



Plan Nacional de Conservación del Pudú (PNCP 2019)

Mapa de riesgo de pudú en Isla grande de Chiloé

Informe Técnico

Preparado para:

CECPAN, en el marco del Proyecto FPA: Contribuyendo a la Conservación del Pudú en la Provincia de Chiloé.

Autores:

María Paz Acuña

Diego Ocampo, Javiera Aguayo, Francisca Veliz, Antonia Ravanal

Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Adolfo Ibáñez

30 septiembre de 2025



Esta página se dejó en blanco intencionalmente

Referencia (autores en orden alfabético excepto por el director de proyecto)

Acuña, María Paz; Ocampo, Diego, Javiera, Francisca, Antonia (2025). Plan Nacional de Conservación del Pudú (PNCP 2019). Informe Final. Octubre 2025.

Créditos de las fotografías: María Paz Acuña.

Derechos de autor

En la medida permitida por la ley, todos los derechos están reservados y ninguna parte de esta publicación cubierta por derechos de autor puede reproducirse o copiarse de ninguna forma ni por ningún medio, excepto con el permiso por escrito de sus autores.

Identificación del proyecto

Entidad mandante	CECPAN en el marco del Proyecto FPA: Contribuyendo a la Conservación del Pudú en la Provincia de Chiloé
Nombre del contrato de prestación de servicios	Proyecto FPA: Contribuyendo a la Conservación del Pudú en la Provincia de Chiloé
Entidad ejecutora	Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Adolfo Ibáñez
Contraparte técnica de la entidad mandante	CECPAN – MARÍA CAROLINA RODRÍGUEZ HIDALGO
Fecha de inicio del contrato	28 de mayo 2025
Fecha de finalización del contrato	31 de octubre 2025
Director del proyecto	María Paz Acuña

Equipo de trabajo

Nombre	Rol en el equipo de trabajo
María Paz Acuña (MA)	Directora de proyecto, investigadora
Diego Ocampo	Investigador
Javiera Aguayo	Investigadora
Francisca Veliz	Investigadora
Antonia Ravanal	Investigadora
Alejandro Painecura (AP)	Seguimiento financiero
Alejandro Betancourth (AB)	Seguimiento financiero

Historial de revisión

Versión	Fecha de emisión	Preparada por	Revisado por	Aprobado por	Tipo de revisión
v.1.20250930	30/09/2025	MPA			

Distribución de copias

Versión	Emitido a: CECPAN
---------	-------------------

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

Contenido

1	Sobre este Documento.....	6
2	Contexto del Proyecto.....	6
3	Sobre el Proyecto	7
3.1	Objetivos del proyecto.....	7
3.2	Actividades y plazos de ejecución.....	8
4	Resumen Ejecutivo	10
5	Metodología: Análisis de Datos y Modelado	13
5.1	Recopilación y Preparación de datos.....	14
5.1.1	Datos de ocurrencia de pudú	14
5.1.2	Solicitud de acceso a información pública	0
5.1.3	Proceso participativo (encuestas y talleres).....	0
5.1.4	Variables ambientales y covariables de amenaza	0
5.2	Análisis y modelado	2
5.2.1	Modelos de distribución y riesgo	2
5.2.2	Evaluación del desempeño.....	3
5.2.3	Validación	3
5.2.4	Generación del mapa de riesgo.....	4
6	Resultados	4
6.1	Recopilación y preparación de datos.....	4
6.1.1	Encuesta	4
6.1.2	Talleres participativos.....	8
6.1.3	Datos y metadatos de variables usadas en el modelado	11
6.2	Modelo de vulnerabilidad, amenaza y riesgo.....	0
6.2.1	Modelo de vulnerabilidad (exposición).....	0
6.2.2	Modelo de amenaza	3
6.2.3	Modelo de riesgo.....	7
7	Conclusiones.....	10
8	Referencias.....	11
9	Figuras	14
10	Tablas	15
11	ANEXOS	17
11.1	Registro de solicitudes Lay Transparencia	17

11.2	Información secundaria. Revisión de literatura científica.	0
11.3	Encuesta: Amenazas y Conocimiento sobre el Pudú (<i>Pudu puda</i>) en Chiloé	3
11.4	Minutas reuniones - Talleres	¡Error! Marcador no definido.

1 Sobre este Documento

Este documento corresponde al informe técnico derivado del contrato de prestación de servicios profesionales suscrito entre el Centro de Estudio y Conservación del Patrimonio Natural (CECPAN) y la Universidad Adolfo Ibáñez, firmado el 28 de mayo de 2025. El objetivo específico de este encargo es la elaboración de **un mapa de riesgo para la conservación del Pudú (*Pudu puda*)** en la provincia de Chiloé, Región de Los Lagos, como insumo técnico y estratégico para apoyar procesos de planificación territorial y conservación de biodiversidad.

En lo particular, el informe sistematiza un mapa de riesgo para la conservación del Pudú (*Pudu puda*) en Chiloé, incluyendo su metodología de construcción, fuentes de datos primarios y secundarios, modelamiento ecológico, integración de amenazas, validación técnica, y entregables geoespaciales en formato digital.

Este trabajo se enmarca en los lineamientos del Plan Nacional de Conservación del Pudú (PNCP 2019) elaborado por CONAF, incorporando además herramientas avanzadas de análisis geoespacial y modelos de predicción ecológica (Random Forest, Maxent), con énfasis en variables ambientales y presiones antrópicas.

2 Contexto del Proyecto

El Pudú (*Pudu puda*), es una especie endémica de los bosques templados lluviosos del sur de Chile y Argentina. En el territorio chileno, su distribución se extiende desde la Región del Maule hasta Aysén, con una presencia particularmente relevante en la provincia de Chiloé, donde habita fragmentos de bosque nativo intercalados con paisajes agrícolas, urbanos y de plantaciones forestales. Esta especie cumple un rol ecológico fundamental en la regeneración del bosque templado, actuando como dispersor de semillas, y constituye además un símbolo identitario de la fauna del sur de Chile.

Sin embargo, su supervivencia enfrenta múltiples amenazas antrópicas que han provocado la reducción y fragmentación de su hábitat, el aumento de la mortalidad por atropellos, y la interacción conflictiva con perros domésticos y fauna exótica invasora. Por estas razones, el Pudú ha sido clasificado como Vulnerable (VU) según el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (DS N°50/2015, MMA), y como Casi Amenazada (NT) a nivel global por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2015).

Con el fin de responder a estas problemáticas, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) elaboró el Plan Nacional de Conservación del Pudú (PNCP, 2019), un instrumento estratégico orientado a articular acciones de conservación basadas en la mitigación de amenazas, la generación de información científica y la colaboración institucional y comunitaria. Entre sus objetivos prioritarios, el PNCP plantea la identificación y gestión de zonas críticas para la especie, considerando la presión antrópica y la conservación de condiciones ecológicas que aseguren su persistencia.

En este marco, y reconociendo la necesidad de herramientas aplicadas para la planificación territorial y la toma de decisiones basadas en evidencia, se desarrolla esta consultoría técnico-científica entre el Centro de Estudio y Conservación del Patrimonio Natural (CECPAN) y la Universidad Adolfo Ibáñez (UAI). El propósito central es elaborar un mapa de riesgo para la conservación del Pudú (*Pudu puda*) en la provincia de Chiloé, mediante el uso combinado de información empírica, modelamiento espacial y análisis multiescalar. El mapa resultante permitirá identificar zonas de alta vulnerabilidad y exposición, facilitando la planificación de intervenciones específicas y efectivas de conservación a nivel local y regional.

La provincia de Chiloé representa un territorio estratégico por su alto valor ecológico y sociocultural, caracterizado por la coexistencia de remanentes de bosque templado, turberas, praderas y asentamientos humanos. Este mosaico socioecológico dinámico presenta conflictos y oportunidades de conservación, lo que hace indispensable contar con herramientas que integren variables ecológicas y socioambientales para apoyar procesos de ordenamiento territorial, restauración y manejo de fauna nativa.

El mapa de riesgo propuesto se concibe, por tanto, como un insumo técnico y estratégico para instituciones públicas (CONAF, SAG, municipalidades), organizaciones locales vinculadas a la conservación y privados. Su valor radica en traducir información compleja en conocimiento espacialmente explícito, fortaleciendo la gestión del Pudú como especie emblemática de los ecosistemas del sur de Chile.

3 Sobre el Proyecto

3.1 Objetivos del proyecto

Desarrollar **un mapa de riesgo para la conservación del Pudú (*Pudu puda*) en la provincia de Chiloé**, basado en datos primarios y secundarios, que permita identificar zonas críticas, vulnerables y expuestas a amenazas, como insumo estratégico para orientar intervenciones específicas de conservación territorial y planificación ecológica.

El proyecto tiene tres Objetivos Específicos que se indican a continuación:

- Recopilar y sistematizar información primaria y secundaria relevante sobre ocurrencia del Pudú y amenazas asociadas, utilizando registros del PNCP 2019, bases de datos científicas (como GBIF), información local de CECPAN y entrevistas a comunidades y expertos.
- Seleccionar e integrar variables predictivas clave, incluyendo amenazas directas (ganado, tala, perros, especies exóticas, caza, obras civiles, intrusión humana, incendios y cambio de uso de suelo) junto con variables ambientales (clima, topografía, hidrología y vegetación: NDVI, NDWI, TPI, TRI, etc.).

- Aplicar técnicas de modelado ecológico espacial usando herramientas de machine learning (Random Forest) y Máxima Entropía (Maxent), para generar un modelo robusto de distribución potencial del Pudú y zonas de alto riesgo para apoyo en identificar áreas prioritarias de intervención.

3.2 Actividades y plazos de ejecución

El desarrollo del proyecto se ejecutó durante un período de cinco meses, desde la firma del contrato hasta el 31 de octubre de 2026, sin horario fijo y con autonomía técnica en la ejecución. El trabajo se estructura en las siguientes actividades principales:

Tabla 1 Flujo de trabajo del proyecto.

N°	ACTIVIDAD	PRODUCTO	FECHA DE ENTREGA
1	Recopilar y sistematizar información sobre el Pudú y amenazas asociadas	Base de datos consolidada de ocurrencias y amenazas	15 julio Avances internos
2	Seleccionar e integrar variables predictivas	Geodatabase integrada lista para modelado	15 Agosto Avances internos
3	Aplicar técnicas de modelado ecológico	Mapas de distribución potencial y de riesgo	30 agosto Avances internos
4	Identificar áreas prioritarias de intervención	Mapa de áreas prioritarias de intervención	15 septiembre Avances internos
5	Validar técnicamente el modelo de riesgo	Modelo final validado y documentado	30 septiembre

Resumen ejecutivo



4 Resumen Ejecutivo

Este informe presenta el mapa de riesgo de mortalidad del pudú (*Pudu puda*) para la Isla Grande de Chiloé, desarrollado en el marco del Plan Nacional de Conservación del Pudú (PNCP, 2019) y ejecutado por la Universidad Adolfo Ibáñez para CECPAN–FPA/MMA. El trabajo integra >1.000 registros de ocurrencia (784 vivos, 99 mortalidad confirmada y 47 desconocidos) provenientes de fuentes institucionales (CECPAN, CONAF, SAG), ciencia ciudadana (iNaturalist, GBIF) y literatura científica, complementados con procesos participativos (encuestas y talleres) con actores locales e institucionales.

Metodológicamente, se implementó un modelo espacial de riesgo compuesto por: (i) Exposición (E), que aproxima la idoneidad de hábitat; y (ii) Amenaza (H), que estima la probabilidad de eventos letales condicionados por presiones antrópicas. E se modeló con MaxEnt/Random Forest, usando predictores ambientales, topográficos e hidrológicos; H se modeló con Random Forest a partir de distancias a la red vial (pavimento, ripio, urbano), pérdida de vegetación (desmonte) e incendios, incorporando pesos sociales derivados de encuestas/talleres. La integración $R = f(E, H)$ generó una superficie continua de riesgo (0–1), validada con AUC, AUC-PR, sensibilidad, especificidad y validación cruzada 10-fold; se aplicaron valores SHAP para interpretar dirección y magnitud de efectos.

Hallazgos clave.

- La Exposición aumenta con condiciones húmedas y estables (BIO12, BIO15, BIO3), proximidad a ríos y turberas y topografía intermedia (pendiente moderada, mTPI).
- La Amenaza se concentra en proximidad a caminos pavimentados, seguida de ripio y vías urbanas, y se intensifica con desmonte e incendios.
- Los hotspots de riesgo emergen en interfaces bosque–matriz cercanas a red vial y cuerpos de agua, donde coexisten hábitat de alta calidad y fuertes presiones antrópicas.

Implicancias de manejo. Se recomienda priorizar: (1) medidas viales en tramos críticos (reducción de velocidad, señalización, control de curvas/pendientes, pasos de fauna y

cierres dirigidos); (2) gestión de perros (tenencia responsable, control de ferales/periurbanos); (3) protección y restauración de bordes de bosque, riberas y turberas; y (4) prevención de incendios y control de desmonte. Se sugiere un plan de implementación por comuna, escalonado por riesgo y factibilidad.

Entregables.

Geodatabase con capas de E, H y R:  [RESULTADOS00](#)

Catálogo de variables y metadatos: [catalogo_variables_chiloe.xlsx](#) y punto 6.1.3

Base de ocurrencias depurada: [BBDD_PUDU2025.xlsx](#)

Actas/resultados de participación: Anexo 11.4

Análisis de Datos y Modelado



5 Metodología: Análisis de Datos y Modelado

La metodología del presente estudio se desarrolló de acuerdo con un esquema conceptual de modelación de riesgo ecológico que considera tres componentes interdependientes: exposición, amenaza y riesgo.

En términos operativos, el modelo se formuló bajo la ecuación: **Riesgo (atropello) = Vulnerabilidad (Exposición) × Amenaza**, y se implementó a través de un flujo de trabajo desarrollado en Google Colab y Google Earth Engine, que permitió integrar variables ambientales, antrópicas y socioecológicas (Figura 1).

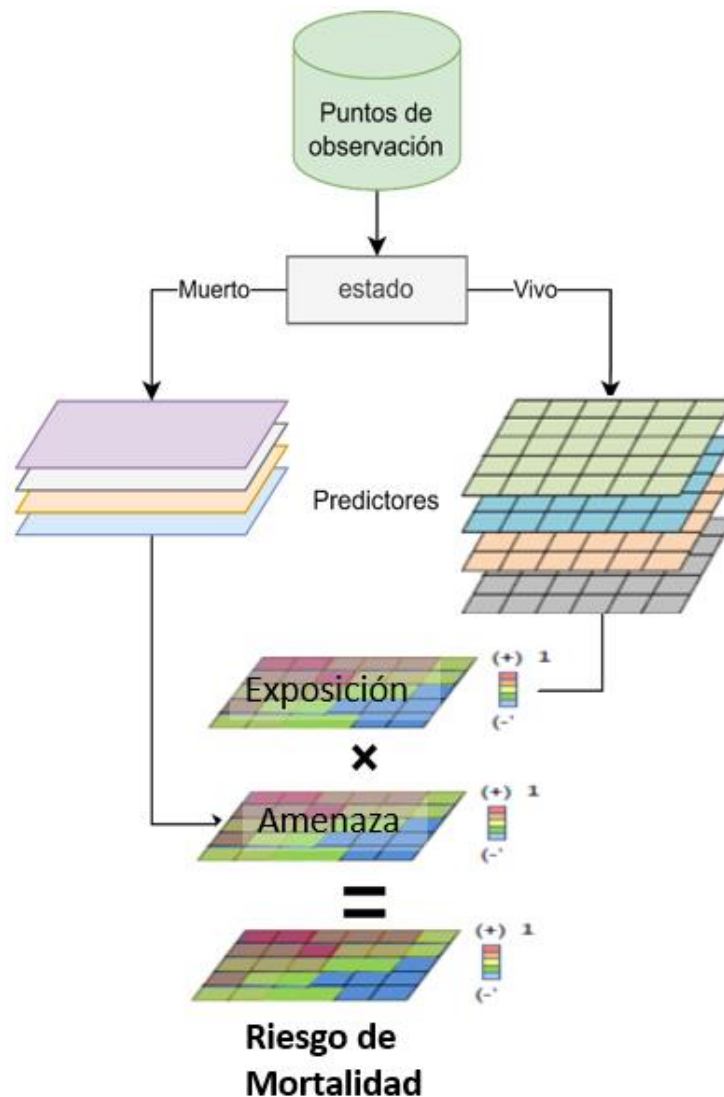


Figura 1. Esquema metodológico general del modelo de riesgo de mortalidad del pudú (*Pudu puda*) en Chiloé.

5.1 Recopilación y Preparación de datos

5.1.1 Datos de ocurrencia de pudú

Se compiló un conjunto integrado de registros de ocurrencia de *Pudu puda* para la provincia de Chiloé a partir de fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias incluyeron observaciones directas, entrevistas comunitarias y reportes de expertos locales. Las secundarias comprendieron bases institucionales (CECPAN, centros de conservación, CONAF), repositorios abiertos (GBIF, iNaturalist, SEIA) y literatura científica (p. ej., Santodomingo et al., 2022). La literatura científica se puede revisar en anexo 11.2.

Todos los registros fueron georreferenciados, depurados y estandarizados al sistema WGS84 / UTM 18S (EPSG: 32718). Se eliminaron duplicados espaciotemporales (≤ 100 m y ≤ 24 h) y se verificó consistencia taxonómica y geográfica. Los puntos se clasificaron en tres estados: vivos, muertos y desconocidos, conservando metadatos de fecha, fuente, precisión de georreferenciación, tipo de observación, sexo (cuando estuvo disponible) y método de verificación.

La base consolidada ([BBDD PUDU2025.xlsx](#)) reúne > 1.000 registros válidos (Tabla 2). De ellos, 784 corresponden a individuos vivos, 99 a mortalidad confirmada (atropellos o ataques de perros) y 47 a estado desconocido.

Tabla 2 Ejemplo base consolidada ([BBDD PUDU2025.xlsx](#)) de registros de pudú por fuente, año y tipo de observación.

ID	ID_c epan	Fecha	H ora	Est ado	Sexo	Observa ciones	Activi dad	Fuente	Ubica ción	X	Y	Verifi cación	Forma de verificaci ón	Motivo_ mortalid ad	Mues treo	Ra ngo	Lat	Long
1	1	09-03-2014		Muerto	No identificado	Sin observación	No identificada	CIUDADANIA	referencial	61 19 07	536 273 6	Diciembre 2023	Sin información		Avistamiento		- 41.87 9385 4	- 73.65 1311 5
2	2	05-01-2014		Muerto	Hembra	Sin observación	No identificada	CIUDADANIA	referencial	59 12 42	536 325 1	Diciembre 2023	Sin información		Avistamiento		- 41.87 7402 4	- 73.90 0393 6
3	3	09-12-2013	11:30	Muerto	Macho	Probable ataque de perros	No identificada	CECPAN	referencial	58 37 43	536 251 4	Diciembre 2023	Sin información	Ataque de perro	Avistamiento		- 41.88 4869 1	- 73.99 0649 5
4	4	25-01-2014		Vivo	No identificado	Sin observación	No identificada	CIUDADANIA	referencial	58 55 52	534 456 4	Diciembre 2023	Sin información	Vivo	Avistamiento		- 42.04 6319 8	- 73.96 6239
5	5	16-02-2014	90:00	Muerto	No identificado	Sin observación	No identificada	CECPAN	exacta	59 71 33	535 599 5	Diciembre 2023	Sin información		Avistamiento		- 41.94 2040 5	- 73.82 8217 4
6	6	nov-13		Muerto	No identificado	Sin observación	No identificada	CECPAN	exacta	59 76 56	535 457 6	Diciembre 2023	Sin información		Avistamiento		- 41.95 4753 8	- 73.82 1674
7	7	oct-13		Muerto	No identificado	Sin observación	No identificada	CECPAN	exacta	59 78 34	535 396 2	Diciembre 2023	Sin información		Avistamiento		- 41.96 0260 7	- 73.81 9424 6
8	8	19-12-2013	90:00	Muerto	No identificado	Sin observación	No identificada	CECPAN	exacta	59 78 45	535 395 4	Diciembre 2023	Sin información		Avistamiento		- 41.96 0331 4	- 73.81 9290 6
9	9	18-02-2014	20:30	Vivo	Macho	Sin observación	No identificada	CIUDADANIA	referencial	59 88 26	535 183 7	Diciembre 2023	Sin información	Vivo	Avistamiento		- 41.97 9272 1	- 73.80 7099 5

10	27-09-2013	Muerto	No identificado	Sin observación	No identificada	CECPAN	exacta	596654	5346824	Diciembre 2023	Sin información	Avistamiento	-	-	
													42.0246825	73.8324868	
11	24-11-2013	Muerto	Macho	Recién atropellado	No identificada	CECPAN	exacta	600941	5341013	Diciembre 2023	Sin información	Atropellado	Avistamiento	-	-
													42.0764696	73.7797127	
12	12-03-2014	Vivo	Hembra	Alimentándose	Alimentándose	CECPAN	exacta	605513	5331465	Diciembre 2023	Sin información	Vivo	Avistamiento	-	-
													42.1618411	73.7227286	
13	12-02-2014	Vivo	Macho	Sin observación	No identificada	CECPAN	exacta	605346	5331262	Diciembre 2023	Sin información	Vivo	Avistamiento	-	-
													42.1636915	73.7247135	

Los datos de trampas cámara se consolidaron por estación de muestreo, aplicando un criterio de independencia temporal ≥ 30 min entre eventos. Cuando se dispuso de esfuerzo (días-cámara, horas activas), se incorporaron ceros informativos para análisis de ocupación o calibración de pseudo-ausencias ponderadas, reduciendo sesgos de detectabilidad entre registros oportunistas (ciudadanía) y monitoreos estructurados (CECPAN).

Registros de individuos positivos a *Babesia sp. pudui* documentados por Santodomingo et al. (2022) se incorporaron como focos puntuales de amenaza sanitaria (Tabla 3). Esta inclusión permite capturar la salud ecosistémica como componente del riesgo, complementando la ocurrencia de la especie con un gradiente de presión epidemiológica en el territorio.

Tabla 3 Localidades de muestreo, coordenadas geográficas y resultados de detección de *Babesia* en pudúes (*Pudu puda*) (adaptado de Santodomingo et al., 2022).

Localidad	Latitude	Longitude	<i>Babesia_positiva</i>	<i>Borrelia_positiva</i>	UTM_X	UTM_Y
Queilen	-42.885721	-73.468359	0/3	0/3	625073.773	5250737.74
Degañ	-42.145274	-73.720717	1/1	0/1	605706.745	5333302.04
Pauldeo	-41.90836	-73.891784	0/2	0/2	591912.008	5359804.62
Mocopulli	-42.336344	-73.706289	0/2	0/2	606576.858	5312068.36
Tehuaco	-42.372438	-73.657162	0/1	0/1	610560.75	5307997.81
Centro de Conservación Chiloé Silvestre	-41.839786	-73.936015	0/1	0/1	588337.964	5367464.74
Lago Tarahuín	-42.714684	-73.78852	0/1	0/1	599202.001	5270156.78
Chonchi	-42.62505	-73.774028	0/3	0/3	600533.062	5280092.97
Chauman	-41.797195	-73.951494	0/2	0/2	587110.501	5372209.32
Mechaico	-41.926147	-73.809907	0/1	0/1	598675.329	5357738.74
Butalcura	-42.252443	-73.736915	1/1	0/1	604192.053	5321422.41
Quellón	-43.116902	-73.613887	0/4	0/4	612766.105	5225270.91

Chepu	-42.041574	-73.973976	1/1	0/1	584918.01 2	5345098.6 4
Castro	-42.48014	-73.762413	0/3	0/3	601720.62 1	5296170.1 7
Quichitúe	-42.026219	-73.793279	0/1	0/1	599897.50 7	5346608.3 8
Guapilacuy	-41.83939	-73.871975	0/1	0/1	593655.57 4	5367440.8 6
Lechagua	-41.879088	-73.891482	0/1	0/1	591979.04 8	5363054.3 4
Dalcahue	-42.377552	-73.65192	1/3	0/3	610983.34 4	5307423.1 3
Caulin	-41.819313	-73.610747	0/1	0/1	615380.81 4	5369352.1 2
Hueihue	-41.880609	-73.837354	0/1	0/1	596468.08 6	5362826.0 3
Quemchi	-42.144713	-73.478056	0/2	0/2	625759.29 6	5333035.3 6
Puntra	-42.119891	-73.816342	1/1	0/1	597844.22 9	5336234.3 8
Sector Naval - Faro Corona	-41.820747	-73.929428	0/2	0/2	588911.20 5	5369571.8
El Quilar	-41.926431	-73.616454	0/1	0/1	614715.09 1	5357466.4 6
Lliluco	-42.042983	-73.514278	0/2	0/2	622962.56 9	5344383.6 2
Ancud	-41.867489	-73.82769	0/1	0/1	597289.84 6	5364271.8 2
Quiquel	-42.354553	-73.579767	0/1	0/1	616966.25 9	5309880.1 7

5.1.2 Solicitud de acceso a información pública

Para complementar antecedentes institucionales, se gestionaron solicitudes de información vía Portal de Transparencia (Ley 20.285) dirigidas a SAG, CONAF y MMA. Se documentaron plazos (20 días hábiles, prorrogables 10 días), resultados y, cuando correspondió, recursos ante el Consejo para la Transparencia. Todos los recibos y respuestas se archivan en el Anexo 12.1 – Registro de Solicitudes.

Tabla 4 Resultados de gestión de solicitudes de información durante la primera etapa del Proyecto.

Fecha envío solicitud	N° Solicitud	A quien se hizo la solicitud	Responsable gestión	Resultado o estado de la gestión
12-08-2025	AR006T0014058	SAG	M. Paz Acuña	Recibido 28-08-2025
12-08-2025	AR003T0010188	CONAF	M. Paz Acuña	03-09-2025
		<i>Municipalidades</i>	Carolina Rodríguez	

5.1.3 Proceso participativo (encuestas y talleres)

Se aplicaron **encuestas estructuradas** a 40 participantes (servicios públicos, academia, ONG, consultorías y comunidades) para calificar la gravedad percibida de amenazas, en escala 1–5 (No grave–Muy grave), alineada a categorías del PNCP (CONAF, 2019). En paralelo, se realizaron **talleres técnicos** (18 de julio y 28 de agosto de 2025) con representantes de CONAF, SAG, SEREMI MMA, municipalidades, CECPAN y fundaciones para validar la lista de amenazas, priorizar variables y revisar su pertinencia ecológica.

Las calificaciones de gravedad se transformaron en pesos ordinales (3 = muy grave, 2 = medianamente grave, 1 = grave) e ingresaron como pesos de amenaza en el modelo Random Forest, integrando la dimensión social del riesgo.

5.1.4 Variables ambientales y covariables de amenaza

Para caracterizar la idoneidad de hábitat y los gradientes de presión antrópica del *Pudu puda* en Chiloé, integramos un set de predictores ambientales y topográficos, junto con covariables de amenaza priorizadas por su relevancia ecológica y social. Las capas ambientales incluyen el DEM SRTM 30 m y derivados (pendiente, aspecto, TPI y TRI); clima de CR2MET (precipitación y temperatura) y BIOCLIM/WorldClim v2; vegetación y agua vía NDVI y NDWI de Sentinel-2 (2017–2025) con compuestos estivales corregidos por nubes; métricas de cambio de cobertura (Δ NDVI, pérdida de vegetación); e inventarios de humedales, turberas, quebradas y ríos. Todas las capas se reprocesaron a una resolución homogénea de 100–500 m, se recortaron al AOI (Isla Grande de Chiloé) y se alinearon a una grilla.

La selección de covariables de amenaza se basó en el PNCP (CONAF, 2019) y en la ponderación participativa (encuestas y talleres), priorizando categorías alta y muy alta. Incorporamos: cambio de uso/cobertura y áreas agrícolas; tala e incendios (registros CONAF); obras civiles y red vial (distancias a caminos pavimentados, ripio y urbanos, con truncamiento a 10 km); y salud de la especie mediante focos puntuales de positividad a *Babesia sp. pudui* (Santodomingo et al., 2022). Todas las capas de amenaza se normalizaron a 0–1 y, cuando correspondía, se derivaron superficies continuas (p.ej., distancia euclidiana o densidades kernel) para capturar efectos deca-yentes con la distancia.

Ejemplos de las 34 variables predictivas empleadas se visualiza en la Figura 2 y Figura 3, incluyendo componentes ambientales (NDVI, NDWI, DEM, TPI, TRI, BIO1–BIO19), topográficas y de presión antrópica (distancia a caminos, ríos, áreas pobladas, humedales, turberas, etc.). Estas variables se derivaron de fuentes satelitales (Sentinel-2, SRTM, CR2MET, WorldClim v2) y de bases nacionales (MOP, INE, SIMBIO, SUBDERE).

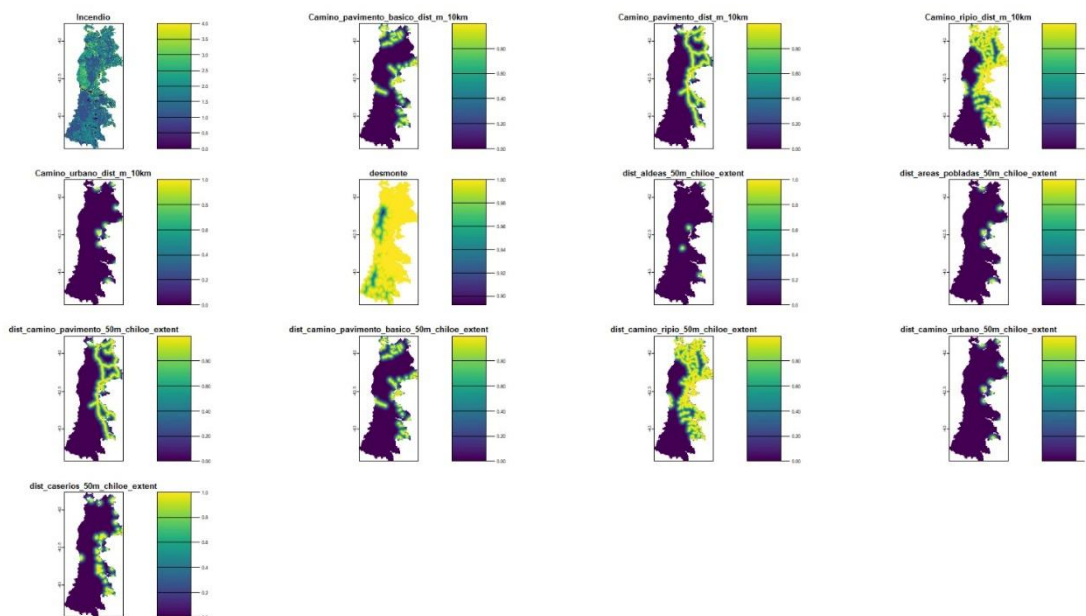


Figura 2. Ejemplo de variables y covariables.

- | | |
|----------------------------------|---|
| ✓ NDVI | ✓ BIO4 (Temperature Seasonality) |
| ✓ NDWI | ✓ BIO5 (Max Temperature of Warmest Month) |
| ✓ DEM | ✓ BIO6 (Min Temperature of Coldest Month) |
| ✓ TPI | ✓ BIO7 (Temperature Annual Range) |
| ✓ TRI | ✓ BIO8 (Mean Temperature of Wettest Quarter) |
| ✓ Pendiente | ✓ BIO9 (Mean Temperature of Driest Quarter) |
| ✓ Orientación | ✓ BIO10 (Mean Temperature of Warmest Quarter) |
| ✓ Promedio precipitación | ✓ BIO11 (Mean Temperature of Coldest Quarter) |
| ✓ Promedio temperatura máxima | ✓ BIO12 (Annual Precipitation) |
| ✓ Promedio temperatura mínima | ✓ BIO13 (Precipitation of Wettest Month) |
| ✓ Distancia a Humedales y Lagos | ✓ BIO14 (Precipitation of Driest Month) |
| ✓ Distancia a Áreas Protegidas | ✓ BIO15 (Precipitation Seasonality) |
| ✓ Usos de suelo | ✓ BIO16 (Precipitation of Wettest Quarter) |
| ✓ Distancia a carreteras | ✓ BIO17 (Precipitation of Driest Quarter) |
| ✓ Ríos | ✓ BIO18 (Precipitation of Warmest Quarter) |
| ✓ BIO1 (Annual Mean Temperature) | ✓ BIO19 (Precipitation of Coldest Quarter) |
| ✓ BIO2 (Mean Diurnal Range) | |
| ✓ BIO3 (Isothermality) | |

Figura 3. Ejemplo de listado variables predictivas.

Los registros vivos alimentan la estimación de Exposición (E) (probabilidad de presencia/idoneidad) y los registros muertos o heridos informan la Amenaza (H) (eventos letales condicionados por fuentes antrópicas como carreteras, perros y núcleos urbanos). La combinación espacial de ambas superficies genera el Riesgo (R) mediante la función $R(x,y) = f(E, H)$, donde E proviene de MaxEnt y H de Random Forest con 1.000 árboles y pesos sociales. La binarización usa el umbral de máxima sensibilidad + especificidad, y el desempeño se evalúa con AUC y métricas complementarias (sensibilidad/especificidad).

Previo al modelado, removimos predictores colineales ($|r| > 0,7$) y verificamos $VIF < 5$ en subconjuntos candidatos; variables categóricas (p.ej., clases de cobertura) se trataron como dummies o se convirtieron en distancias/índices cuando la interpretación espacial fue más informativa.

5.2 Análisis y modelado

5.2.1 Modelos de distribución y riesgo

Se implementó un enfoque de modelación espacial del riesgo para *Pudu puda*, integrando dos componentes complementarios:

- **Modelo de Exposición (E-RF):** se estimó la probabilidad o idoneidad de hábitat del pudú a partir de registros de presencia (y pseudo-ausencias balanceadas) junto a predictores ambientales, bioclimáticos, topográficos y de proximidad (bosque, NDVI, fragmentación, distancia a cuerpos de agua, pendiente, elevación, etc.). El

modelo se entrenó mediante *Random Forest* probabilístico, calibrado sin umbral (0–1).

- **Modelo de Amenaza (H-RF):** se estimó la probabilidad de ocurrencia de eventos letales (mortalidad confirmada o individuos heridos) condicionada por la distancia a fuentes de riesgo antrópico: caminos (clasificados por tipo de superficie y tráfico), centros urbanos, presencia de perros asilvestrados, pendientes y curvas con baja visibilidad, entre otros.

Ambos modelos se implementaron en R (*randomForest*, *caret*, *ranger*, *dismo*) con 1000 árboles de decisión. Las variables se filtraron por importancia (>2%) y colinealidad ($|r| < 0.7$), conservando aquellas de mayor relevancia ecológica o predictiva.

El **riesgo espacial (R)** se conceptualizó como una función combinada de amenaza y exposición:

$$R(x, y) = f(H(x, y), E(x, y))$$

donde *R* representa la probabilidad conjunta de ocurrencia de eventos letales en hábitats idóneos. La resiliencia se asumió nula (escenario conservador) para priorizar la identificación de zonas críticas.

5.2.2 Evaluación del desempeño

La calidad y estabilidad de los modelos se evaluó mediante **validación cruzada 10-fold** y métricas de desempeño:

- **Área Bajo la Curva ROC (AUC), AUC-PR, Sensibilidad, Especificidad, y TSS (*True Skill Statistic*).**
- El umbral óptimo de clasificación binaria (hábitat adecuado/no adecuado) se definió mediante el criterio de **máxima sensibilidad + especificidad**, más informativo que el uso aislado del AUC (Franklin, 2009; Jiménez-Valverde, 2014).
- Se evaluó además la **importancia relativa de variables** (mean decrease in accuracy y Gini) y la **estabilidad interna del modelo** (varianza entre pliegues).

5.2.3 Validación

Para mejorar la interpretabilidad del modelo, se aplicaron **valores SHAP (SHapley Additive exPlanations)** a los modelos E-RF y H-RF.

- Los *beeswarm plots* permitieron identificar las variables con mayor contribución global.
- Los *dependence plots* mostraron los rangos de valores que incrementan o reducen la probabilidad de exposición o amenaza.

- Se exploraron interacciones relevantes (p.ej., *distancia a camino* × *cobertura de bosque*) para comprender condiciones locales de riesgo.

La validación ecológica incluyó la **revisión por la Contraparte Técnica FPA**, así como **contraste con reportes de CONAF y SAG**, y **verificación en terreno** de registros recientes.

5.2.4 Generación del mapa de riesgo

Las superficies continuas de exposición (E) y amenaza (H) fueron normalizadas y combinadas para obtener el **mapa continuo de riesgo (R)**, según:

$$R(x, y) = \frac{[E(x, y)]^\alpha [H(x, y)]^\beta}{\max ([E(x, y)]^\alpha [H(x, y)]^\beta)}$$

donde los parámetros α y β ponderan la contribución relativa de exposición y amenaza.

El mapa resultante clasifica el territorio en **zonas críticas ($R \geq 0.8$)**, **zonas vulnerables ($0.5 \leq R < 0.8$)** y **zonas expuestas ($R < 0.5$)**.

Este producto espacial constituye un insumo clave para orientar acciones de manejo y conservación del pudú, incluyendo mitigación de atropellos, control de perros asilvestrados y diseño de pasos de fauna en sectores prioritarios de la provincia de Chiloé.

6 Resultados

6.1 Recopilación y preparación de datos

El conjunto analizado reunió >1.000 registros de *Pudu puda* para la provincia de Chiloé, integrando fuentes institucionales (CECPAN, CONAF, SAG), plataformas de ciencia ciudadana (iNaturalist, GBIF) y literatura científica. Conforme a la clasificación operativa, 784 registros correspondieron a individuos vivos, 99 a mortalidad confirmada (atropellos/ataques de perros) y 47 a estado desconocido. Esta base sirvió de insumo para los modelos de Exposición (E) y Amenaza (H) y su integración en el Riesgo (R).

6.1.1 Encuesta

Para incorporar el conocimiento local y técnico en la evaluación de amenazas, se aplicaron **40 encuestas** a representantes de servicios públicos, academia, ONGs, consultores ambientales y comunidades locales. Las amenazas se calificaron en una escala de 1 (No

grave) a 5 (Muy grave), complementadas con talleres participativos (18 de julio y 28 de agosto de 2025).

En términos generales, las amenazas percibidas como más graves fueron **atropello en carreteras, ataque de perros y pérdida de hábitat por tala o cambio de uso de suelo**, en coherencia con los registros de mortalidad observados. Los puntajes derivados de este proceso se integraron como **pesos de amenaza** en el modelo de riesgo espacial.

La Figura 4 presenta el promedio de gravedad asignado por los encuestados a cada una de las amenazas identificadas para el pudú, en una escala de 1 a 5. La visualización permite identificar de manera clara cuáles son percibidas como las amenazas más críticas y cuáles presentan una valoración relativamente menor. Este análisis es útil para priorizar acciones de conservación, ya que resume la percepción colectiva en un solo indicador fácilmente interpretable.

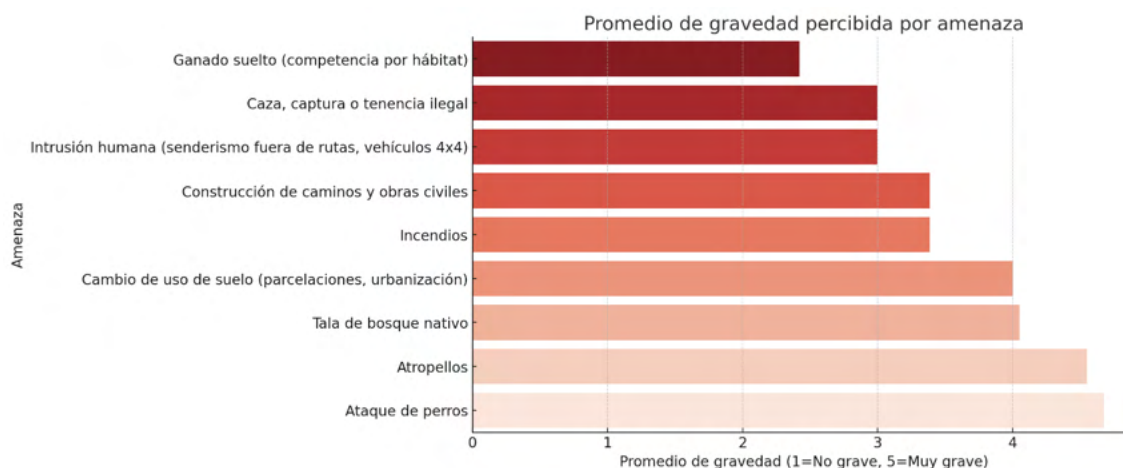


Figura 4. Promedio de gravedad percibida por amenaza.

La Figura 5 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta un mapa de calor, el cual muestra la distribución completa de respuestas para cada amenaza, diferenciando el número de personas que seleccionaron cada nivel de gravedad. A diferencia del gráfico de barras, este no se limita al promedio, sino que refleja la dispersión de percepciones, permitiendo observar si existe consenso (por ejemplo, una mayoría que califica una amenaza con 5) o si las opiniones están más divididas entre distintos niveles. Esto entrega información más fina sobre el grado de acuerdo entre los encuestados.

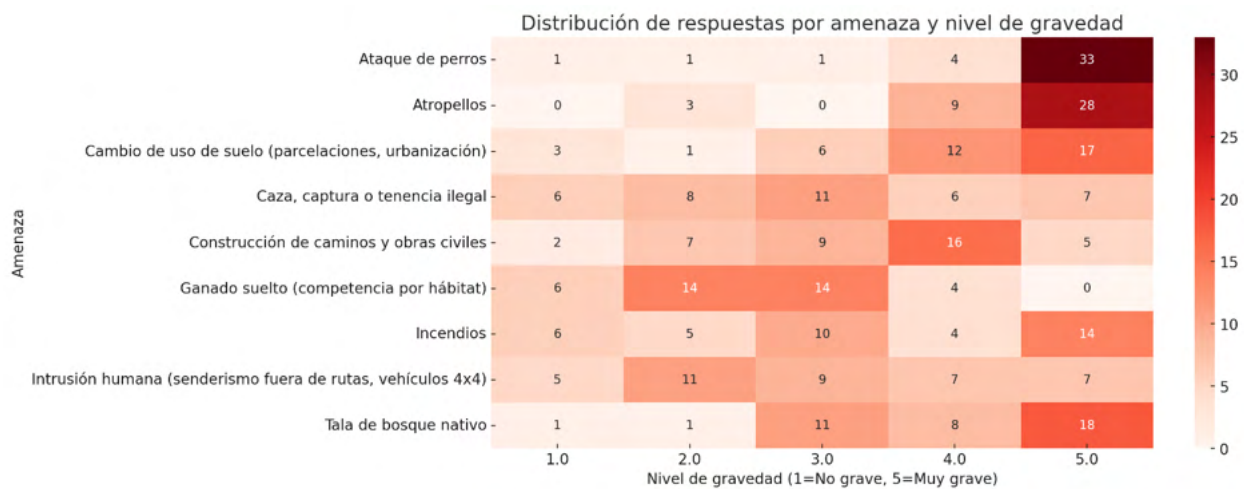


Figura 5. Distribución de respuestas por amenaza y nivel de gravedad.

La Figura 6 relaciona cada amenaza con los distintos sectores de pertenencia de los encuestados (servicios públicos, academia, conservación, comunidades locales, entre otros). El resultado permite evidenciar cómo varía la percepción de la gravedad de las amenazas en función del sector. De este modo, se pueden identificar patrones diferenciales —por ejemplo, si la academia tiende a valorar más ciertos riesgos ambientales, mientras que comunidades locales perciben con mayor gravedad los atropellos o la intrusión humana. Esta comparación es clave para entender la diversidad de miradas y enfoques en torno a la conservación del pudú.

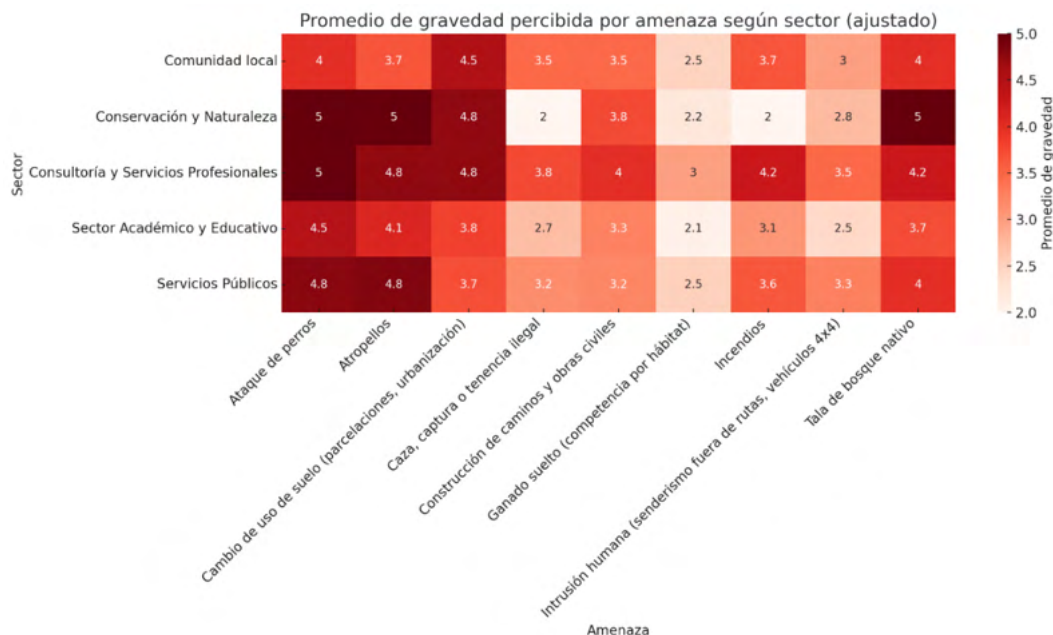


Figura 6. Promedio de gravedad según sector

La Figura 7 muestra la priorización de las amenazas al pudú considerando un sistema de puntaje ponderado, en el cual se asignaron 3 puntos a cada voto “Muy grave”, 2 puntos a “Medianamente grave” y 1 punto a “Grave”. Este método permite reflejar no solo la cantidad de menciones, sino también la intensidad de la percepción de gravedad atribuida por los participantes del taller.

La visualización evidencia cuáles amenazas concentran una mayor ponderación total, destacando aquellas que, además de recibir más votos, fueron catalogadas con mayor severidad. De esta manera, el ranking ponderado ofrece una jerarquización más robusta que la sumatoria simple, al integrar el grado de consenso sobre la criticidad de cada amenaza.



Figura 7. Ranking ponderado de amenazas

La Figura 8 presenta la distribución de votos asignados a cada amenaza según las tres categorías de gravedad: Muy grave, Medianamente grave y Grave. Cada celda indica la cantidad exacta de menciones recibidas, mientras que la intensidad del color refleja la magnitud de las percepciones.

Esta representación permite comparar de manera rápida la valoración de las distintas amenazas, identificando cuáles son percibidas con mayor severidad y dónde existe mayor dispersión de opiniones. En particular, facilita reconocer las amenazas que presentan un fuerte consenso como “Muy graves”, frente a aquellas en las que las percepciones se distribuyen en niveles menores.

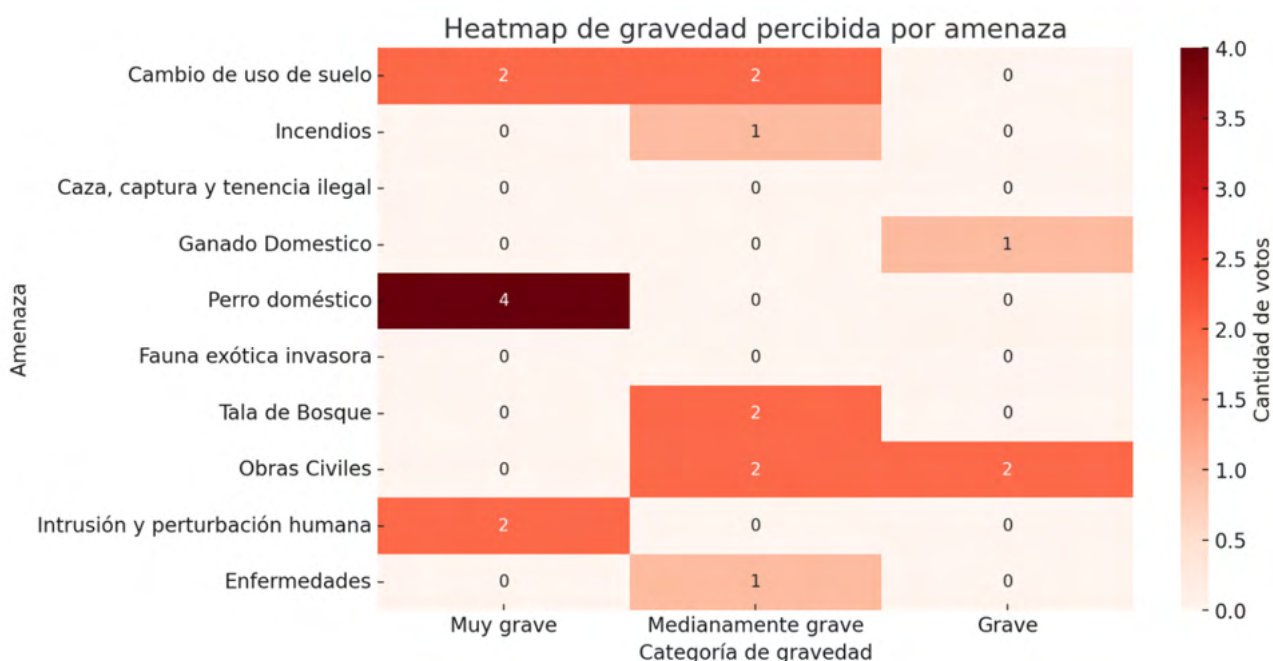


Figura 8. Percepción de la gravedad percibida por amenaza.

6.1.2 Talleres participativos

Como parte del componente participativo del proyecto, se realizaron dos talleres con actores locales, institucionales y técnicos de la provincia de Chiloé, con el propósito de integrar conocimiento experto y territorial al modelo de riesgo del pudú (*Pudu puda*). Ambos encuentros fueron desarrollados bajo una metodología de facilitación participativa y evaluación multicriterio, permitiendo identificar, discutir y ponderar amenazas ecológicas, antrópicas e institucionales.

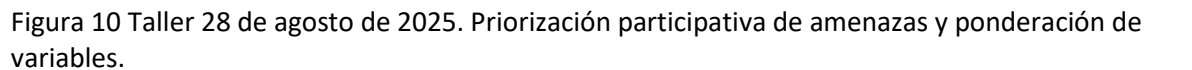
Taller 1: Identificación de actores y amenazas (18 de julio de 2025)

El primer taller tuvo como finalidad levantar a los actores relevantes y reconocer las principales amenazas que enfrenta el pudú en su hábitat natural. La jornada contó con la participación de representantes de CONAF, SAG, SEREMI del Medio Ambiente, CECPAN, municipalidades locales, organizaciones comunitarias, universidades y ONG de conservación (Figura 9).

A través de mesas temáticas, se abordaron tres dimensiones:

1. Presiones sobre el hábitat, como la tala, el cambio de uso de suelo y la fragmentación del bosque nativo.
2. Amenazas biológicas, incluyendo ataques de perros, fauna exótica y enfermedades emergentes.
3. Factores institucionales, asociados a la débil fiscalización, la escasa conectividad entre áreas protegidas y la limitada educación ambiental.

El ejercicio permitió construir un mapa conceptual de amenazas y sus actores asociados, el cual se consolidó en una primera matriz de priorización cualitativa. Se identificó además la necesidad de mejorar la coordinación entre instituciones y promover la educación ambiental a nivel local.



6.1.3 Datos y metadatos de variables usadas en el modelado

La

Tabla 5 sintetiza las variables ambientales, covariables de amenaza y fuentes de ocurrencia utilizadas en el modelado ([catalogo_variables_chiloe.xlsx](#)), con su origen, cobertura temporal, resolución, unidades y metadatos operativos. La incorporación del set BIOCLIM (WorldClim v2.1; BIO1–BIO19), permitió capturar gradientes climáticos de fondo (temperatura y precipitación, medias, extremos y estacionalidad), para explicar la idoneidad del hábitat del pudú y su interacción con presiones antrópicas (p. ej., proximidad a red vial, Proximidad a centros urbanos o aldeas, densidad de perros, pérdida de vegetación).

Tabla 5 Datos y metadatos de variables usadas en el modelado (ambientales, de amenaza y de ocurrencia).

Tipo	Nombre de variable	Nombre de archivo de salida	Descripción ampliada / uso	Fuente / Origen	Colección / ID	Cobertura temporal	Resolución espacial	Unidades	Formato / Tipo	Metadata clave	Referencia(s) sugerida(s)
ambiental	DEM (SRTM)	DEM_SRTM.tif	Modelo de elevación (base para pendiente, aspecto, TPI/TRI).	USGS	USGS/SRTMGL1_003	≈2000 (estático)	~30 m	m (elevación)	GeoTIFF float32	reproject(nativeProj); escala 30 m.	Farr et al., 2007, Rev. Geophys.
ambiental	Pendiente (Slope)	Slope.tif	Ángulo de pendiente derivado del DEM.	Derivado de SRTM	—	—	~30 m	grados	GeoTIFF float32	ee.Terrain.slope; escala 30 m.	—
ambiental	Aspecto (Aspect)	Aspect.tif	Orientación del terreno (0–360°).	Derivado de SRTM	—	—	~30 m	grados	GeoTIFF float32	ee.Terrain.aspect; escala 30 m.	—
ambiental	sin(Aspect)	SinAspect_AOI.tif	Transformación seno del aspecto (–1..1).	Derivado de Aspecto	—	—	~30 m	adimensional	GeoTIFF float32	Escala 30 m.	—
ambiental	ALOS mTPI (AVE)	ALOS_mTPI_AOI.tif	Índice topográfico de posición multi-escala (crestas/valles).	CSP/ERGO	CSP/ERGo/1_0/Glob al/ALOS_mTPI (AVE)	Estático	~270 m	adimensional	GeoTIFF float32	Export a 270 m; reproject(proyección nativa).	Amatulli et al., 2018, Sci. Data
ambiental	NDVI verano YYYY–YYYY+1	NDVI_verano_2017_2018.tif ... NDVI_verano_2024_2025.tif	Mediana estival (diciembre); verdor/biomasa.	Sentinel-2 SR (derivado)	— (export)	2017–2018 ... 2024–2025	10 m	–1 a 1	GeoTIFF float32	Enmascarado por nubes; escala 10 m; región AOI.	Rouse et al., 1974
ambiental	NDWI verano YYYY–YYYY+1	NDWI_verano_2017_2018.tif ... NDWI_verano_2024_2025.tif	Mediana estival; agua/suelo saturado.	Sentinel-2 SR (derivado)	— (export)	2017–2018 ... 2024–2025	10 m	–1 a 1	GeoTIFF float32	Enmascarado por nubes; escala 10 m.	McFeeters, 1996, IJRS
ambiental/ amenaza	Cobertura/uso de suelo (LC)	LC_AOI.tif	Contexto de cambio (p. ej., nativo vs. plantaciones).	Zhao et al. 2016 (CL)	Clases 100–1200	Según dataset	Según dataset	clases enteras	GeoTIFF int16	Export como entero; leyenda documentada.	Zhao, 2016 (Chile land cover)

amenaza	Incendios	incendio.tif	Registros de ocurrencia/afectación de incendios.	CONAF	—	Según base	Variable	—	Vector/Raster	Trazabilidad de fechas; geocodificación.	—
amenaza	Nº de perros por persona (comuna)	Perros_comunas.xlsx	Proxy de presión por perros; insumo para superficie continua (IDW 500 m).	SUBDERE (Anexo 13)	—	Año más reciente disponible	— / 500 m (IDW)	—	Excel / GeoTIFF	Interpolación IDW; normalización 0–1.	Sepúlveda et al., 2015; Contardo et al., 2021
amenaza	Distancia a caminos rurales (ripio)	dist_camino_ripio_50m_chiloe_extent.tif	Proximidad a red vial secundaria.	MOP	—	—	50 m	m	GeoTIFF float32	Distancia euclidiana; truncamiento 10 km; normalización 0–1.	—
amenaza	Distancia a caminos pavimentados	dist_camino_pavimento_50m_chiloe_extent.tif	Proximidad a red vial principal.	MOP	—	—	50 m	m	GeoTIFF float32	Idem.	—
amenaza	Distancia a caminos urbanos	dist_camino_urbano_50m_chiloe_extent.tif	Proximidad a vías urbanas.	MOP	—	—	50 m	m	GeoTIFF float32	Idem.	—
datos ocurrencia	Ocurrencia de pudú	BBDD_PUDU2025.xlsx	Registros integrados (CECPAN, CONAF, SAG, GBIF, iNat, SEIA).	Múltiples	—	2000–2025	—	—	Excel	CRS WGS84/UTM18S; control de duplicados.	—
ambiental	Distancia a turberas	dist_turbera01_50m_chiloe_extent.tif	Proximidad a turberas/humedales.	SIMBIO	—	—	50 m	m	GeoTIFF float32	Distancia euclidiana; normalización 0–1.	—
amenaza	Distancia a aldeas	dist_aldeas_50m_chiloe_extent.tif	Proximidad a núcleos pequeños.	INE (Censo 2017)	—	2017	50 m	m	GeoTIFF float32	Idem.	—
amenaza	Distancia a áreas pobladas	dist_areas_pobladas_50m_chiloe_extent.tif	Proximidad a áreas urbanas/periurbanas.	INE (Censo 2017)	—	2017	50 m	m	GeoTIFF float32	Idem.	—

amenaza	Distancia a caseríos	dist_caserios_50m_chiloe_extent.tif	Proximidad a caseríos.	INE (Censo 2017)	—	2017	50 m	m	GeoTIFF float32	Idem.	—
límites	Límite AOI Chiloé	chiloe_limites.shp	Límite del área de estudio (sin islas menores).	DIFROL	—	—	—	—	Shapefile	WGS84; topología validada.	—
ambiental	Ríos/esteros/quebradas	dist_m_20km_rios_50m.tif	Distancia a drenajes (DGA), rasterizada a 50 m.	DGA	—	—	50 m	m	GeoTIFF float32	Distancia euclidiana desde red vectorial.	—
ambiental (BIOCLIM)	BIO1 – Temp. media anual	BIO1_wc2_30s.tif	Gradiente térmico medio anual (clima de base).	WorldClim v2.1	—	1970–2000 (climatología)	30" (~1 km)	°C (en décimas; dividir por 10)	GeoTIFF int16	EPSG:4326; <i>resample</i> bilinear a 100–500 m.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO2 – Rango diario medio	BIO2_wc2_30s.tif	(Tmax–Tmin) promedio diario; variación térmica diaria.	WorldClim v2.1	—	1970–2000	30"	°C (×0.1)	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO3 – Isotermalidad	BIO3_wc2_30s.tif	(BIO2/BIO7) ×100; estabilidad térmica relativa.	WorldClim v2.1	—	1970–2000	30"	%	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO4 – Estacionalidad temp.	BIO4_wc2_30s.tif	Desviación estándar temp.×100.	WorldClim v2.1	—	1970–2000	30"	adimensional	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO5 – Tmax mes más cálido	BIO5_wc2_30s.tif	Pico térmico anual.	WorldClim v2.1	—	1970–2000	30"	°C (×0.1)	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO6 – Tmin mes más frío	BIO6_wc2_30s.tif	Mínimo térmico anual.	WorldClim v2.1	—	1970–2000	30"	°C (×0.1)	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO7 – Rango anual temp.	BIO7_wc2_30s.tif	BIO5 – BIO6.	WorldClim v2.1	—	1970–2000	30"	°C (×0.1)	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017

ambiental (BIOCLIM)	BIO8 – T° media trimestre más húmedo	BIO8_wc2_30s.tif	T° promedio en trimestre de mayor precipitación .	WorldCli m v2.1	—	1970–2000	30"	°C (×0.1)	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO9 – T° media trimestre más seco	BIO9_wc2_30s.tif	T° promedio en trimestre más seco.	WorldCli m v2.1	—	1970–2000	30"	°C (×0.1)	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO10 – T° media trimestre más cálido	BIO10_wc2_30s.tif	T° promedio en trimestre más cálido.	WorldCli m v2.1	—	1970–2000	30"	°C (×0.1)	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO11 – T° media trimestre más frío	BIO11_wc2_30s.tif	T° promedio en trimestre más frío.	WorldCli m v2.1	—	1970–2000	30"	°C (×0.1)	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO12 – Precipitación anual	BIO12_wc2_30s.tif	Suma anual de precipitacion es.	WorldCli m v2.1	—	1970–2000	30"	mm	GeoTIFF int16/ui nt16	EPSG:4326; <i>resample</i> bilinear; chequear "no data".	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO13 – Pp. mes más húmedo	BIO13_wc2_30s.tif	Máximo mensual.	WorldCli m v2.1	—	1970–2000	30"	mm	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO14 – Pp. mes más seco	BIO14_wc2_30s.tif	Mínimo mensual.	WorldCli m v2.1	—	1970–2000	30"	mm	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO15 – Estacionalida d de precipitación	BIO15_wc2_30s.tif	Coeficiente de variación de la precipitación .	WorldCli m v2.1	—	1970–2000	30"	%	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO16 – Pp. trimestre más húmedo	BIO16_wc2_30s.tif	Totales en trimestre húmedo.	WorldCli m v2.1	—	1970–2000	30"	mm	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO17 – Pp. trimestre más seco	BIO17_wc2_30s.tif	Totales en trimestre seco.	WorldCli m v2.1	—	1970–2000	30"	mm	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
ambiental (BIOCLIM)	BIO18 – Pp. trimestre más cálido	BIO18_wc2_30s.tif	Totales en trimestre cálido.	WorldCli m v2.1	—	1970–2000	30"	mm	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017

ambiental (BIOCLIM)	BIO19 – Pp. trimestre más frío	BIO19_wc2_30s.tif	Totales en trimestre frío.	WorldCli m v2.1	—	1970–2000	30"	mm	GeoTIFF int16	Idem.	Fick & Hijmans, 2017
--------------------------------	--------------------------------------	-------------------	----------------------------------	--------------------	---	-----------	-----	----	------------------	-------	-------------------------

6.2 Modelo de vulnerabilidad, amenaza y riesgo

6.2.1 Modelo de vulnerabilidad (exposición)

El modelo de exposición (E-RF) identifica las condiciones que hacen idóneo el hábitat para *Pudu pudu*. Los gradientes climáticos estables y húmedos, la proximidad a agua (ríos/turberas) y una topografía intermedia explican la mayor probabilidad de presencia. La inspección de colinealidad entre predictores climáticos y topográficos confirmó asociaciones esperables (p. ej., entre bioclimáticas de temperatura y precipitación), tras lo cual se retuvieron variables con $|r| \leq 0,7$ y $VIF < 5$ para evitar redundancias (Figura 11). En ese marco, el ranking de importancia del modelo RF posicionó a BIO15 (estacionalidad de la precipitación), la distancia a ríos y la distancia a turberas como los determinantes principales de la exposición, seguidos por elevación y NDVI/NDWI (Figura 12).

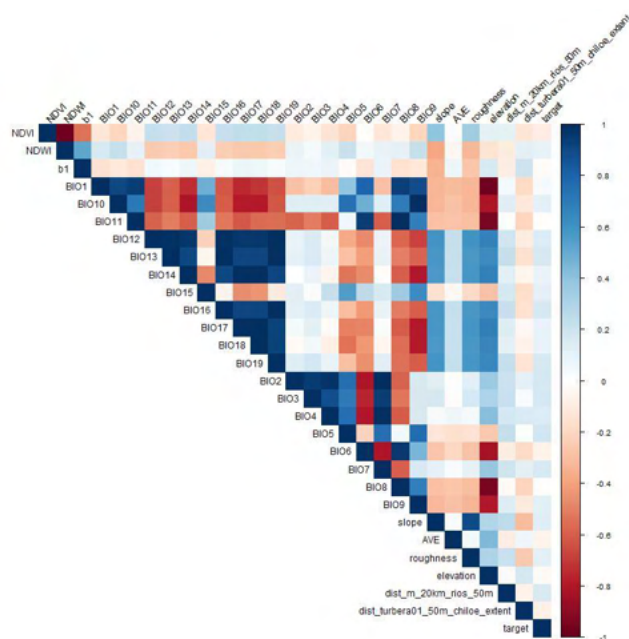


Figura 11. Matriz de colinealidad de predictores de exposición (E).

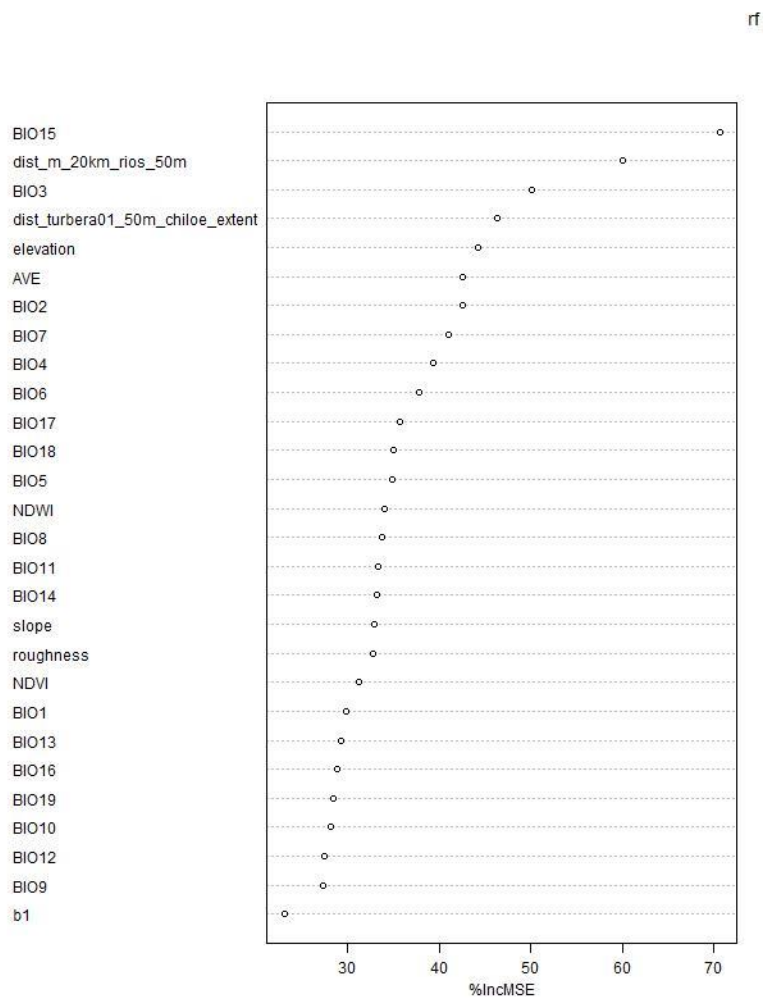


Figura 12 Importancia de variables del modelo de exposición (E-RF, %IncMSE): destacan BIO15, distancia a ríos y distancia a turberas.

La interpretabilidad con valores SHAP mostró, además, la dirección del efecto: valores altos de BIO15 tienden a reducir la probabilidad de hábitat idóneo (mayor inestabilidad hídrica), mientras que la cercanía a ríos/turberas y valores altos de NDVI la incrementan; la topografía intermedia (pendiente moderada, mTPI) actúa como modulador local (Figura 13). En el espacio, la superficie continua de vulnerabilidad evidencia fajas húmedas asociadas a drenajes, turberas y relieves de valle, patrón consistente con las observaciones de individuos vivos (Figura 14).

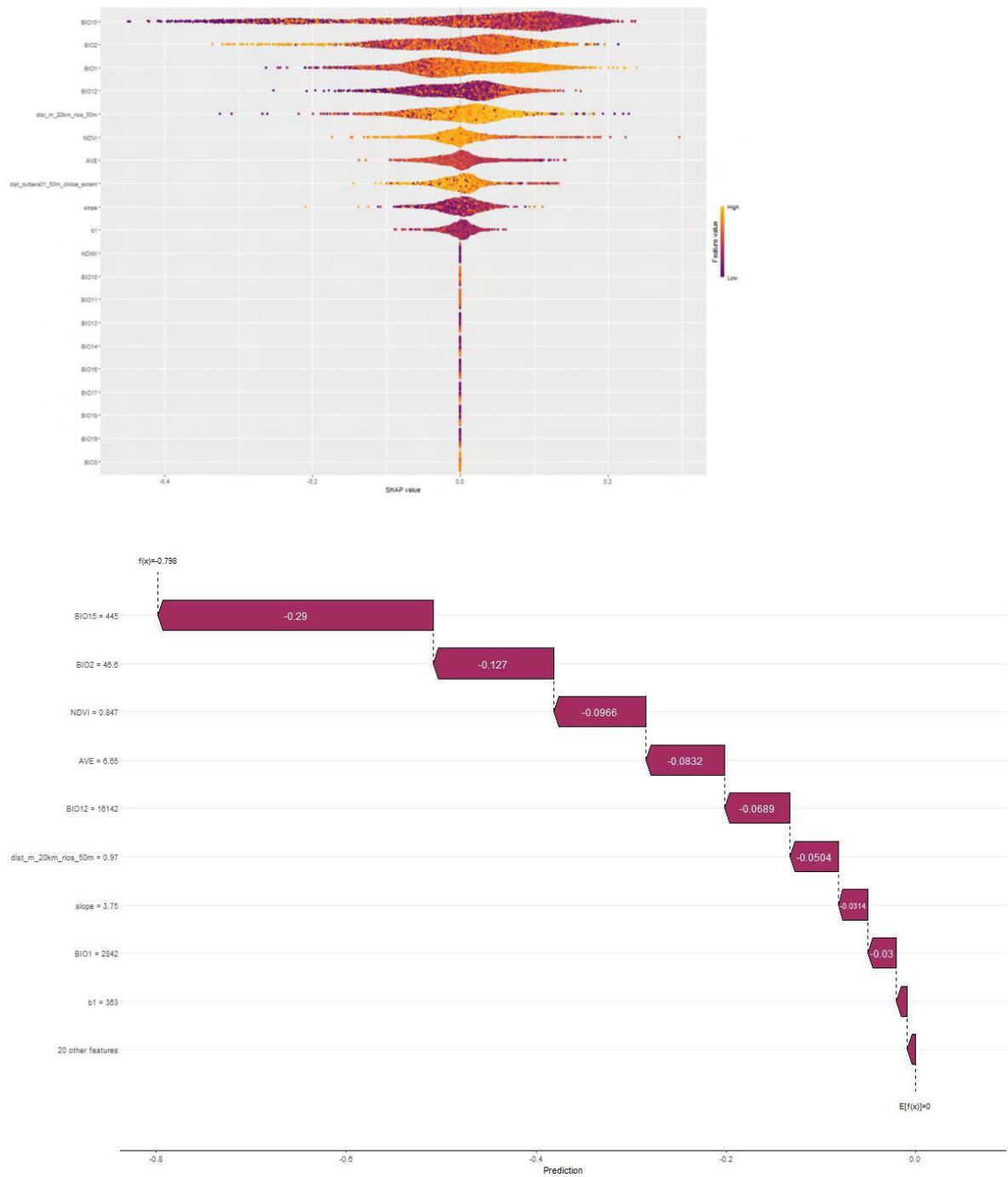


Figura 13 Interpretabilidad E (SHAP beeswarm y waterfall): muestra dirección y magnitud del efecto; valores altos de BIO15 tienden a reducir E (menor estabilidad hídrica), mientras que menor distancia a ríos/turberas y NDVI alto incrementan E.

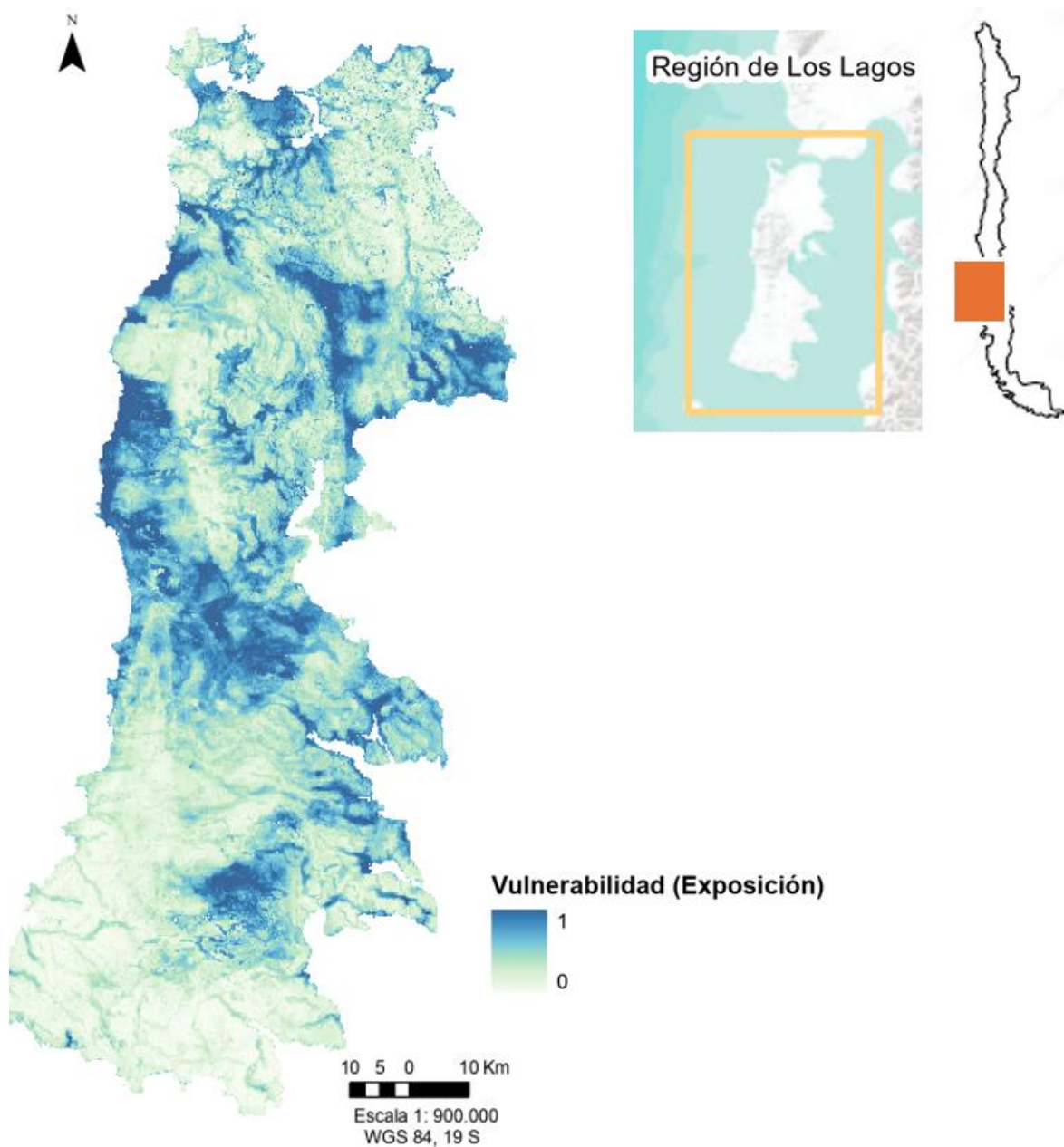


Figura 14. Mapa de Vulnerabilidad (Exposición) del pudú: superficie continua 0–1.

6.2.2 Modelo de amenaza

El componente de amenaza representa la probabilidad de eventos letales condicionados por presiones antrópicas. Tras controlar colinealidad entre distancias a distintos tipos de camino y variables de ocupación humana (Figura 15), el modelo RF ubicó como impulsores de mayor peso la proximidad a caminos pavimentados, seguida por caminos de ripio y

caminos urbanos; a estos se suman desmonte/pérdida de vegetación e incendios como intensificadores del riesgo (Figura 16).

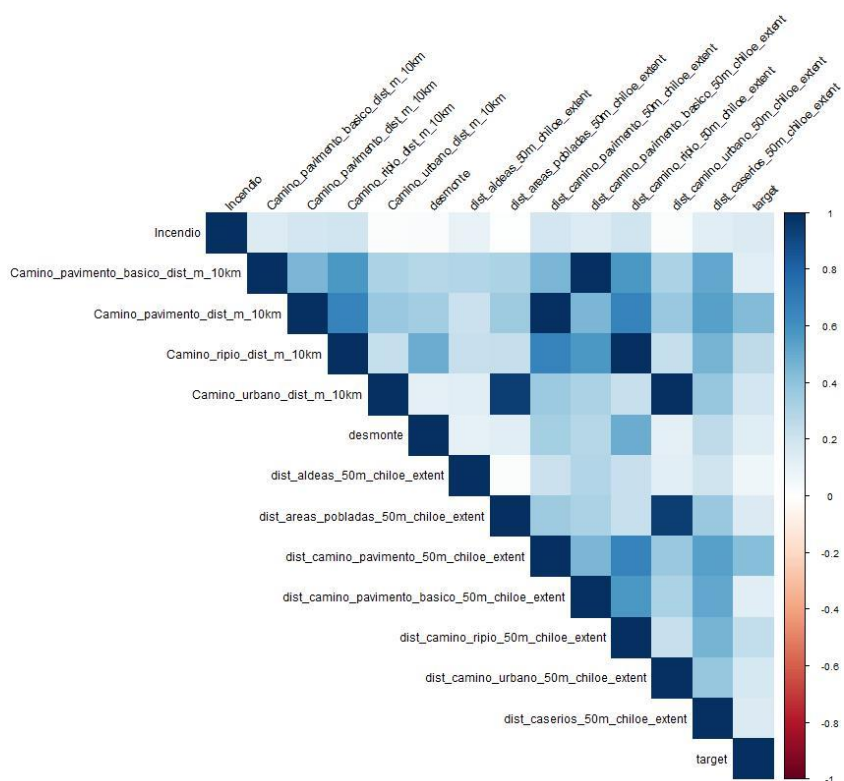


Figura 15. Matriz de colinealidad de predictores de amenaza (H).

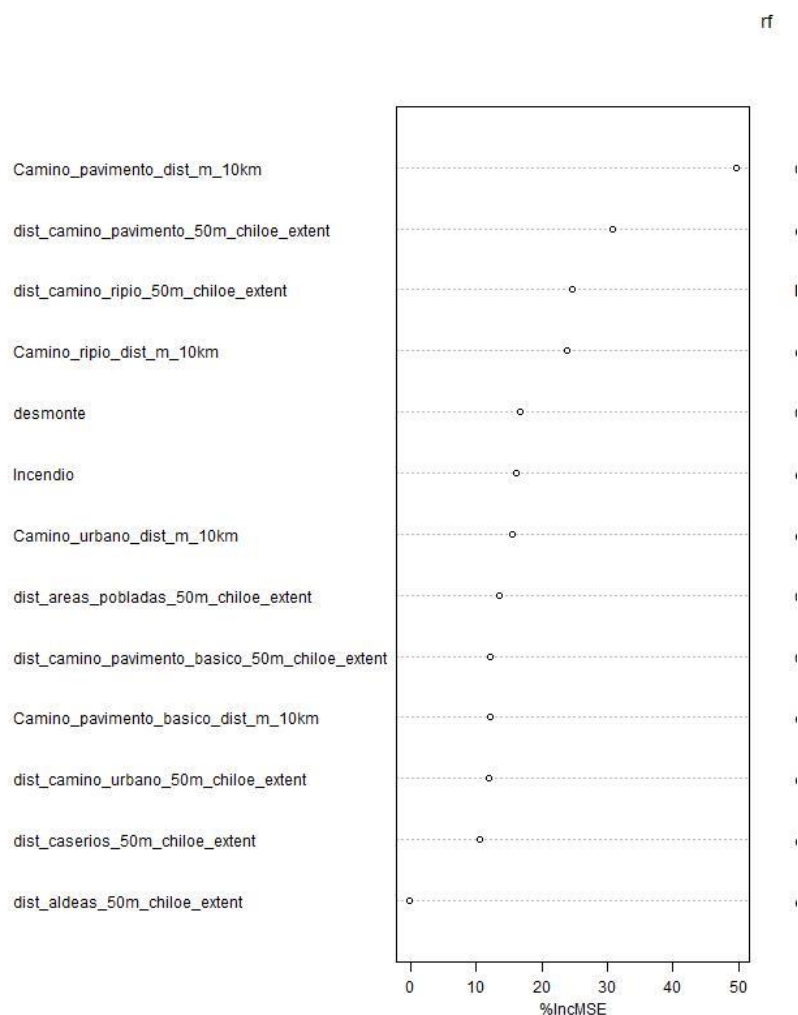


Figura 16 Importancia de variables del modelo de amenaza (H-RF): distancia a caminos pavimentados, distancia a caminos de ripio, distancia a caminos urbanos, áreas de desmonte e incendios encabezan el ranking.

El análisis SHAP evidenció que la amenaza crece marcadamente a medida que disminuye la distancia a la red vial —con efecto más pronunciado en pavimento— y que los incendios y el desmonte elevan el riesgo residual incluso en áreas no inmediatamente adyacentes a vías; además, se observó una interacción relevante “pavimento × pérdida de cubierta”, que concentra riesgo en interfaces bosque–matriz (Figura 17). Espacialmente, los hotspots de amenaza se agrupan en tramos viales que bordean hábitats de buena calidad y en perímetros urbano–rurales.

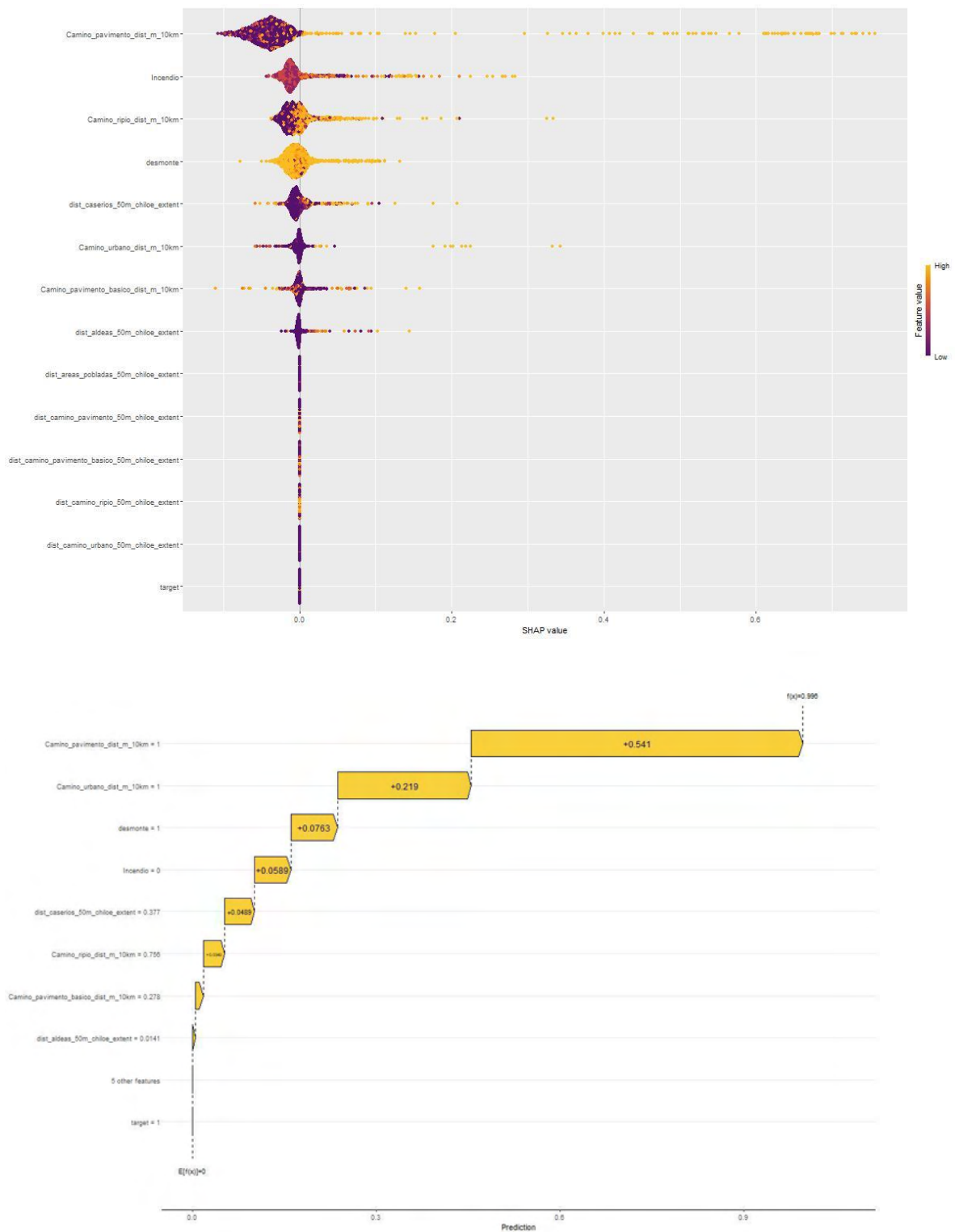


Figura 17 *Interpretabilidad H (SHAP)*: proximidad a pavimento y urbano aumenta H; los incendios y el desmonte elevan el riesgo residual aun lejos de la red vial; la interacción “camino pavimentado × pérdida de cubierta” concentra riesgo en interfaces bosque–matriz.

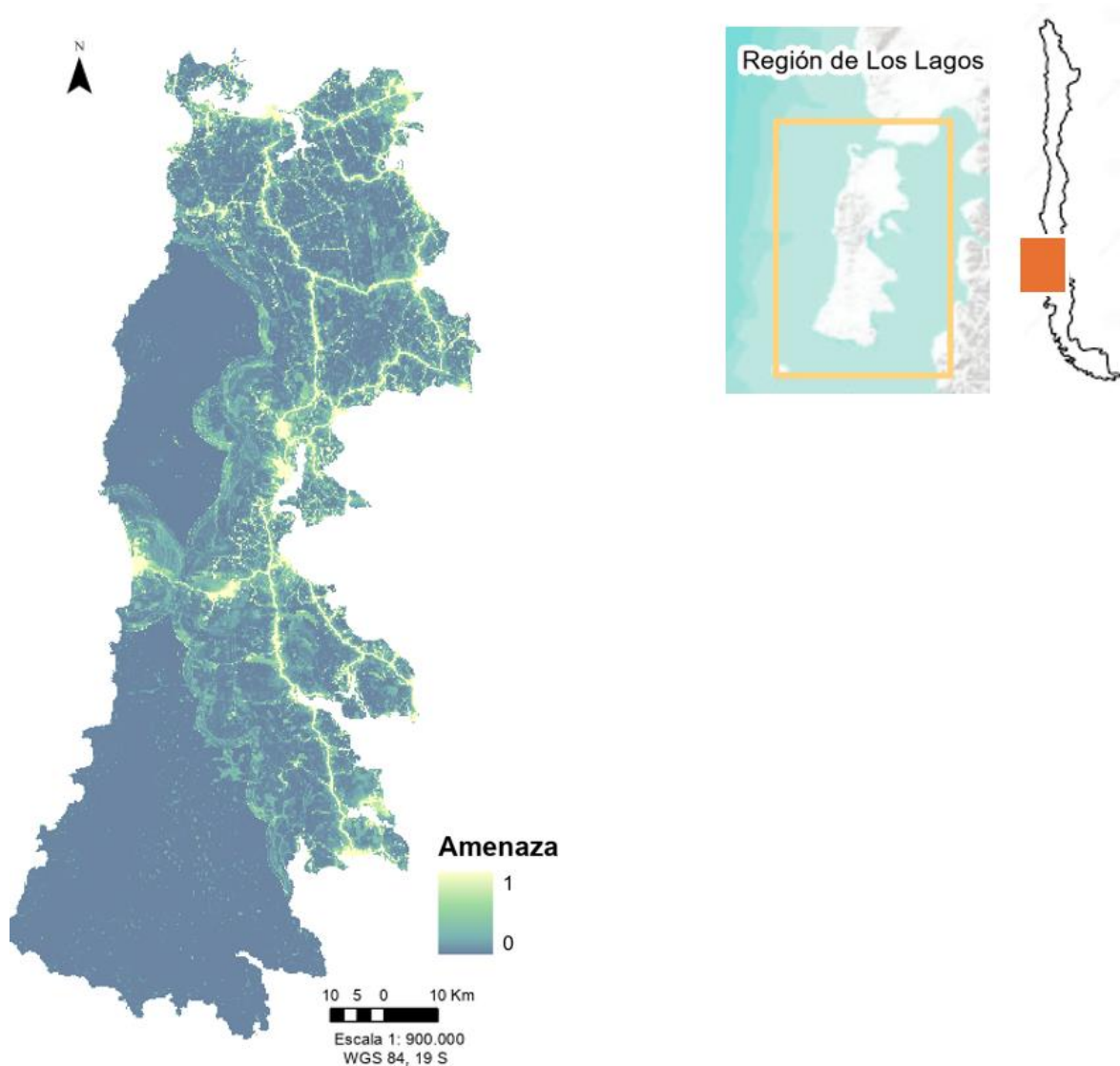


Figura 18 *Mapa de Amenazas del pudú*: hotspots en **tramos viales** con buena calidad de hábitat adyacente y en bordes urbano–rurales.

6.2.3 Modelo de riesgo

La integración normalizada de exposición y amenaza produce el Mapa de Riesgo, donde emergen hotspots en sitios donde coexisten hábitat altamente idóneo y fuertes presiones antrópicas. Con $(\alpha, \beta) = (1,1)$ se logró el mejor compromiso entre discriminación y estabilidad; sensibilidades alternativas desplazaron los hotspots hacia la red vial (1,2) o hacia continuos de bosque húmedo (2,1).

El resultado final clasifica el territorio en crítico ($R \geq 0,80$), vulnerable ($0,50 \leq R < 0,80$) y expuesto ($R < 0,50$), destacando corredores viales próximos a bosque nativo, riberas y

turberas como prioridades para mitigación (reducción de velocidad, pasos de fauna, cierres dirigidos) y gestión complementaria (tenencia responsable de perros, restauración de bordes) (Figura 19). A partir de esta capa, se delinearon sitios prioritarios de intervención (tramos y polígonos) maximizando el consenso espacial (Figura 20).

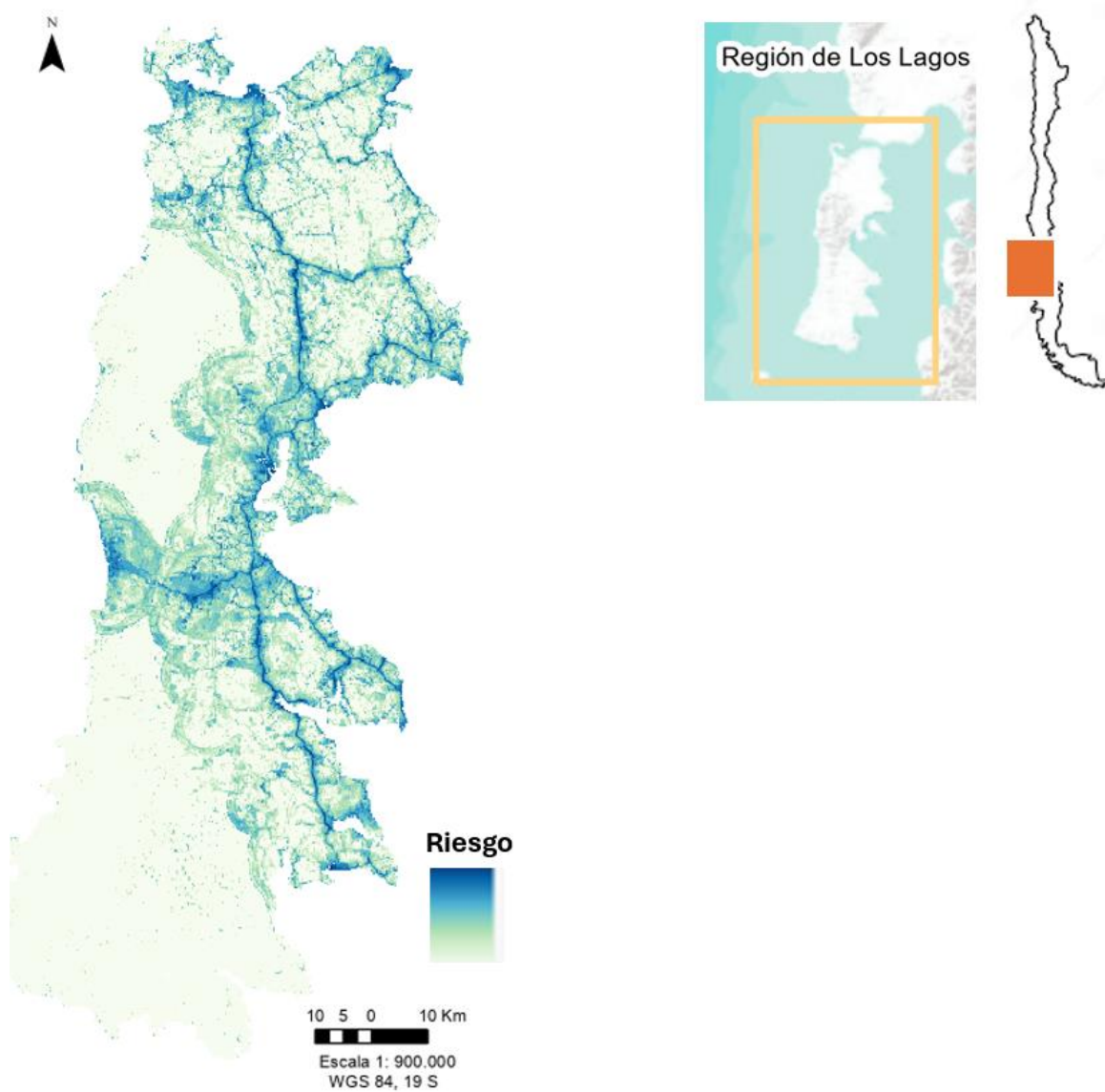


Figura 19 Mapa de Riesgo de mortalidad del pudú

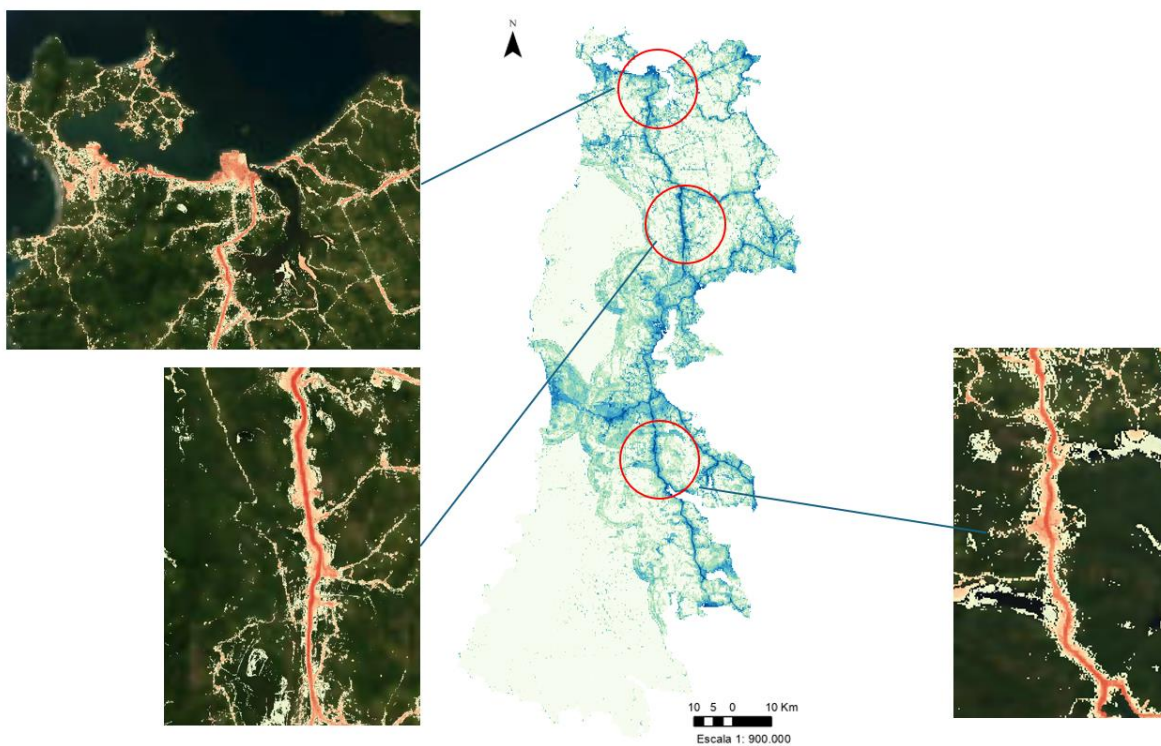


Figura 20. Sitios prioritarios intervención.

7 Conclusiones

Este estudio entrega explícitamente un modelo de riesgo de mortalidad del pudú (*Pudu puda*) en Chiloé, integrando más de mil registros de ocurrencia con predictores ambientales, topográficos y antrópicos, e incorporando conocimiento local mediante encuestas y talleres. El riesgo emerge donde hábitat altamente idóneo (Exposición) coincide con presiones intensas (Amenaza), especialmente en interfaces bosque–matriz cercanas a red vial, riberas y turberas.

En el componente de Exposición, la idoneidad se asocia a climas húmedos y estables (BIO12, BIO15, BIO3), proximidad a ríos y turberas y topografía intermedia. En Amenaza, dominan la proximidad a caminos pavimentados, seguida de ripio y vías urbanas; desmonte e incendios amplifican el riesgo, coherente con la evidencia de mortalidad por atropellos y conflictos periurbanos con perros.

La integración $R = f(E, H)$ identifica hotspots prioritarios para gestión, donde intervenciones viales (reducción de velocidad, señalética, control de curvas/pendientes y pasos de fauna) y no viales (tenencia responsable y control de perros ferales, restauración de bordes, prevención de incendios) pueden reducir el riesgo en el corto plazo. La trazabilidad entre participación social y modelación (pesos de amenaza) fortalece la legitimidad y pertinencia territorial de estas recomendaciones.

Las limitaciones principales se relacionan con: (i) sesgos de detección en registros oportunistas; (ii) heterogeneidad de resoluciones y fechas entre fuentes; y (iii) uso de climatologías (WorldClim) que no capturan variabilidad interanual reciente. Aun así, la validación cruzada, las métricas (AUC, sensibilidad/especificidad) y los análisis SHAP sostienen la robustez e interpretabilidad del enfoque.

En caso de que se concrete la construcción de una carretera de doble vía en Chiloé, se recomienda integrar Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) en su diseño, especialmente en sectores de quebradas, ríos y humedales. Estos corredores naturales —actualmente asociados a la mayor idoneidad de hábitat para el pudú y otras especies— deberían mantenerse intactos o ser restaurados, permitiendo que la infraestructura vial se eleve o bordeé estas zonas mediante viaductos o pasos aéreos. Tal enfoque no solo reduciría la fragmentación ecológica y el riesgo de atropellos, sino que convertiría a las quebradas y cauces en corredores biológicos funcionales, conectando poblaciones aisladas y reforzando la resiliencia ecológica del paisaje frente al cambio global. Esta integración entre ingeniería y ecología constituye una oportunidad para que Chiloé avance hacia un modelo de infraestructura verde coherente con su valor biocultural

8 Referencias

Anderson, R. P., Gómez-Laverde, M., & Peterson, A. T. (2002). *Using niche-based GIS modeling to test geographic predictions*. Artículo científico.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1034/j.1600-0706.2002.t01-1-980116.x>

Breiman, L. (2001). *Random Forests*. Artículo científico.

<https://www.stat.berkeley.edu/~breiman/randomforest2001.pdf>

Colihueque, N., Vidal, V., Gantz, A., & Yáñez, M. (2025). *Habitat use by pudu deer (Pudu puda) in native forests of coastal range in Southern Chile*. Artículo científico.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s13364-025-00786-1>

CONAF. (2019). *Plan Nacional de Conservación del Pudú*. Documento oficial.

<https://fondos.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/08/PNC-Pudu-puda-CONAF-2019.pdf>

Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). *Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time*. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 677–697. <https://www.deepdyve.com/lp/annual-reviews/species-distribution-models-ecological-explanation-and-prediction-NkWzAnE4HR>

Franklin, J. (2009). *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*. Libro.

https://assets.cambridge.org/97805217/00023/frontmatter/9780521700023_frontmatter.pdf

Guisan, A., Thuiller, W., & Zimmermann, N. E. (2017). *Habitat Suitability and Distribution Models: With Applications in R*. Cambridge University Press. <https://www.amazon.com/-/es/Antoine-Guisan-ebook/dp/B0744JXDPF>

Hijmans, R. J., Phillips, S., Leathwick, J., & Elith, J. (2023). *Species Distribution Modeling with R: dismo package*. Manual de software. <https://cran.r-project.org/web/packages/dismo/dismo.pdf>

J E. Jiménez. (2010). *Southern Pudu Pudu puda*. Capítulo de libro / Artículo científico.

https://www.researchgate.net/publication/262524101_Southern_Pudu_Pudu_puda

(Nota: aparece como capítulo y como artículo en tu lista; lo cito con el enlace disponible.)

Khalil, M., & Kumar, J. S. (2025). *Predictive modeling of land surface temperature dynamics in Damascus, Syria using Google Earth Engine: a remote sensing and random forest approach*. Artículo científico. <https://link-springer-com.uai.idm.oclc.org/article/10.1007/s12145-025-01844-7>

Littlewood, N. A., Rocha, R., Smith, R. K., Martin, P. A., Lockhart, S. L., & Schoonover, R. F. (2020). *Terrestrial Mammal Conservation: Global Evidence for the Effects of Interventions for Terrestrial Mammals Excluding Bats and Primates*. Open Book Publishers.

<https://www.openbookpublishers.com/books/10.11647/obp.0188>

Meier, D., & Merino, M. L. (2007). *Distribution and habitat features of southern pudu (Pudu puda Molina, 1782) in Argentina*. Artículo científico.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1616504706001364>

Pavez-Fox, A., & Estay, S. A. (2016). *Correspondence between the habitat of the threatened pudú and the national protected-area system of Chile*. Artículo científico.

<https://bmcecol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12898-015-0057-7>

(Ajusté el final del enlace a la versión pública del artículo si difiere; si prefieres, dejo el que enviaste tal cual).

Phillips, S. J., Dudík, M., & Schapire, R. E. (2004). *A maximum entropy approach to species distribution modeling*. Artículo científico.

<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=52c0743c2a223132c7710fd81b625ea24e13ddc6>

Santodomingo, A., Robbiano, S., Thomas, R., Parrague-Migone, C., et al. (2022). *A search for piroplasmids and spirochetes in threatened pudu (Pudu puda) and associated ticks from Southern Chile unveils a novel Babesia sp. and a variant of Borrelia chilensis*. Artículo científico. <https://doi-org.uai.idm.oclc.org/10.1111/tbed.14743>

Sepúlveda, M., Pelican, K., Cross, P., Eguren, A., & Singer, R. (2015). *Fine-scale movements of rural free-ranging dogs in conservation areas in the temperate rainforest of the coastal range of southern Chile*. Artículo científico. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.001>

Silva-Rodríguez, E. A., & Sieving, K. E. (2012). *Domestic dogs shape the landscape-scale distribution of a threatened forest ungulate*. Artículo científico.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320712001516>

Solís-López, C., Yusti-Muñoz, A. P., & Simonetti, J. A. (2024). *Population viability analysis and management recommendations for two huemul (Hippocamelus bisulcus) (Molina, 1782) populations in Chile*. Artículo científico. <https://link-springer-com.uai.idm.oclc.org/article/10.1007/s42991-024-00401-x>

Ward, G., Hastie, T., Barry, S., Elith, J., & Leathwick, J. (2009). *Presence-only modelling using MAXENT: the need for adjustments*. Artículo científico.

<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/2041-210x.12004>

(2018). *Protected areas in Chile: are we managing them?* Artículo científico.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2018000100201&lang=es

9 Figuras

Figura 1. Esquema metodológico general del modelo de riesgo de mortalidad del pudú (Pudu puda) en Chiloé.	13
Figura 2. Ejemplo de variables y covariables.	1
Figura 3. Ejemplo de listado variables predictivas.	2
Figura 4. Promedio de gravedad percibida por amenaza.	5
Figura 5. Distribución de respuestas por amenaza y nivel de gravedad.	6
Figura 6. Promedio de gravedad según sector	6
Figura 7. Ranking ponderado de amenazas	7
Figura 8. Percepción de la gravedad percibida por amenaza.	8
Figura 9. Taller 18 de julio de 2025. Levantamiento de actores relevantes y principales amenazas al pudú.	9
Figura 10 Taller 28 de agosto de 2025. Priorización participativa de amenazas y ponderación de variables.	10
Figura 11. Matriz de colinealidad de predictores de exposición (E).	0
Figura 12 Importancia de variables del modelo de exposición (E-RF, %IncMSE): destacan BIO15, distancia a ríos y distancia a turberas.	1
Figura 13 Interpretabilidad E (SHAP beeswarm y waterfall): muestra dirección y magnitud del efecto; valores altos de BIO15 tienden a reducir E (menor estabilidad hídrica), mientras que menor distancia a ríos/turberas y NDVI alto incrementan E.	2
Figura 14. Mapa de Vulnerabilidad (Exposición) del pudú: superficie continua 0–1.	3
Figura 15. Matriz de colinealidad de predictores de amenaza (H).	4
Figura 16 Importancia de variables del modelo de amenaza (H-RF): distancia a caminos pavimentados, distancia a caminos de ripio, distancia a caminos urbanos, áreas de desmonte e incendios encabezan el ranking.	5
Figura 17 Interpretabilidad H (SHAP): proximidad a pavimento y urbano aumenta H; los incendios y el desmonte elevan el riesgo residual aun lejos de la red vial; la interacción “camino pavimentado × pérdida de cubierta” concentra riesgo en interfaces bosque–matriz.	6
Figura 18 Mapa de Amenazas del pudú: hotspots en tramos viales con buena calidad de hábitat adyacente y en bordes urbano–rurales.	7
Figura 19 Mapa de Riesgo de mortalidad del pudú	8
Figura 20. Sitios prioritarios intervención.	9

10 Tablas

<i>Tabla 1 Flujo de trabajo del proyecto.</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2 Ejemplo base consolidada (BBDD_PUDU2025.xlsx) de registros de pudú por fuente, año y tipo de observación.</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 3 Localidades de muestreo, coordenadas geográficas y resultados de detección de Babesia en pudúes (Pudu puda) (adaptado de Santodomingo et al., 2022).</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 4 Resultados de gestión de solicitudes de información durante la primera etapa del Proyecto.</i>	<i>0</i>
<i>Tabla 5 Datos y metadatos de variables usadas en el modelado (ambientales, de amenaza y de ocurrencia). 0</i>	<i>0</i>

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

11 ANEXOS

11.1 Registro de solicitudes Lay Transparencia

SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN

Su solicitud ha sido ingresada al Portal de Transparencia del Estado para el organismo Corporación Nacional Forestal (CONAF) con fecha 12/08/2025 con el N°: AR003T0010188. La confirmación de este ingreso ha sido enviada a su correo electrónico paz.acuna@uai.cl

La fecha de entrega de la respuesta es el 10/09/2025 (el plazo para recibir una respuesta es de 20 días hábiles). Le informamos que durante este proceso el organismo Corporación Nacional Forestal (CONAF) podría solicitar una prórroga de máximo 10 días hábiles para dar respuesta a su solicitud.

En caso que su solicitud de información no sea respondida en el plazo de veinte (20) días hábiles, o sea ésta denegada o bien la respuesta sea incompleta o no corresponda a lo solicitado, en aquellos casos que la ley lo permite usted podrá interponer un reclamo por denegación de información ante el Consejo para la Transparencia www.consejotransparencia.cl dentro del plazo de 15 días hábiles, contado desde la notificación de la denegación de acceso a la información, o desde que haya expirado el plazo definido para dar respuesta.

Para las solicitudes presentadas a organismos autónomos como por ejemplo Poder Judicial, Contraloría General de la República y el Congreso Nacional el procedimiento de reclamos se describe [en el siguiente enlace](#).

Podrá conocer el estado de su solicitud en este portal ingresando el Código identificador de tu solicitud: AR003T0010188 y también ingresando con tus datos al portal de ciudadano.



DATOS INGRESADOS PARA SU SOLICITUD

Solicitud de información	
A quien dirige su solicitud	Corporación Nacional Forestal (CONAF)
Región	Región Metropolitana de Santiago
Vía de recepción de solicitud	Correo electrónico
Correo electrónico	paz.acuna@uai.cl
Correo electrónico notificaciones	paz.acuna@uai.cl
Solicitud	Junto con saludar, en el marco de la Ley N 20.285 sobre Acceso a la Información Pública, solicito información relativa a la presencia del pudú (Pudu puda) en la provincia de Chiloé, para proyecto FPA "Conservación del Pudú y su hábitat en la provincia de Chiloé". Registros de presencia de pudú (observaciones, hallazgos, monitoreos, cámaras trampa, denuncias confirmadas u otros) con coordenadas geográficas (WGS84), fecha del registro, fuente/origen del dato, método de obtención y, cuando exista, precisión espacial. Registros de presencia de perros asilvestrados. Formatos preferentes: CSV/Excel y, si existe cartografía, GeoJSON/CSV/Shapefile. Muchas gracias Dra. María Paz Acuña
Observaciones	1. avistamientos, monitoreos, reportes técnicos o bases de datos oficiales. 2. Período de vigencia de la información solicitada: Cualquiera. 3. Características solicitadas por registro: Coordenadas geográficas (WGS84) Fecha de registro Fuente/origen del dato (organismo, proyecto, informante) Método de obtención (cámara trampa, observación directa, rastros, otros) Precisión espacial (en metros o rango estimado) Soporte documental (planilla de datos, shapefile, informe técnico, etc.) 4. Origen o destino del documento o base de datos: Origen: registros generados, compilados o validados por su institución o recibidos oficialmente desde otras entidades. Destino: uso exclusivo en investigación científica y conservación, en el marco del proyecto FPA "Conservación del Pudú y su hábitat en la provincia de Chiloé". 5. Soporte y formato solicitado: Digital, en formato CSV, Excel y, en caso de cartografía, GeoJSON o Shapefile.
Archivos adjuntos	
Soporte deseado	Electrónico
Formato deseado	Excel
Solicitante inicia sesión en Portal	NO
Forma de recepción de la solicitud	Vía electrónica
Otro formato de entrega	



**CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL
REGIÓN DE LOS LAGOS
DIRECCIÓN REGIONAL LOS LAGOS
GV/CRG/FUG**

CARTA OFICIAL N° 444/2025

PUERTO MONTT, 03/09/2025

**SEÑORITA
MARÍA PAZ ACUÑA RUZ
PRESENTE**

Junto con saludar y en respuesta a la solicitud de Transparencia N° [AR003T0010189](#), se envía resumen del monitoreo con cámaras trampa que se lleva a cabo en el Parque Nacional Chiloé desde el año 2021 a la fecha.

- El trabajo de monitoreo con cámaras trampa es parte del monitoreo a nivel nacional de las áreas silvestres protegidas, que evalúan las prácticas de conservación y control de amenazas dentro de un ciclo de manejo adaptativo, además de rendir cuentas a la sociedad del estado de las especies y sus ecosistemas.

- Los objetivos de esto es aplicar el monitoreo estandarizado con cámaras trampas dentro de la Unidad; y analizar los datos de las cámaras trampas de acuerdo al esfuerzo de muestreo a 30 noches/trampa.

- La metodología estandarizada se realiza con cámaras trampas Bushnell. Se crea una cuadrícula con celdas de 1 km x 1km sobre los límites de la Unidad. Se eligen 60 celdas o puntos al azar dentro de la cuadrícula y estas fueron acercadas a puntos donde los Guardaparques puedan acceder. Las cámaras trampa se dejan un mínimo de 30 noches capturando fotografías simultáneamente en terreno.

- El monitoreo con cámaras trampas se debe realizar en la misma temporada o estación, todos los años, y en los mismos 60 puntos, para así poder comparar los resultados a largo plazo.

- Algunos de los puntos y fechas de instalación pueden variar año a año, esto por accesibilidad, condiciones climáticas y seguridad del personal Guardaparque.

- Para el monitoreo, no se utilizan cebos. Las cámaras son instaladas en estacas de madera y árboles, cuando es posible, a 30 cm del suelo, altura óptima para captar los Objetos de Conservación del Parque.

- Se utiliza el programa SpecialRenamer para renombrar las fotos según fecha y hora de captura de las fotos. Los archivos son organizados según la nomenclatura estandarizada de nombres de especies y se clasifican las carpetas con el número de individuos según corresponda y analizados mediante los programas DataOrganize y DataAnalyze.

- Como resultado se obtiene un análisis a 30 noches trampa y también para todo el período que está instalada la cámara.

- A continuación, se envían los resultados del monitoreo estandarizado con cámaras trampa en el Parque Nacional Chiloé:

- Ranking de registro independiente (abundancia): Número de registros de una misma especie, que cada cierto lapso de tiempo, se asume como individuos (registros) independientes. En este caso se utilizaron 60 minutos.
- Matriz de presencia y ausencia: Puntos donde se registraron y donde no se registraron especies.
- Ocupación de sitio: Proporción de puntos donde se registra una especie, en relación al total de puntos monitoreados.
- Fecha de captura de foto en cada punto.
- Capas de información sobre la presencia de perro y pudú, correspondientes al período 2021 a la fecha, que abarcan todo el tiempo en que estuvieron instaladas las cámaras (análisis completo). Formato shp. Sistema de referencia de coordenadas: Proyección de EPSG:32718 - WGS 84 / UTM zone 18S; Universal Transverse Mercator (UTM).

Sírvase encontrar adjunto a la presente los siguientes archivos:

- Documento Digital: allpictures_Pudu_Perro_2021_a_2025
- Documento Digital: Pudú - Perro 2021
- Documento Digital: Pudú - perro 2022
- Documento Digital: Pudú - perro 2023
- Documento Digital: Pudú - perro 2024
- Documento Digital: Pudú - perro 2025

Cabe señalar que algunos archivos (shapefiles) serán enviados directamente al correo electrónico señalado en la solicitud, paz.acuna@uai.cl, dado que no es posible adjuntarlos a través de esta vía por el tamaño de los archivos.

Le sugerimos que para futuras consultas respecto a este FPA, debe escribir a la Srta. Gisela Toledo al correo electrónico gisela.toledo@Conaf.cl

**ACUSE DE RECIBO DE SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN
LEY DE TRANSPARENCIA**

AR006T0014058

Fecha: 12/08/2025 Hora: 15:49:48



1. Contenido de la Solicitud

Nombre	María Paz
Primer Apellido	Acuña
Segundo Apellido	Ruz
Teléfono de contacto	992508016
Tipo de persona	Natural
Dirección postal y/o correo electrónico	paz.acuna@uai.cl
Correo electrónico notificaciones	paz.acuna@uai.cl
Nombre de Representante	
Primer Apellido Representante	
Segundo Apellido Representante	
Solicitud realizada	Junto con saludar, en el marco de la Ley N 20.285 sobre Acceso a la Información Pública, solicito información relativa a la presencia del pudú (Pudu puda) en la provincia de Chiloé, para proyecto FPA "Conservación del Pudú y su hábitat en la provincia de Chiloé". Registros de presencia de pudú (observaciones, hallazgos, monitoreos, cámaras trampa, denuncias confirmadas u otros) con coordenadas geográficas (WGS84), fecha del registro, fuente/origen del dato, método de obtención y, cuando exista, precisión espacial. Registros de presencia de perros asilvestrados. Formatos preferentes: CSV/Excel y, si existe cartografía, GeoJSON/CSV/Shapefile. Muchas gracias Dra. María Paz Acuña
Observaciones	1. avistamientos, monitoreos, reportes técnicos o bases de datos oficiales. 2. Período de vigencia de la información solicitada: Cualquiera 3. Características solicitadas por registro: Coordenadas geográficas (WGS84) Fecha de registro Fuente/origen del dato (organismo, proyecto, informante) Método de obtención (cámara trampa, observación directa, rastros, otros) Precisión espacial (en metros o rango estimado) Soporte documental (planilla de datos, shapefile, informe técnico, etc.) 4. Origen o destino del documento o base de datos: Origen: registros generados, compilados o validados por su institución o recibidos oficialmente desde otras entidades. Destino: uso exclusivo en investigación científica y conservación, en el marco del proyecto FPA "Conservación del Pudú y su hábitat en la provincia de Chiloé". 5. Soporte y formato solicitado: Digital, en formato CSV, Excel y, en caso de cartografía, GeoJSON o Shapefile.
Archivos adjuntos	
Medio de envío o retiro de la información	Correo electrónico
Dirección de envío de la información	, , ,
Formato de entrega de la información	Electrónico/Excel
Sesión iniciada en Portal	NO
Vía de ingreso en el organismo	Vía electrónica

Av. Presidente Balmes 140

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)

De acuerdo a su requerimiento, este organismo procederá a verificar lo siguiente:

- a) Si su presentación constituye una solicitud de información.
- b) Si nuestra institución es competente para dar respuesta a ésta.
- c) Si su solicitud cumple con los requisitos obligatorios establecidos en el artículo 12 de la Ley de Transparencia.

2. Fecha de entrega vence el: 10/09/2025

El plazo máximo para responder una solicitud de información es de veinte (20) días hábiles. De acuerdo a su presentación la fecha máxima de entrega de la respuesta es el día 10/09/2025. Se informa además que excepcionalmente el plazo referido podrá ser prorrogado por otros 10 días hábiles, cuando existan circunstancias que hagan difícil reunir la información solicitada, conforme lo dispone el artículo 14 de la Ley de Transparencia.

Informamos además que la entrega de información eventualmente podrá estar condicionada al cobro de los costos directos de reproducción. Por su parte, y de acuerdo a lo establecido en el artículo 18 de la Ley de Transparencia, el no pago de tales costos suspende la entrega de la información requerida.

En caso que su solicitud de información no sea respondida en el plazo de veinte (20) días hábiles, o sea ésta denegada o bien la respuesta sea incompleta o no corresponda a lo solicitado, en aquellos casos que la ley lo permite usted podrá interponer un reclamo por denegación de información ante el Consejo para la Transparencia www.consejotransparencia.cl dentro del plazo de 15 días hábiles, contado desde la notificación de la denegación de acceso a la información, o desde que haya expirado el plazo definido para dar respuesta.

3. Seguimiento de la solicitud

Con este código de solicitud: AR008T0014058 , podrá hacer seguimiento a su solicitud de acceso a través de los siguientes medios:

- a) Directamente llamando al teléfono del organismo: 223451111
- b) Consultando presencialmente, en oficinas del organismo "Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)", ubicadas en Av. Presidente Balmes 140, en el horario Lunes a viernes, 9.00 a 14.00 horas
- c) Digitando código de solicitud en www.portaltransparencia.cl opción 'Hacer seguimiento a solicitudes'

4. Eventual subsanación

Si su solicitud de información no cumple con todos los requisitos señalados en el artículo 12 de la Ley de Transparencia, se le solicitará la subsanación o corrección de la misma, para lo cual tendrá un plazo máximo de cinco (5) días hábiles contados desde la notificación del requerimiento de subsanación. En caso que usted no responda a esta subsanación dentro del plazo señalado, se le tendrá por desistido de su petición.

CARTA N° 7592/2025

SANTIAGO, 28/08/2025

**SEÑOR
MARÍA PAZ ACUÑA RUZ
PAZ.ACUNA@UAI.CL,**

De acuerdo a lo establecido en la Ley N° 20.285 de "Acceso a la información pública", la cual indica que la función pública se debe ejercer con transparencia, permitiendo y promoviendo el conocimiento de los organismos públicos; y dando respuesta a la solicitud N° AR006T0014058, presentada por Ud. con fecha 12 de julio de 2025, por la cual requiere:

" Junto con saludar, en el marco de la Ley N 20.285 sobre Acceso a la Información Pública, solicito información relativa a la presencia del pudú (Pudu puda) en la provincia de Chiloé, para proyecto FPA "Conservación del Pudú y su hábitat en la provincia de Chiloé"..."

Que, en razón de lo solicitado se adjunta planilla Excel con denuncias atinentes a la especie *Pudu Puda*, en la provincia de Chiloé. Cabe señalar que en lo que respecta a registros sobre presencia de perros asilvestrados, nuestro Servicio no cuenta con información consolidada.

Sin otro particular, saluda atentamente;



**JUAN RODRIGO SOTOMAYOR CABRERA
DIRECTOR NACIONAL (S) SERVICIO AGRÍCOLA Y
GANADERO**

Incl.:	Documento Digital: AR006T0014058 Ver
	Documento Digital: Archivo adjunto Ver

MRR/CLB/JFS

c.c.: Carlos Rafael Liberona Barraza Encargado Sección de Acceso a la Información Oficina Central
Javiera Ignacia Fernández Sepúlveda Profesional Sección de Acceso a la Información Oficina Central
Marta Lidia Toledo Quintana Profesional Sección de Acceso a la Información Oficina Central

Servicio Agrícola y Ganadero - Av. Presidente Bulnes N° 140 - Teléfono: 23451101

11.2 Información secundaria. Revisión de literatura científica.

Autor(es)	Año	Título del Documento / Artículo	Tipo de Fuente	Uso en el Proyecto	Link
CONAF	2019	Plan Nacional de Conservación del Pudú	Documento oficial	Marco conceptual y amenazas	https://fondos.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/08/PNC-Pudu-puda-CONAF-2019.pdf
Silva-Rodríguez & Sieving	2012	Domestic dogs shape the landscape-scale distribution of a threatened forest ungulate	Artículo científico	Amenazas por perros	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320712001516
Jiménez	2010	Southern Pudu Pudu puda	Capítulo de libro	Características biológicas del Pudú	
Franklin	2009	Mapping Species Distributions. Spatial Inference and Prediction	Libro	Fundamento SDM	https://assets.cambridge.org/97805217/00023/frontmatter/9780521700023_frontmatter.pdf
Hijmans et al.	2023	Species Distribution Modeling with R dismo package	Manual de software	Implementación de modelos SDM	https://cran.r-project.org/web/packages/dismo/dismo.pdf
Breiman	2001	Random Forests	Artículo científico	Algoritmo Random Forest	https://www.stat.berkeley.edu/~breiman/randomforest2001.pdf
Pavez-Fox & Estay	2016	Correspondence between the habitat of the threatened pudú and the national protected-area system of Chile	Artículo científico	Evaluación de conservación del hábitat del Pudú	https://bmcecol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12898-015-0055-7
Phillips et al.	2014	A maximum entropy approach to species distribution modeling	Artículo científico	Modelado con MaxEnt	https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=52c0743c2a223132c7710fd81b625ea24e13ddc6
Anderson et al.	2012	Using niche-based GIS modeling to test geographic predictions	Artículo científico	Base conceptual para modelos de distribución	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1034/j.1600-0706.2002.t01-1-980116.x

Ward et al.	2009	Presence-only modelling using MAXENT: the need for adjustments	Artículo científico	Consideraciones sobre pseudoausencias	https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/2041-210x.12004
Elith, J., & Leathwick, J. R.	2009	Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 40, 677–697.	Artículo científico	Modelo de distribución de especies	https://www.deepdyve.com/lp/annual-reviews/species-distribution-models-ecological-explanation-and-prediction-NkWzAnE4HR
Guisan, A., Thuiller, W., & Zimmermann, N. E	2017	Habitat Suitability and Distribution Models: With Applications in R. Cambridge University Press. ISBN: 9781108462187	Libro	Modelo de distribución de especies	https://www.amazon.com/-/es/Antoine-Guisan-ebook/dp/B0744JXDPF
Colihueque, N., Vidal, V., Gantz, A., & Yáñez, M.	2025	Habitat use by pudu deer (Pudu puda) in native forests of coastal range in Southern Chile	Artículo científico	Marco conceptual y amenazas	https://link.springer.com/article/10.1007/s13364-025-00786-1
Meier, D.;Merino, M. L	2007	Distribution and habitat features of southern pudu (Pudu puda Molina, 1782) in Argentina	Artículo científico	Impacto de asentamientos humanos, ganado e invasores en el pudú	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1616504706001364
Sepúlveda, M., Pelican, K., Cross, P., Eguren, A., & Singer, R.	2015	Fine-scale movements of rural free-ranging dogs in conservation areas in the temperate rainforest of the coastal range of southern Chile	Artículo científico	Amenazas por perros	https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.001
Contardo, Juan;Grimm-Seyfarth, Annegret;Cattan, Pedro E.;Schüttler, Elke	2021	Environmental factors regulate occupancy of free-ranging dogs on a sub-Antarctic island, Chile	Artículo científico	Amenazas por perros	https://link.springer-com.uai.idm.oclc.org/article/10.1007/s10530-020-02394-3
Nick A. Littlewood, Ricardo Rocha, Rebecca K. Smith, Philip A. Martin, Sarah L. Lockhart, Rebecca F. Schoonover	2020	Terrestrial Mammal Conservation: Global Evidence for the Effects of Interventions for Terrestrial Mammals Excluding Bats and Primates		Marco conceptual y amenazas	https://www.openbookpublishers.com/books/10.11647/obp.0188
Solís-López, Carla;Yusti-Muñoz, Ana Paola;Simonetti, Javier A.	2024	Population viability analysis and management recommendations for two huemul (Hippocamelus bisulcus) (Molina, 1782) populations in Chile	Artículo científico	Marco conceptual y amenazas	https://link.springer-com.uai.idm.oclc.org/article/10.1007/s42991-024-00401-x
Santodomingo, Adriana;Robbiano, Sofia;Thomas, Richard;Parrague-Migone, Catalina;+7 más	2022	A search for piroplasmids and spirochetes in threatened pudu (Pudu puda) and associated ticks from Southern Chile unveils a novel Babesia sp. and a variant of Borrelia chilensis	Artículo científico	Amenazas biológicas emergentes	https://doi-org.uai.idm.oclc.org/10.1111/tbed.14743

		Protected areas in Chile: are we managing them?	Artículo científico	Areas protegidas en Chile	https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2018000100201&lang=es
Khalil, Mohamad;Kumar, J. Satish	20225	Predictive modeling of land surface temperature dynamics in Damascus, Syria using google earth engine: a remote sensing and random forest approach			https://link.springer-com.uai.idm.oclc.org/article/10.1007/s12145-025-01844-7
Jaime E. Jiménez	20210	Southern Pudu Pudu puda	Artículo científico		https://www.researchgate.net/publication/262524101_Southern_Pudu_Pudu_puda

11.3 Encuesta: Amenazas y Conocimiento sobre el Pudú (*Pudu puda*) en Chiloé

Encuesta: Amenazas y Conocimiento sobre el Pudú (*Pudu puda*) en Chiloé

Objetivo: Levantar información local sobre amenazas percibidas, fuentes de información útiles y actores clave para la conservación del Pudú en la provincia de Chiloé.

Sección 1: Perfil del encuestado

1. Nombre (opcional):
2. Institución / organización / comunidad a la que pertenece (si aplica):
3. ¿Desde qué comuna participa?
4. ¿A qué sector se dedica principalmente?
 - Conservación / ONG
 - Servicios públicos (CONAF, SAG, municipios)
 - Academia / investigación
 - Comunidad local / vecinal
 - Educación
 - Otro: _____

Sección 2: Conocimiento del pudú

5. ¿Ha visto un pudú en su entorno o territorio?
 - Sí
 - No
 - No estoy seguro/a
6. ¿Qué tan familiarizado/a está con el *Plan Nacional de Conservación del Pudú (PNCP)*?
 - Lo conozco bien
 - He oído hablar de él
 - No lo conozco
7. ¿Cree que el pudú está presente en su comuna?

- Sí
- No
- No sé

Sección 3: Amenazas percibidas

8. ¿Cuáles de las siguientes amenazas cree que afectan al pudú en su territorio? *(puede marcar más de una)*

- Presencia de perros domésticos o asilvestrados
- Ganado suelto (competencia por hábitat)
- Tala de bosque nativo
- Cambio de uso de suelo (parcelaciones, urbanización)
- Incendios
- Caza, captura o tenencia ilegal
- Construcción de caminos y obras civiles
- Intrusión humana (senderismo fuera de rutas, vehículos 4x4)
- Contaminación del hábitat
- Otra amenaza: _____

9. **Evalúe el nivel de gravedad de cada amenaza en su territorio (1 = No grave, 5 = Muy grave):**

Amenaza	1	2	3	4	5
Perros sueltos	☐	☐	☐	☐	☐
Ganado	☐	☐	☐	☐	☐
Tala de bosque	☐	☐	☐	☐	☐
Cambio de uso de suelo	☐	☐	☐	☐	☐
Caza o captura	☐	☐	☐	☐	☐
Caminos / obras civiles	☐	☐	☐	☐	☐
Incendios	☐	☐	☐	☐	☐

Amenaza	1	2	3	4	5
Intrusión humana / turismo inadecuado	☐	☐	☐	☐	☐
Contaminación	☐	☐	☐	☐	☐
Otra _____					

10. ¿Ha conocido casos de atropellos de fauna silvestre en caminos rurales?

- Sí, frecuentemente
- Algunas veces
- No
- No lo sé

11. ¿En qué lugares o sectores se repiten estos atropellos?

Sección 4: Datos, registros y fuentes de información

12. ¿Conoce instituciones o personas que cuenten con datos relevantes sobre el pudú en Chiloé?
(por ejemplo: registros, observaciones, estudios)

- Sí: ¿cuáles? _____

Contacto instituciones/ personas:

- No

13. ¿Sabe si existen registros (georreferenciados o no) del pudú en su comuna o alrededores?

- Sí
- No
- No sé

14. ¿Qué tipo de información cree que sería útil para entender mejor las amenazas al pudú en Chiloé?

- Mapas de cobertura de bosque nativo
- Registros de atropellos

- Observaciones ciudadanas
- Información sobre perros o ganado suelto
- Datos climáticos o topográficos
- Otro: _____

15. ¿Estaría dispuesto/a a compartir registros o colaborar con este proyecto de conservación?

- Sí
- Tal vez
- No

Sección 5: Comentarios finales

16. ¿Desea compartir algún comentario, sugerencia o experiencia sobre el pudú o la conservación del bosque en su territorio?