837-841.

ROOT, T. L., PRICE, J. T., HALL, K. R., SCHNEIDER, S. H., ROSENZWEIG, C., & POUNDS, J. A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421(6918), 57-60.

ROSENBLÜTH, B., CASASSA, G. AND FUENZALIDA, H. 1995. 'Recent climate changes in Western Patagonia', *Bull. Glacier Res.*, 13, 127–132

ROSENBLÜTH, B., FUENZALIDA, H. A., & ACEITUNO, P. 1997. Recent temperature variations in southern South America. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 17(1), 67-85.

RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

SAAVEDRA, N. I. R. 2012. Evaluación de las relaciones entre el crecimiento de *Nothofagus pumilio* y la variabilidad de precipitaciones en zonas de transición a la estepa de la región de Aysén.

SACRISTÁN, I., ESPERÓN, F., PÉREZ, R., ACUÑA, F., AGUILAR, E., GARCÍA, S., ... & NAPOLITANO, C. 2020. Epidemiology and molecular

characterization of Carnivore protoparvovirus-1 infection in the wild felid *Leopardus guigna* in Chile. *Transboundary and Emerging Diseases*.

SALA, O.E., CHAPIN, F.S., ARMESTO J.J., BERLOW, E., BLOOMFIELD, J., DIRZO, R., ET AL. 2000. Biodiversity - global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287:1770-1774.

SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, C., ROMERO-ALMARAZ, M., COLÍN-MARTÍNEZ, H., & GARCÍA-ESTRADA, C. 2001. Mamíferos de cuatro áreas con diferente grado de alteración en el sureste de México. *Acta zoológica mexicana*, (84), 35-48.

SANDERSON, J., SUNQUIST, M. E., & IRIARTE, A. W. 2002. Natural history and landscape-use of guignas (*Oncifelis guigna*) on Isla Grande de Chiloé, Chile. *Journal of Mammalogy*, 83(2), 608-613.

SCHÜTTLER, E., KLENKE, R., GALUPPO, S., CASTRO, R. A., BONACIC, C., LAKER, J., & HENLE, K. 2017. Habitat use and sensitivity to fragmentation in America's smallest wildcat. *Mammalian Biology*, 86, 1-8.

SCHWALM, C. R., GLENDON, S., & DUFFY, P. B. 2020. RCP8. 5 tracks cumulative CO2 emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(33), 19656-19657.

SEPÚLVEDA-SÁNCHEZ, F., & SKEWES, O. 2015. Mesomamíferos en la Reserva Nacional Nonguén: antecedentes de una reserva reciente y cercana a una gran ciudad, Concepción, Chile. *Boletín N.*

SIEG, M., SACRISTÁN, I., BUSCH, J., TERIO, K. A., CABELLO, J., HIDALGO-HERMOSO, E., ... & NAPOLITANO, C. 2020. Identification of novel feline paramyxoviruses in Guignas (*Leopardus guigna*) from Chile. *Viruses*, 12(12), 1397.

SILVA-RODRÍGUEZ, E. A., GÁLVEZ, N., SWAN, G. J., CUSACK, J. J., & MOREIRA-ARCE, D. 2021. Urban wildlife in times of COVID-19: What can we

infer from novel carnivore records in urban areas?. *Science of The Total Environment*, 765, 142713.

SIMONETTI, J.A. 1999. Diversity and conservation of terrestrial vertebrates in Mediterranean Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72, 493-500.

SMITH-RAMÍREZ, C. 2004. The Chilean coastal range: a vanishing center of biodiversity and endemism in South American temperate rainforests. *Biodiversity & Conservation*, 13(2), 373-393.

SMITH-RAMÍREZ, C., ARMESTO, J. J., & VALDOVINOS, C. 2005. Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Editorial Universitaria.

SOBERÓN, J., & NAKAMURA, M. 2009. Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(Supplement 2), 19644-19650.

SQUEO, F. A., ARANCIO, G., & GUTIÉRREZ, J. R. 2001. Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo.

THOMAS, C.D., CAMERON, A., GREEN, R.E., BAKKENES, M., BEAUMONT, L.J., COLLINGHAM, Y.C., ET AL. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427:145-148.

THOMAS, C.D., HILL, J.K., ANDERSON, B.J., BAILEY, S., BEALE, C.M., BRADBURY, R.B., ET AL. 2011. A framework for assessing threats and benefits to species responding to climate change. *Methods in Ecology and Evolution* 2:125-142.

THUILLER, W., LAVERGNE, S., ROQUET, C., BOULANGEAT, I., LAFOURCADE, B., & ARAUJO, M. B. 2011. Consequences of climate change on the tree of life in Europe. *Nature*, 470(7335), 531-534.

THUILLER, W., LAVOREL, S., ARAÚJO, M.B. 2005. Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 14, 347–357.

TRONCOSO, A., VILLAGRÁN, C., & MUÑOZ, M. 1980. Una nueva hipótesis acerca del origen y edad del bosque de Fray Jorge (Coquimbo, Chile).

URIBE BOTERO, E. 2015. El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina.

VAN VUUREN, D. P., STEHFEST, E., DEN ELZEN, M. G., KRAM, T., VAN VLIET, J., DEETMAN, S., ... & VAN RUIJVEN, B. 2011. RCP2. 6: exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2 C. *Climatic change*, 109(1), 95-116.

VEGA, R., C. FLØJGAARD, A. LIRA-NORIEGA, Y. NAKAZAWA, J.-C. SVENNING, AND J. B. SEARLE. 2010. Northern glacial refugia for the pygmy shrew *Sorex minutus* in Europe revealed by phylogeographic analyses and species distribution modelling. *Ecography* 33:260–271.

VENTER, O., E. W. SANDERSON, A. MAGRACH, J. R. ALLAN, J. BEHER, K. R. JONES, H. P. POSSINGHAM, W. F. LAURANCE, P. WOOD, B. M. FEKETE, M. A. LEVY, AND J. E. WATSON. 2018. Last of the Wild Project, Version 3 (LWP-3): 2009 Human Footprint, 2018 Release. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). Accessed 03 Marzo 2021.

VENTER, O., SANDERSON, E. W., MAGRACH, A., ALLAN, J. R., BEHER, J., JONES, K. R., ... & WATSON, J. E. 2016. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature communications*, 7(1), 1-11.

VERGARA ASENJO, G. E., & SCHLEGEL HELDT, B. C. 2017. Degradación forestal: enfoques conceptuales y sus implicancias para Chile.

VIDAL MA, MORENO PI, POULIN E. 2012. Genetic diversity and insular colonization of *Liolaemus pictus* (Squamata, Liolaeminae) in north-western Patagonia. *Aust Ecol* 37:67–77

VILLEMANT, C., BARBET-MASSIN, M., PERRARD, A., MULLER, F., GARGOMINY, O., JIGUET, F., & ROME, Q. 2011. Predicting the invasion risk by the alien bee-hawking Yellow-legged hornet *Vespa Velutina nigrithorax* across Europe and other continents with niche models. *Biological Conservation*, 144(9), 2142-2150.

WALTARI, E., HIJMANS, R. J., PETERSON, A. T., NYÁRI, A. S., PERKINS, S. L., & GURALNICK, R. P. 2007. Locating Pleistocene refugia: comparing phylogeographic and ecological niche model predictions. *PLoS one*, 2(7), e563.

WATANABE, M., SUZUKI, T., O'ISHI, R., KOMURO, Y., WATANABE, S., EMORI, S., ... & KIMOTO, M. 2010. Improved climate simulation by MIROC5: Mean states, variability, and climate sensitivity. *Journal of Climate*, 23(23), 6312-6335.

WIENS, J. A., STRALBERG, D., JONGSOMJIT, D., HOWELL, C. A., & SNYDER, M. A. 2009. Niches, models, and climate change: assessing the assumptions and uncertainties. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(Supplement 2), 19729-19736.

WILLIAMS, P. H., L. HANNAH, S. ANDELMAN, G. F. MIDGLEY, M. B. ARAÚJO, G. HUGHES, L. L. MANNE, E. MARTINEZ-MEYER, AND R. G. PEARSON. 2005. Planning for climate change: identifying minimum-dispersal corridors for the Cape Proteaceae. *Conservation Biology* 19: 1063– 1074.

WILSON, K. A., M. I. WESTPHAL, H. P. POSSINGHAM, AND J. ELITH. 2005 a. Sensitivity of conservation planning to different approaches to using predicted species distribution data. *Biological Conservation* 122: 99– 112.

WOLODARSKY-FRANKE, A., & DÍAZ, S. 2011. *Cordillera de Nahuelbuta. Reserva Mundial de Biodiversidad. Valdivia, Chile: WWF.*

World Wildlife Fund et al. 2001. *A Biodiversity Vision for the Valdivian Temperate Rainforest Ecoregion. Washington, D.C.*

WWF (2006) WildFinder. <http://www.worldwildlife.org/science/wildfinder/> [accessed 03 Marzo 2021].

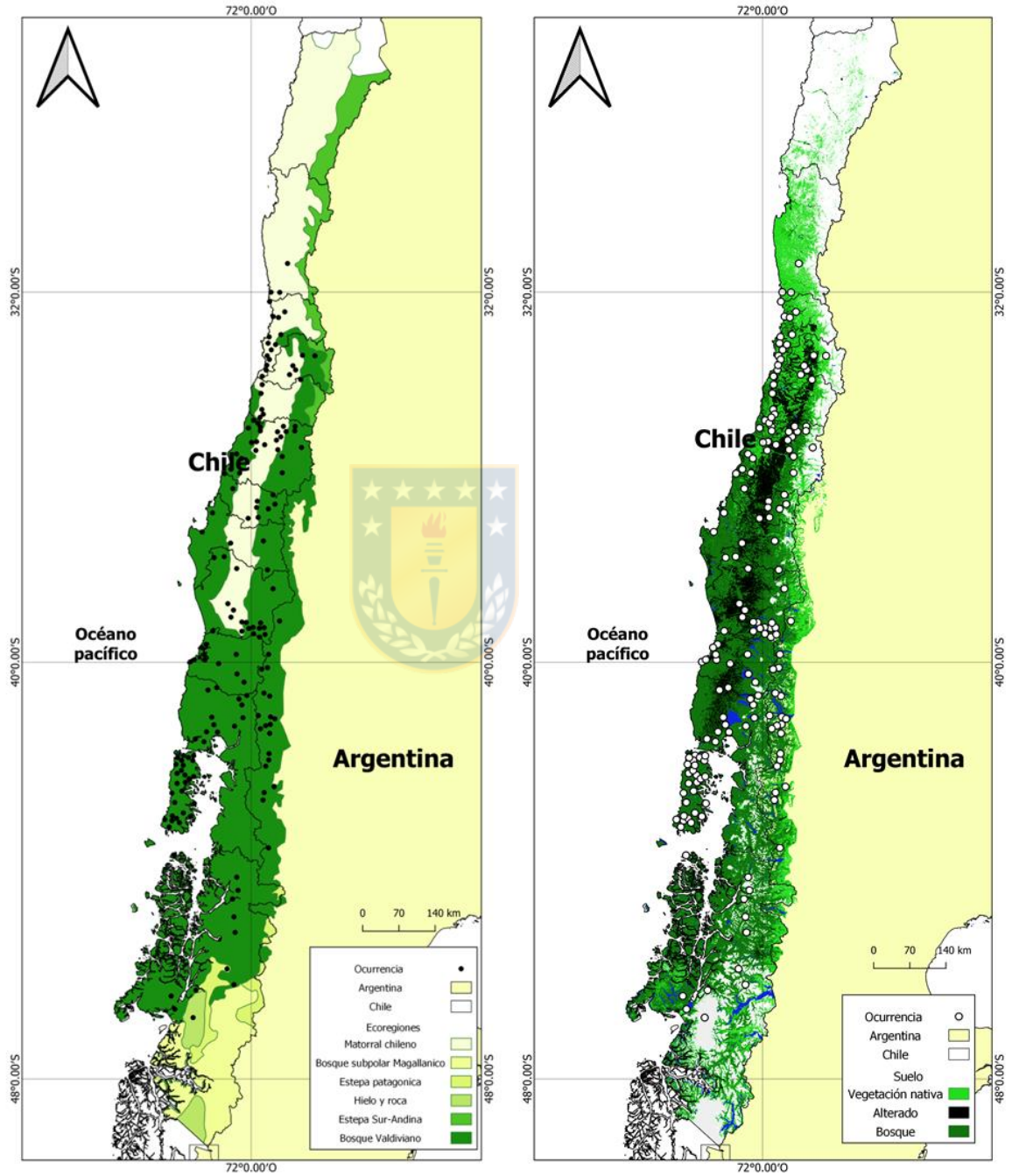
ZANIN M, GONZALEZ-BORRAJO N, CHÁVEZ C ET AL. 2020 The differential genetic signatures related to climatic landscapes for jaguars and pumas on a continental scale. *Integr Zool.*

ZANIN, M., PALOMARES, F., & ALBERNAZ, A. L. M. 2021. Effects of climate change on the distribution of felids: mapping biogeographic patterns and establishing conservation priorities. *Biodiversity and Conservation*, 30(5), 1375-1394.

ZITSKE, B. P., BETTS, M. G., & DIAMOND, A. W. 2011. Negative effects of habitat loss on survival of migrant warblers in a forest mosaic. *Conservation Biology*, 25(5), 993-1001.

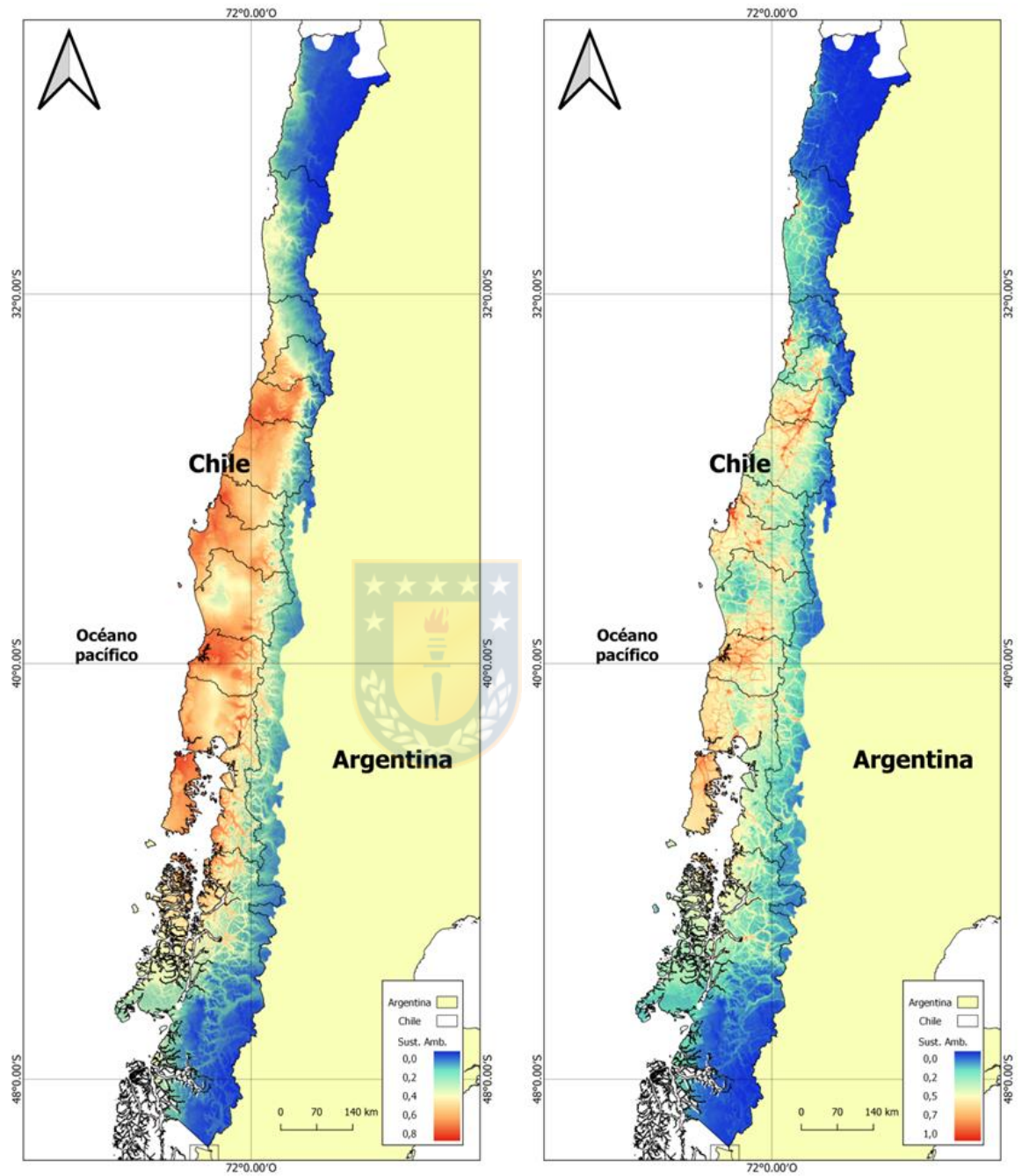
ZÚÑIGA, A., MUÑOZ-PEDREROS, A., & FIERRO, A. 2009. Uso de hábitat de cuatro carnívoros terrestres en el sur de Chile. *Gayana (Concepción)*, 73(2), 200-210.

PRESENTE



A.

B.



C.

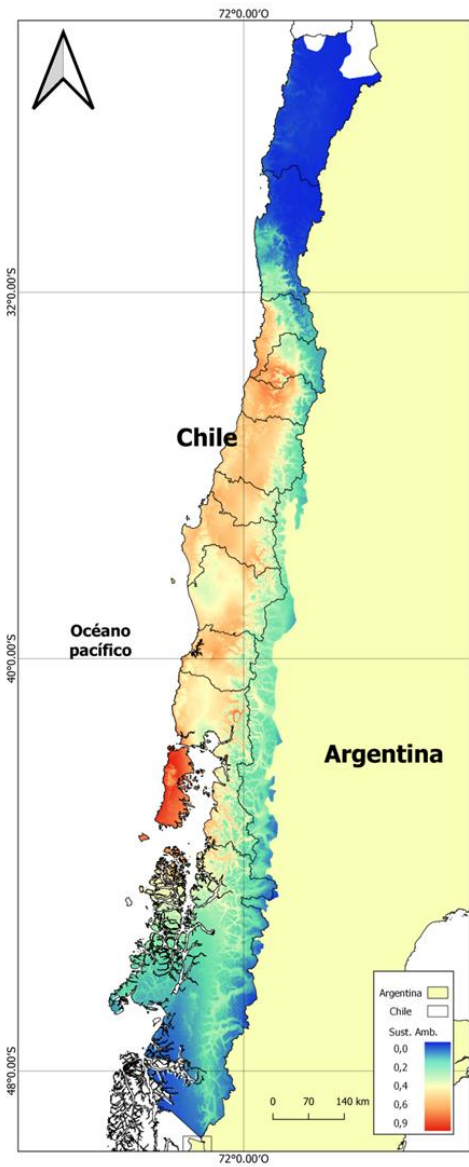
D.

Figura 1. Registros de presencia e idoneidad del hábitat actual (expresada como probabilidad de presencia) para la güiña. a) Mapa de registros de ocurrencia y eco-regiones terrestres de Chile y Argentina. b) Mapa de registros

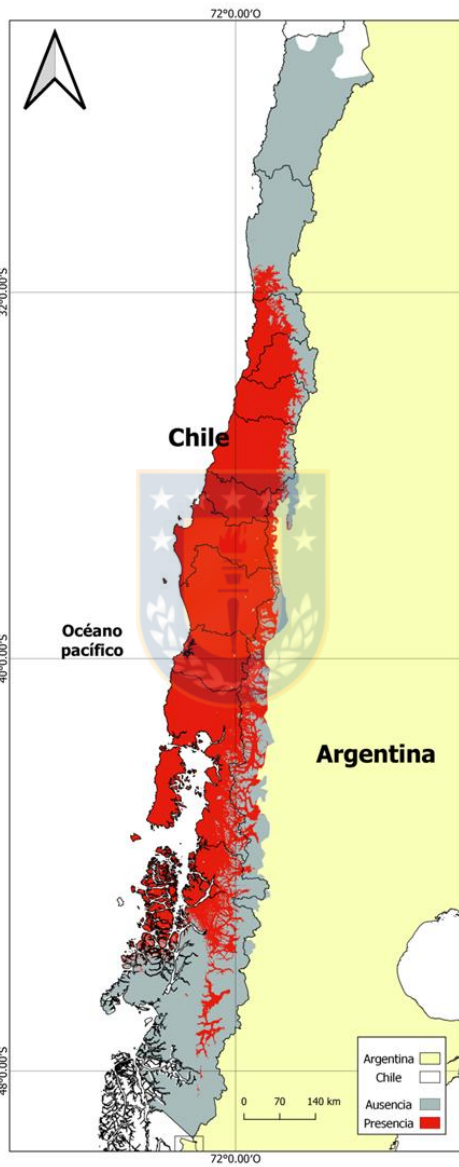
de ocurrencia y uso de suelo. c) Mapa de la idoneidad del hábitat de *L. guigna* en base a las variables climáticas del presente. d) Mapa de la idoneidad del hábitat según las variables climáticas más los efectos antropogénicos (huella humana) y elevación del presente.



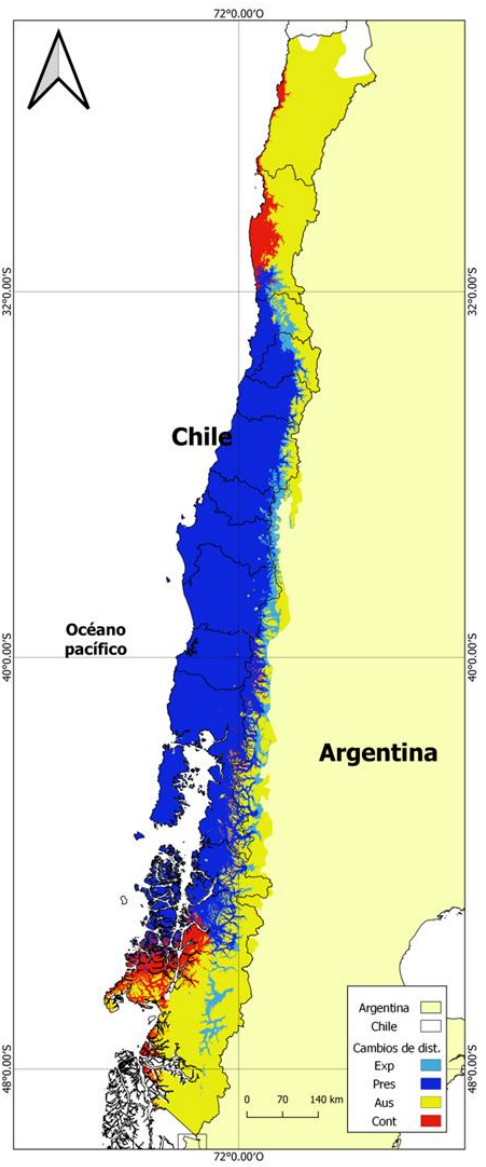
FUTURO CLIMATICO
RCP 2.6 – CESM1_CAM5



1A.

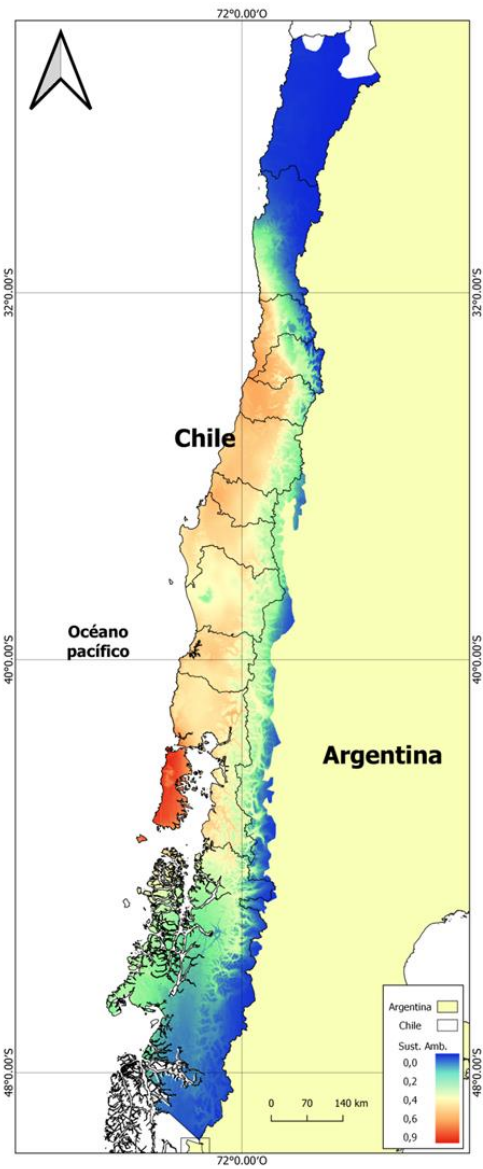


1B.

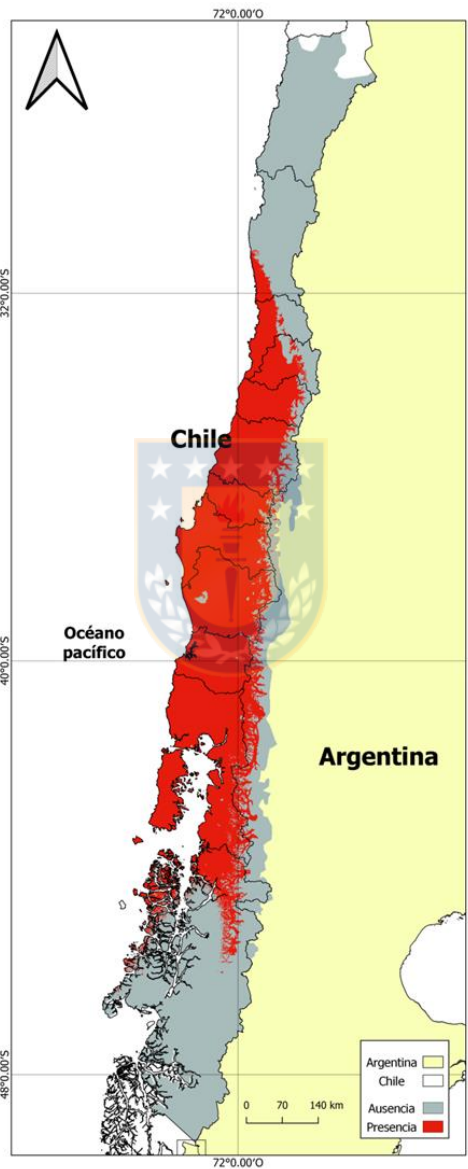


1C.

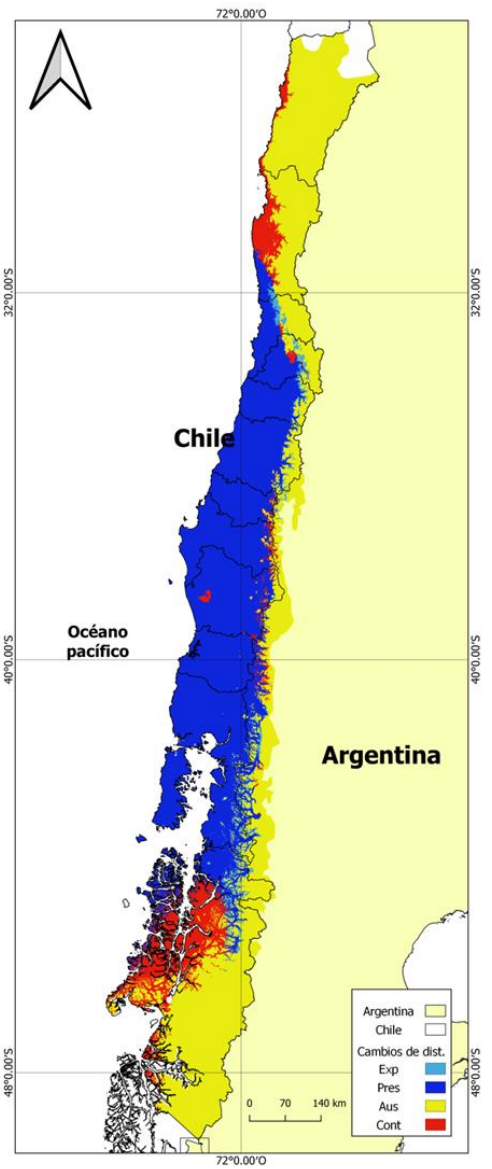
RCP 2.6 – MIROC_MIROC5



2A.

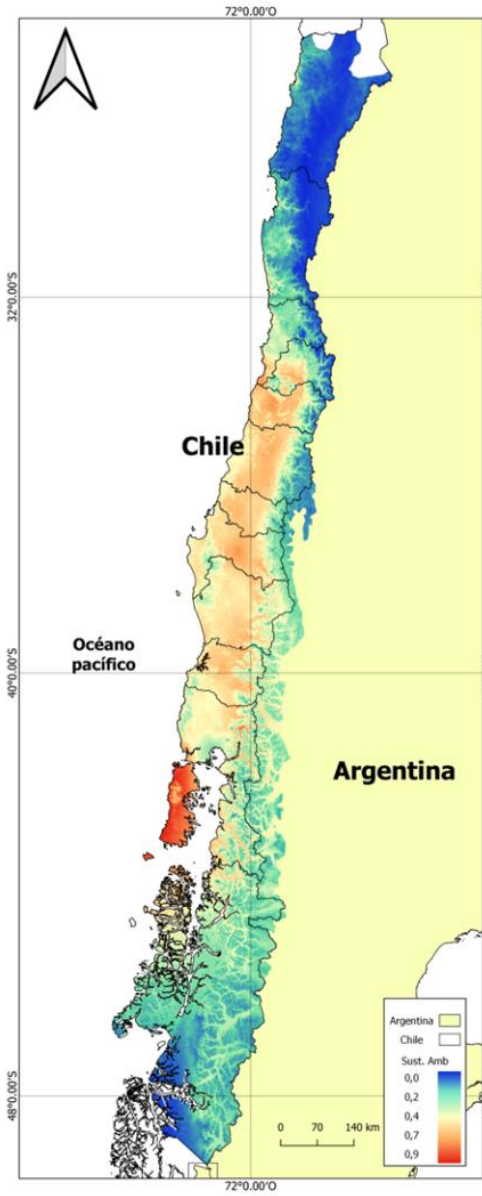


2B.

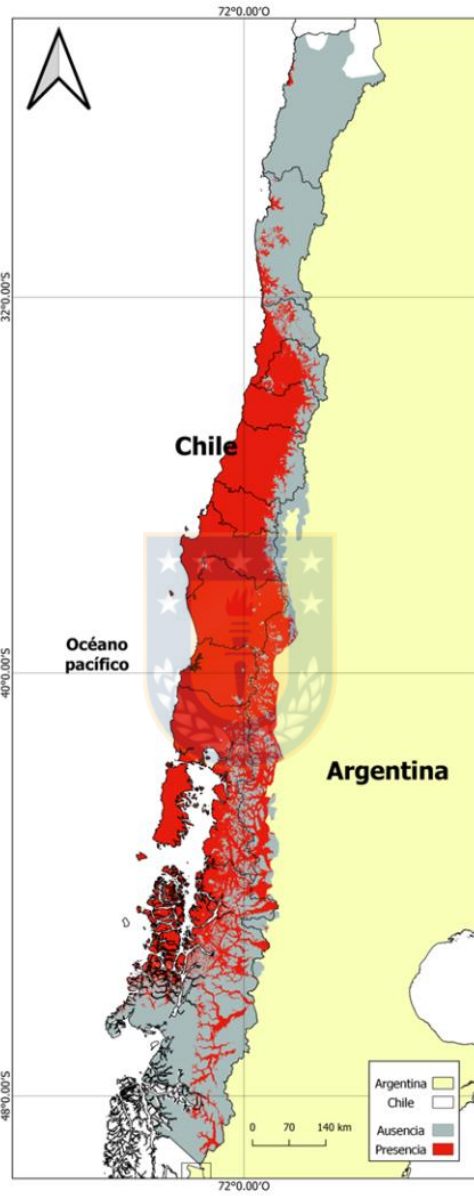


2C.

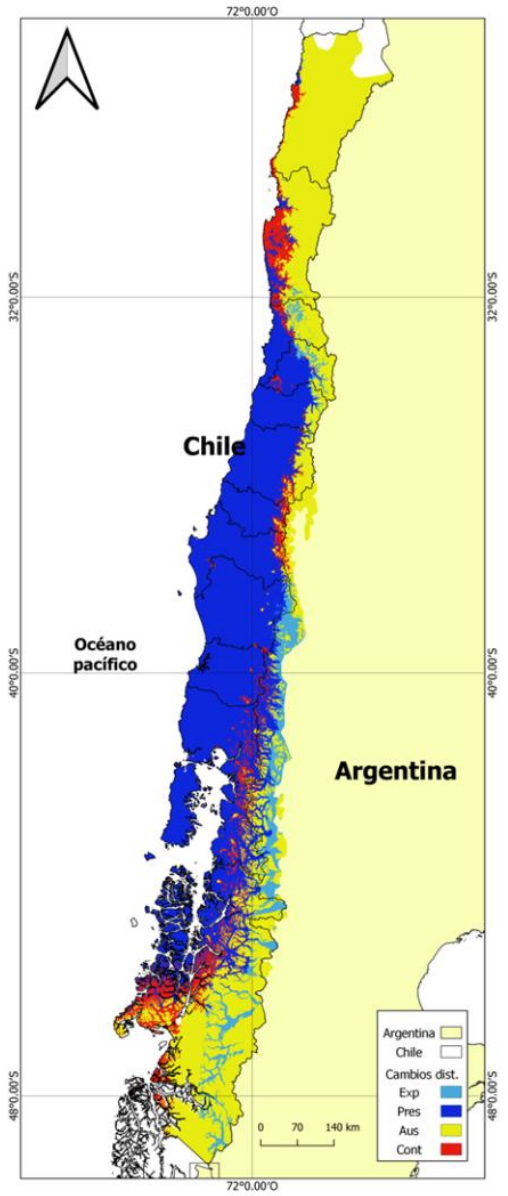
RCP 8.5 – CESM1_CAM5



3A.

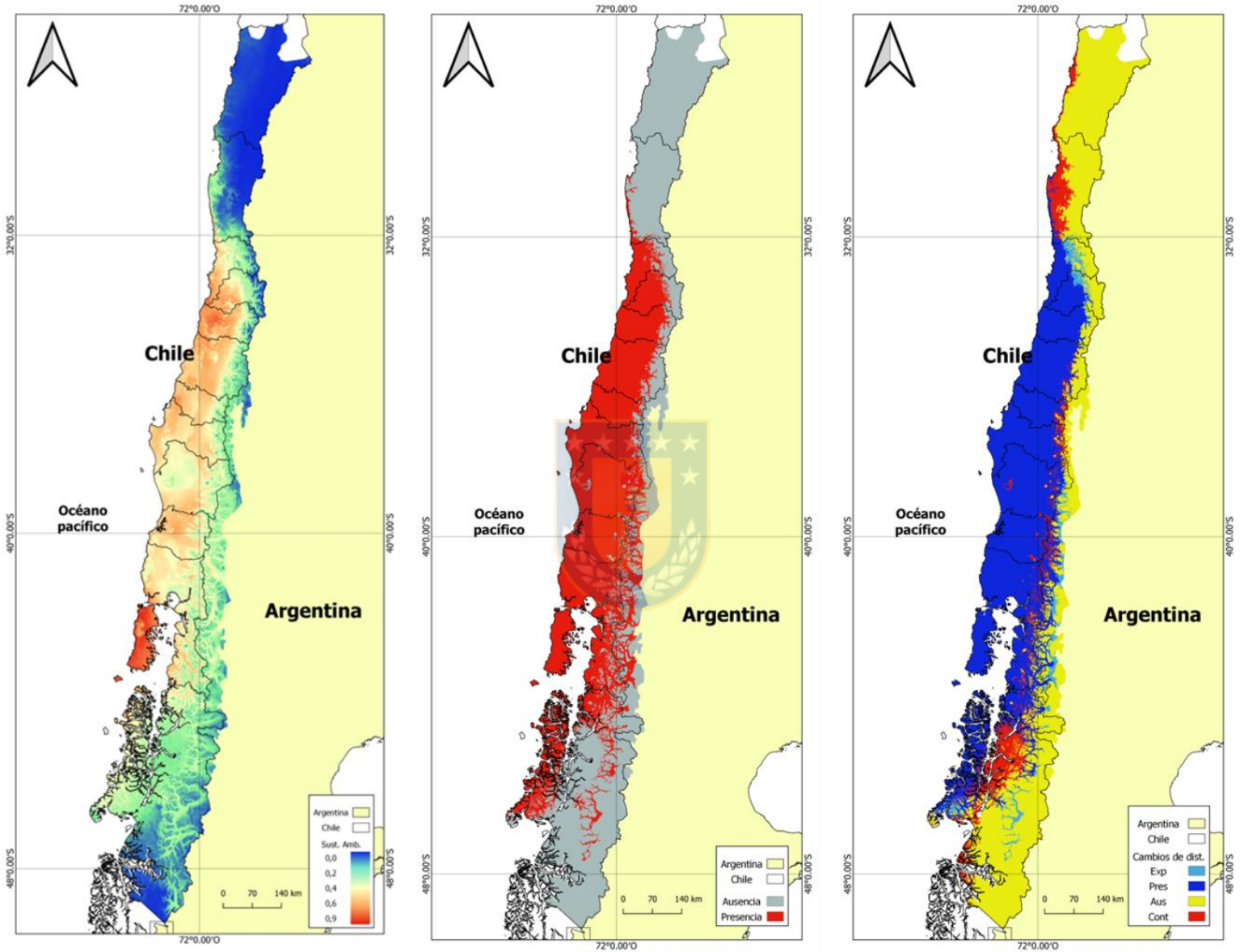


3B.



3C.

RCP 8.5 – MIROC_MIROC5



4A.

4B.

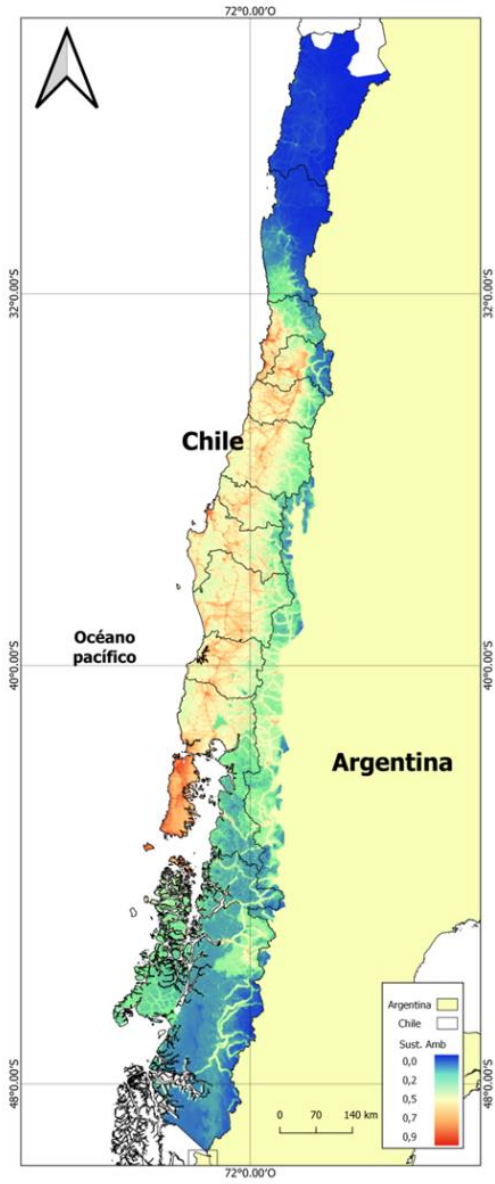
4C.

Figura 2. Mapas de idoneidad de hábitat y cambios de la distribución de *L. guigna* bajo las condiciones climáticas en los escenarios RCP2.6 (1 = CESM1_CAM5; 2 = MIROC_MIROC5): mejor escenario; y RCP8.5 (3 =

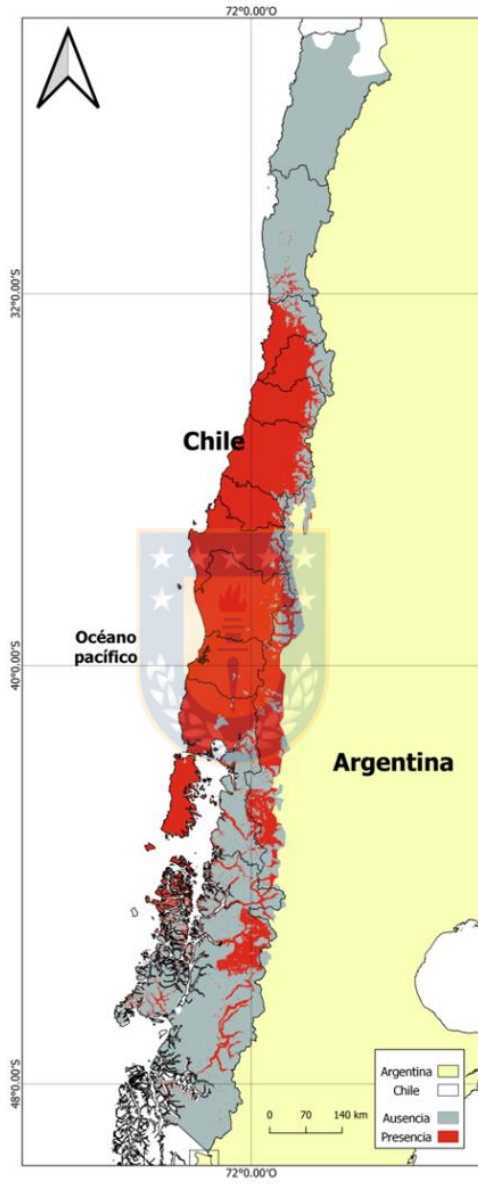
CESM1_CAM5; 2 = MIROC_MIROC5): peor escenario; hacia el año 2080.
a) Idoneidad de hábitat b) Predicción binaria c) Cambios de la distribución de *L. guigna*.



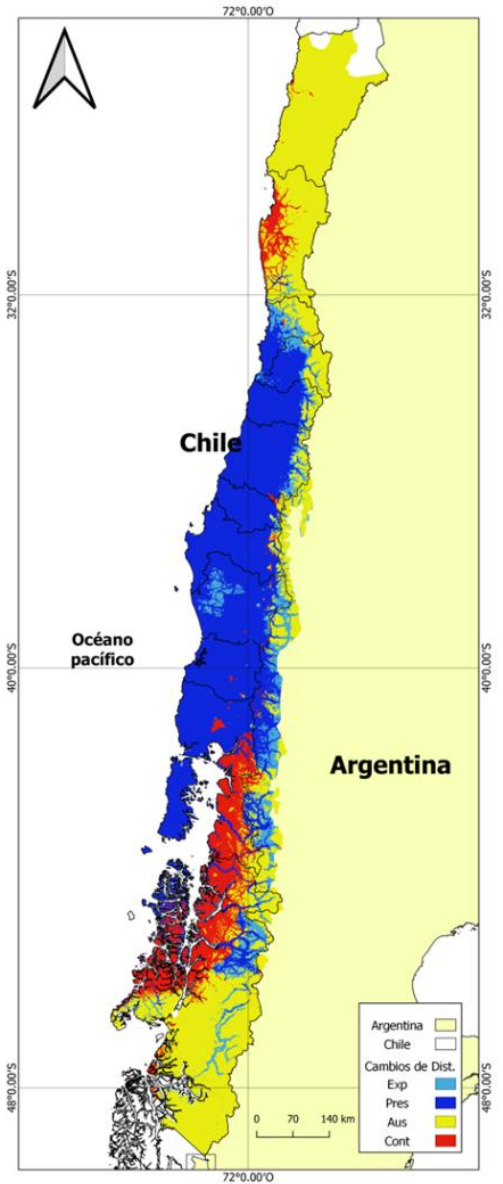
FUTURO TOTAL
RCP 2.6 – CESM1_CAM5



1A.

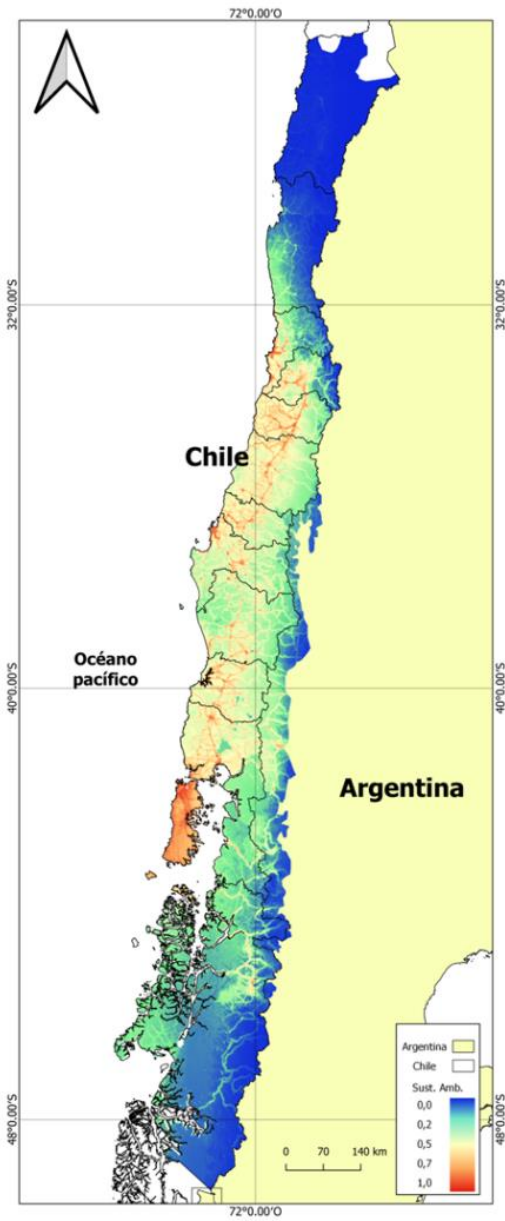


1B.

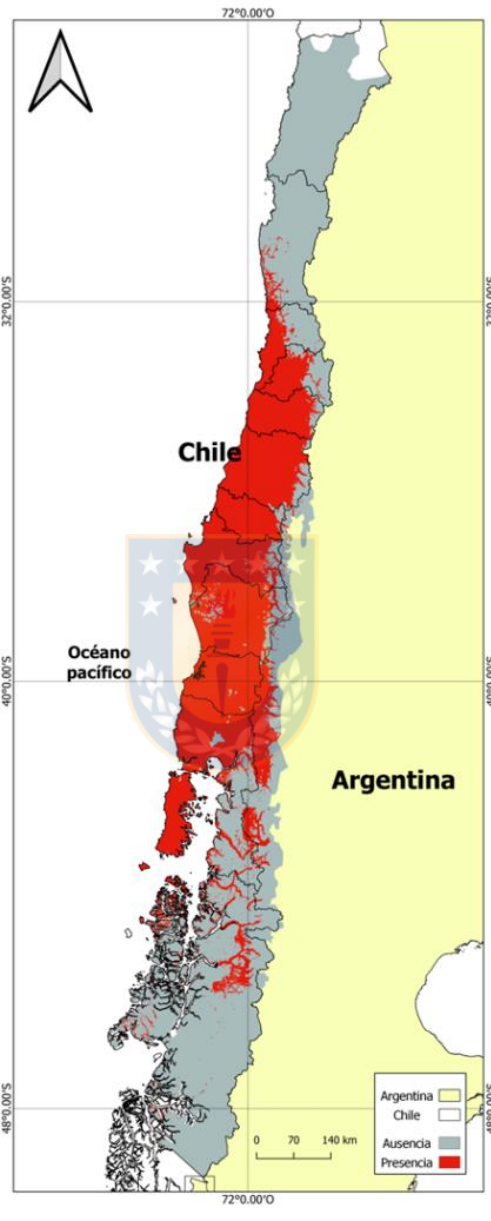


1C.

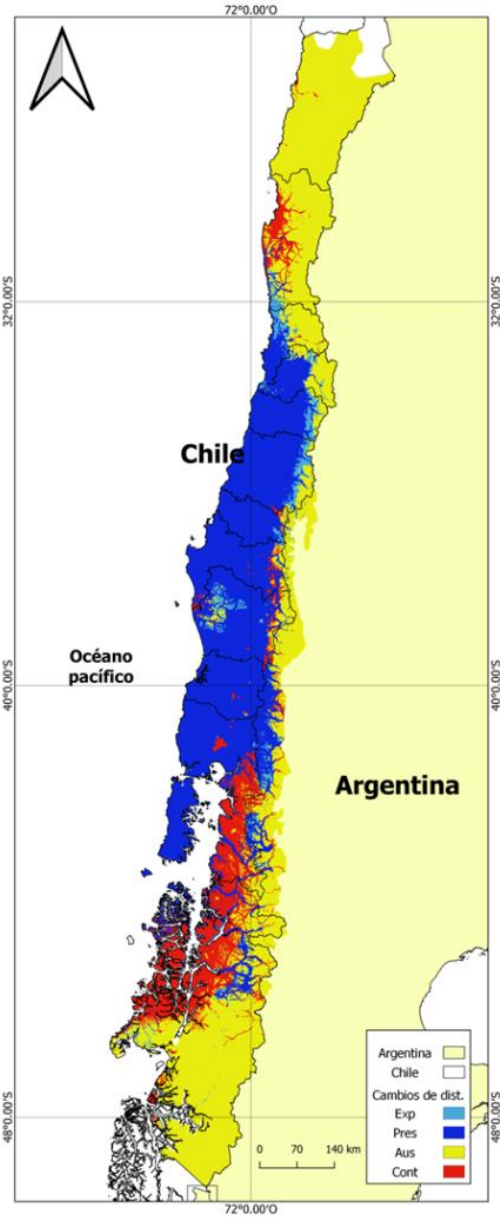
RCP 2.6 – MIROC_MIROC5



2A.

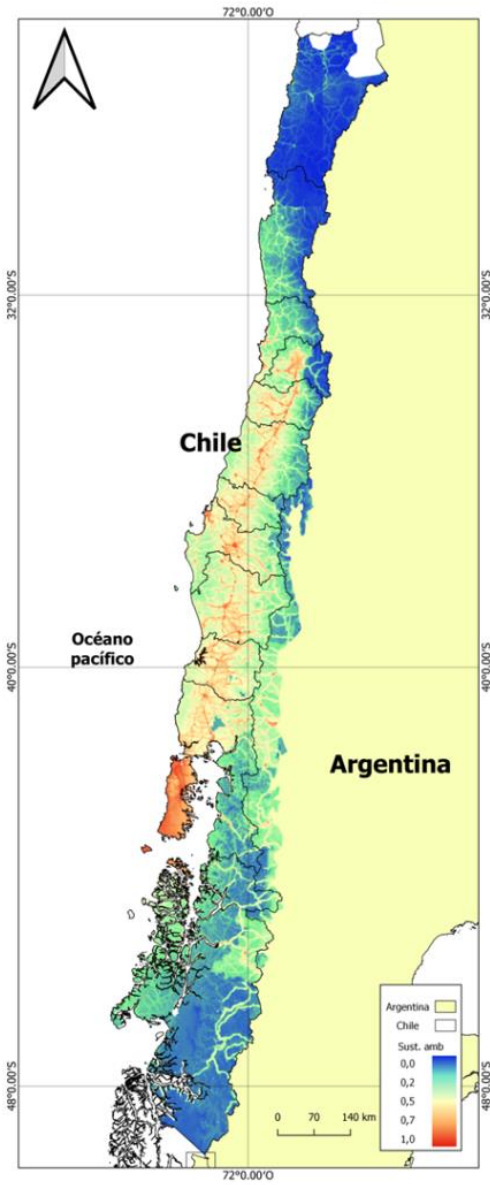


2B.

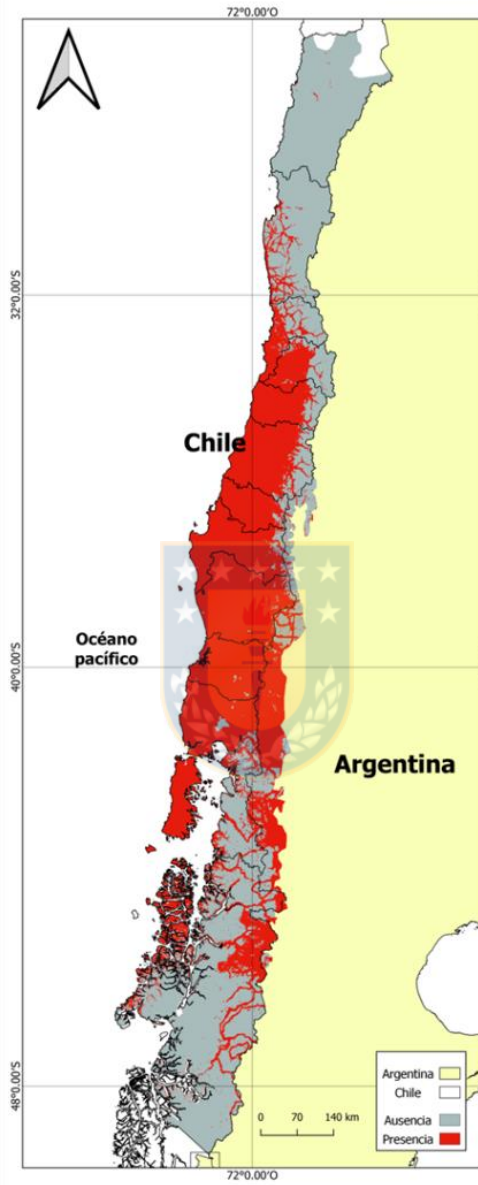


2C.

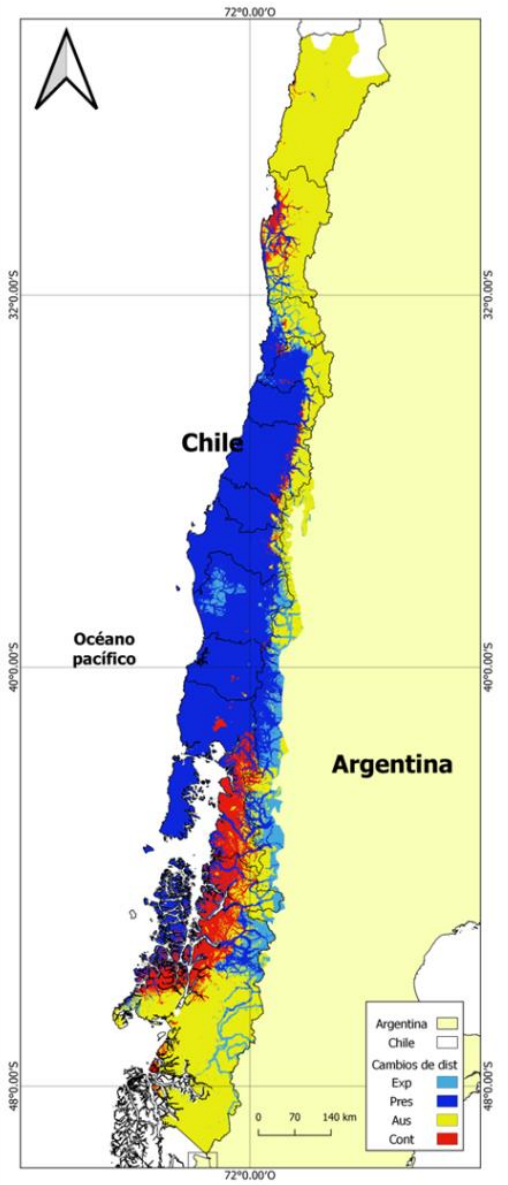
RCP 8.5 – CESM1_CAM5



3A.

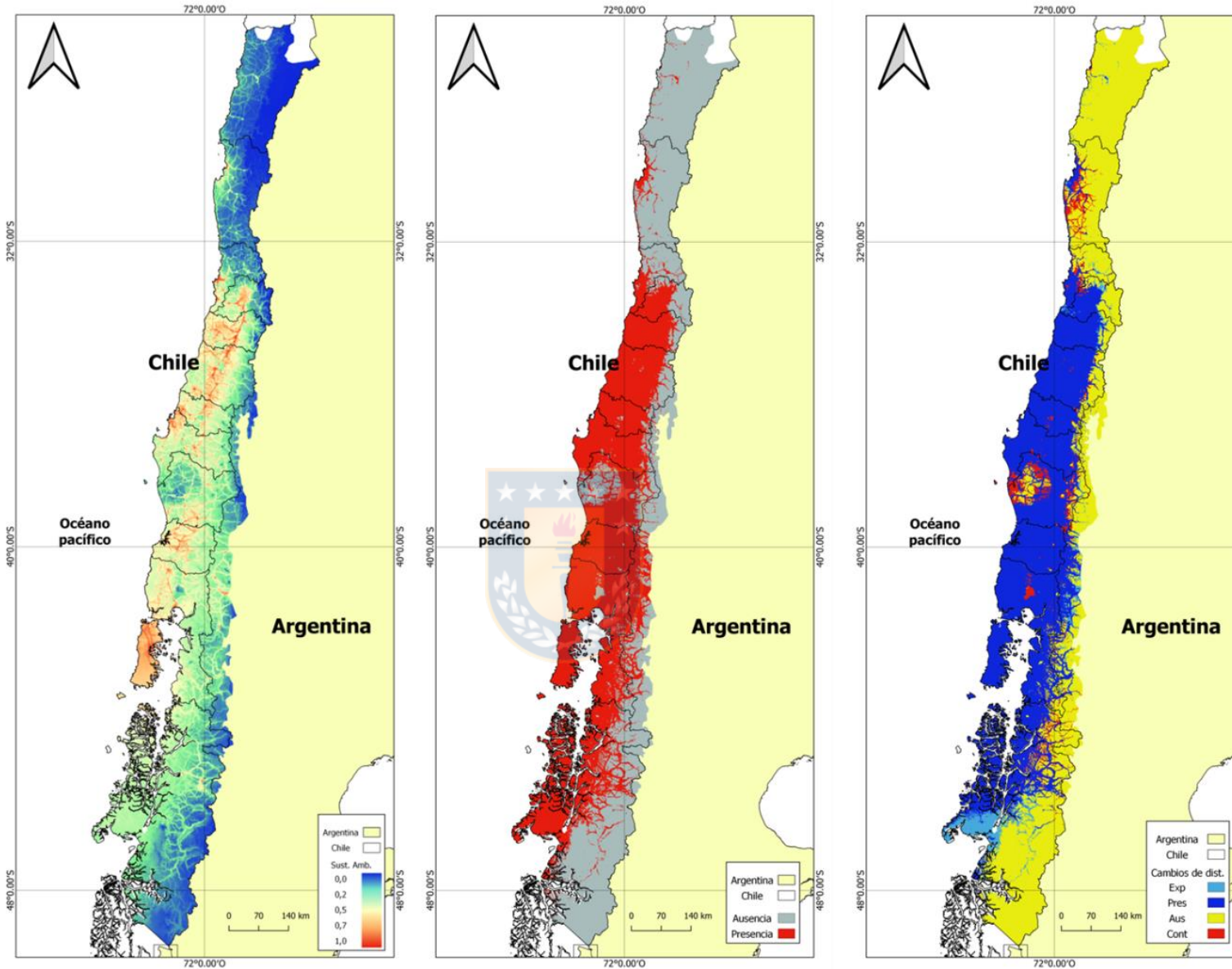


3B.



3C.

RCP 8.5 – MIROC_MIROC5



4A.

4B.

4C.

Figura 3. Mapas de idoneidad de hábitat y cambios de la distribución de *L. guigna* bajo las condiciones climáticas, elevación y huella humana, en los escenarios RCP2.6 (1 = CESM1_CAM5; 2 = MIROC_MIROC5): mejor escenario; y RCP8.5 (3 = CESM1_CAM5; 2 = MIROC_MIROC5): peor

escenario; hacia el año 2080. a) Idoneidad de hábitat b) Predicción binaria c) Cambios de la distribución de *L. guigna*.



Tabla 1. Valor AUC y porcentaje de contribución para las variables climáticas seleccionadas mediante VIF, elevación y huella humana para el presente y futuro (RCP2.6 y RCP8.5).

	Presente		RCP2.6		RCP8.5	
	Climático	Total	CESM1_CAM5	MIROC_MIROC5	CESM1_CAM5	MIROC_MIROC5
AUC (test)	0,759	0,792	0,779	0,787	0,771	0,782
Variables						
BIO2	5,6801	5,331	8,639	13,7133	19,1577	9,0224
BIO3	0,1052	0,4853	0,0245	0,9393	20,8153	0,2861
BIO4	0,677	0,8989	0,3408	0,0594	0,1521	0,3778
BIO8	0,2256	3,1173	27,3736	1,8922	0,1683	15,1454
BIO9	29,9159	11,918	0,0722	4,8418	30,6437	18,2637
BIO13	60,2264	47,5743	51,0521	61,9985	18,0764	47,9062
BIO15	3,1697	2,9942	12,4978	16,5555	10,9864	8,9984
ELEV	x	3,1831	x	x	x	x
HUELLA H	x	24,4979	x	x	x	x

*BIO2: Rango diario medio; BIO3: Isotermalidad; BIO4: Temperatura estacional; BIO8: Temperatura media del cuarto más húmedo; BIO9: Temperatura media del cuarto más seco; BIO13: Precipitación del mes más húmedo; BIO15: Precipitación estacional; ELEV: Elevación; HUELLA H: Huella humana. RCP2.6= Futuro con bajas concentraciones de gases de efecto invernadero (Futuro beneficioso); RCP8.5= Futuro con altas concentraciones de gases de efecto invernadero (Futuro adverso).

Tabla 2. Descripción del cambio climático en los distintos escenarios utilizados en el estudio. Para las variables de temperatura se utilizan grados Celsius y para las de precipitaciones en mm (Valor medio \pm desviación estándar).

Modelo	Escenario	BIO2	BIO3	BIO4	BIO8	BIO9	BIO13	BIO15
Presente	Climático	10,2 \pm 2,3	50,9 \pm 6,9	366,5 \pm 71,3	5,11 \pm 4,3	12,4 \pm 5,1	171,9 \pm 103,9	366,5 \pm 71,3
Cesm1_cam5	RCP 2.6	109,6 \pm 26,9	52,6 \pm 7,1	3326,9 \pm 742,0	69,6 \pm 42,5	146,8 \pm 45,6	174,4 \pm 100,9	72,6 \pm 28,9
	RCP 8.5	114,2 \pm 28,7	53,6 \pm 7,4	3428,6 \pm 928,3	90,5 \pm 42,9	166,2 \pm 46,9	148,6 \pm 101,6	74,8 \pm 26,5
Miroc_miroc5	RCP 2.6	109,7 \pm 26,5	52,3 \pm 6,1	3614,2 \pm 763,3	60,1 \pm 41,7	137,9 \pm 49,9	197,2 \pm 105,0	82,1 \pm 43,1
	RCP 8.5	114,8 \pm 26,9	52,3 \pm 6,3	3741,4 \pm 884,1	71,7 \pm 45,8	156,7 \pm 46,8	149,1 \pm 91,9	88,4 \pm 29,9

*BIO2: Rango diurno medio; BIO3: Isotermalidad; BIO4: Temperatura estacional; BIO8: Temperatura media del cuarto más húmedo; BIO9: Temperatura media del cuarto más seco; BIO13: Precipitación del mes más húmedo; BIO15: Precipitación estacional.



	Presente										
	CLIMATICO					TOTAL					
	AREA DE ESTUDIO	PRESENCIA	AUSENCIA	PRESENCIA	AUSENCIA	PRESENCIA	AUSENCIA	NATIVO	BOSQUE	ALTERADO	OTRO
Argentina (km2)	68560	17140	51420	20568	47992	50048.8	26052.8	685.6	17825.6		
% del area	10	25	75	30	70	73	38	1	26		
Chile (km2)	612362	352489	259873	330675.48	281686.52	355169.96	226573.94	67359.82	189832.22		
% del area	90	58	42	54	46	58	37	11	31		
Area total (km2)	680922	369597	311325	347270.22	333651.78	401743.98	251941.14	68092.2	211085.82		
% del area	100	54	46	51	49	59	37	10	31		



Tabla 3. Diferenciación de área del presente climático vs presente total en base al umbral percentil 10 y área de los diferentes usos de suelo resumidos en 4 categorías: 1) Nativo: Vegetación silvestre, pastizales, herbáceas, zonas arbustivas, matorrales y diferentes tipos de bosque. 2) Bosque: bosque siempre verde, caduco, hoja ancha, cerrado o abierto. 3) Alterado: zonas de cultivo, mosaico y urbanizaciones. 4) Otros: rocas, hielo, cursos de agua y dunas.

*Uso de suelo total = NATIVO + ALTERADO + OTRO. BOSQUE es una categoría de NATIVO.

Tabla 4. Cambios de la distribución geográfica de *Leopardus guigna* en el futuro climático y futuro total. Contracción, expansión y áreas sin cambios previstas (Ausencia y presencia) en % de Área total.

FUTURO	ESCENARIO	MODELO	EXPANSIÓN (-2)	PRESENCIA (-1)	AUSENCIA (0)	CONTRACCIÓN (1)
CLIMATICO	RCP2.6	cesm1_cam5	6,7	47,8	39,3	6,2
		miroc_miroc5	2	45	44	9
	RCP8.5	cesm1_cam5	6,7	46,2	39,3	7,8
		miroc_miroc5	3	46	43	8
TOTAL	RCP2.6	cesm1_cam5	7,7	40,7	41	10,5
		miroc_miroc5	3	40	45	12
	RCP8.5	cesm1_cam5	7,8	42,6	40,9	8,7
		miroc_miroc5	4	47	45	4

*Expansión (-2): Ausencia presente, presencia futura; Presencia (-1): Presencia constante; Ausencia (0): Ausencia constante; Contracción (1): Presencia presente, ausencia futura.



Datos de la investigación Tabla 1. - Registros de ocurrencia. Latitud y longitud del registro de ocurrencia utilizado en este estudio (y sus respectivas referencias).

Longitud	Latitud	Referencia
-74.30143062	-43.14632077	Acosta-Jamett et al. 2018
-74.11031034	-43.16853942	Acosta-Jamett et al. 2018
-73.98777945	-43.12528192	Acosta-Jamett et al. 2018
-73.76596832	-42.2712594	Acuña et al. 2019
-72.86570344	-40.02499802	Acuña et al. 2019
-72.12912309	-39.17657505	Acuña et al. 2019
-71.77943343	-39.29759176	Acuña et al. 2019
-71.16933657	-36.00568052	Acuña et al. 2019
-71.85383548	-35.32869838	Acuña et al. 2019
-71.63806952	-35.39544168	Acuña et al. 2019
-71.75711281	-35.00025055	Acuña et al. 2019
-70.82708711	-34.99415586	Acuña et al. 2019
-71.70503138	-33.88972043	Acuña et al. 2019
-70.81220671	-33.74754966	Acuña et al. 2019
-71.57110767	-33.43145941	Acuña et al. 2019
-71.40853872	-32.55150302	Acuña et al. 2019
-72.11343831	-40.67759633	Fotografía & Morales 2018
-71.36326557	-36.68073487	Observación de campo
-74.0457516	-43.84108091	Cuckyens et al. 2015
-74.03381573	-46.73593407	Cuckyens et al. 2015
-73.4683601	-46.38807116	Cuckyens et al. 2015
-72.45649213	-46.28533401	Cuckyens et al. 2015
-72.4267313	-45.31016555	Cuckyens et al. 2015
-72.45649213	-45.01639018	Cuckyens et al. 2015
-71.53390664	-43.69717744	Cuckyens et al. 2015
-71.68271075	-42.76480753	Cuckyens et al. 2015
-71.38510253	-42.50206704	Cuckyens et al. 2015
-73.4847525	-41.55199014	Cuckyens et al. 2015
-72.21840555	-41.12693339	Cuckyens et al. 2015
-71.48231435	-41.10960211	Cuckyens et al. 2015
-71.50414582	-41.44002708	Cuckyens et al. 2015
-73.97429409	-42.43620852	Cuckyens et al. 2015
-73.97429408	-42.23821763	Cuckyens et al. 2015
-74.18448022	-43.29087124	Cuckyens et al. 2015



-73.23027351	-39.95089108	Cuckyens et al. 2015
-73.2005127	-39.63074283	Cuckyens et al. 2015
-73.02194776	-39.3551453	Cuckyens et al. 2015
-72.39697048	-39.8367235	Cuckyens et al. 2015
-72.18864473	-40.40565783	Cuckyens et al. 2015
-71.56366747	-40.11040619	Cuckyens et al. 2015
-71.53390665	-39.83672358	Cuckyens et al. 2015
-71.65294993	-39.28607538	Cuckyens et al. 2015
-71.56366747	-38.0780586	Cuckyens et al. 2015
-71.41486336	-38.47522967	Cuckyens et al. 2015
-72.54577461	-37.51365597	Cuckyens et al. 2015
-72.30768802	-36.01169896	Cuckyens et al. 2015
-72.48625296	-36.3480057	Cuckyens et al. 2015
-71.41486336	-36.4797309	Cuckyens et al. 2015
-70.65596239	-35.45606969	Cuckyens et al. 2015
-70.29883252	-33.43145977	Cuckyens et al. 2015
-71.2065376	-32.95828116	Cuckyens et al. 2015
-71.51902624	-33.00820963	Cuckyens et al. 2015
-71.10237472	-32.44489035	Cuckyens et al. 2015
-71.23629842	-32.00430186	Cuckyens et al. 2015
-71.02797266	-31.34578946	Cuckyens et al. 2015
-71.50414582	-40.68833776	Cuckyens et al. 2015
-72.44161172	-41.29484893	Cuckyens et al. 2015
-71.77422249	-39.48020939	Fleschutz et al. 2016
-71.7474503	-39.1863041	Fleschutz et al. 2016
-71.714354	-34.621683	Gbif
-72.538199	-35.925985	Gbif
-71.207556	-35.222819	Gbif
-72.37619	-40.237684	Gbif
-71.324037	-35.295957	Gbif
-71.48766	-41.26081	Gbif
-71.61294	-41.28661	Gbif
-71.65805	-40.62861	Gbif
-71.71619	-40.14131	Gbif
-71.24047	-39.1479	Gbif
-71.60954	-42.09565	Gbif
-71.65129	-42.61652	Gbif
-71.80874	-41.08162	Gbif
-71.75248	-41.3474	Gbif
-71.67176	-37.46667	Gbif



-73.05	-41.1167	Gbif
-72.98578971	-37.82035907	Gbif
-72.71667	-37.8	Gbif
-73.15	-40.56667	Gbif
-72.38333	-38.05	Gbif
-72.6191372	-38.78702648	Gbif
-71.540802	-36.782606	Gbif
-71.529584	-41.973001	Gbif
-73.62105869	-39.98986959	López Jara 2017
-73.51410574	-39.94585565	López Jara 2017
-73.8021812	-41.88292116	Mora et al. 2015
-73.85054254	-41.98116829	Mora et al. 2015
-73.54549409	-46.8908789	Napolitano et al. 2014
-73.91006418	-43.20799578	Napolitano et al. 2014
-73.85798274	-42.17996523	Napolitano et al. 2014
-71.52175818	-41.84551997	Napolitano et al. 2014
-71.36853254	-41.14810023	Napolitano et al. 2014
-72.89447611	-41.41453087	Napolitano et al. 2014
-71.9458499	-39.27991149	Napolitano et al. 2014
-73.30368743	-37.27532122	Napolitano et al. 2014
-72.0797736	-36.98466186	Napolitano et al. 2014
-71.83424681	-36.61827746	Napolitano et al. 2014
-72.70730844	-36.02331164	Napolitano et al. 2014
-71.29552944	-35.11249582	Napolitano et al. 2014
-70.63047194	-33.42180264	Napolitano et al. 2014
-71.2687912	-32.57307386	Napolitano et al. 2014
-73.96130988	-41.92428522	Napolitano et al. 2015
-74.00416604	-42.05806672	Napolitano et al. 2015
-73.67631634	-41.9226909	Napolitano et al. 2015
-73.55417626	-41.98324743	Napolitano et al. 2015
-73.75238605	-42.41502409	Napolitano et al. 2015
-74.11207362	-42.6278402	Napolitano et al. 2015
-73.5134629	-42.83049234	Napolitano et al. 2015
-73.80702767	-43.01721403	Napolitano et al. 2015
-71.50711028	-32.2136017	Napolitano et al. 2020
-71.46944423	-31.9993232	Napolitano et al. 2020
-71.54692508	-33.1507325	Sacristan et al. 2020
-71.46172379	-33.29958459	Sacristan et al. 2020
-71.51315119	-33.51423756	Sacristan et al. 2020
-71.59886353	-33.74974218	Sacristan et al. 2020

-71.73600328	-34.26841222	Sacristan et al. 2020
-71.67600463	-34.72756651	Sacristan et al. 2020
-71.93314166	-34.86130243	Sacristan et al. 2020
-71.75314574	-35.09306447	Sacristan et al. 2020
-71.06744703	-35.10708968	Sacristan et al. 2020
-70.83602373	-35.09306466	Sacristan et al. 2020
-71.87314302	-35.5197424	Sacristan et al. 2020
-72.38741705	-35.59644451	Sacristan et al. 2020
-72.25884854	-35.69395924	Sacristan et al. 2020
-71.17030184	-35.65218193	Sacristan et al. 2020
-71.81314437	-36.96446409	Sacristan et al. 2020
-72.46884377	-38.92112564	Sacristan et al. 2020
-72.53741364	-39.06768134	Sacristan et al. 2020
-72.24599168	-39.35988141	Sacristan et al. 2020
-71.93742726	-39.41287802	Sacristan et al. 2020
-71.62886285	-39.42612091	Sacristan et al. 2020
-72.91454792	-40.51648624	Sacristan et al. 2020
-72.24599169	-40.86742721	Sacristan et al. 2020
-72.99168903	-41.26807771	Sacristan et al. 2020
-73.18882741	-41.4096569	Sacristan et al. 2020
-73.25739729	-41.60863225	Sacristan et al. 2020
-72.38313142	-44.26238501	Sacristan et al. 2020
-72.34884649	-44.51351654	Sacristan et al. 2020
-72.49455746	-44.6783074	Sacristan et al. 2020
-72.64026844	-45.99172127	Sacristan et al. 2020
-74.13166315	-46.49557963	Sacristan et al. 2020
-74.03737958	-42.81163184	Sacristan et al. 2020
-74.10166384	-43.075155	Sacristan et al. 2020
-73.84452681	-42.58801265	Sacristan et al. 2020
-73.80917048	-42.07715541	Sacristan et al. 2020
-73.65366772	-42.34528232	Sacristan et al. 2020
-73.53090432	-42.30127453	Sieg et al. 2020
-73.6201868	-43.08598438	Sieg et al. 2020
-73.53276438	-41.88859005	Sieg et al. 2020
-72.3214059	-40.7479011	Sieg et al. 2020
-73.32214187	-39.69637416	Sieg et al. 2020
-72.24700384	-39.16828353	Sieg et al. 2020
-72.0609987	-39.30083038	Sieg et al. 2020
-71.85267295	-36.75331557	Sieg et al. 2020
-71.28721733	-35.50340324	Sieg et al. 2020



-71.98659666	-35.34576866	Sieg et al. 2020
-72.07587912	-35.02957571	Sieg et al. 2020
-71.82291213	-34.919838	Sieg et al. 2020
-71.76339049	-34.79773487	Sieg et al. 2020
-71.13841322	-34.99301295	Sieg et al. 2020
-71.70386884	-34.07364968	Sieg et al. 2020
-71.58316642	-33.64179962	Sieg et al. 2020
-71.34673897	-33.18156935	Sieg et al. 2020
-70.88544623	-33.653541	Sieg et al. 2020
-70.97472869	-33.85149674	Sieg et al. 2020
-70.67712047	-33.96264588	Sieg et al. 2020
-73.24882605	-39.8399251	Silva-Rodríguez et al. 2021
-73.02892034	-36.86697122	Silva-Rodríguez et al. 2021



Datos de la investigación Tabla 2: 80 modelos probados y sus características. En negrita, el modelo seleccionado mejor ajustado utilizado en este estudio. Las abreviaturas de características siguen a Phillips et al. (2006): L = lineal, Q = cuadrática, P = producto, T = umbral y H = bisagra.

Escenario	N° modelo	setings	features	rm	train.AUC	avg.test.AUC	var.test.AUC	avg.diff.f.AUC	var.diff.AUC
PRESENTE CLIMATICO	1	L_1	L	1	0.7541	0.7454 57186	6.8756 41107	0.0892 45354	3.2789 28936
	2	LQ_1	LQ	1	0.7635	0.7492 23054	6.3424 40665	0.0862 01852	3.0934 86279
	3	H_1	H	1	0.804	0.7715 85928	6.1526 75827	0.0955 63657	3.3403 18591
	4	LQ_H_1	LQ H	1	0.8026	0.7729 3024	6.1195 05146	0.0944 65165	3.2348 08451
	5	L_2	L	2	0.7527	0.7470 75749	6.9809 44298	0.0883 53136	3.3087 66985
	6	LQ_2	LQ	2	0.7592	0.7493 37425	6.4358 10054	0.0859 66783	3.0620 73855
	7	H_2	H	2	0.7906	0.7693 58683	6.1732 42885	0.0896 54035	3.2083 86599
	8	LQ_H_2	LQ H	2	0.7813	0.7618 99701	6.2562 83135	0.0895 15293	3.1499 03674
PRESENTE TOTAL	9	L_1	L	1	0.7619	0.7517 80538	6.5522 79581	0.0866 48671	3.2022 79124
	10	LQ	LQ	1	0.7927	0.7804	6.2691	0.0845	3.3157

		_1				77712	60832	7744	35564
	11	H_ 1	H	1	0.8301	0.8028 38644	5.9614 90383	0.0876 85754	3.5686 84705
	12	LQ H_ 1	LQ H	1	0.8301	0.8019 45125	5.9401 05371	0.0878 88046	3.5762 31975
	13	L_ 2	L	2	0.759	0.7516 23356	6.6802 07975	0.0868 29137	3.2181 43623
	14	LQ _2	LQ	2	0.7864	0.7765 2217	6.2082 14826	0.0841 64338	3.1526 69832
	15	H_ 2	H	2	0.8139	0.7937 22701	6.2854 94771	0.0854 81232	3.6560 84073
	16	LQ H_ 2	LQ H	2	0.8113	0.7943 58683	6.1769 47237	0.0840 43675	3.5170 36586
RCP26	17	L_ 1	L	1	0.7397	0.7335 3024	7.2154 42931	0.0889 76127	3.4220 85191
Cesm1_	18	LQ _1	LQ	1	0.7524	0.7373 08084	7.3572 38557	0.0939 61713	3.5866 48331
cam5	19	H_ 1	H	1	0.8016	0.7738 27844	6.5513 46371	0.0933 32622	3.6455 77793
	20	LQ H_ 1	LQ H	1	0.795	0.7703 59581	6.4787 9897	0.0912 71694	3.5009 85267
	21	L_ 2	L	2	0.7397	0.7335 03892	7.1906 06717	0.0887 39808	3.4210 49644
	22	LQ _2	LQ	2	0.7478	0.7361 0988	7.0869 22472	0.0907 58529	3.4602 78492

	23	H_ 2	H	2	0.7833	0.7637 09281	6.9396 48551	0.0946 71948	3.4406 83543
	24	LQ H_ 2	LQ H	2	0.7794	0.7635 10479	6.8493 57107	0.0913 01279	3.4343 8256
RCP85 Cesm1_ cam5	25	L_ 1	L	1	0.7276	0.7173 48503	8.1230 32626	0.0943 15684	4.1313 7909
	26	LQ _1	LQ	1	0.7402	0.7255 4491	8.3795 26876	0.0997 75886	3.9985 71796
	27	H_ 1	H	1	0.7957	0.7627 91617	7.3890 70152	0.1012 16849	4.1148 10565
	28	LQ H_ 1	LQ H	1	0.7927	0.7598 73952	7.1852 46044	0.0996 96472	4.0043 80356
	29	L_ 2	L	2	0.7258	0.7184 53593	7.8802 37443	0.0908 63221	4.0545 92545
	30	LQ _2	LQ	2	0.7378	0.7250 64072	8.2424 15181	0.0969 83077	4.0604 52971
	31	H_ 2	H	2	0.7761	0.7524 19162	7.6963 13142	0.0998 7755	3.9583 47101
	32	LQ H_ 2	LQ H	2	0.7717	0.7494 18563	7.6387 38933	0.0982 24812	3.9409 38527
RCP26 Cesm1_ cam5/T OTAL	33	L_ 1	L	1	0.752	0.7448 07914	6.8556 99797	0.0864 21509	3.3326 29822
	34	LQ _1	LQ	1	0.7864	0.7730 9766	6.5452 93584	0.0878 7972	3.3047 56518
	35	H_ 1	H	1	0.8251	0.7972 14035	6.0775 97247	0.0882 5669	3.6240 32001

	36	LQ H_ 1	LQ H	1	0.825	0.7949 85651	5.9946 2394	0.0899 16936	3.5549 22685
	37	L_ 2	L	2	0.752	0.7452 94085	6.7904 67132	0.0857 9548	3.2951 89526
	38	LQ _2	LQ	2	0.7814	0.7698 25403	6.4177 84995	0.0870 50447	3.1244 64751
	39	H_ 2	H	2	0.8094	0.7940 07551	6.1853 69641	0.0846 73793	3.4031 21927
	40	LQ H_ 2	LQ H	2	0.8062	0.7902 53063	5.9675 44216	0.0843 067	3.1956 3682
RCP85	41	L_ 1	L	1	0.7457	0.7360 10873	7.7779 85771	0.0922 54962	4.0211 95753
Cesm1_ cam5/T OTAL	42	LQ _1	LQ	1	0.7838	0.7727 7237	7.5459 14787	0.0934 09977	3.8087 68706
	43	H_ 1	H	1	0.8173	0.7914 71611	6.8747 67896	0.0939 40738	3.9606 01042
	44	LQ H_ 1	LQ H	1	0.8173	0.7907 84928	6.8596 5597	0.0943 42984	3.9433 90303
	45	L_ 2	L	2	0.7455	0.7376 01821	7.7205 03713	0.0908 79668	3.9706 0449
	46	LQ _2	LQ	2	0.7766	0.7662 89183	7.7822 38994	0.0955 32885	3.8824 85528
	47	H_ 2	H	2	0.8058	0.7838 32032	7.1057 84665	0.0932 21114	3.9638 16534
	48	LQ H_ H	LQ H	2	0.8026	0.7879 33344	7.0189 81223	0.0902 02618	3.8009 39583

		2							
RCP26	49	L_	L	1	0.753	0.7444	7.3263	0.0912	3.5485
Miroc_m		1				56886	83678	77673	38305
iroc5	50	LQ	LQ	1	0.7666	0.7547	7.1660	0.0950	3.1961
		_1				41916	09624	52925	63227
	51	H_	H	1	0.8075	0.7797	6.0120	0.0902	3.3040
		1				14371	02205	22899	7354
	52	LQ	LQ	1	0.8007	0.7730	6.1482	0.0935	3.2089
		H_	H			65269	96816	03449	78429
		1							
	53	L_	L	2	0.7524	0.7443	7.1736	0.0902	3.4572
		2				05389	43003	13902	70798
	54	LQ	LQ	2	0.7639	0.7535	7.0460	0.0923	3.2144
		_2				48503	57368	32898	58408
	55	H_	H	2	0.7928	0.7720	5.8991	0.0878	2.9325
		2				0479	83914	04404	33954
	56	LQ	LQ	2	0.7876	0.7711	6.2738	0.0886	3.0789
		H_	H			05389	82383	3433	47455
		2							
RCP85	57	L_	L	1	0.7468	0.7386	7.5331	0.0946	3.4997
Miroc_m		1				36527	36631	50804	14502
iroc5	58	LQ	LQ	1	0.7624	0.7472	7.6574	0.0977	3.6433
		_1				08982	4337	73458	51473
	59	H_	H	1	0.8031	0.7676	6.2340	0.0971	3.3091
		1				97006	5509	72349	36619
	60	LQ	LQ	1	0.7996	0.7678	6.4294	0.0970	3.3617
		H_	H			1018	21408	87853	74096
		1							

	61	L_ 2	L	2	0.7459	0.7379 16168	7.5109 3669	0.0938 65654	3.5382 34436
	62	LQ _2	LQ	2	0.7567	0.7456 43713	7.2697 61124	0.0927 10149	3.4436 6253
	63	H_ 2	H	2	0.7866	0.7588 99701	6.2947 24078	0.0945 22764	3.0883 37083
	64	LQ H_ 2	LQ H	2	0.782	0.7610 5509	6.6238 4951	0.0952 62176	3.1170 59725
RCP26 Miroc_m	65	L_ 1	L	1	0.767	0.7572 65455	6.9877 46445	0.0888 47026	3.5508 30876
iroc5/TO TAL	66	LQ _1	LQ	1	0.8022	0.7903 46977	6.4315 96043	0.0861 7109	3.4007 12955
	67	H_ 1	H	1	0.831	0.8021 35163	5.9428 60305	0.0911 17213	3.3852 72457
	68	LQ H_ 1	LQ H	1	0.8319	0.8055 04899	5.9881 09312	0.0887 42524	3.4872 62694
	69	L_ 2	L	2	0.7663	0.7576 97054	6.8075 84125	0.0874 91353	3.3995 19213
	70	LQ _2	LQ	2	0.7965	0.7861 16459	6.3812 06322	0.0854 26316	3.2909 77453
	71	H_ 2	H	2	0.8168	0.8011 26688	5.6952 98317	0.0834 3299	3.0163 03701
	72	LQ H_ 2	LQ H	2	0.8184	0.8035 87015	5.8809 3826	0.0821 96493	3.2578 48466
	RCP85 Miroc_m	73	L_ 1	L	1	0.7634	0.7535 70434	6.8916 50797	0.0886 50623

iroc5/TO TAL	74	LQ _1	LQ	1	0.8013	0.7870 94428	6.8210 6446	0.0885 34735	3.7585 56021
	75	H_ 1	H	1	0.8288	0.7966 05317	6.4325 29805	0.0949 70619	3.7607 70024
	76	LQ H_ 1	LQ H	1	0.8304	0.7997 07757	6.3451 31407	0.0927 73546	3.7669 37652
	77	L_ 2	L	2	0.7617	0.7532 04375	6.9018 61862	0.0882 15138	3.4121 88915
	78	LQ _2	LQ	2	0.7923	0.7812 74936	6.8088 11745	0.0873 62696	3.6556 7487
	79	H_ 2	H	2	0.8146	0.7953 35889	6.1941 41222	0.0872 0091	3.3941 53032
	80	LQ H_ 2	LQ H	2	0.812	0.7948 91605	6.2505 93205	0.0847 69946	3.5157 22159

Datos de la investigación Tabla 2: Continuar.

Escenar io	N° mo del	avg.te st.orM TP	var.te st.or MTP	avg.te st.or1 Opct	var.te st.or1 Opct	AIC c	delt a.AI Cc	w.AI C	Para met ers
PRESEN TE CLIMATI CO	1	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1077 8443	0.0967 4627	4361 .438 48	5.27 8118 29	0.03 2728 65	7
	2	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1137 7246	0.1014 3568	4356 .160 36	0	0.45 8201 88	12
	3	0.005	0.005	0.1137	0.1014	4503	147.	5.33	68

		98802 4	98802 4	7246	3568	.221 95	0615 91	E-33	
	4	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1197 6048	0.1060 5295	4509 .470 81	153. 3104 53	2.34 E-34	69
	5	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1017 9641	0.0919 8471	4360 .069 91	3.90 9552 94	0.06 4879 61	5
	6	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1077 8443	0.0967 4627	4356 .229 44	0.06 9082 13	0.44 2645 32	8
	7	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1197 6048	0.1060 5295	4399 .411 05	43.2 5068 55	1.86 E-10	39
	8	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1077 8443	0.0967 4627	4367 .545 53	11.3 8516 47	0.00 1544 54	26
PRESEN TE TOTAL	9	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1077 8443	0.0967 4627	4349 .668 26	44.2 6639 75	2.33 E-10	8
	10	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1017 9641	0.0919 8471	4305 .401 86	0 5148 79	0.95 5148 79	12
	11	0.017 96407 2	0.017 74763 7	0.1317 3653	0.1150 7106	4434 .048 84	128. 6469 81	1.11 E-28	66
	12	0.017 96407 2	0.017 74763 7	0.1317 3653	0.1150 7106	4445 .861 46	140. 4595 97	3.02 E-31	68

	13	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1077 8443	0.0967 4627	4351 .800 1	46.3 9824 41	8.03 E-11	7
	14	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1197 6048	0.1060 5295	4311 .823 36	6.42 1505 53	0.03 8517 56	10
	15	0.017 96407 2	0.017 74763 7	0.1137 7246	0.1014 3568	4345 .544 51	40.1 4265 14	1.83 E-09	38
	16	0.017 96407 2	0.017 74763 7	0.1137 7246	0.1014 3568	4315 .433 84	10.0 3198 29	0.00 6333 64	28
RCP26 Cesm1_ cam5	17	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1197 6048	0.1060 5295	4368 .794 07	30.8 1352 04	2.03 E-07	5
	18	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1197 6048	0.1060 5295	4361 .900 67	23.9 2012 3	6.38 E-06	12
	19	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1137 7246	0.1014 3568	4373 .667 74	35.6 8718 97	1.78 E-08	40
	20	0.023 95209 6	0.023 51922 7	0.1077 8443	0.0967 4627	4367 .513 98	29.5 3343 07	3.85 E-07	37
	21	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1137 7246	0.1014 3568	4369 .071 07	31.0 9052 15	1.77 E-07	5
	22	0.005 98802	0.005 98802	0.1077 8443	0.0967 4627	4364 .906	26.9 2618	1.42 E-06	9

		4	4			74	85		
	23	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1137 7246	0.1014 3568	4349 .603 14	11.6 2259	0.00 2984 59	25
	24	0.017 96407 2	0.017 74763 7	0.1077 8443	0.0967 4627	4337 .980 55	0	0.99 7006 83	19
RCP85 Cesm1_ cam5	25	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1077 8443	0.0967 4627	4394 .029 36	35.5 0246 48	1.95 E-08	7
	26	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1257 485	0.1105 9808	4375 .776 38	17.2 4947 76	0.00 0179 48	11
	27	0.023 95209 6	0.023 51922 7	0.1197 6048	0.1060 5295	4376 .083 51	17.5 5660 95	0.00 0153 93	38
	28	0.023 95209 6	0.023 51922 7	0.1257 485	0.1105 9808	4392 .018 79	33.4 9189 19	5.33 E-08	42
	29	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1017 9641	0.0919 8471	4392 .062 94	33.5 3604 07	5.22 E-08	5
	30	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1077 8443	0.0967 4627	4386 .116 99	27.5 9009 32	1.02 E-06	10
	31	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1197 6048	0.1060 5295	4374 .329 75	15.8 0285 22	0.00 0369 95	28
	32	0.011	0.011	0.1317	0.1150	4358	0	0.99	21

		97604	90390	3653	7106	.526		9295	
		8	3			9		49	
RCP26	33	0.011	0.011	0.1017	0.0919	4353	52.3	2.84	6
Cesm1_		97604	90390	9641	8471	.497	1904	E-12	
cam5/TO		8	3			08	65		
TAL	34	0.005	0.005	0.1197	0.1060	4305	4.68	0.06	12
		98802	98802	6048	5295	.862	4713	2564	
		4	4			75	68	31	
	35	0.005	0.005	0.1077	0.0967	4333	32.0	7.22	44
		98802	98802	8443	4627	.206	2798	E-08	
		4	4			02	82		
	36	0.011	0.011	0.1077	0.0967	4361	60.3	5.18	51
		97604	90390	8443	4627	.504	2606	E-14	
		8	3			1	63		
	37	0.005	0.005	0.1017	0.0919	4354	52.8	2.16	6
		98802	98802	9641	8471	.043	6531	E-12	
		4	4			35	86		
	38	0.011	0.011	0.1137	0.1014	4312	11.1	0.00	10
		97604	90390	7246	3568	.278	0002	2530	
		8	3			06	19	81	
	39	0.005	0.005	0.1077	0.0967	4301	0	0.65	25
		98802	98802	8443	4627	.178		1027	
		4	4			04		47	
	40	0.005	0.005	0.1197	0.1060	4302	1.66	0.28	25
		98802	98802	6048	5295	.838	0019	3877	
		4	4			05	22	33	
RCP85	41	0.023	0.023	0.1077	0.0967	4379	68.2	1.39	8
Cesm1_		95209	51922	8443	4627	.011	1158	E-15	
cam5/TO		6	7			9	43		

TAL	42	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1017 9641	0.0919 8471	4315 .538 1	4.73 7782 62	0.08 4320 57	13
	43	0.029 94012	0.029 21867 1	0.1257 485	0.1105 9808	4332 .588 57	21.7 8825 26	1.67 E-05	39
	44	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1197 6048	0.1060 5295	4339 .299 04	28.4 9872 69	5.84 E-07	41
	45	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1077 8443	0.0967 4627	4375 .153 75	64.3 5343 32	9.56 E-15	6
	46	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1137 7246	0.1014 3568	4322 .709 3	11.9 0898 98	0.00 2337 36	11
	47	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1197 6048	0.1060 5295	4319 .385 87	8.58 5559 72	0.01 2314 01	28
	48	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1197 6048	0.1060 5295	4310 .800 31	0	0.90 1010 75	24
RCP26 Miroc_mi roc5	49	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1017 9641	0.0919 8471	4356 .077 48	36.3 1154 32	1.30 E-08	6
	50	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1137 7246	0.1014 3568	4334 .226 46	14.4 6052 08	0.00 0722 97	10
	51	0.005 98802	0.005 98802	0.1137 7246	0.1014 3568	4346 .669	26.9 0355	1.44 E-06	35

		4	4			49	6		
	52	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1317 3653	0.1150 7106	4346 .220 94	26.4 5500 36	1.80 E-06	34
	53	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1017 9641	0.0919 8471	4358 .455 74	38.6 8980 48	3.96 E-09	6
	54	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1197 6048	0.1060 5295	4343 .160 35	23.3 9442 03	8.30 E-06	9
	55	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1137 7246	0.1014 3568	4333 .307 54	13.5 4160 76	0.00 1144 62	24
	56	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1137 7246	0.1014 3568	4319 .765 93	0	0.99 8120 86	18
RCP85M iroc_miro c5	57	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1077 8443	0.0967 4627	4358 .560 18	16.5 4952 88	0.00 0242 27	5
	58	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1197 6048	0.1060 5295	4348 .688 89	6.67 8236 08	0.03 3715 53	13
	59	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1197 6048	0.1060 5295	4377 .095 28	35.0 8462 91	2.29 E-08	43
	60	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1197 6048	0.1060 5295	4374 .834 48	32.8 2382 43	7.09 E-08	42
	61	0.011	0.011	0.1017	0.0919	4363	21.1	2.41	6

		97604 8	90390 3	9641	8471	.176 64	6598 63	E-05	
	62	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1137 7246	0.1014 3568	4350 .260 6	8.24 9953 78	0.01 5365 12	8
	63	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1197 6048	0.1060 5295	4361 .081 18	19.0 7053 15	6.87 E-05	31
	64	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1257 485	0.1105 9808	4342 .010 65	0	0.95 0584 2	23
RCP26 Miroc_miroc5/TO TAL	65	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1077 8443	0.0967 4627	4344 .951 12	75.5 7263 95	3.88 E-17	8
	66	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1197 6048	0.1060 5295	4286 .761 99	17.3 8351 47	0.00 0167 79	14
	67	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1317 3653	0.1150 7106	4354 .406 48	85.0 2800 29	3.44 E-19	52
	68	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1257 485	0.1105 9808	4330 .289 51	60.9 1103 35	5.93 E-14	47
	69	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1017 9641	0.0919 8471	4345 .439 31	76.0 6083 46	3.04 E-17	7
	70	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1077 8443	0.0967 4627	4293 .736 34	24.3 5786 94	5.13 E-06	11

	71	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1137 7246	0.1014 3568	4283 .431 85	14.0 5337 88	0.00 0886 93	23
	72	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1197 6048	0.1060 5295	4269 .378 48	0	0.99 8940 16	20
RCP85 Miroc_miroc5/TO TAL	73	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1137 7246	0.1014 3568	4348 .683 28	51.4 3761 59	6.53 E-12	8
	74	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1017 9641	0.0919 8471	4297 .245 66	0	0.96 4899 41	15
	75	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1197 6048	0.1060 5295	4329 .947 35	32.7 0169 37	7.65 E-08	45
	76	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1137 7246	0.1014 3568	4347 .344 56	50.0 9890 47	1.28 E-11	50
	77	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1077 8443	0.0967 4627	4349 .600 02	52.3 5436 18	4.13 E-12	7
	78	0.005 98802 4	0.005 98802 4	0.1077 8443	0.0967 4627	4306 .642 2	9.39 6542 53	0.00 8791 21	12
	79	0.011 97604 8	0.011 90390 3	0.1137 7246	0.1014 3568	4304 .648 49	7.40 2829 44	0.02 3821 99	28
	80	0.011 97604	0.011 90390	0.1137 7246	0.1014 3568	4309 .167	11.9 2164	0.00 2487	29

		8	3			3	38	31	
--	--	---	---	--	--	---	----	----	--

