



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA
NATURALEZA
MAGÍSTER EN ÁREAS SILVESTRES Y CONSERVACIÓN DE LA
NATURALEZA

PRINCIPALES AMENAZAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL HÁBITAT DEL HUILLÍN EN CHILE

Tesis para optar al Grado de Magister en Áreas Silvestres y Conservación de la
Naturaleza

MARÍA JOSÉ FAÚNDEZ GARRIDO

Profesor Guía: Jaime Hernández

Profesor Co-guía: Maximiliano Sepúlveda

Santiago, Chile 2020

Hoja de Aprobación Proyecto de Grado

Tesis presentada como requisito para optar al Grado Académico de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile.

Profesor guía

Nombre: Jaime Hernández

Nota:

Firma:

Profesor co-guía

Nombre: Maximiliano Sepúlveda

Nota:

Firma:

Profesor consejero:

Nombre: Pedro Cattán

Nota:

Firma:

Profesor consejero:

Nombre: Benito González

Nota:

Firma:

INDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
2.1. Área de estudio.....	10
2.2. Distribución potencial de huillín.....	12
2.3. Evaluación del hábitat potencial bajo amenaza.....	18
3. RESULTADOS.....	22
3.1. Distribución potencial de huillín en el centro sur de Chile.....	22
3.2. Hábitat potencial bajo amenaza.....	29
4. DISCUSION.....	36
4.1. Modelación del hábitat potencial.....	36
4.2. Modelo predicho y áreas protegidas.....	39
4.3. Principales amenazas en el modelo predicho.....	41
5. CONCLUSIONES.....	44
6. BIBLIOGRAFIA.....	46

TABLAS

Tabla 1. Variables independientes utilizadas en el modelo (incluye ambientes de agua dulce y marinos).....	14
Tabla 2. Homologación de actividades antrópicas y categorías de amenaza de la UICN.....	19
Tabla 3. Rendimiento de los modelos y superficie.....	22
Tabla 4. Rendimiento modelo ensamblado.....	26
Tabla 5. Detalle hábitat no protegido.....	29
Tabla 6. Tipos de proyectos ingresados al SEIA en el hábitat potencial de huillín.....	34

GRÁFICOS

Gráfico 1. Comparación de áreas protegidas y no protegidas de hábitat potencial de huillín.....	29
Gráfico 2. Tipo de intervenciones en el hábitat potencial de huillín.....	31
Gráfico 3. Tipos de cultivos en el hábitat potencial no protegido.....	35
Gráfico 4. Concesiones acuícolas según ambiente.....	35
Gráfico 5. Actividades turísticas en las áreas de mayor influencia humana.....	36

FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	11
Figura 2. Registros de la especie.....	13
Figura 3. Pasos de la modelación.....	16
Figura 4. Diagrama metodológico.....	21

Figura 5. Modelos de distribución potencial de huillín de Random Forest (probabilidad de ocurrencia).....	23
Figura 6. Modelos de distribución potencial de huillín de Maxent (probabilidad de ocurrencia).....	24
Figura 7. Modelos de distribución potencial de huillín (presencia/ausencia).....	25
Figura 8. Modelo (ensamble) de distribución potencial de huillín (probabilidad de ocurrencia).....	27
Figura 9. Modelo (ensamble) de distribución potencial de huillín (presencia/ausencia).....	28
Figura 10. Unidades de mayor influencia humana para SDM huillín	30
Figura 11. Actividades identificadas en las unidades de mayor influencia humana.....	33

RESUMEN

El huillín (*Lontra provocax*), es una de las dos nutrias que habitan en Chile en conjunto con el Chungungo, es una especie que ha sufrido una reducción drástica en sus poblaciones originales, debido principalmente a la caza ilegal y a la destrucción de su hábitat. Su distribución es disjunta y se presenta en ambientes de agua dulce y marinos, en lugares que históricamente han sido transformados para distintos tipos de usos antrópicos. El objetivo general de este estudio es: Identificar las principales amenazas al hábitat potencial de huillín en el centro sur de Chile, por medio de dos objetivos específicos: i) obtener el hábitat potencial de huillín en su rango histórico de distribución y; ii) evaluar la superficie de hábitat potencial que está bajo amenaza, analizando detalladamente las actividades antrópicas presentes. La metodología, contempló el desarrollo de un modelo de distribución potencial para la especie, la que se comparó con áreas protegidas. Una vez identificadas las áreas no protegidas, se identificaron los sectores de mayor influencia humana y las actividades antrópicas presentes. Como resultado, se obtuvo un hábitat potencial de 49.183 km², que se extiende desde los 38°LS en Alto Biobío hasta los 56°LS en Tierra del Fuego, con una clara diferenciación de ambientes de agua dulce y marinos, separados en los 44°LS a la altura de Puerto Puyuhuapi. El 73% de esta superficie no está bajo cobertura de alguna categoría de área protegida. En esta superficie (de 35.745 km²), se identificaron 25 unidades de mayor influencia humana, las que se concentran en su mayoría entre el sur de la región de Biobío y el sur de la región de Los Lagos. Las actividades antrópicas identificadas corresponden a proyectos ingresados al SEIA (64,23%) que en su mayoría corresponde a cultivos acuícolas, actividades turísticas (19, 51%) e infraestructura de riego, vial y sanitaria (16,26%). Desde el río Maullín al norte las mayores amenazas se relacionan a la actividad turística (en su mayoría pesca deportiva) y proyectos ingresados al SEIA (principalmente acuicultura), hacia el sur, corresponden a proyectos ingresados al SEIA (también acuicultura). En tanto, los caminos y puntos de descarga de plantas de tratamiento de aguas servidas, se encuentran casi en todas las unidades analizadas, siempre que existan asentamientos humanos cercanos.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel global son varios los factores que han generado cambios en los ecosistemas, uno de los principales, el cambio de uso del suelo, el que ha modificado áreas naturales por la utilización de recursos (Sala *et al.*, 2000). En Chile, se reconoce que la continuidad de los sistemas ecológicos está condicionada por cinco grandes causas: (1) la pérdida y degradación de hábitats, (2) el cambio climático, (3) la carga excesiva de nutrientes y otras formas de contaminación, (4) la sobreexplotación y utilización insostenible y, (5) la presencia de especies exóticas invasoras (Ministerio del Medio Ambiente, 2015). Algunos autores han señalado que la principal causa de transformación del paisaje en ambientes terrestres en el centro y sur del país se relaciona con habilitación de terrenos para la agricultura, así como también para la expansión de plantaciones forestales (Aguayo *et al.*, 2009; Echeverría *et al.*, 2006). En el caso de ambientes marinos, entre las actividades humanas que causan mayores consecuencias e impactos, se encuentra la urbanización en zonas costeras (no regulada), la descarga de efluentes domésticos y/o industriales y la actividad portuaria (Marcovechchio & Freije, 2004), además de la salmonicultura intensiva (Bruschmann & Fortt, 2005).

A modo de demostrar los efectos de las transformaciones antes señaladas, se puede mencionar la situación de los ecosistemas terrestres en Chile, para los que se han descrito: ocho En peligro Crítico (CR), seis En Peligro (EN) y 49 Vulnerables (VU), es decir 63 pisos de vegetación amenazados, representando el 49, 6% del total de ecosistemas del país (Pliscoff, 2015). Para ambientes marinos, las ecorregiones más amenazadas son la Araucana, Chile central, Chiloense y Humboldtiana, todas con representatividad en áreas protegidas menor a 1%¹. A nivel de especies y considerando los 15 procesos de clasificación vigentes (RCE), en Chile se encuentran catalogadas 142 especies CR, 371 EN y 271 VU.

En este contexto de amenazas a la biodiversidad, los estudios que involucran especies y su ambiente han adquirido mucha relevancia, de hecho, la predicción de su distribución es cada vez más recurrente en distintas áreas de investigación (Soberon & Peterson, 2005). Es conocido que variables como el clima y otras variables físicas afectan la distribución de las especies, más reciente aún, son los estudios que explican la extensión del nicho

¹ Registro Nacional de Áreas Protegidas [en línea]

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoieYmNmYjIwZDEtYmY1Ni00MmQ4LWUwOGltOWE5MTEzODg1MTU1LTRhYzktNGQ0Zi1iYzg4LTJhNDRkMWJjMjEzYSIsImMiOiR9> [consulta: agosto 2020].

ecológico, donde se involucran además de la dimensión abiótica los factores ecológicos (Soberon & Peterson, 2005). A propósito de lo anterior, surge el concepto de modelos de distribución de especies (SDM), que tiene como objetivo entender la relación espacial entre los organismos y su ambiente. Autores como Elith y Leathwick (2009), Soberon & Peterson (2005) y Mateo *et al.* (2011), los definen como herramientas basadas en procedimientos estadísticos y cartográficos, que a través de la combinación de observaciones de presencia de organismos más estimaciones de variables climáticas, físicas y ecológicas, permiten inferir zonas de distribución potencial en un espacio determinado, donde no se tienen datos de presencia de especies determinadas. La construcción de los modelos de distribución se realiza en varios pasos, desde donde se obtiene un mapa de idoneidad de hábitat o de hábitat potencial (Mateo *et al.*, 2011). Las aplicaciones de los SDM son numerosas, incluyendo estudios en campos como salud pública, especies invasoras, conservación de especies, ecosistemas amenazados, cambio climático, diseño de áreas protegidas, entre otras más (Mateo *et al.*, 2011, Beaumont *et al.*, 2009, Herborg *et al.*, 2009, Parviainen *et al.*, 2009, Williams *et al.*, 2009, Felicísimo *et al.*, 2011, Early *et al.*, 2008). En la práctica es muy relevante utilizar estos modelos con especies amenazadas, sobre todo para identificar su potencial distribución en áreas donde aún no están descritas y de esta manera, volcar esfuerzos en muestreo, gestión y planificación del territorio (Mateo *et al.*, 2011).

El huillín (*Lontra provocax*) también conocido como nutria de río, lobito de río patagónico, tigre del agua, aúilaf (en yámana) ó yem'chen (tehuelche) (Iriarte & Jaksic, 2012), es una de las dos nutrias que habitan en Chile en conjunto con el chungungo. Es una especie que ha sufrido una reducción drástica en sus poblaciones originales, debido principalmente a la caza ilegal (histórica) y a la destrucción de su hábitat (Sielfeld & Castilla, 1999). El huillín se presenta en ambientes de agua dulce y marinos. Las poblaciones de agua dulce en el pasado estaban descritas de forma continua en ríos y lagos (Medina, 1996), desde el río Cachapoal (34°S) hasta la Península de Taitao (46°S) (Gay, 1847; Reed, 1877), lo que hoy es distinto, ya que se describe su distribución de forma aislada y restringida desde el río Imperial (38°S) hacia el sur (Rodríguez-Jorquera y Sepúlveda, 2011). Las subpoblaciones en ambientes marinos se encuentran en la costa del Pacífico desde los 46°S hasta Tierra del Fuego (Sepúlveda *et al.*, 2015).

El huillín es un mamífero de la orden carnívoros de la familia mustelidae, los ejemplares miden entre 1,1 y 1,3 m de longitud incluyendo su cola (38 a 45 cm) y su peso varía desde

los 6 a 15 Kg (Medina *et al.*, 2004), lo machos son un 10% más grandes que las hembras (Iriarte & Jaksic, 2012). Posee un pelaje aterciopelado café oscuro en la parte superior y más blanco en la zona ventral. Las manos y pies poseen membranas interdigitales que le ayudan durante el nado (Quintana *et al.*, 2009).

Las madrigueras están constituidas por sistemas de cuevas, ubicándose a 3 - 8 metros del agua. Los apareamientos son en invierno (julio-agosto), ocurriendo los nacimientos en primavera (septiembre-octubre) de camadas entre 1 a 4 crías (Iriarte & Jaksic, 2012). Se puede encontrar en sistemas dulceacuícolas, como lagos y ríos con vegetación ribereña (Medina *et al.*, 2004) y también en sistemas marinos, en litorales rocosos con abundante vegetación y con una baja exposición al viento y a las olas (Sielfeld y Castilla, 1999). Su dieta varía según su disponibilidad, es así como las poblaciones en agua dulce tienen un consumo principal de crustáceos de los géneros *Aegla* y *Samastacus* (Chehébar *et al.*, 1986; Medina, 1998 y Sepúlveda *et al.*, 2009) y de forma secundaria peces (Rodríguez-Jorquera y Sepúlveda, 2011). Las poblaciones marinas por su parte, se alimentan principalmente de peces costeros de los géneros *Harpagifer*, *Patagonotothen*, *Eleginops*, *Cottoerca* y crustáceos de los géneros *Munida*, *Taliepus*, *Cancriidae*, *Gaňatheidae*, *Lithodidae*, *Lithoides*, *Paralois* y *Campylonotus* (Sielfeld y Castilla, 1999).

Desde la región de la Araucanía hacia el sur de Chile -donde se describe a las poblaciones de la especie-, se ha visto influenciada por una rápida y drástica transformación del paisaje, debido al reemplazo de bosques y otras áreas naturales a plantaciones exóticas, agricultura y ganadería (Armesto *et al.*, 1998; Echeverría *et al.*, 2006). Además, durante el siglo pasado, la construcción de represas, modificación de los cauces, contaminación, acuicultura e introducción de especies invasoras, han hecho cambiar las comunidades ecológicas de agua dulce en Chile y el mundo (Hauenstein *et al.*, 2005). Según distintos autores (Medina, 1996; Medina-Vogel *et al.*, 2003 y Sepúlveda *et al.*, 2009) el factor que lidera la disminución de la distribución de la especie es la degradación de su hábitat, dado por las transformaciones del paisaje antes señaladas.

El huillín es una especie sensible a impactos antrópicos (Sepúlveda *et al.*, 2009), lo que se ha traducido en una reducción de sus poblaciones en el pasado y una proyección de reducción de sus poblaciones en el futuro (susceptible a extinciones locales). Se encuentra catalogada En Peligro (EN) por el D.S. N° 42/2011 del Ministerio del Medio

Ambiente (MMA) (7mo proceso Reglamento de Clasificación de Especies) y por la UICN (Sepúlveda *et al.*, 2015).

Sepúlveda *et al.*, 2009 señalan que la conservación de huillín en ambientes dulceacuícolas es un gran desafío por dos principales razones: (1) tienen un gran ámbito de hogar y bajas densidades de población, siendo muy susceptibles a la perturbación humana (Woodroffe & Ginsberg 1998-2000; Cardillo *et al.*, 2004), y (2) la especie depende de ecosistemas de agua dulce, los que están muy amenazados por acciones humanas a nivel local y regional (Barbosa *et al.*, 2003; Suski & Cooke, 2007). En el caso del sistema marino, la salmonicultura es una amenaza potencial (Sepúlveda *et al.*, 2015), actividad que es intensiva y de éxito económico en el país (Bruschman & Fortt, 2005).

Por lo antes expuesto, se hace relevante y necesario promover acciones para la conservación de la especie, sobre todo por las amenazas sobre su hábitat.

En Chile, uno de los instrumentos de gestión más reconocidos para la conservación de una especie es el sistema nacional de áreas protegidas (SNASPE), el que tiene como objeto conservar *in situ* el patrimonio natural, a través de la creación y manejo de unidades de protección, las que se caracterizan por tener un espacio geográfico definido, incluir un objetivo de conservación y además contar con un instrumento con fuerza legal (UICN, 2008). La historia de protección de ecosistemas del país ha concentrado los esfuerzos en ecosistemas terrestres, siendo la conservación de ecosistemas acuáticos incipiente. Existen también un sesgo relacionado a la representatividad de los ecosistemas, ya que aún existen algunos sin o muy baja representación, como matorrales espinosos, desiertos, bosques esclerófilos, matorrales, bosques costeros y ribereños (Pliscoff & Fuentes-Castillo, 2011).

Conforme a los antecedentes anteriores, que describen una especie con problemas de conservación, escenarios globales de amenaza a la biodiversidad y vacíos en protección de ecosistemas, el presente trabajo tiene como objetivo general: Identificar las principales amenazas al hábitat potencial de huillín en el centro sur de Chile. Por medio del desarrollo de dos objetivos específicos: i) obtener el hábitat potencial de huillín en su rango histórico de distribución y; ii) evaluar la superficie de hábitat potencial que está bajo amenaza, analizando detalladamente las actividades antrópicas presentes.

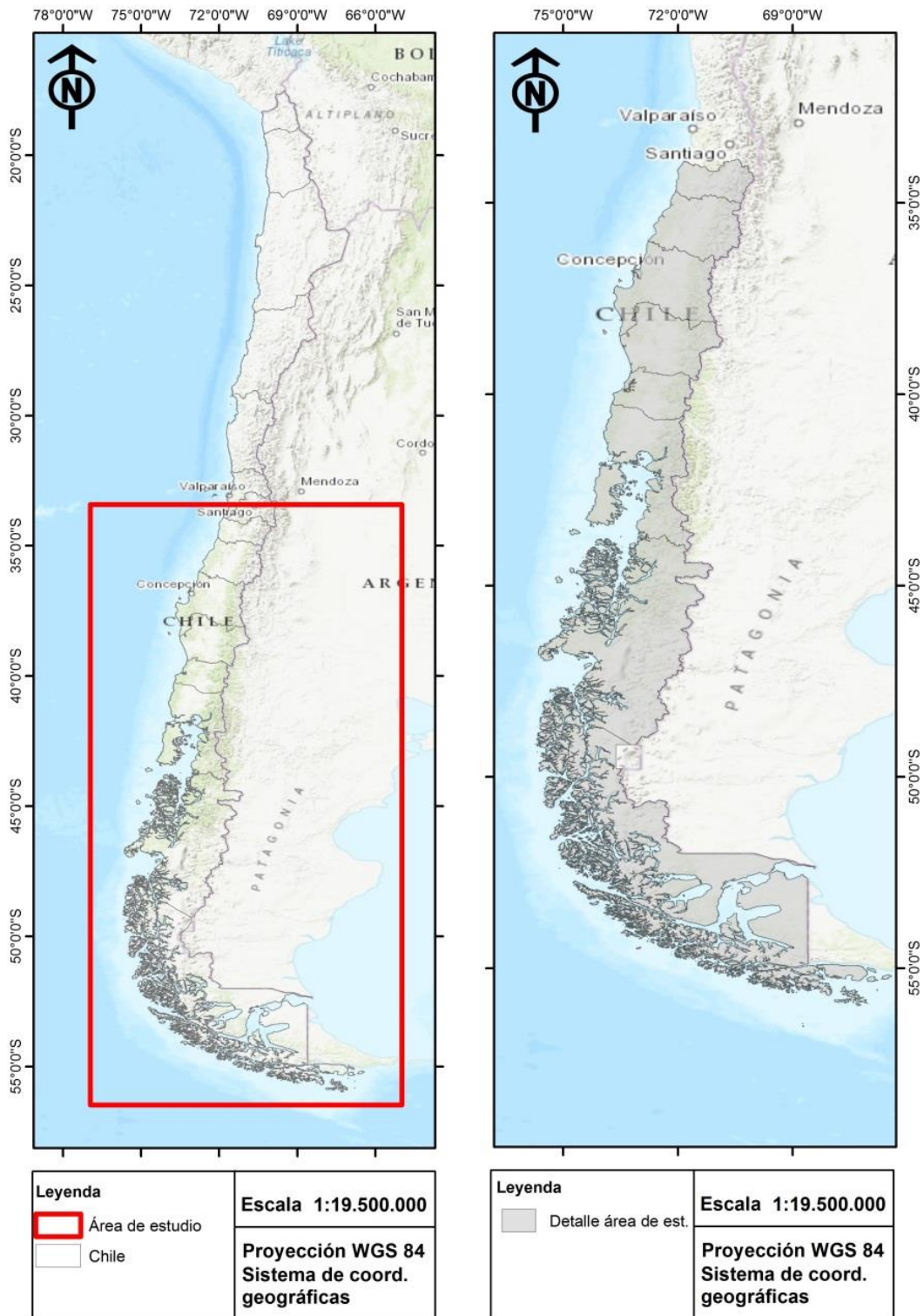
2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El área de estudio quedó definida de norte a sur desde la región de O'Higgins hasta la región de Magallanes, desde los 34° hasta los 56°. De este a oeste, desde la Cordillera de los Andes hasta el Océano Pacífico, desde los 70° hasta los 76° (ver **Figura 1**). La justificación de esta extensión dice relación con la distribución histórica de huillín, la que se describe desde el río Cachapoal hacia el sur. Además, esta área de estudio busca representar los diferentes ambientes en los que habita la especie, considerando tanto los de agua dulce (ríos, esteros y lagos) como los marinos (estuarios, fiordos y canales).

En términos de la división político-administrativa, el área de estudio se divide en nueve regiones, desde la más norte a la más austral son: Libertador Bernardo O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y, Magallanes y la Antártica Chilena.

Figura 1. Área de estudio



2.2. Distribución potencial de huillín

La distribución potencial, se considera como el espacio geográfico con posibilidad de ser ocupado por una especie cuando las condiciones ambientales y biológicas son idóneas (Becerra-López *et al.*, 2016).

El modelo de distribución de este estudio se generó utilizando dos tipos de fuentes de información: i) datos de presencia (variable dependiente) y ii) variables ambientales (descriptoras o independientes). Estos datos fueron relacionados, generando un valor numérico (del conjunto de variables independientes) para cada punto geográfico de presencia.

El valor resultante, corresponde a la idoneidad del hábitat en ese lugar geográfico, en función de las variables independientes seleccionadas (Guisan & Zimmermann, 2000; Elith & Leathwick, 2009). Es decir, este modelo es la relación estadística entre la distribución conocida y las variables independientes que la influyen (Becerra-López *et al.*, 2016).

2.2.1. Base de datos (registros de presencia de la especie)

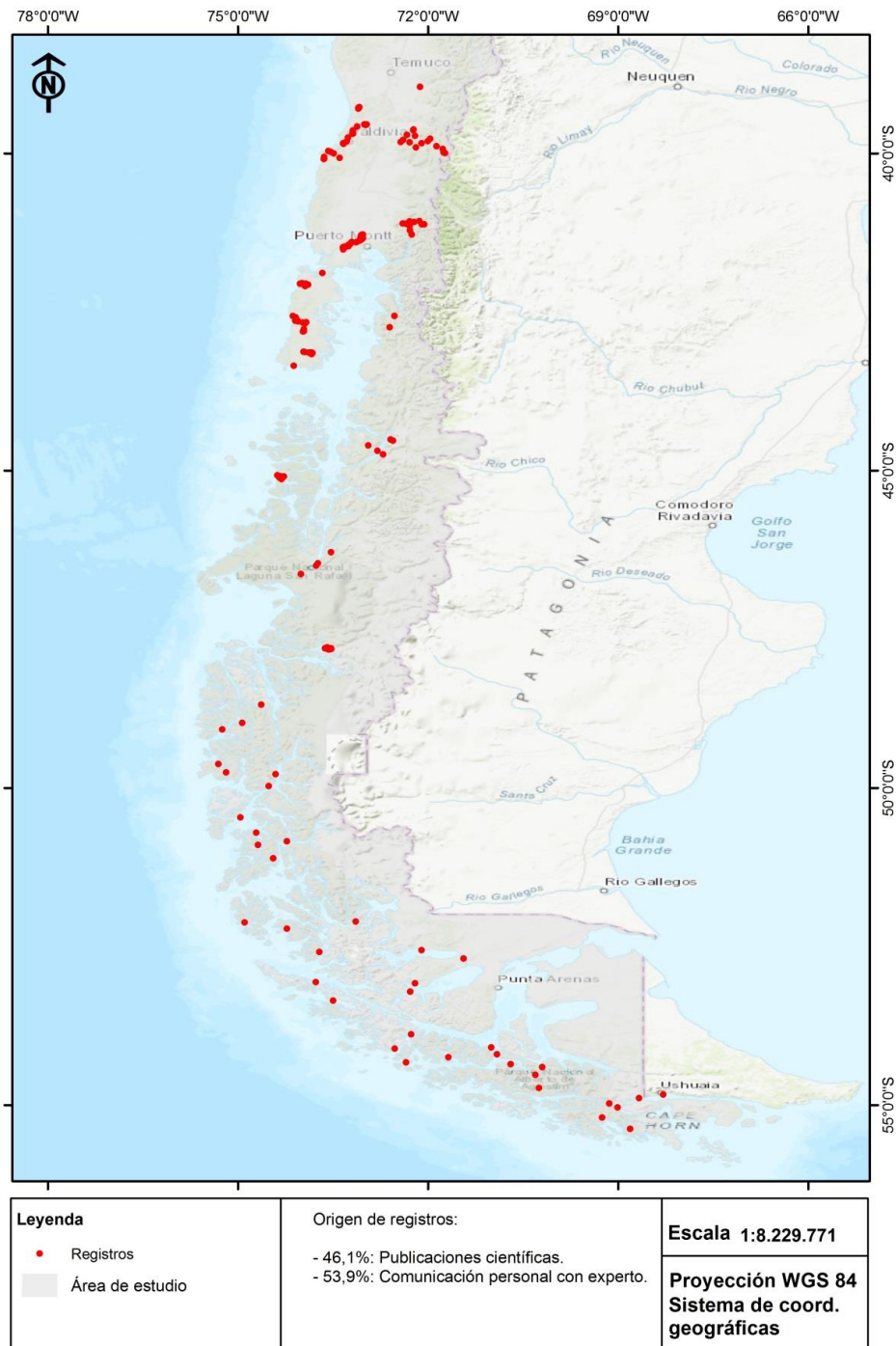
Se realizó una investigación minuciosa y detallada para conseguir registros certeros y confiables de lugares donde se han observado individuos de la especie. Se obtuvieron un total de 229 registros, desde las siguientes fuentes:

- 1) Revisión exhaustiva de publicaciones: Se digitalizaron coordenadas de referencia y mapas de distribución encontrados en publicaciones científicas.
- 2) Red de colaboración con Maximiliano Sepúlveda, miembro UICN, grupo especialistas en nutrias y Coordinador para la especie en dicho grupo: Se generó un vínculo de trabajo con experto en la especie, con esto, se buscó la facilitación de registros de presencia y fuentes de información.

El set de datos fue procesado considerando distancias -entre ellos- mayores a 90 m, ya que este valor se condice con la resolución del píxel en que fueron trabajadas las variables independientes, además con este valor se impide que exista una sobre representación de datos. Se completó una colección de 180 registros (ver **Figura 2**), los que abarcan desde la región del Biobío hasta la región de Magallanes. Del total de registros un 46,1% (83 presencias) corresponden a fuentes de publicaciones

científicas y el 53,9% (97 presencias) se obtuvieron por comunicación personal con experto. Cabe señalar, que este número de registros es suficiente para obtener un modelo estadísticamente robusto (Kadmon et al., 2003).

Figura 2. Registros de la especie



La colección se revisó exhaustivamente, teniendo especial cuidado con la distribución, se buscó no dejar vacíos de observaciones a lo largo del área de estudio, ya que esto podría implicar una representación sesgada de la modelación. Según Becerra *et al.*, 2016, mientras mayor sea el número de registros, es más preciso el valor de las variables, por lo tanto, un buen número de registros puede aumentar la significancia de los datos y por tanto robustecer la modelación.

En cuanto a las herramientas utilizadas en esta etapa, se utilizaron los softwares Google Earth y QGIS 2.18.11.

2.2.2. Variables independientes

En SDM, las variables independientes más comúnmente utilizadas son las climáticas y de elevación (Hijmans *et al.*, 2005; Soria-Auza *et al.*, 2010; Felicísimo *et al.*, 2011), pero también se utilizan variables como vegetación, sustrato, cursos de agua, las que determinan una predicción a escala mucho más local (Mackey y Lindenmayer, 2001).

Para este modelo se eligieron variables que han sido relevadas en otras publicaciones y que demostraron ser relevantes sobre las preferencias de la especie. A continuación, se individualizan:

Tabla 1. Variables independientes utilizadas en el modelo (incluye ambientes de agua dulce y marinos)

Tipo	Fuente	Resolución	Fundamento
Climáticas	Worldclim Global Climate Data ²	1 km	La condición de temperatura influencia en la disponibilidad de presas (Sepúlveda <i>et al.</i> , 2009).
Vegetación	Landcover de Chile ³	30 m	La vegetación ribereña es fundamental como refugio para la especie, porque proporciona sitios de descanso (Sepúlveda <i>et al.</i> , 2007).

² WORLD CLIM. Global Climate Data [en línea] <http://www.worldclim.org/bioclim> [consulta: diciembre 2019].

³ HERNÁNDEZ H.J., GALLEGUILLOS M. & ESTADES C. 2016. Mapa de Cobertura de Suelos de Chile 2014: Descripción del Producto. Laboratorio GEP, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

Elevación	Srtm ⁴	90 m	La elevación está relacionada con la presencia de crustáceos y camarones, que son parte de la dieta principal de huillín (Sepúlveda <i>et al.</i> , 2009 y Medina, 1998).
Cuerpos y cursos de agua	Landcover de Chile	30 m	En ambientes de agua dulce, la especie depende de su disponibilidad, de hecho, se ha descrito que no se mueve más allá de 10 m desde el agua. Se ha demostrado preferencia por ciertas características como ríos anastomosados y de mayor complejidad, los que permiten una estructura de hábitat más compleja (Sepúlveda <i>et al.</i> , 2009).
Uso de suelo	Landcover de Chile	30 m	Se ha demostrado que huillín tiene cierta tolerancia a lugares con intervención antrópica (Medina-Vogel <i>et al.</i> , 2003; Sepúlveda <i>et al.</i> , 2009).

Todas las variables fueron descargadas desde las fuentes señaladas en la **Tabla 1**. Una vez descargadas, estas fueron cortadas considerando el área de estudio, seguidamente, fueron ajustadas a una resolución de 90 m de pixel, homologando la resolución para todas las variables independientes. El sistema de referencia utilizado fue WGS 84, en coordenadas geográficas.

Las herramientas utilizadas en esta etapa fueron los softwares QGis 2.18.11 y R Project 3.6.1.

2.2.3. Modelación

Para determinar la distribución potencial de huillín, se utilizó la metodología de modelación de distribución de especies (SDM), basada en procesamientos estadísticos espacialmente explícitos.

Se utilizaron los datos de presencia de la especie objetivo, los que combinados -por medio de algoritmos- con las variables descriptoras, permitieron identificar áreas idóneas

⁴ CGIAR CSI. The CIAT Consortium for spatial information [en línea] <http://srtm.csi.cgiar.org/> [consulta: diciembre 2019].

de distribución, en función de características ambientales (Mateo *et al.*, 2011). El conjunto de datos se dividió en dos subconjuntos: 80% para calibración y 20% para la evaluación de los modelos (Hijmans & Elith, 2016).

La modelación siguió los pasos indicados en la **Figura 3**, los que fueron desarrollados en el software estadístico R Project 3.6.1.

Figura 3. Pasos de la modelación



Se utilizaron dos técnicas de modelación, estas fueron: Random Forest (RF) y Maxent (MX), el primer método calculó múltiples árboles de decisión, identificando las variables de mayor interés o correlación, calculando un promedio de estos. Este modelo se basó en clasificación basada en reglas donde se asignó una clase para cada combinación de variables predictivas (Guisan & Zimmermann, 2000), este modelo ha sido identificado como uno que entrega buenos resultados al momento de determinar importancia de variables (Prasad *et al.*, 2006). El segundo método fue Maxent, basado en la distribución de máxima entropía, es decir, a la distribución más extendida de los valores de los datos observados. Este modelo se ha descrito como uno que logra resultados robustos en términos de la proyección espacial de distribución, por lo que es un modelo que en los últimos años ha sido muy utilizado (Becerra *et al.*, 2016).

Una vez obtenidos los modelos, se evaluaron por medio del estadístico AUC (*Area under the curve*) (Dodd & Pepe, 2003), el que se obtuvo comparando la proporción de falsos y verdaderos positivos (Plischoff & Fuentes, 2011). Siendo mayor la precisión del modelo cuando es mayor la proporción de positivos verdaderos en comparación a la de positivos falsos. Se estima que valores sobre 0,9 de AUC demuestran modelos de alta precisión (Plischoff & Fuentes 2011; Mateo *et al.* 2011).

Para ambos modelos se estableció un umbral de corte, para así facilitar la interpretación, desde valores de probabilidad que van desde 0 a 1 a un valor binario de presencia/ausencia. Para realizar lo anterior se utilizó el enfoque de suma de sensibilidad y especificidad (max TPR+TNR), el que ha sido evaluado como un umbral de corte objetivo y de buenos resultados (Liu *et al.*, 2005). Dado que cuando mayor es la sensibilidad, menor es la tasa de falsos negativos y cuando mayor es la especificidad menor es la tasa de falsos positivos, por lo tanto, la tasa de falsos positivos y falsos negativos es baja (Liu *et al.*, 2005).

Una vez evaluados los modelos, por medio del AUC y por su expresión espacial en el territorio (presencia/ausencia), se decidió realizar un ensamble de ambos, a través de su promedio. Una vez realizado, se estableció un umbral de corte, a través de la siguiente relación:

$$UC = U_{MX} * (AUC_{MX} / (AUC_{MX} + AUC_{RF})) + U_{RF} * (AUC_{RF} / (AUC_{MX} + AUC_{RF}))^5$$

Dónde:

UC: Umbral de corte presencia/ausencia para promedio de modelos.

U: Umbral de corte presencia ausencia (max TPR+TNR)

MX: Predicción MaxEnt

RF: Predicción Random Forest

AUC: Área bajo la curva

Todos los pasos anteriores, se trabajaron en el software R Project 3.6.1 y en el software QGIS 2.18.11.

⁵ Package dismo version 1.1-4 con R (Hijmans, Phillips y Elith, 2017).

2.3. Evaluación del hábitat potencial bajo amenaza

2.3.1. Identificación de áreas no protegidas

Se utilizaron las coberturas vectoriales de áreas bajo protección: Parques Nacionales, Reservas Nacionales, Monumentos Naturales, Parques Marinos, Reservas Marinas, Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos y Sitios Ramsar, todas descargadas desde la plataforma “Infraestructura de Datos Espaciales”⁶ del Ministerio de Bienes Nacionales.

Todas estas coberturas fueron trabajadas en sistema de coordenadas geográficas en Datum WGS 84. Estas fueron geo procesadas por medio de la herramienta unión, donde se creó una sola cobertura con todas las áreas protegidas. Esta capa vectorial, se cruzó con la predicción de hábitat potencial de huillín, por medio de la herramienta diferencia, que descartó la superficie de hábitat potencial con protección legal, resultando así la cobertura de hábitat potencial desprotegido.

2.3.2. Identificación de actividades antrópicas y amenazas

Se descargó desde la plataforma online “Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC)” de la NASA, el índice de influencia humana (Huella Humana Global V2 del año 2002)⁷. Este corresponde a un índice donde se expresa una superposición de capas de datos globales que representan factores que influyen a los ecosistemas, tales como: densidad de población, presencia de áreas urbanas, carreteras, ríos navegables, contaminación lumínica y uso de suelo. Este índice presenta valores que varían del 0-64 siendo el valor 0 el de menor influencia humana (áreas naturales) y 64 el más intervenido. Con el antecedente anterior, se identificaron áreas donde hay yuxtaposición de áreas con hábitat potencial y con mayor influencia humana (incluyendo campos de cultivos, plantaciones forestales, caminos, lugares habitados, entre otros).

⁶ MINISTERIO DE BIENES NACIONALES. Infraestructura de Datos Geoespaciales [en línea] <http://www.ide.cl/descarga/capas.html> [consulta: marzo 2020].

⁷ Sociedad de Conservación de la Vida Silvestre - WCS, y Centro para la Red Internacional de Información de Ciencias de la Tierra - CIESIN - Universidad de Columbia. 2005. Last of the Wild Project, Versión 2, 2005 (LWP-2): Conjunto de datos del Índice Global de Influencia Humana (HII) (Geográfico). Palisades, NY: Centro de Aplicaciones y Datos Socioeconómicos de la NASA (SEDAC). <https://doi.org/10.7927/H4BP00QC> . Acceso Marzo 2020.

Para mejorar la escala de trabajo, las unidades antes identificadas se compararon por medio de la herramienta “recortar” con la red hidrográfica y con los cuerpos de agua⁸, a la que se le otorgo un buffer de 10 m, tal cual se ha señalado es el ámbito máximo de desplazamiento de huillín fuera del agua (Sepúlveda *et al.*, 2007).

Seguidamente, se analizaron de una a la vez las unidades de mayor influencia humana, considerando la presencia de datos de infraestructura (red de caminos, descargas de aguas residuales, embalses de riego), proyectos ingresados al SEIA aprobados (caminos, celulosas, centrales hidroeléctricas, drenados, emisarios submarinos, extracción de áridos, instalación fabril, líneas eléctricas, obras portuarias, pesqueras industriales, plantas de tratamiento de residuos, plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos, pozos, producción de salmones, algas y moluscos, servicios turísticos, sistemas de tratamiento de aguas servidas, sistemas de tratamiento de aguas industriales) y actividades turísticas (atractivos turísticos y complejos turísticos), a modo de individualizar cuáles son las actividades antrópicas que implican mayor amenaza para el hábitat potencial de huillín en Chile. Los datos fueron trabajados y registrados en una planilla para luego ser analizados. Finalmente, estas actividades, fueron homologadas a las siguientes categorías de amenaza, según la UICN⁹.

Tabla 2. Homologación de actividades antrópicas y categorías de amenaza de la UICN

Actividad antrópica identificada	Amenaza UICN – nivel 1	Amenaza UICN – nivel 2
Infraestructura sanitaria	Contaminación	Aguas residuales
Infraestructura riego	Modificación sistema natural	Presas y gestión del agua

⁸ Infraestructura de datos geoespaciales. Ministerio de Bienes Nacionales [en línea] <http://www.ide.cl/index.php/informacion-territorial/descargar-informacion-territorial> [consulta: abril 2020].

⁹ Red List. UICN [en línea] <https://www.iucnredlist.org/es/resources/threat-classification-scheme> [consulta: agosto 2020].

Infraestructura vial	Corredores de transporte	Carreteras
Proyectos ingresados al SEIA	Otras opciones	Otras amenazas
Usos turísticos	Desarrollo residencial y comercial	Áreas de turismo y recreación

Posteriormente y una vez identificada la amenaza más frecuente, se procedió a realizar un análisis más detallado sobre esta, por medio de la búsqueda de data espacial en plataformas públicas. Se descargó la cobertura de Concesiones de acuicultura otorgadas (Subsecretaría de Pesca), la que se cruzó con el hábitat potencial no protegido, mediante herramientas de geoprocésamiento.

Los datos analizados, fueron obtenidos desde la Infraestructura de Datos Geoespaciales del Ministerio de Bienes Nacionales¹⁰ y fuentes adicionales como el Servicio de Evaluación Ambiental¹¹ y el Ministerio de Obras Públicas¹² etc.).

Todos los análisis anteriores se realizaron en el software QGis 2.18.1, Google Earth y Excel.

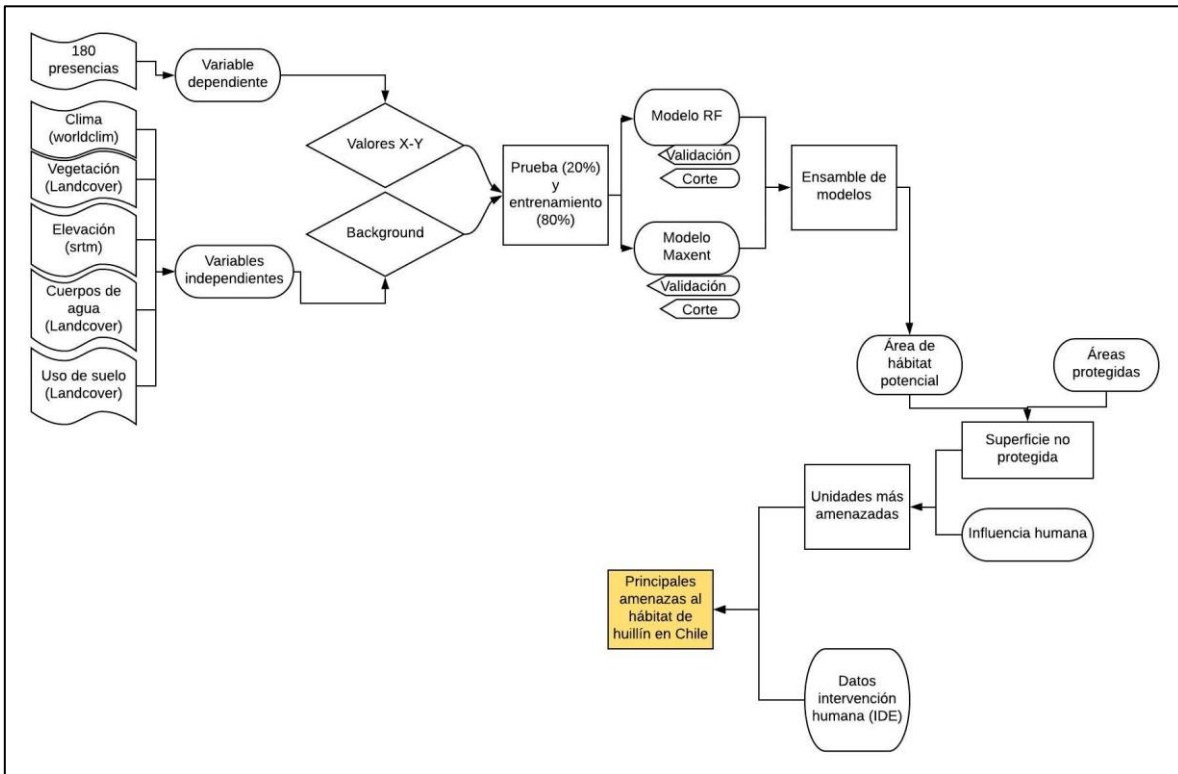
A continuación, se muestra -en síntesis- un esquema general de la metodología y los pasos que se realizaron en el marco de este estudio:

¹⁰ Infraestructura de datos geoespaciales. Ministerio de Bienes Nacionales [en línea] <http://www.ide.cl/index.php/informacion-territorial/descargar-informacion-territorial> [consulta: abril 2020].

¹¹ Servicio de Evaluación Ambiental. Proyecto sometidos al SEIA [en línea] <https://sig.sea.gob.cl/mapadeproyectos/> [consulta: abril 2020].

¹² Ministerio de Obras Públicas. Red caminera de Chile [en línea] <http://www.mapas.mop.cl/> [consulta: abril 2020].

Figura 4. Diagrama metodológico



3. RESULTADOS

3.1. Distribución potencial de huillín en el centro sur de Chile

Las dos técnicas desarrolladas obtuvieron buenos resultados, en relación a su AUC y a su relación y/o ajuste con las presencias de la especie (ver **Tabla 3**, **Figura 5** y **Figura 6**). Ambos modelos, tienen un AUC sobre los 0,9, siendo el más alto (aunque no significativamente), el obtenido para MX de 0,974.

Tabla 3. Rendimiento de los modelos y superficie

	RF	MX
AUC	0.9723	0.9747
Max TPR+TNR	0.6242	0.1141
Superficie	39.417 km ²	65.161 km ²

Una de las diferencias más significativas entre modelos resultó ser el valor Max TPR+TRN, que determina el umbral de corte para diferenciar presencias de ausencias. Esto implicó que el modelo RF resultara ser más conservador que MX, con una superficie de distribución potencial de la especie de 39.417 km², versus una superficie 65.161 km², para MX (ver **Tabla 3** y **Figura 7**).

En cuanto a la expresión espacial de los modelos, las diferencias más evidentes son dos: la primera es que, MX tiene un límite norte y este más extendido que RF, la segunda diferencia, es que RF restringe y ajusta mejor la distribución a cursos y cuerpos de agua, no así MX, que toma valores envolventes que abarcan superficies más alejadas de esta variable (ver **Figura 7**).

Figura 5. Modelos de distribución potencial de huillín de Random Forest (probabilidad de ocurrencia)

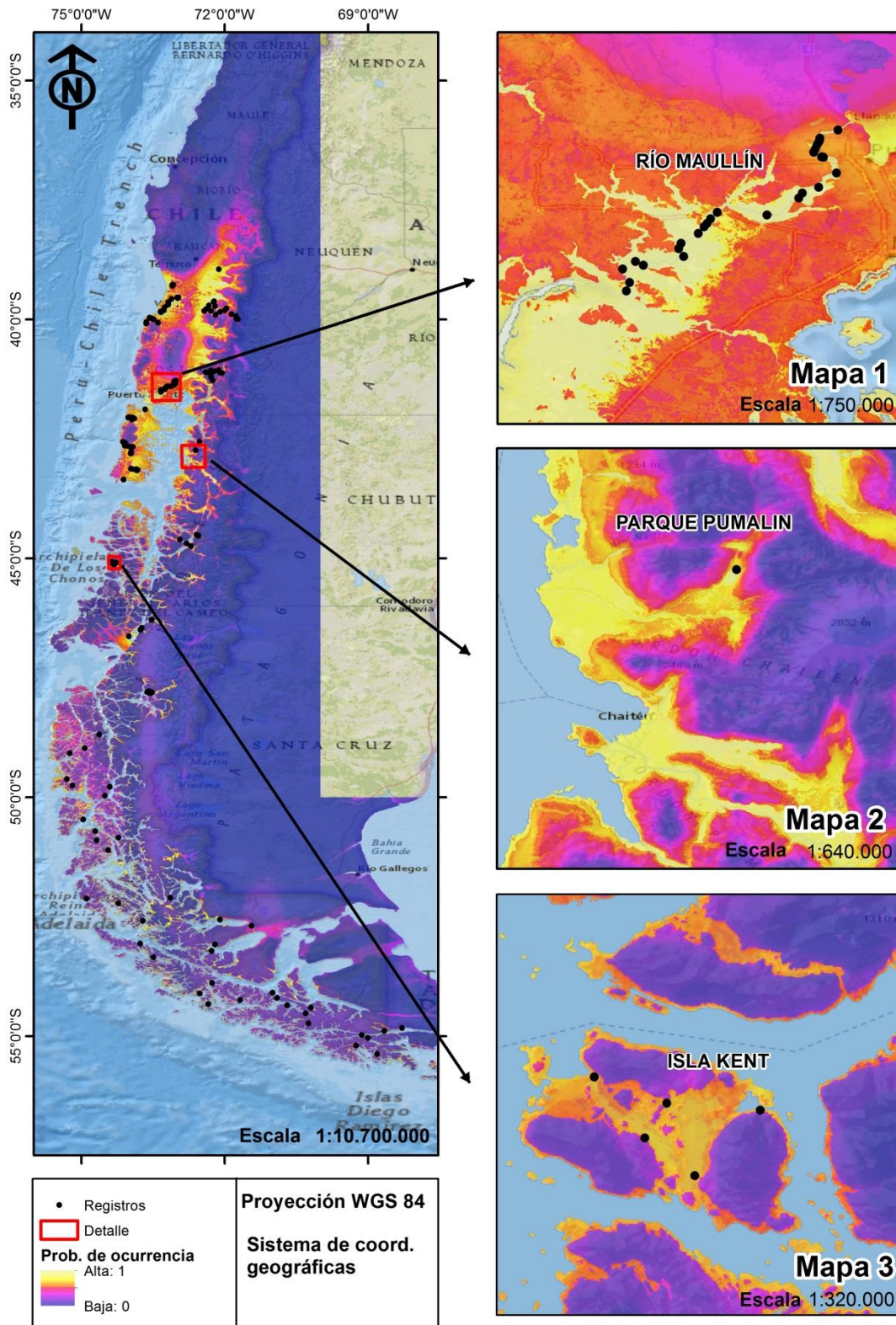


Figura 6. Modelos de distribución potencial de huillín de Maxent (probabilidad de ocurrencia)

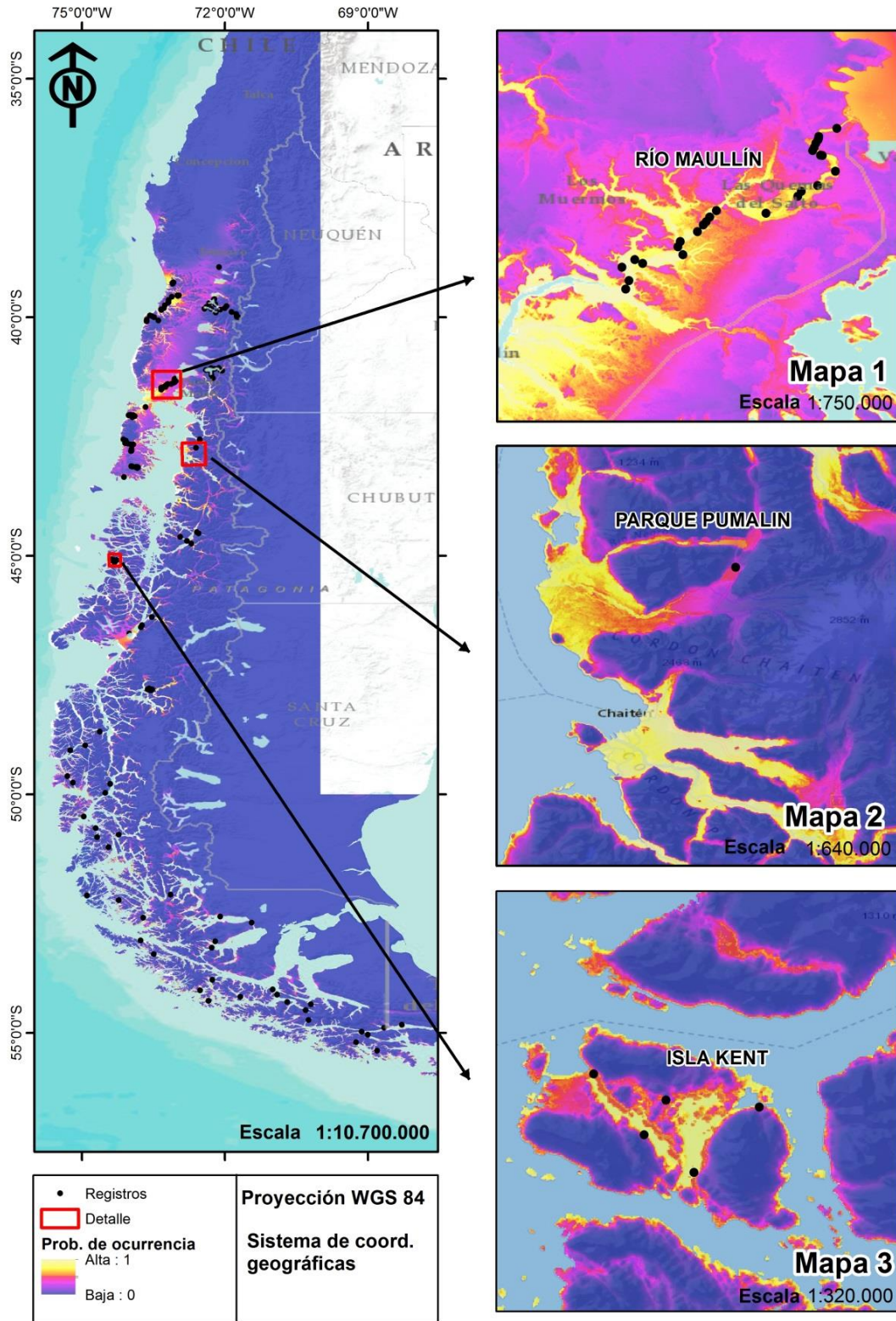
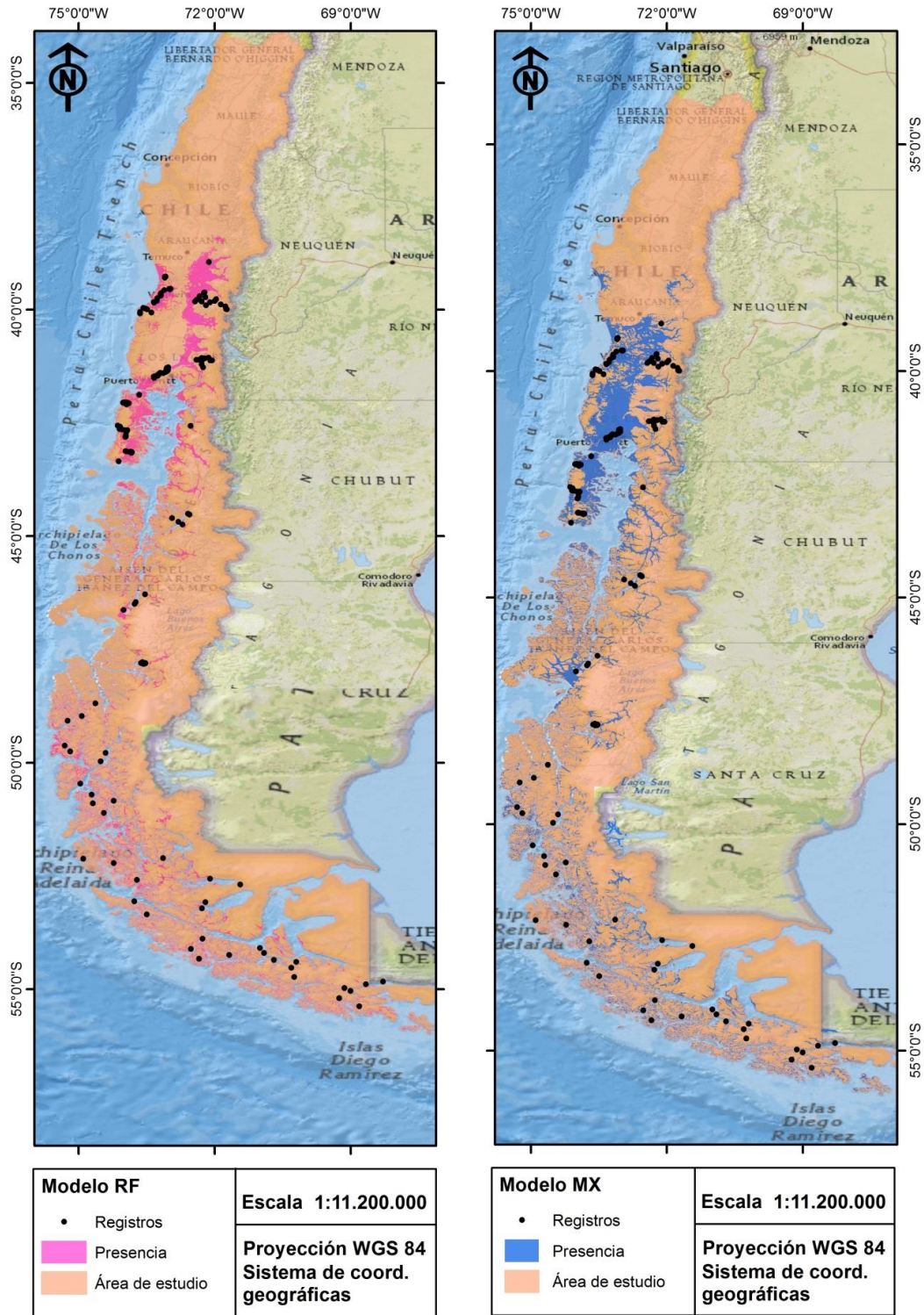


Figura 7. Modelos de distribución potencial de huillín (presencia/ausencia)



Tomando en consideración las diferencias en la expresión espacial de modelos, es que se realizó un ensamble entre ambos. El AUC resulto de 0.9735 y el umbral de corte de 0,3689, es decir, la probabilidad de presencia de la especie es sobre el 37% de los datos.

Tabla 4. Rendimiento modelo ensamblado

	AUC	Umbral de corte
RF	0.9723	0.6242
MX	0.9747	0.1141
Promedio	0.9735	-
Ecuación*	-	0.3689

*Ver en metodología

Considerando la mayor probabilidad de ocurrencia de la especie (>37%), se obtuvo una superficie de distribución potencial para huillín de 49.182 km², que corresponde a 11,7% del área total estudiada, que abarca desde la región de O'Higgins hasta Magallanes. Como se observa en **Figura 8** y **Figura 9** la mayor proporción de estas áreas se encuentra entre la región de la Araucanía y la región de Los Lagos, en el valle central y cordillera de la costa.

Se marca una clara diferenciación del uso del espacio por la especie. Hacia el centro norte hay predominio de ambientes de agua dulce en ríos y lagos, hacia el sur, ambientes costeros, los que –generalmente- se presentan en orientación este, en mar interior, en fiordos, canales y estuarios.

Figura 8. Modelo (ensamble) de distribución potencial de huillín (probabilidad de ocurrencia)

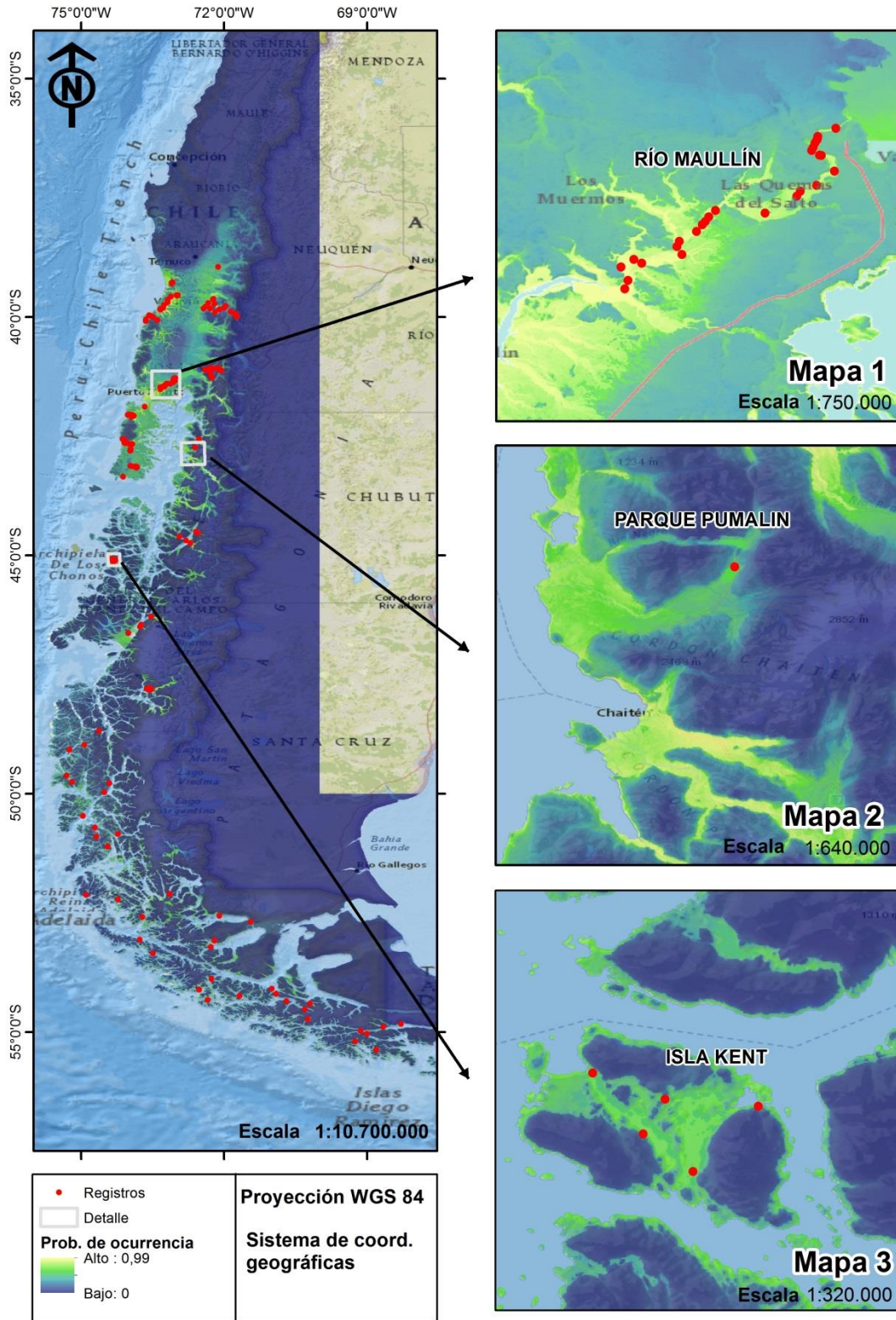
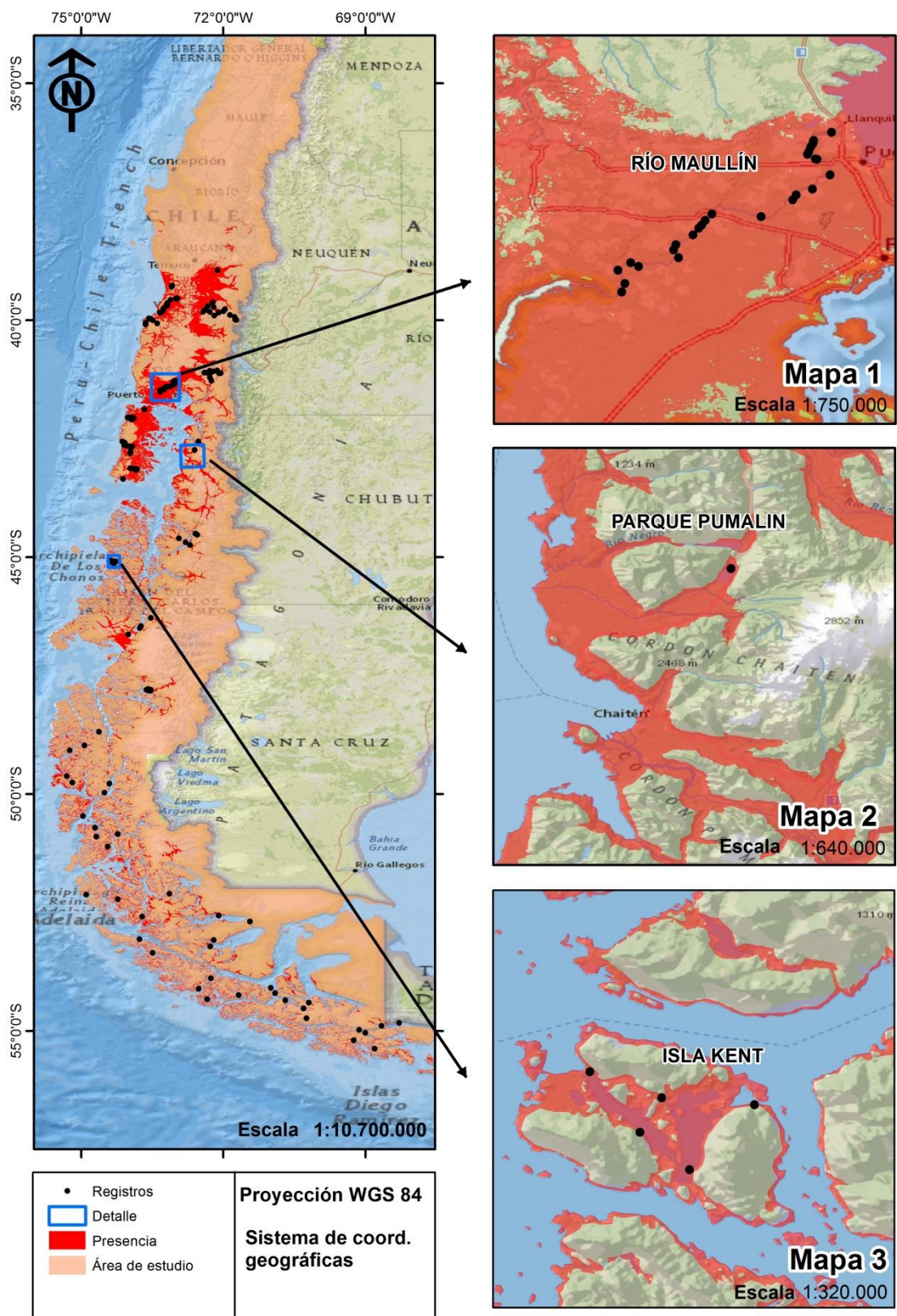


Figura 9. Modelo (ensamble) de distribución potencial de huillín (presencia/ausencia)



3.2. Hábitat potencial bajo amenaza

De la superficie total de distribución potencial para huillín, 35.745 km² corresponden a áreas no protegidas (ver **Figura 10**, **Gráfico 1** y detalle en **Tabla 5**), es decir, que están fuera de Parques Nacionales, Reservas Nacionales, Monumentos Nacionales, Parques Marinos, Reservas Marinas, Áreas de Manejo de Múltiples Usos y Sitios Ramsar, lo que equivale a un 73% del total.

Gráfico 1. Comparación de áreas protegidas y no protegidas de hábitat potencial de huillín

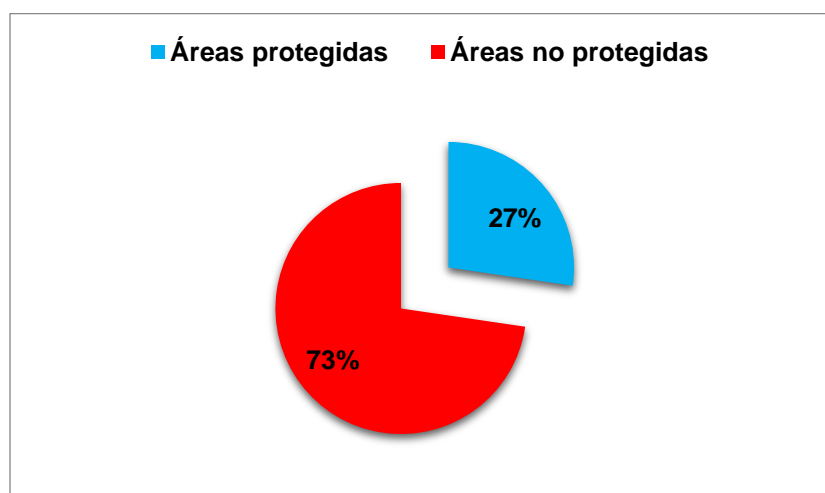


Tabla 5. Detalle hábitat no protegido

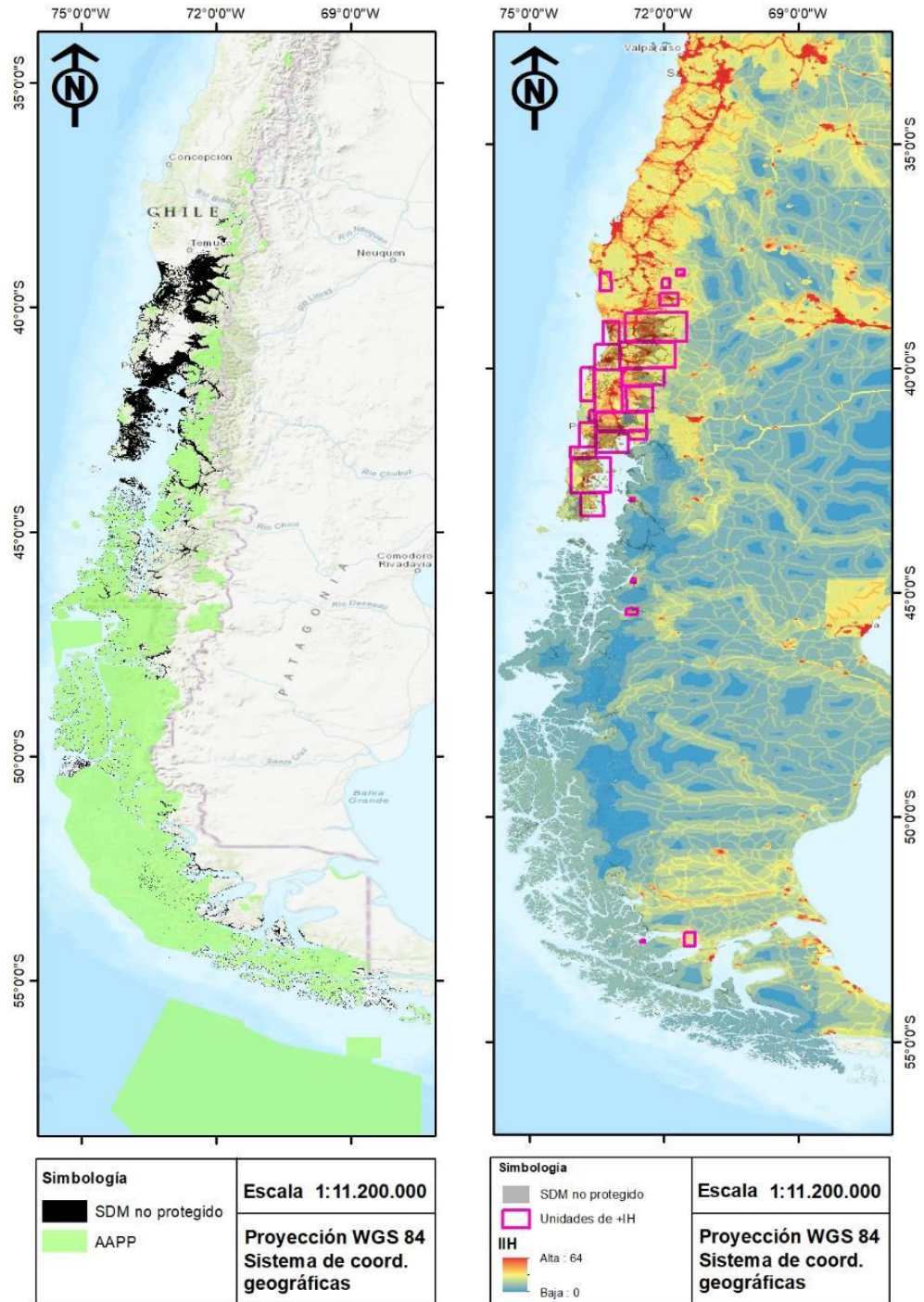
Superficie en km ²	Hábitat potencial no protegido		Total
	Dulceacuícola	Marino	
	26.336	9.409	35.745
%	73,7	26,3	100

*Se consideró como límite de ambientes los 44° LS.

En este escenario (sin protección), se identificaron 25 unidades donde hay mayor influencia humana, las que se distribuyen en mayor medida entre el sur de la región de Biobío hasta el sur de la región de Los Lagos (Quellón, en el sur de la isla de Chiloé), es decir el 88% de las unidades analizadas (ver **Figura 10**). Estas unidades se caracterizan por presentar distintos tipos de intervención, como cultivos, plantaciones forestales, áreas

de pastoreo, se localizarían próximas a asentamientos humanos y la vez, presentan red de caminos y embarcaciones.

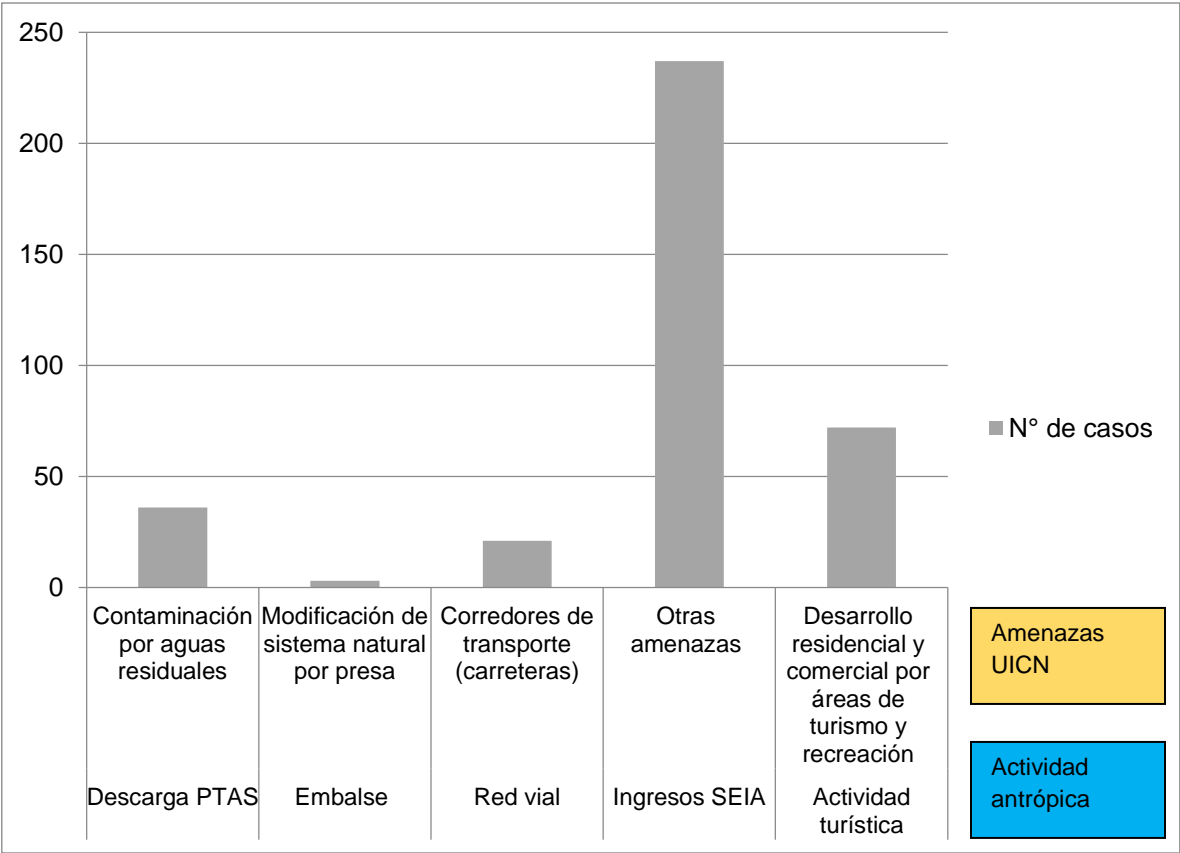
Figura 10. Unidades de mayor influencia humana para SDM huillín



En las unidades analizadas, se identificaron 369 actividades humanas que se cruzan con el hábitat potencial de huillín, las que corresponden a infraestructura (de tipo sanitaria, riego y vial), proyectos ingresados al SEIA aprobados, de tipo: centrales hidroeléctricas, pisciculturas, obras portuarias, drenaje, celulosas, extracción de áridos, emisarios submarinos, plantas de tratamiento de agua, plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos y usos turísticos (atractivos turísticos y complejos turísticos).

Las actividades con mayoría de casos corresponden a proyectos ingresados y aprobados en SEIA (64,23%), seguido por la actividad turística con un 19,51% de casos e infraestructura, la que se segrega en puntos de descarga de plantas de tratamiento de aguas servidas con 9,76%, red vial con 5,69 % y embalses de riego con 0,81% de casos. Las actividades antrópicas identificadas, se homologaron a las siguientes amenazas: i) contaminación por aguas residuales, ii) modificación de sistema natural por presa, iii) corredores de transporte (carreteras), iv) otras amenazas y, v) desarrollo residencial y comercial por áreas de turismo y recreación (ver **Gráfico 2**).

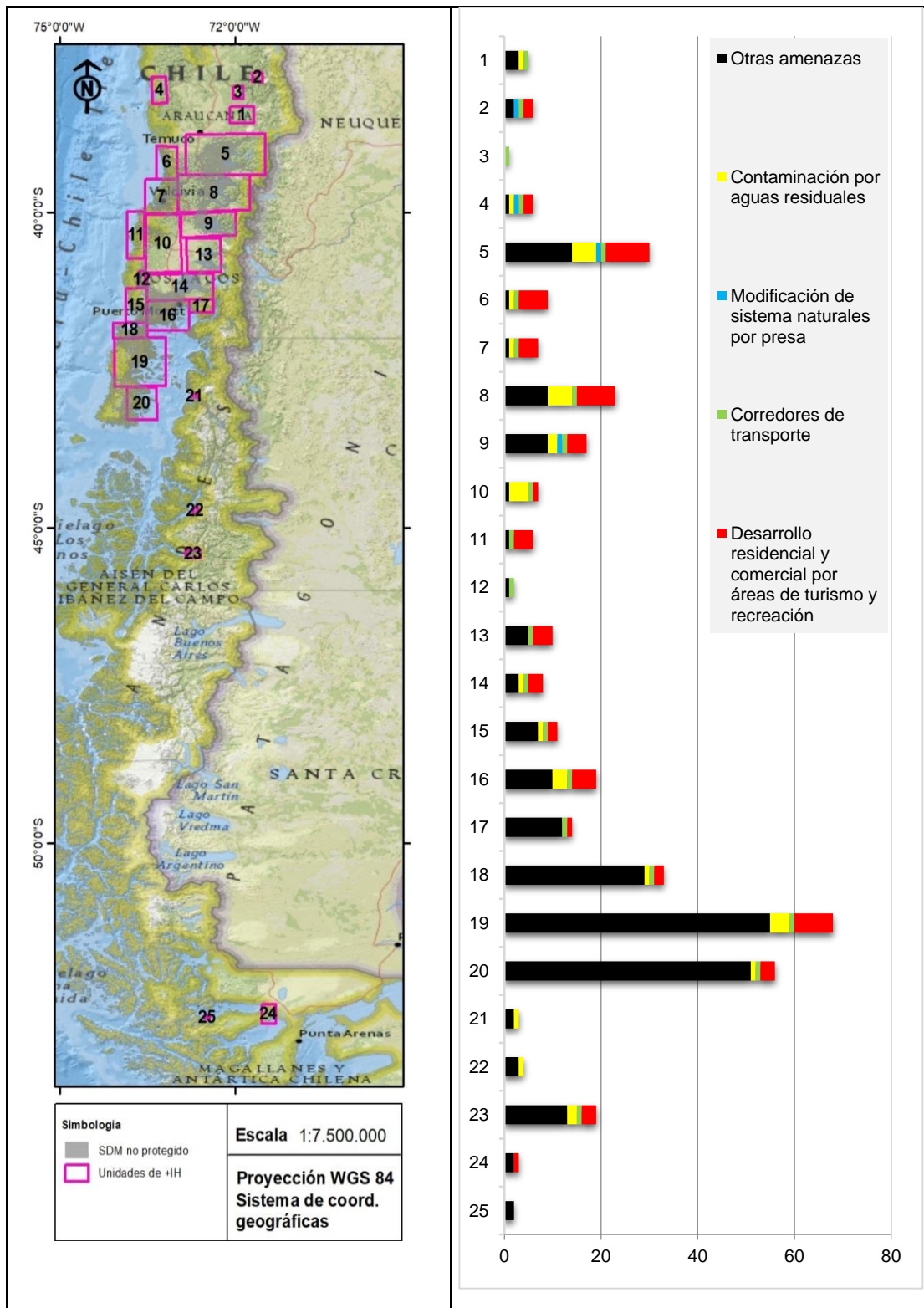
Gráfico 2. Tipo de intervenciones en el hábitat potencial de huillín



La mayoría de los casos analizados se encuentran entre las unidades 5, 8, 9, 16, 18, 19, 20 y 23 (ver **Figura 11**), en las regiones de la Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén. Son dos los tipos de amenazas que se presentan, en mayoría de casos, estas son “otras amenazas” (ingresos SEIA) y “desarrollo residencial y comercial por áreas de turismo y recreación”. Desde Alto Biobío a Lago Llanquihue (unidad 1 a 14) se presenta cierto equilibrio entre estas actividades, no así desde la unidad 15 hacia el sur (desde el Río Maullín), donde siempre fue mayoría la presencia de “otras amenazas” (proyectos ingresados y aprobados en el SEIA).

En relación con las otras actividades, la amenaza por modificación de sistema natural por presa, se encuentra restringida al norte del área de estudio. Las amenazas por contaminación de aguas residuales y por corredores de transporte, se encuentran presentes de forma constante en casi todas las unidades, siempre que haya asentamientos humanos presentes (ver **Figura 11**).

Figura 11. Actividades identificadas en las unidades de mayor influencia humana



*Eje x en gráfico corresponde a N° de actividades presentes en el territorio-maritorio y eje y, a la unidad de mayor influencia humana (representada en figura de la izquierda).

En relación a otras amenazas, como ya se ha mencionado, corresponde a proyectos ingresados y aprobados en el SEIA, en su mayoría, corresponden a declaraciones de impacto ambiental (el 98% de proyectos), es decir, proyectos que no declararon impactos significativos. Más del 80% corresponden a proyectos de producción de salmones, algas y moluscos, seguido en menor proporción por otros tipos de proyectos. En la tabla siguiente se indica el tipo de proyectos.

Tabla 6. Tipos de proyectos ingresados al SEIA en el hábitat potencial de huillín

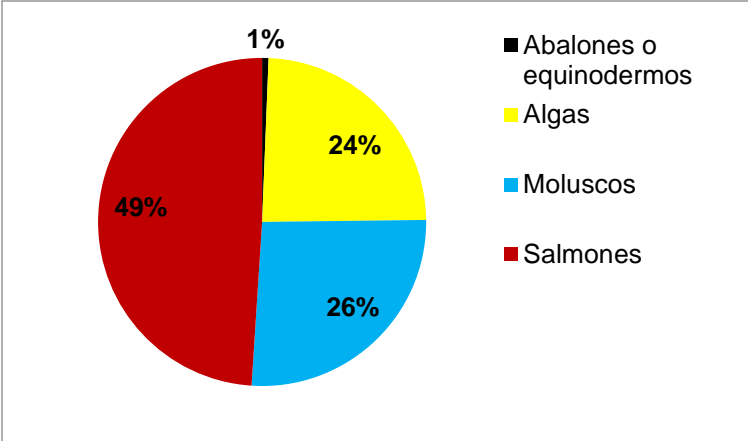
Tipo de proyecto	%	N°
Camino costero	0,4	1
Celulosa	0,4	1
Centrales hidroeléctricas	1,2	3
Drenaje-desección	1,2	3
Emisario submarino	0,8	2
Extracción de áridos	0,8	2
Instalación fabril	0,4	1
Líneas eléctricas	0,4	1
Obras portuarias	0,8	2
Pesqueras industriales	0,4	1
Plantas de tratamiento de residuos industriales	0,8	2
Plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos	2,1	5
Pozos	0,4	1
Producción de salmones, algas y/o moluscos	81	192
Servicios turísticos	3,4	8
Sistema de tratamiento de aguas servidas	3,4	8
Sistema de tratamiento de residuos industriales	2,1	5

Los proyectos de producción de salmones, algas y moluscos se repiten y presentan en la mayoría de los casos desde las unidades 13 a la 25 (87,5%). Hacia el norte, se presentan pisciculturas en ríos y sus desembocaduras, hacia sur, desde la unidad 19, se restringen al ambiente marino, en canales, estuarios y fiordos.

Considerando que esta actividad es porcentualmente mucho mayor que las otras identificadas, se analizaron las concesiones acuícolas en el hábitat potencial no protegido. Se identificó una superficie de 10,07 km² de concesiones acuícolas, donde un 1% corresponde al cultivo de abalones o equinodermos (erizos), el 24% corresponde a cultivo

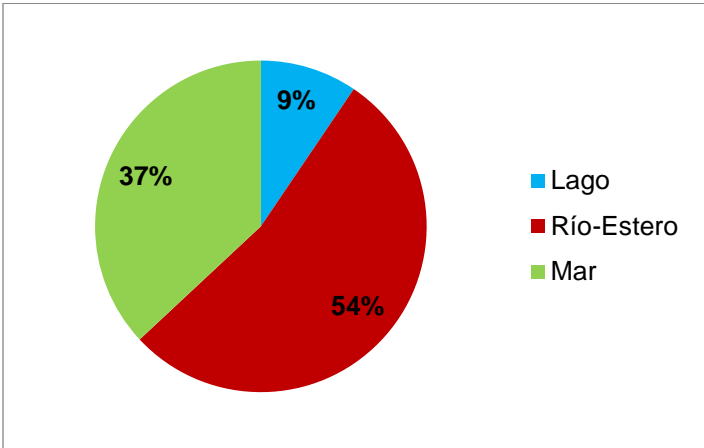
de algas (pelillo), el 26% al cultivo de moluscos (chorito, choro, ostión de Chiloé, ostión del norte, ostión del sur, ostión patagónico, ostra chilena, ostra del pacífico, abalón rojo y cholga) y el 49% al cultivo de salmones (salmón cereza, atlántico, keta, plateado, rey, rosado, trucha arcoíris, trucha café, trucha de arroyo y trucha de montaña) (ver **Gráfico 3**).

Gráfico 3. Tipos de cultivos en el hábitat potencial no protegido



En relación al ambiente donde se encuentran las concesiones, un 54% se encuentra en ríos o esteros, un 37% en mar (canales, fiordos, bahías, desembocaduras, islas) y un 9% en lagos o lagunas.

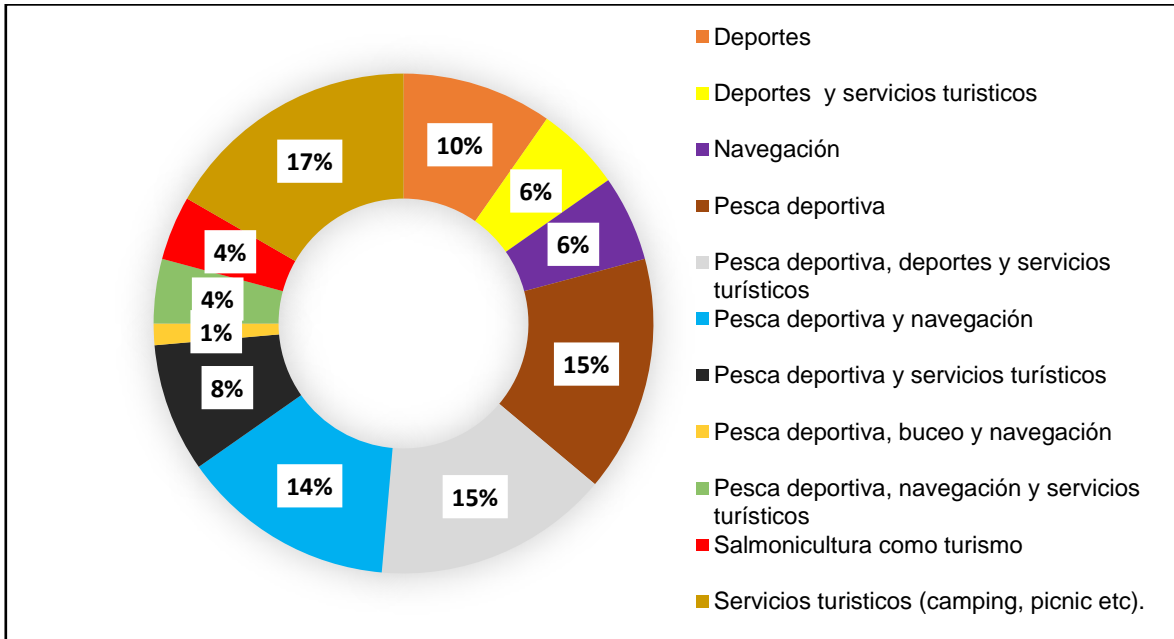
Gráfico 4. Concesiones acuícolas según ambiente



La segunda amenaza de mayor presencia en el hábitat potencial, fue la de “desarrollo residencial y comercial por áreas de turismo y recreación”, en esta, la mayoría de los casos registrados correspondieron a pesca recreativa (ver **Gráfico 5**). Es importante

precisar, que muchos de los lugares identificados comparten más de una actividad turística, por ejemplo, hay lugares donde se realiza pesca, navegación por el río, deportes y además hay servicios turísticos. No obstante esto, siempre la actividad que más se repitió fue la pesca.

Gráfico 5. Actividades turísticas en las áreas de mayor influencia humana



*Deportes: kayak y rafting; Pesca deportiva: pesca con mosca y artesanal recreativa; Navegación: recorridos en embarcaciones; Servicios turísticos: camping, pícnic e infraestructura turística (baños, puestos de comida, etc.); Salmonicultura: Como experiencia turística; Buceo: oferta de bautismo en buceo. Fuente: Atractivos turísticos registrados en SERNATUR.

4. DISCUSION

4.1. Modelación del hábitat potencial

El hábitat potencial predicho (ver **Figura 8**), se relaciona con las descripciones hechas para la especie. Autores como Chehébar *et al.* (1986), Medina (1996), Sielfeld & Castilla (1999), Medina & Chehébar (2000), Rodríguez-Jorquera y Sepúlveda (2011) y Sepúlveda *et al.* (2015) describen la distribución de huillín como restringida y marcada por una clara diferenciación desde la Península de Taitao hacia norte y sur.

El modelo predicho tiene una extensión para las poblaciones de agua dulce, desde los 38°LS en Alto Biobío hasta los 44°LS a la altura de Puerto Puyuhuapi (ver **Figura 8**),

distribución que por cierto se encuentra acotada hacia el interior del territorio continental, quedando restringida la cordillera de los andes y el sector costero en gran parte de la superficie. La distribución es desagregada y no continua, lo que puede compararse con lo señalado por Medina (1996), quien ha descrito que las direcciones de extinción de las poblaciones de agua dulce han ocurrido en sentido norte-sur, valle central-este y valle central-oeste (considerando su distribución histórica desde el río Cachapoal), quedando así una distribución de la especie más bien disjunta y desconectada entre sí.

El hábitat potencial marino, se distribuye desde los 44°LS hasta los 56°LS (Tierra del Fuego), se encuentra generalmente en áreas refugiadas a la exposición del viento, en exposición este (ver **Figura 8**), coincidiendo con lo descrito en Sielfeld & Castilla (1999) en Sepúlveda *et al.* (2015). Esta distribución potencial podría relacionarse con lo descrito por Sielfeld en Cassini y Sepúlveda, eds (2006), donde se explica la distribución de huillín en los canales de Magallanes, debido a: i) la baja productividad de las aguas continentales (causa por la que huillines prefieren el sistema estuarial marino), ii) la inexistencia de presión aguda por caza en los últimos años y, iii) la conservación en gran medida del paisaje original.

Por todo lo anterior y considerando distintas publicaciones sobre la especie, se puede determinar que la forma y alcance espacial del modelo de distribución potencial de este estudio, está directamente relacionado –al menos- con dos factores:

- i. Las fuertes presiones antrópicas a las que se ha visto expuesta la especie desde hace años (en ambientes de agua dulce y marina), como la caza ilegal, destrucción, modificación y contaminación del hábitat (Medina 1996; Sielfeld & Castilla, 1999; Medina-Vogel *et al.*, 2003) y;
- ii. Los requerimientos ecológicos, como:
 - Disponibilidad de presas: macro crustáceos principalmente para las poblaciones de agua dulce, aunque también algunos peces de forma secundaria (Sepúlveda *et al.*, 2009; Rodríguez-Jorquera y Sepúlveda, 2011), peces y crustáceos para poblaciones marinas (Sielfeld & Castilla, 1999).
 - Disponibilidad de refugios: ríos complejos estructuralmente y con abundante vegetación para las poblaciones de agua dulce (Chehébar *et al.*, 1986; Medina-Vogel *et al.*, 2003) y áreas costeras con presencia de roqueríos, abundante

vegetación y refugiadas del viento para las poblaciones marinas (Sielfeld & Castilla, 1999).

Al considerar los requerimientos antes señalados, se puede inferir que la conservación de la especie implicaría también mantener los ambientes acuáticos y ribereños, por esta razón, el huillín ha sido considerado como una especie “paraguas” (Medina & Chehébar, 2000; Cassini y Sepúlveda, 2006). Realizar acciones de conservación para el huillín implicaría la conservación de los ambientes donde habita y áreas adyacentes, ya que requiere de una oferta adecuada de peces, crustáceos y otras presas, riberas con vegetación en donde encontrar refugio y un ambiente libre de contaminación (Medina & Chehébar, 2000).

Es interesante en este modelo como se refleja el uso de recursos por huillín, dibujando claramente el hábitat potencial para poblaciones de agua dulce y marina desde los 44°LS hacia el norte y sur. Más interesante aún es la coincidencia con los registros conocidos de la especie, lo que valida las variables independientes integradas -todas obtenidas desde estudios sobre la especie (Sepúlveda *et al.*, 2009; Sepúlveda *et al.*, 2007; Medina, 1998 y Medina-Vogel *et al.*, 2003).

El modelo predicho, es resultado de la combinación de las variables independientes, por lo tanto, la superficie y distribución adquirida en la modelación se configura a partir de la posición altitudinal, las características físicas, biológicas y la influencia humana, todas variables indicadas por los autores antes citados, como relevantes para la presencia de huillín en sus distintos ambientes. Ahora bien, el hábitat potencial predicho no es restrictivo a las cursos y cuerpos de agua en las poblaciones de agua dulce, ya que su extensión tiene un alcance más amplio de lo que huillín se mueve fuera del agua (según lo descrito en Sepúlveda *et al.*, 2007), aunque sí, es restringida al sector costero para las poblaciones marinas. Esto responde a las variables utilizadas y a la capacidad discriminativa de los modelos utilizados, por esta razón es que se decidió ensamblar dos técnicas: Random Forest y MaxEnt, ambas descritas como de buenos resultados (Plischoff & Fuentes-Castillo, 2011; Mateo *et al.*, 2011). El objetivo del ensamble (o método de consenso) fue disminuir la incertidumbre de los modelos y aumentar la precisión de la predicción, tal como lo han señalado Marmion *et al.*, 2009. Si bien, este método restringió los resultados del hábitat potencial predicho, aun así, no acotó su distribución estrictamente a los cursos y cuerpos de agua dulce, lo que puede explicarse por lo planteado por Mateo *et al.* (2011), que indica limitaciones en los SDM, debido a que la

naturaleza es compleja y heterogénea, donde hay mecanismos espacio temporales difíciles de representar y predecir.

La distribución de especies responde a procesos complejos donde las relaciones bióticas tienen gran influencia (Mateo *et al.*, 2011). En este estudio la única variable biótica considerada fue la cobertura de vegetación. Esta se incluyó, considerando que en la cuenca del río Queule y Toltén, la presencia de cobertura semidensa de vegetación en el área ripariana de los cursos de agua, se relaciona con la presencia del huillín y su principal alimento (Sepúlveda *et al.*, 2009). Así también para las poblaciones marinas, Siedfeld & Castillo (1999) han descrito que huillín prefiere áreas con abundante vegetación.

Las variables del modelo, elevación y temperatura, son abióticas, pero se incluyeron como un indicador de la presencia de alimento para huillín. Sepúlveda *et al.*, 2009, describen una relación entre estas variables y el tipo de dieta de huillín (más *Aegla spp.* en partes altas y *Samastacus spinifrons* partes más bajas) en la cuenca de río Queule y Toltén en la región de Araucanía. Por lo que la dieta del huillín varía según la disponibilidad de presas en el territorio.

Sin embargo lo anterior y considerando que la oferta de alimento es relevante en la presencia de la especie, sería interesante mejorar el modelo predicho de este estudio, por medio de la integración de mapas de distribución (como variable independiente) de las principales presas en los ambientes donde se encuentra el huillín (marino y agua dulce). Esto, restringiría y mejoraría la escala de los resultados de la predicción.

4.2. Modelo predicho y áreas protegidas

Las áreas protegidas en el área de estudio tienen una tendencia muy clara en su distribución espacial. Estas aumentan en sentido norte-sur, quedando extensos vacíos de protección hacia el área costera e interior desde de la región de O'Higgins hasta la región de los Lagos (ver **Figura 10**). Los sectores de mayor protección se encuentran en la zona de la cordillera de los Andes en Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén, además de las zonas de fiordos y canales en Aysén y Magallanes. La zona austral del área de estudio, desde la región de Aysén al sur (desde Golfo del Corcovado aproximadamente), presenta una gran extensión de unidades de protección, de hecho, es una de las mejores representadas en Chile para ecosistemas terrestres y marinos (MMA, 2020). Lo anterior,

es un tema ya reconocido en otros estudios sobre áreas protegidas en Chile, donde se indica el desequilibrio en su distribución, así como los vacíos en representatividad de ecosistemas, sobre todo en zonas costeras del centro sur y áreas interiores en la zona central (Pliscoff & Fuentes-Castillo, 2011).

En relación con el hábitat potencial del huillín, las áreas protegidas corresponden solo al 27% del total, lo que demuestra una marcada desventaja para la conservación de la especie. En cuanto al 73% restante (hábitat no protegido), el 26,3% se encuentran desde los 44°LS al sur y el 73,7% desde los 44°LS al norte, es decir, la mayor amenaza (por no presentar protección) la tienen las poblaciones de agua dulce, hacia el norte de su distribución.

Siguiendo con el hábitat potencial no protegido, éste, se concentra en la parte costera e interior (valle central) desde la Araucanía hasta el Golfo del Corcovado, desde este punto hacia el sur, se restringe a la parte marina (canales y fiordos), no terrestre, ya que esta última, está ampliamente protegida por parques, reservas, áreas marinas costeras protegidas y algunos santuarios (MMA, 2020).

Hacia el norte del hábitat potencial (para poblaciones de agua dulce), hay escasez de protección legal en sectores costeros y en el valle central, donde hay registros de la especie. Esto ya ha sido planteado por otros autores (Sepúlveda *et al.*, 2007), quienes identificaron en la cuenca del río Queule y Toltén, hay un contraste entre la distribución de huillín con la presencia de parques y reservas nacionales, ya que estos, se presentan en las partes altas de las cuencas donde no se registra la especie ni su presa. De hecho, la modelación hecha por los autores tiene resultados similares a este estudio, ya que presenta una distribución marcada en la cordillera costera y en el valle central, precisamente donde no hay unidades de protección legal. Estas áreas están dentro de la sección del país (30 y 40°LS) que ha presentado una de las mayores transformaciones del paisaje (Arroyo *et al.*, 2004), quedando así remanentes de ecosistemas que hoy no están protegidos.

El área sur del hábitat potencial predicho (para poblaciones marinas), presenta grandes extensiones de unidades protegidas desde el Golfo del Corcovado al sur, no obstante esto, los límites no siempre incluyen aguas exteriores (no en toda su extensión), por lo que en fiordos y canales existen actividades antrópicas, sobre todo destinadas a la producción acuícola. Lo anterior, ya ha sido reconocido en otros estudios, de hecho,

trabajos en la isla Kent en la región de Aysén, han recomendado frenar el ejercicio de la acuicultura en aguas interiores como exteriores de la RN Las Guaitecas, sugiriendo que permanezcan solo aquellas concesiones otorgadas, de esta forma se busca proteger a lugares habitados por huillín (Bartheld, 2004).

4.3. Principales amenazas en el modelo predicho

Las actividades humanas identificadas en el modelo predicho corresponden principalmente a proyectos ingresados y aprobados en el SEIA, aunque también en las unidades al norte del río Maullín, tiene relevancia la presencia de actividades turísticas en yuxtaposición con el hábitat potencial.

Los proyectos ingresados al SEIA, son en su mayoría para producción acuícola. En este estudio no se tiene un número claro por tipo de cultivos, ya que usualmente los proyectos ingresados al SEIA para moluscos, peces y algas se encuentran en una misma causal de ingreso¹³. Por lo anterior, en el marco de este estudio, se revisaron antecedentes sobre las concesiones acuícolas vigentes, obteniendo que en su mayoría son para salmones, seguido de moluscos, algas y abalones. Este resultado, coincide con estudios realizados sobre el rubro¹⁴, donde se estima que la mayoría de estas actividades corresponden a cultivos de peces, ya que en Chile la mayor producción de la acuicultura corresponde a peces salmónidos, representando más del 80% del volumen de cosecha, destacando el salmón del atlántico, seguido por trucha arcoíris y el salmón coho.

Tanto para ambientes de agua dulce (García, 2018), como para el ambiente marino (Bushmann & Fortt, 2005), se han descrito como principales impactos de esta actividad, el escape de salmones desde centros de cultivos y la contaminación. En relación al escape incidental de peces, tendría una influencia directa sobre la cadena trófica en el ambiente, generando cambios en competencia, depredación y desplazamiento (Arismendi *et al.*, 2009). En relación a la contaminación, se ha descrito que alrededor de un 75% del nitrógeno, fosforo y carbono ingresado al sistema como alimento para salmones, se pierde como alimento no capturado, fecas y otros productos (Bushmann, 1996),

¹³ El cultivo de salmón, moluscos y algas ingresa al SEIA según lo indicado en el Artículo 3, letra n) del D.S. N°40/2012.

¹⁴ © FAO 2005-2020. National Aquaculture Sector Overview. Visión general del sector acuícola nacional - Chile. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. Texto de Norambuena, R. & González, L. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 1 January 2005. [Citado 3 July 2020].

acumulándose el fósforo en los sedimentos bajo las balsas jaula (Soto y Norambuena, 2004) y el nitrógeno en la columna de agua, contribuyendo a un mayor crecimiento de microalgas (Troell *et al.*, 1997 en Bushmann y Fortt, 2005). Lo anterior, determina que exista un impacto negativo en la biodiversidad (Bushman, 1996; Soto & Norambuena, 2004), ya que la incorporación de nutrientes al medio, causa cambios en la diversidad y desequilibrio en relaciones tróficas, incrementos de algas y quiebres en funciones ecosistémicas (Bushman y Fortt, 2005).

Para el caso de huillín, son escasos los estudios sobre los impactos y amenazas de esta actividad sobre la especie, no obstante esto, suelen coincidir con los impactos antes señalados. Un informe realizado por la Consultora Gesam en el año 2010 (no publicado), ha descrito como amenaza por cultivos de especies hidrobiológicas, la modificación y pérdida de ambientes altamente productivos, debido a los residuos de materia orgánica que se desprende al ambiente, como alimentos no digeridos y excrementos, los que disminuyen la calidad del fondo marino. A su vez, un informe de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2010, ha descrito los incidentes posibles y medidas de manejo a tomar en caso de captura o daño incidental de ejemplares de huillín en cultivos acuícolas. Entre ellos, se encuentra la posibilidad de muerte a causa de infecciones, lesiones por atropello, por atrapamiento en las balsas y ataque por animales domésticos. Todo lo anterior, deja entrever que la actividad acuícola corresponde a una amenaza para la especie, debido a que transforma su hábitat, por contaminación así como también por la presencia de balsas jaulas, que bloquean el libre desplazamiento. Si bien no hay estudios específicos sobre el impacto de estas actividades sobre el huillín, se pueden establecer que los efectos estudiados a modo general, pueden ser identificados como amenazas para la especie.

En el caso del turismo, la actividad que tienen mayor presencia en el hábitat potencial es la pesca recreativa, la que es definida por la Ley N° 20.256 como aquella que es *“realizada por personas naturales que tienen por objeto la captura de especies hidrobiológicas con aparejos de pesca de uso personal, sin fines de lucro para el pescador, con propósito de deporte, turismo o recreación”*. Se ha descrito entre los impactos de esta actividad a la contaminación, debido a los restos de embalajes e implementos de pesca, como señuelos, anzuelos o plomos los que pueden afectar el sustrato en que se deposita y la vida silvestre del área. La pérdida de hilo de pescar por ejemplo, implica un impacto ya que puede enredarse en animales y con ello, causar

lesiones e incluso la muerte (Forbes, 1986; Lewein, Arlinghaus y Mehner, 2006 en FAO 2012). Por otro lado, la presencia de embarcaciones con motor también genera contaminación química y por ruido (FAO, 2012). Junto a la contaminación, las áreas donde se realizan actividades de pesca están sujetas a transformaciones debido al aumento del tráfico de personas, lo que conlleva a la pérdida de vegetación y compactación del suelo (Mueller *et al.*, 2003; Andrés-Abellán *et al.*, 2005). También se ha encontrado que a pesar de que es una actividad solitaria puede generar molestias a la vida silvestre, sobre todo cuando son especies tímidas y sensibles a perturbación como *Lutra lutra* (Jefferies, 1987 en FAO 2012). En el caso del huillín no se han encontrado estudios específicos que relacionen y determinen los efectos de esta actividad, aunque sí se ha estudiado que la especie es tímida y suele presentarse en sitios de baja presencia humana (Cassini & Sepúlveda eds. 2006; Sepúlveda *et al.*, 2009), así que esta actividad es considerada también una amenaza.

En relación a la presencia de caminos, estos se presentaron en casi toda la superficie de hábitat potencial, siempre que existieran asentamientos humanos cercanos. Los caminos se presentaron paralelos a los cursos de agua, cuerpos de agua y costa, aunque también en muchos casos los atravesaron. Sepúlveda *et al.* (2009) identificaron este tipo de infraestructura como una que se relaciona negativamente con la presencia de huillín, aunque precisa que hay escasas evidencias de mortalidad por esta causa, por lo que sus efectos y amenazas serían indirectas y relacionadas con el deterioro de hábitat, mayor sedimentación de los cursos de agua y mayor acceso a las áreas donde se encuentra huillín, es decir mayor perturbación humana.

Una de las actividades -a juicio del autor de este trabajo- que más llama la atención es la presencia de puntos de descarga de aguas servidas de forma constante en el hábitat potencial predicho. Si bien, esta actividad tiene que ser evaluada ambientalmente y debe cumplir con parámetros en el tratamiento del agua antes de su descarga en los cursos y cuerpos de agua, se estima que es una amenaza, sobre todo al considerar que podría existir situaciones de contingencia que hagan que la operación de la planta falle y por ende se descarguen aguas en niveles no permitidos de contaminantes. Estudios específicos sobre los efectos de esta actividad sobre el huillín no han sido encontrados en el marco de este estudio, aunque sí, podría relacionarse con impactos descritos para esta

actividad, como cambios en nivel de caudal y presencia de contaminantes (tal como ha sido descrito en distintos estudios de impacto ambiental en Chile¹⁵).

Todas las actividades y sus amenazas antes descritas, fueron identificadas en el hábitat potencial de huillín. Así también fueron identificadas en puntos donde hay registros de la especie, dejando entrever que huillín tiene cierta tolerancia a la perturbación humana, aunque esto no es objeto de este estudio.

5. CONCLUSIONES

Se obtuvo un hábitat potencial para huillín de 49.183 km², el que se extiende desde los 38°LS en Alto Biobío hasta los 44°LS para ambientes de agua dulce (ríos y lagos) y; desde los 44°LS a la altura de Puerto Puyuhuapi hasta los 56°LS en Tierra del Fuego, en ambiente marino (estuarios, fiordos y canales).

Del total de hábitat potencial, un 73% de superficie no está protegida, es decir que no se encuentra dentro de las categorías de Parque Nacional, Reserva Nacional, Monumento Nacional, Parque Marino, Reserva Marina, Área de Manejo de Múltiples Usos o Sitio Ramsar. En este territorio-maritorio no protegido, el 26,3% se encuentra en ambiente marino y el 73,7% en ambientes de agua dulce. En esta superficie (no protegida) de 35.745 km², se identificaron 25 áreas de mayor influencia humana, las que se concentran en su mayoría entre el sur de la región de Biobío y el sur de la región de Los Lagos, es decir el 88% de las unidades.

En estas unidades, se identificaron 369 coincidencias entre el hábitat potencial y actividades antrópicas, estas son de tipo: proyectos ingresados y aprobados en el SEIA, mayormente cultivos acuícolas (64,23%), actividades turísticas (19, 51%) e infraestructura de riego, vial y sanitaria (16,26%). La mayoría de casos se encuentra en las regiones de la Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén. Desde Alto Biobío hasta el Lago Llanquihue hay cierto equilibrio entre la actividad turística y los proyectos ingresados al SEIA, no así desde el río Maullín al sur, donde sobresalen los proyectos ingresados y aprobados en el

¹⁵ Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental [en línea] <https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php> [consulta: mayo 2020].

SEIA (principalmente cultivos acuícolas) por sobre otro tipo de actividades. En cuanto a la infraestructura vial y sanitaria (descargas de plantas de tratamiento de aguas servidas), estas actividades se encuentran casi en todas las unidades analizadas, siempre que existan asentamientos humanos cercanos.

Conforme a las actividades antes señaladas, las amenazas identificadas para el hábitat potencial de huillín tienen una clara diferenciación espacial. Hacia el norte del río Maullín son a propósito de los cultivos acuícolas en ríos, lagos y desembocaduras, así como también debido a la presencia de la actividad turística de pesca deportiva (la que tuvo mayoría de casos). Hacia el sur del río Maullín la principal amenaza es la actividad productiva acuícola, realizada en canales, fiordos y desembocaduras. En términos del tipo de cultivo, para ambos ambientes, la mayor proporción de esta actividad, es para reproducción y engorda de salmones, seguido por moluscos, algas y erizos. En términos espaciales, la mayoría de las concesiones estudiadas se encuentran en ríos y esteros, seguidas por mar y lagos. En relación a la presencia de caminos (corredores de transporte) y descargas de aguas servidas (contaminación por aguas residuales), fueron identificadas como amenazas para la especie, tanto en ambientes de agua dulce como marinos, a lo largo del toda el área de estudio.

Por lo anterior, se puede concluir de forma general que la mayor amenaza para el hábitat potencial de huillín en áreas no protegidas es la transformación y contaminación por la producción de salmones, sobre todo para las poblaciones de agua dulce, en el norte de su rango de distribución.

Según los resultados antes descritos, se espera que el modelo de hábitat potencial y la identificación de amenazas (propósito de este estudio), puedan ser útiles para la conservación de la especie, en el sentido que proporciona un marco espacial para dirigir muestreos y ampliar (talvez) los registros de la especie. Además, entrega un dato práctico y concreto (límites espaciales del modelo), que permitirá exigir y fortalecer las evaluaciones ambientales de proyectos que se encuentren en el hábitat potencial. Por último, identifica las principales actividades antrópicas que son una amenaza para la especie, las que debiesen estar consideradas en futuros planes de conservación y gestión territorial.

6. BIBLIOGRAFIA

- Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G., & Parra, O. (2009). Cambio de uso de suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural*, 82(3): 361-374.
- Andres-Abellán, M., Del Alamo, J., Landete-Castillejos, T., López-Serrano, F., García-Morote, F., & Del Cerro-Barja, A. (2005). Impactos of visitors on soil and vegetation of the recreational area "Nacimiento del Río Mundo" (Castilla-La Mancha Spain). *Environmental Monitoring and Assessment*, 101(1-3):55-67.
- Arismendi, I. (2009). *The succes of non-native salmon and trout in southern Chile: human, environment and invader dimensions in conceptual model of biological invasion processes*. Valdivia: Tesis doctoral, Universidad Austral.
- Armesto, J., Rozzi, R., Smith-Ramírez, C., & Arroyo, M. (1998). Conservation targets in South American temperate forest. *Science*, 282:1271-1272.
- Barbosa, A., Real, R., Olivero, J., & Vargas, J. (2003). Otter (*Lutra lutra*) distribution modelling at two resolution scales suited to conservation planning in the Iberian Peninsula. *Biology Conservation*, 114,377-387.
- Bartheld, J. L. (2004). *Conservación de la biodiversidad en el sector priorizado de isla Kent*. Litoral Austral Ltda.
- Beaumont, L., Gallagher, R., Thuiller, W., Downey, P., & Leishman, M. (2009). Different climatic envelopes among invasive populations may lead to underestimations of current and future biological invasions. *Diversity and Distribution*, 15:409-420.
- Becerra-López, J., Romero-Méndez, U., Ramirez-Bautista, A., & Becerra-López, J. (2016). Revisión de las técnicas para el modelado de la distribución de las especies. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 5(7):1514-1525.
- Buschmann, H., & Fortt, A. (2005). Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Ambiente y Desarrollo*. Vol 20.
- Buschmann, A.H., D.A. López y A. Medina (1996). A review of the environmental effects and alternative production strategies of marine aquaculture in Chile. *Aquacultural Engineering* 15: 397-421.
- Cardillo, M., Purvis, A., Sechrest, W., Gittlemen, J., Bielby, J., & Mace, G. (2004). Human population density and extinction risk in the World's carnivores. *PLoS Biol.*, 2, 909-914.
- Cassini, M., & Sepúlveda, M. (2006). *El Huillín Lontra provocax: Investigaciones sobre una nutria patagónica en peligro de extinción*. Buenos Aires: Serie Fauna Neotropical 1, Publicación de la Organización PROFAUNA.

- Chehébar, C. (1985). A survey of the southern river otter *Lutra provocax* Thomas in Nahuel Huapi National Park, Argentina. . *Biological Conservation*, 32: 299-307.
- Chehébar, C., Gallur, A., Giannico, G., Gotelli, M., & Yorio, P. (1986). A survey of the southern river otter *Lutra provocax* in Lanin, Puelo and Los Alerces National Parks, Argentina and an evaluation of its conservation status. *Biological Conservation*, 38: 293-304.
- Dodd, L., & Pepe, M. (2003). Partial AUC estimation and regression. *Biometrics*, 59:614-623.
- Early, R., Anderson, B., & Thomas, C. (2008). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Journal of Applied Ecology*, 45:228-238.
- Echeverría, C., Coomes , D., Salas , J., Rey-Benayas, J., & Lara, A. (2006). Rapid deforestation and fragmentation of chilean temperate forest. *Biological Conservation* , 130:481-494.
- Elith, J., & Leathwick, R. (2009). Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Evolution and Systematics*, 40:1,677- 697.
- FAO. (2012). *Recreational Fisheries*. Roma.
- Felisimo, A., Munoz, J., Villalba, C., & Mateo, R. (2011). *Análisis de impactos y vulnerabilidad de la flora y vegetación españolas ante el cambio climático*. Madrid, España.
- Forbes, I. (1986). The quantity of lead shot, nylon fishing line and other litter discarded at a coarse fishing lake. *Biological Conservation*, 38:21-34.
- García, R. (2018). *Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue para el periodo 1995-2015, Región de Los Lagos*. Santiago.
- Gay, C. (1847). *Historia física y política de Chile. Zoología, Tomo I*. París: Maulde y Renou.
- Gesam Consultores. (2010). *Metodología de estudio de huillín e impactos sobre la especie en proyectos sometidos a Estudios de Impacto Ambiental*.
- Guisan, A., & Zimmermann, N. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135:147-186.
- Hauenstein, E., Gonzáles, M., Pena-Cortes, F., & Muñoz-Pedrerros, A. (2005). Diversidad vegetal en humedales costeros de la Región de la Araucanía. *En Historia Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile*, 197-205.
- Herborg, L., O'Hara, P., & Therriault, T. (2009). Forecasting the potential distribution of the invasive tunicate *Didemnum vexillum*. *Journal of Applied Ecology*, 46:64-72.

- Hijmans, R., Cameron, J., Parra, L., Jones, G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25:1965-1978.
- Iriarte, A., & Jaksic, F. (2012). *Los Carnívoros de Chile*. Santiago: Ediciones Flora & Fauna Chile y CASEB. P.U. Católica de Chile.
- Kadmon, R., Farber, O., & Danin, A. (2003). A systematic analysis of factors affecting the performance of climatic envelope models. *Ecological Applications*, 13:853-867.
- Lewin, W., Arlinghaus, R., & Mehner, T. (2006). Documented and potential biological impacts of recreation fishing: Insights for management and conservation. *Reviews in Fisheries Science*, 14:305-367.
- Liu, C., Berry, P., Dawson, T., & Pearson, R. (2005). Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28:385-393.
- Mackey, B., & Lindenmayer, D. (2001). Towards a hierarchical framework for modelling the spatial distribution of animals. *Journal of Biogeography*, 28:1147-1166.
- Marcovecchio, J. & Freije, H. (2004) Efectos de la intervención antrópica sobre sistemas marinos costeros: el estuario de Bahía Blanca; Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires, 115-132.
- Marmion, M., Luoto, M., Saarimaa, M., & Heikkinen, R. (2009). Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modeling. *Diversity and Distribution*, 15(1):59-69.
- Mateo, R., Felícimo, A., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84: 217-240.
- Medina, G. (1996). Conservation and status of *Lutra provocax* in Chile. *Pacific conservation biology*, 2: 414-419.
- Medina, G. (1998). Seasonal variations and changes in the diet of southern river otter in different freshwater habitats in Chile. *Acta Theriologica*, 43(3), 285-292.
- Medina, G., & Chehébar, C. (2000). *Propuesta de estudio y análisis de antecedentes para la selección de áreas prioritarias para la conservación de poblaciones de huillín en la ecoregión Valdiviana*. Valdivia.
- Medina, G., Bartheld, J., & Sepúlveda, M. (2004). El huillín o nutria de río: Antecedentes generales y bases para su conservación en las cuencas del río Toltén y Queule, IX Región. Chile: CODEFF-FZS.

- Medina-Vogel, G., Kaufman, V., Monsalve, R., & Gómez, V. (2003). The influence of riparian vegetation woody debris, stream morphology and human activity on the use of rivers by southern river otters in Lontra provocax in Chile. *Oryx*, 37:422-430.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2015). Las Áreas Protegidas en Chile. Santiago.
- MMA. (sábado de junio de 2020). *Registro Nacional de Áreas Protegidas*. Obtenido de <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiYmNmYjIwZDEtYmY1Ni00MmQ4LWEwOGl0WE5MTEZODNmZTA2IiwidCI6ImI3ODg1MTU1LTRhYzktNGQ0Zi1iYzg4LTJhNDRkMWJmJmEzYSIsImMiOjR9>
- Mueller, Z., Jakab, T., Toth, A., Devai, G., Szallassy, N., Kiss, B., & Horvath, R. (2003). Effects of sports fisherman activities on dragonfly assemblages on Hungarian river floodplain. *Biodiversity and Conservation*, 12:167-179.
- Parviainen, M., Marmion, M., Luoto, M., Thuiller, W., & Heikkinen, R. (2009). Using summed individual species models and state-of-the-art modelling techniques to identify threatened plant species hotspots. *Biological Conservation*, 142:2501-1509.
- Phillips, S., & Dudík, M. (2008). Modeling species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31, 161-175.
- Plissock, P. (2015). *Aplicación de los criterios de la UICN para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres en Chile. Informe técnico elaborado por Patricio Plissock para el MMA*. Santiago.
- Plissock, P., & Fuentes-Castillo, T. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía del Norte Grande*, 48: 61-79.
- Plissock, P., & Fuentes-Castillo, T. (2011). Representativeness of terrestrial ecosystems in Chile's protected area system. *Environmental Conservation*, 38 (3): 303-311.
- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso . (2010). *Elaboración de procedimientos para el rescate de especies hidrobiológicas*. Valparaíso.
- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. (2010). *Elaboración de procedimientos para el rescate de especies*. Valparaíso.
- Prasad, A., Iveron, L., & Liaw, A. (2006). Newer classification and regression tree techniques: Bagging and random forest for ecological prediction. *Ecosystems*, 9: 181-199.
- Quintana, V., Yáñez, J., & Valdebenito, M. (2009). Orden Carnívora. En A. M.-P. (ed), *Mamíferos de Chile* (págs. 193-230). Valdivia, Chile: Ediciones CEA.

- Reed, E. (1877). Apuntes de zoología de la Hacienda Cauquenes. *Anales de la Universidad de Chile*. Provincia de Colchagua, Chile.
- Richardson W.T., D., Pysek, P., Midgley, G., Hughes, G., & Rouget, M. (2009). Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale. *Global Change Biology*, 11: 2234-2250.
- Rodríguez-Jorquera, I., & Sepúlveda, M. (2011). Trophic spatial variation in the southern river otter (*Lontra provocax*) in freshwater habitats, Chile. Proceedings of Xth International Otter Colloquium, IUCN Otter Spec. Group Bull. **28A**: 70 - 75
- Sala, O., Chapín, F., Armesto, J., Berlow, E., & Bloomfield, J. (2000). Biodiversity-Global Biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287:1770-1774.
- Sepúlveda, M., Bartheld, J., Monsalve, R., Gómez, V., & Medina-Vogel, G. (2007). Habitat use and spatial behaviour of the endangered Southern river otter (*Lontra provocax*) in riparian habitats of Chile: conservation implications. *Biological Conservation*, 140 (3): 329-338.
- Sepúlveda, M., Bartheld, J., Meynard, C., Benavides, M., Astorga, C., Parra, D., & Medina-Vogel, G. (2009). Landscape features and crustacean prey as predictors of the Southern river otter distribution in Chile. *Animal Conservation*, 12:522-530.
- Sepúlveda, M., Valenzuela, A., Pozzi, C., Medina-Vogel, G., & Chehébar, C. (2015). *Lontra provocax*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T12305A21938042*.
- Sielfeld, W., & Castilla, J. (1999). Sielfeld, W., J.C. Castilla. 1999. Estado de conservación y conocimiento de las nutrias en Chile. *Estudios Oceanológicos*, 18: 69-79.
- Soberon, J., & Peterson, A. (2005). Townsend. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distribution areas. *Biodiversity Informatics*.
- Soria-Auza, R., Kessler, M., Bach, K., Barajas-Barbosa, P., & Lehnert, M. (2010). Impact of the quality of climate models for modelling species occurrences in countries with poor climatic documentation: A case study from Bolivia. *Ecological Modelling*, 221:1221-1229.
- Soto, D. & Norambuena, F. (2004). Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: a large-scale mensurative experiment. *Journal of Applied Ichthyology* 20: 493-501.
- Suski, C., & Cooke, S. (2007). Conservation of aquatic resources through the use of freshwater protected areas: opportunities and challenges. *Biodivers. Conserv.*, 16:2015-2029.
- IUCN. (2008). *Directrices para la Aplicación de las Categorías de Gestión de Áreas Protegidas*. Suiza: Publicaciones Gland.

- Williams, J., Seoc, C., Thorne, J., Nelson, J., & Erwin, S. (2009). Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. *Divertsity and Distribution*, 15:565-576.
- Woodroffe, R. (1998). Edge effects and the extinction of populations inside protected areas. . *Sience*, 280:2116-2128.
- Woodroffe, R., & Ginsberg, J. (2000). Ranging behaviour and vulnerability to extinction in carnivores. *Bhaviour and conservation*, 125-140.