

Patrones espaciales de los estados de invasión del visón americano (*Neogale vison*) en Chile a partir del modelo de distribución global y regional

TAMARA CUPER¹, MILEN DUARTE², ELKE SCHÜTTLER³, LAURA SANCHEZ-JARDÓN⁴, RAMIRO BUSTAMANTE⁵

¹ <https://orcid.org/0009-0000-7602-2132>

² <https://orcid.org/0000-0003-4784-9880>

³ <https://orcid.org/0000-0001-9143-6237>

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-4815-5445>

⁵ <https://orcid.org/0000-0001-6441-7006>

OPEN ACCESS

Recibido:

20/10/2025

Revisado:

01/12/2025

Aceptado:

09/01/2026

Publicado en línea:

22/09/2026

Co editor:

Dr. Rodrigo Villa-Martínez
Universidad de Magallanes,
Centro Internacional Cabo de
Hornos (CHIC), Chile.

Editor a cargo: MSc. Marcela
Valenzuela Saavedra, Centro
Internacional Cabo de Hornos
(CHIC), Chile.

ISSN 0718-686X



RESUMEN

Las invasiones biológicas representan una de las principales amenazas para la biodiversidad, los servicios ecosistémicos e incluso pueden generar costos económicos. El estudio del nicho climático de las especies invasoras permite dilucidar la dinámica de las invasiones al comparar el nicho climático global con el regional. En este estudio se aplicaron modelos de distribución de especies para evaluar el estado demográfico de invasión del visón americano (*Neogale vison*) en Chile, integrando tanto su nicho climático global como regional. Para ello, a partir de bases de datos públicas, utilizamos registros de su ocurrencia a nivel global y regional, junto con nueve variables bioclimáticas. El modelo global predijo una distribución potencial en Chile de 124.238,21 km², mientras que el modelo regional la restringió a 14.718,31 km², principalmente en Maullín, la isla grande de Chiloé, Aysén, y en el archipiélago de Tierra del Fuego y Cabo de Hornos. La mayoría de las poblaciones (88,75%) se encuentran en estado de equilibrio, lo que indica una fuerte estabilización en la región; un 0,89% se encuentran en adaptación local; un 7,35% se encuentran en colonización y un 3,01% en sumidero. El modelo global y los estados invasivos sugieren que *N. vison* podría continuar su expansión en la zona central de la isla de Chiloé, Aysén occidental y el archipiélago de Chonos, así como en la zona occidental de la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos. Por otra parte, *N. vison* está ocupando condiciones climáticas novedosas hacia el norte de Maullín. Dada la alta capacidad de dispersión y los impactos evidenciados de *N. vison* sobre la biodiversidad y las comunidades humanas, se recomienda focalizar estrategias de monitoreo y control diferenciado según se encuentren en poblaciones estabilizadas, en adaptación local o colonización, siendo estas las que representan el mayor riesgo para la biodiversidad local.

Palabras clave: invasiones biológicas, especies exóticas, visón, equilibrio poblacional, colonización.

Contribución de los autores:

T.S.C.: Diseño, obtención de la información, análisis de los datos y redacción del manuscrito.

M.D.: Diseño, análisis de los datos, redacción del manuscrito y revisión final del manuscrito.

R.O.B.: Diseño, redacción del manuscrito y revisión final del manuscrito.

E.S.: Redacción del manuscrito, editar figuras y aportar con la discusión.

L.S.: Revisar la base de datos, el manuscrito y aportar con la discusión.

Declaración de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento:

M.D. y R.O.B. poseen financiamiento ANID PIA/ BASAL FB210006, R.O.B., L.S. y E.S. poseen financiamiento CHIC ANID BASAL FB210018.

ABSTRACT

Biological invasions represent one of the main threats to global biodiversity. Studying the climatic niche of invasive species allows us to elucidate the dynamics of invasions by comparing the global climatic niche with the regional one. In this study, we used species distribution models to assess the demographic status of invasion of the American mink (*Neogale vison*) in Chile, integrating both its global and regional climatic niches. To do this, we worked with global and regional occurrence records, along with nine bioclimatic variables. The global model predicted a potential distribution in Chile of 124,238.21 km², while the regional model restricted it to 14,718.31 km², mainly in Chiloé, Aysén, Tierra del Fuego, and the Cape Horn archipelago. Most populations (88.75%) are in a state of equilibrium, indicating strong stabilization in the region; 0.89% are in local adaptation; 7.35% are in colonization and 3.01% in the sink. The results suggest that *N. vison* could expand in the central area of Chiloé island, Aysén and the Archipiélago de Chonos, Archipiélago Tierra del Fuego and, Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos. Furthermore, *N. vison* is occupying novel climatic conditions north of Maullín. Given the high dispersal capacity and the evidenced impacts of *N. vison* on biodiversity and human communities, it is recommended to focus on differentiated monitoring and control strategies depending on whether they are in stabilized populations and in local adaptation or colonization, these being the ones that represent the greatest risk to local biodiversity.

Keywords: biological invasions, exotic species, mink, population equilibrium, colonization.

INTRODUCCIÓN

Las invasiones biológicas se reconocen como una de las principales amenazas para la biodiversidad a escala global (Vitousek *et al.* 1996). En este contexto, múltiples investigaciones han destacado el papel de los rasgos funcionales en explicar la capacidad de ciertas especies para convertirse en invasoras exitosas (van Kleunen *et al.* 2010; Pyšek & Richardson, 2008). Entre estos rasgos, el nicho ecológico ocupa un lugar central, entendido como el conjunto de factores bióticos y abióticos que determinan las condiciones en las que una especie puede sobrevivir, crecer y reproducirse (Hutchinson, 1957; Peterson, 2011). Dado que el clima constituye una de las principales barreras para la colonización (Richardson & Pyšek, 2012), el estudio del nicho climático, entendido como el conjunto de condiciones climáticas que posibilitan la persistencia de una especie (Soberón, 2007; Peterson, 2011), se ha consolidado como una herramienta clave para predecir las áreas potencialmente invasibles. Basados en la dualidad de Hutchinson (Hutchinson, 1957; Soberón & Peterson, 2005) y en la hipótesis de la conservación del nicho (Wiens & Graham, 2005), los modelos de distribución de especies permiten proyectar el nicho desde las condiciones nativas hacia nuevos espacios geográficos (Elith & Leathwick, 2009), lo que ha posibilitado

estimar la expansión potencial de numerosas especies invasoras (Jiménez-Valverde *et al.* 2011). Además, se propone considerar no solo el nicho de las especies en su área nativa, sino también el rango completo de distribución a escala global, lo cual ha revelado que muchas invasoras logran establecerse en climas distintos a los de su origen, lo que sugiere cambios en el nicho asociados tanto a la liberación de restricciones, como a procesos evolutivos ocurridos durante la invasión (Broennimann *et al.* 2007; Guisan *et al.* 2014).

El uso del nicho climático global, es decir, aquel que integra tanto los datos de ocurrencia en el rango nativo como las ocurrencias registradas en áreas invadidas, permite registrar un abanico climático más completo de los requerimientos de las especies. Este enfoque ha demostrado ser el más adecuado para predecir la distribución potencial de especies exóticas, ya que no está limitado por las restricciones que estas manifiestan en sus áreas de origen (Broennimann *et al.* 2007; Gonçalves *et al.* 2014). De hecho, las especies invasoras ofrecen la oportunidad de anticipar su potencial de expansión incluso antes de que lleguen a nuevas regiones (Bustamante *et al.* 2020). Explorar la relación entre el nicho climático global y las dinámicas de invasión a escala regional abre la posibilidad de identificar mecanismos que ayuden a comprender las invasiones biológicas en contextos de climas novedosos para las especies, ausentes en sus rangos nativos (Gallien *et al.* 2012; Santamarina *et al.* 2023).

Gallien *et al.* (2012) plantearon un marco conceptual que permite interpretar la dinámica de las invasiones al comparar el nicho climático global con el regional. Con este método, es posible identificar diferentes combinaciones que reflejan los procesos demográficos que ocurren durante la expansión de las especies en los rangos invadidos. Así, las poblaciones pueden encontrarse (i) en equilibrio cuando ocupan hábitats climáticamente adecuados predichos tanto del nicho global como el regional, (ii) en colonización cuando existen hábitats idóneos según el nicho climático global, pero que aún no han sido ocupados en la región invadida, (iii) en condición de sumidero cuando se establecen en ambientes poco favorables predichos tanto por el nicho climático global y el regional, o (iv) en adaptación local cuando se establecen en condiciones climáticas que son poco predichas por el nicho climático global. Este enfoque revela que las invasiones biológicas no son procesos estáticos, sino que integran múltiples trayectorias poblacionales que pueden favorecer tanto la persistencia como la expansión o incluso el fracaso de las especies en los rangos invadidos (Gallien *et al.* 2012). Reconocer dichas trayectorias resulta esencial para diseñar estrategias de manejo acordes al estado de la invasión en cada población, lo que aumenta la efectividad de las medidas de prevención y control.

En el presente trabajo, se propone identificar los procesos demográficos propuestos por Gallien *et al.* (2012), para el visón americano *N. vison* (Schreber, 1777) en Chile y en especial en la Patagonia Chilena, donde se ha reportado su presencia en la Reserva de la Biosfera del Cabo de Hornos. Para ello, se construyó un modelo de nicho climático global, considerando bases de datos a dicha escala, y regional, considerando las ocurrencias de esta especie desde el río Maullín (41°S) hasta la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos (55°S).

MATERIALES Y MÉTODOS

N. vison es un mustélido semiacuático originario de Norte América; ha sido descrita como una especie territorial y un carnívoro generalista, el cual se alimenta de peces, crustáceos, anfibios, aves y otros mamíferos (Larivière, 1999). Fue introducido en el sur de Chile y Argentina en la década de los años 1930, para desarrollar la industria peletera (Larivière, 1999) y desde entonces ha expandido su distribución como especie invasora hacia el norte (Fasola *et al.* 2021).

Además, este depredador compite con otros mamíferos silvestres nativos como el zorro chilote (*Lycalopex fulvipes* [Martin, 1837]) y el huillín (*Lontra provocax* [Thomas, 1908]) (Vergara *et al.* 2015). Se ha documentado que en la Patagonia, *N. vison* constituye una amenaza para especies de aves nativas como el rayadito (*Aphrastura spinicauda* [Gmelin, 1789]), el chercán (*Troglodytes musculus* [Naumann, 1823]) (Ibarra *et al.* 2009), el pato vapor (*Tachyeres pteneres* [Forster, 1844]), el caiquén (*Chloephaga picta* [Gmelin, 1789]) (Schüttler *et al.* 2009) y el albatros de ceja negra (*Thalassarche melanophris* [Temminck, 1828]) (Kusch *et al.* 2018). En resumen, *N. vison* genera un elevado riesgo para el conjunto de la biodiversidad en la Patagonia (Previtali *et al.* 1998; Crego *et al.* 2018).

Nicho global y regional de *N. vison*

Se elaboraron dos modelos de distribución potencial. Un modelo de nicho global, construido con las ocurrencias a nivel mundial, y otro a partir del nicho regional, con las ocurrencias registradas entre el río Maullín (41°S) y la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos (CHBR) (55°S).

Las ocurrencias globales y regionales se obtuvieron de la plataforma Global Biodiversity Information Facility (GBIF; <https://www.gbif.org/>, consultado el 27 de junio del año 2023). Los datos se descargaron realizando un primer filtro para minimizar errores de georreferenciación, considerando aquellas que cumplan con los siguientes criterios: (a) los datos presentan sus respectivas coordenadas; (b) los datos corresponden al año 1950 en adelante; (c) se consideraron solo los estados de ocurrencias designados como “presentes” y (d) los datos contienen la información del autor del registro. Una vez filtrados los datos bajo estos criterios, se eliminaron los registros duplicados.

Las ocurrencias regionales fueron complementadas bibliográficamente a partir de los registros de muestreo en la isla grande de Chiloé, Maullín y Hualaihué (Vergara *et al.* 2015; Vergara & Valenzuela, 2015; CECPAN, 2016), la Reserva de la Biosfera de Cabo de Hornos (Crego *et al.* 2015), en Isla Navarino (Schüttler *et al.* 2009), y las bases de datos de Dougnac *et al.* 2020, Sánchez-Jardón *et al.* 2025 y la Corporación Nacional Forestal (2021). Los registros duplicados fueron eliminados. Finalmente se obtuvieron un total de 6.081 ocurrencias de *N. vison* para la confección del modelo de nicho global, y 1.129 ocurrencias, para construir el modelo de nicho regional (Anexo 1).

Variables bioclimáticas

Para construir los modelos de distribución potencial, inicialmente se consideraron las 19 variables bioclimáticas correspondientes a registros de temperatura y precipitaciones globales, a una resolución espacial de 2,5 arc minutos obtenidas desde la plataforma Worldclim (<https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>) (Fick & Hijmans, 2017). Se seleccionaron las variables que se encuentran menos correlacionadas entre ellas según un análisis de correlación de Pearson, reteniendo variables con un coeficiente $<|0,7|$. Finalmente se trabajó con las siguientes nueve variables: temperatura media anual (bio1), rango diurno promedio de la temperatura (media mensual de (Tmax–Tmin), bio2), isothermalidad (bio3), rango de temperatura anual (bio7), precipitación anual (bio12), estacionalidad de la precipitación (bio15), precipitación del trimestre más seco (bio17), precipitación del trimestre más cálido (bio18) y precipitación del trimestre más frío (bio19). Para la confección del modelo global, se utilizaron las capas completas, mientras que, para el modelo regional, se cortaron las nueve variables bioclimáticas seleccionadas siguiendo los límites administrativos de Chile.

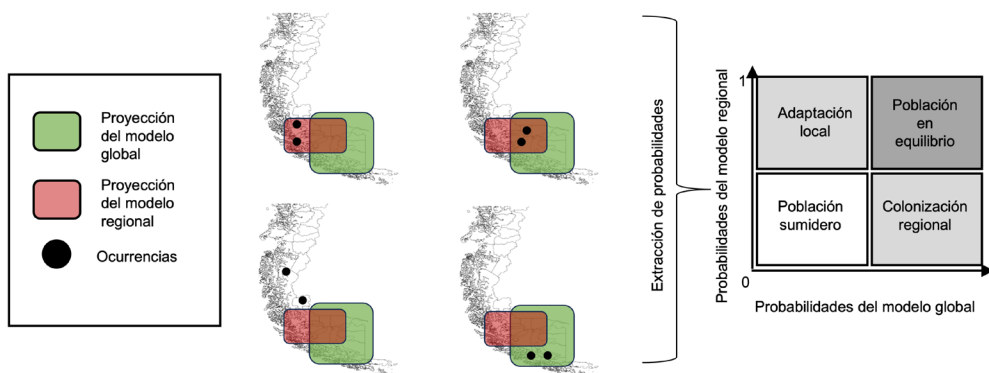
Modelos de distribución de especies

Los modelos de distribución de especies se construyeron utilizando el programa Maxent (Phillips *et al.* 2006). Los modelos se construyeron siguiendo la metodología de Bustamante *et al.* (2022), elaborándose dos modelos de distribución para la especie *N. vison*, un global a partir de datos de ocurrencias globales y otro regional, a partir de datos de ocurrencia regionales. Para ambos modelos se utilizó un 75% de los datos de ocurrencia para entrenar el modelo y un 25% para validar el modelo. Para prevenir que Maxent coincida en exceso con los datos de entrada y produzca un sobreajuste del modelo se utilizó un parámetro de regularización $\beta=1$ y 10.000 puntos de background (Phillips & Dudík, 2008). Se utilizó bootstrap como método de remuestreo para generar 50 réplicas de cada modelo. Para el cálculo de las áreas de distribución potencial, el modelo binario se construyó a partir de píxeles con una probabilidad mayor a 0,5 en base a un modelo logístico ("logistic", Phillips & Dudík, 2008). Para evaluar la capacidad de los modelos promedios en discriminar entre falsos positivos y falsos negativos, se emplearon los criterios propuestos por Thuiller *et al.* (2005) en función del valor del Área Bajo la Curva (AUC), una de las métricas más utilizada como ajuste en los modelos de distribución de especies. Un valor de AUC = 0,5 indica ausencia de capacidad discriminatoria (Phillips & Dudík, 2008), mientras que valores entre 0,5 y 0,7 reflejan un desempeño deficiente, entre 0,7 y 0,9 corresponden a una discriminación aceptable, y superiores a 0,9 evidencian una capacidad de discriminación muy buena (Pearce & Ferrier, 2000). Los análisis espacialmente explícitos se realizaron con QGIS 3.24.2 (<http://www.qgis.org>).

Estado demográfico

A partir de los modelos obtenidos desde los nichos global y regional, se pueden obtener las probabilidades de presencia globales y regionales asociadas a cada ocurrencia. Este par de probabilidades puede ser visualizada en un gráfico bivariado simple (Fig. 1), el que permite visualizar para cada ocurrencia los dos valores de probabilidad predichos por el modelo global y el regional. El gráfico puede ser dividido en cuatro cuadrantes, usando un umbral de probabilidad de ocurrencia $p(o)=0,5$. Estos cuadrantes representan diferentes procesos demográficos con las ocurrencias como indicador indirecto de poblaciones, de acuerdo con el modelo de Gallien *et al.* (2012), donde: (a) adaptación local, en el cual la probabilidad del modelo global es $\leq 0,5$ y la probabilidad del modelo regional $> 0,5$, es decir, la especie está habitando condiciones climáticas no descritas globalmente en el nuevo rango invadido; (b) equilibrio, cuando ambos modelos tienen probabilidades $> 0,5$, es decir, la especie se encuentra en un hábitat adecuado para su presencia;

Fig. 1. Esquema conceptual, adaptado de (Gallien *et al.* 2012). Desde la proyección del modelo global (verde) y modelo regional (rojo), se extraen las probabilidades para cada ocurrencia, y se grafican ubicándose en los cuatro estados demográficos de invasión.



(c) sumidero, donde tanto el modelo global como el regional presentan probabilidades $\leq 0,5$; y (d) colonización, donde la probabilidad de ocurrencia global es $>0,5$ y la probabilidad de ocurrencia regional $<0,5$, correspondiente a hábitats idóneos que aún pueden ser ocupados por la especie, es decir, que aún pueden expandir su distribución.

RESULTADOS

Modelo global y regional

Los modelos globales y regionales presentan un buen ajuste, presentando valores de $AUC=0,878 \pm 0,001$ para el modelo global y un $AUC = 0,963 \pm 0,001$ para el modelo regional. El modelo global proyecta un área de distribución con probabilidades mayor a 0,5 de 2.139.134,97 km² (Fig. 2), en las áreas nativas del *N. vison* (Norte-América), y en las zonas invadidas de Sudamérica, Europa, Asia, el Sudeste de Australia y Nueva Zelanda (Fig. 2).

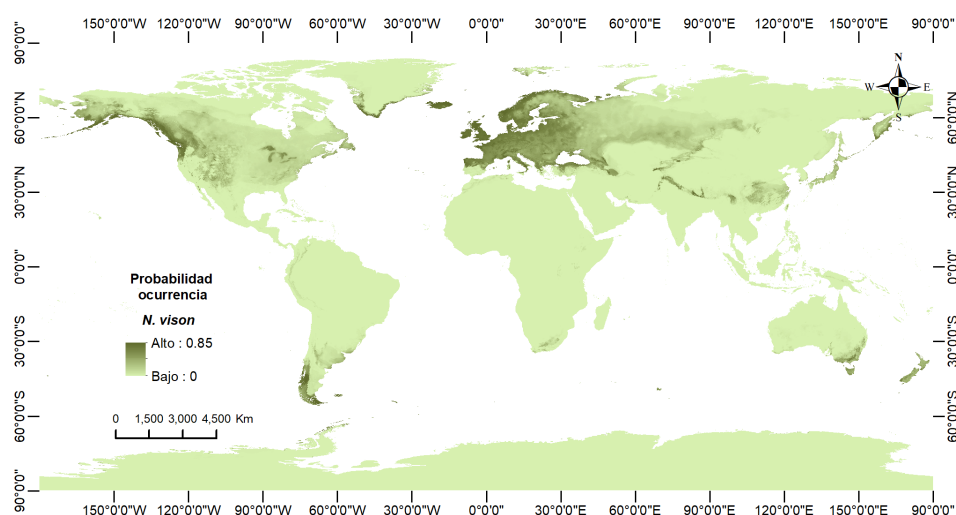
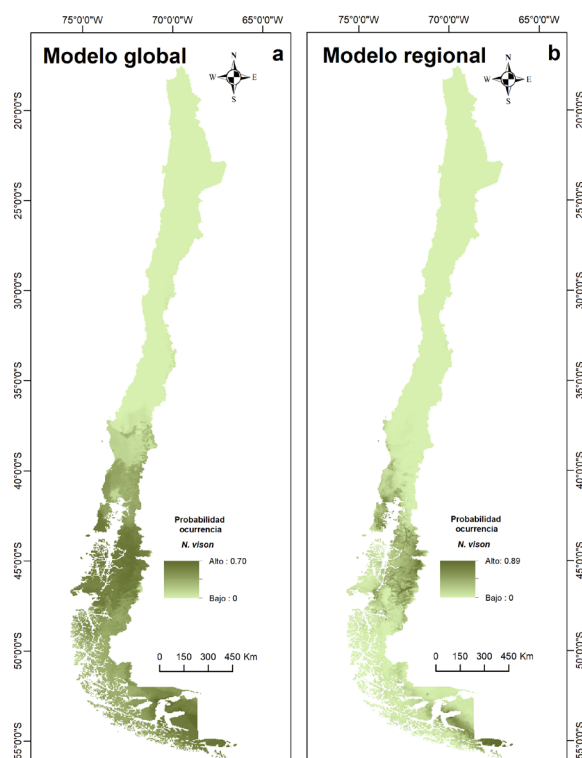


Fig. 2.
Modelo de
distribución potencial
de *N. vison* (modelo
del tipo logístico) a
escala global.

El modelo global de *N. vison* acotado a Chile, proyecta un área de distribución con probabilidades mayor a 0,5 de 124.238,21 km² (Fig. 3), mientras que el modelo regional proyecta un área de 14.718,31 km² (Fig. 3); por lo tanto, el modelo global predice un área de distribución ~8,44 veces mayor que el modelo regional, abarcando la mayor parte de la zona sur hasta la zona más austral de Chile. Mientras que las áreas idóneas para la especie según el modelo regional se encuentran agrupadas en los alrededores de la ciudad de Maullín, la isla grande de Chiloé, Aysén, en el archipiélago de Tierra del Fuego y en la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos.

La contribución de las variables bioclimáticas varía en cada modelo dependiendo de la escala geográfica, lo cual hace que se diferencie el modelo global del regional (Tabla 1), al igual que la variación de las probabilidades de presencia de la especie a lo largo de las variables climáticas (Anexo 2). Las variables bioclimáticas con mayor porcentaje de contribución al modelo global son la precipitación del trimestre más seco (bio17) con un 48,6% y la temperatura media anual (bio1) con un 29,1%, mientras que las demás variables contribuyen en menos de un 10% cada una. Por otro lado, para el modelo regional, las variables con mayor porcentaje de contribución son isoterma (bio3) con un 32,0%, rango diurno promedio de la temperatura (bio2) con

Fig. 3. Modelo de distribución potencial de *N. vison* a escala regional (modelo del tipo logístico). En a, se muestra el modelo global proyectado en Chile y en b, el modelo regional.



un 21,9%, y precipitación del trimestre más seco (bio17) con un 17,0%, mientras que las otras variables contribuyen menos de un 10% cada una (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de contribución de las variables bioclimáticas utilizadas en la confección de los modelos global y regional. Las variables son: temperatura media anual (bio1), rango diurno promedio de la temperatura (media mensual de (Tmax–Tmin), bio2), isothermalidad (bio3), rango temperatura anual (bio7), precipitación anual (bio12), estacionalidad de la precipitación (bio15), precipitación del trimestre más seco (bio17), precipitación del trimestre más cálido (bio18) y precipitación del trimestre más frío (bio19).

	Contribución (%)								
	Bio1	Bio2	Bio3	Bio7	Bio12	Bio15	Bio17	Bio18	Bio19
Modelo global	29,1	3,5	2,3	9,4	0,7	5,0	48,6	1,2	0,2
Modelo regional	3,4	21,9	32,0	3,4	7,0	9,6	17,0	2,4	3,3

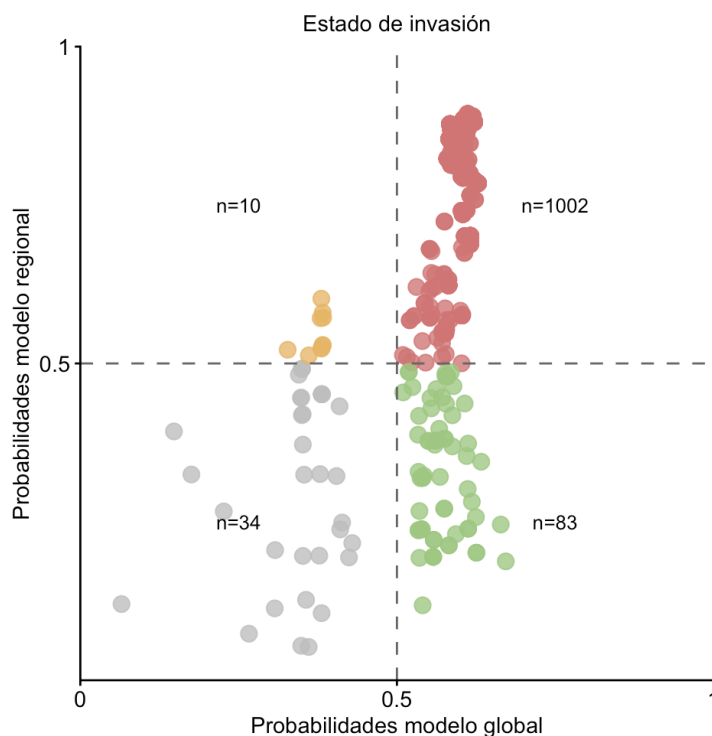
Estado de invasión

Del total de ocurrencias registrada para *N. vison* a escala regional en Chile ($n = 1.129$, Fig. 4), el 88,75% de los casos estarían en el estado de estabilización ($n = 1.002$), lo cual significa que las poblaciones de esta especie están mayoritariamente en equilibrio en el área invadida en Chile. Por otra parte, el 0,89% ($n = 10$) se encuentran en estado de adaptación local, el 3,01% ($n = 34$) se encuentran en el estado de población sumidero, mientras que un 7,35% ($n = 83$) se encuentran en estado de colonización.

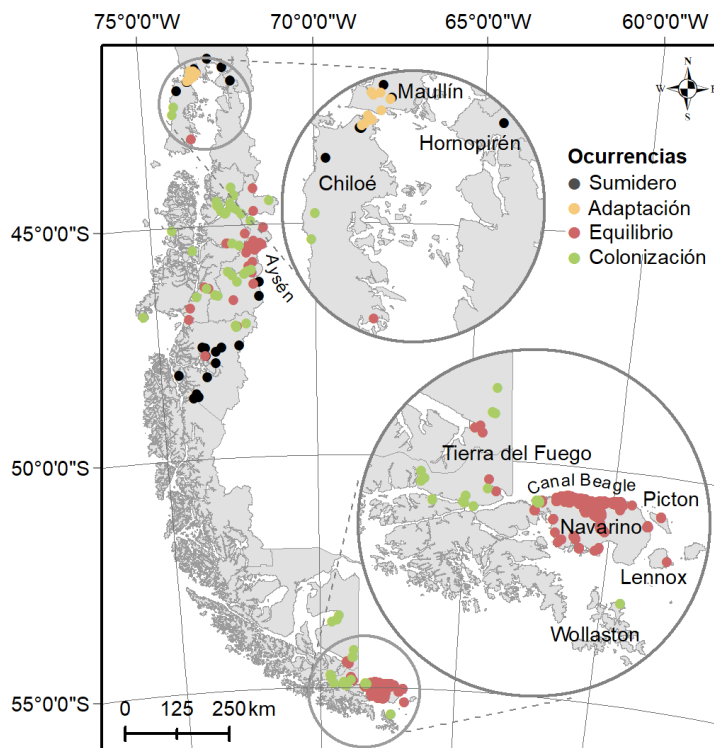
Fig. 4.

Gráfico del estado de invasión del *N. vison*.

Cada cuadrante corresponde a: adaptación local (naranja), estado de equilibrio (rojo), sumidero (gris) y colonización regional (verde).

**Fig. 5.**

Mapa del estado de invasión para las poblaciones de *N. vison* en el área de estudio. Los estados de invasión son en adaptación local (naranja), equilibrio (rojo), sumidero (negro) y colonización (verde).



En cuanto a la ubicación de las poblaciones asociadas a los distintos estados de invasión, aquellas en adaptación local se encuentran principalmente en Maullín y el norte de la isla de Chiloé; en equilibrio se encuentran principalmente en el extremo sur de la isla de Chiloé, Aysén meridional y oriental, canal Beagle, Tierra del Fuego, y en las islas Navarino, Picton y Lennox; como sumidero se encuentran principalmente en el este de Maullín, al noroeste de la isla de Chiloé, Hornopirén, Aysén oriental y en los fiordos interiores de Patagonia norte; mientras que en colonización se encuentran principalmente en la zona central y oeste de la isla de Chiloé, Aysén septentrional y el archipiélago de Chonos, así como los sectores occidentales de Tierra del Fuego y puntualmente en la isla Wollaston.

DISCUSIÓN

En este trabajo se han analizado las trayectorias poblacionales de una especie invasora de preocupación para la conservación de la biodiversidad de la Patagonia, *N. vison*. Los resultados indican que un 88,75% de las poblaciones de *N. vison* están en estado de equilibrio, y muy pocas se encuentran en estado de colonización (7,35%), en estado de sumidero (3,01%) y en adaptación local (0,89%). La distribución norte de la especie en el área de estudio posee los cuatro estados de invasión, mientras que las poblaciones del centro de la distribución no presentan adaptación local; por su parte, las poblaciones del sur de la distribución encuentran en equilibrio o colonización.

En un sentido biogeográfico, una población puede considerarse estabilizada cuando sus requerimientos de nicho fundamental se encuentran en equilibrio con las condiciones climáticas del rango invadido (Gallien *et al.* 2012). En este escenario, se espera que la población exhiba una tasa de crecimiento positiva y mantenga una alta diversidad genética (Agashe, 2009), lo que la convierte en una población fuente (Pulliam, 2000), capaz de proveer individuos que colonicen nuevas áreas. En el caso de *N. vison*, resulta crucial prestar atención a las poblaciones estabilizadas, ya que pueden constituir focos de expansión hacia sectores aún no invadidos. Para ello, será necesario monitorear el movimiento de individuos que se encuentren en los bordes de la distribución, mediante técnicas como el uso de cámaras trampa (*e.g.*, Schüttler *et al.* 2019). Asimismo, estudios de genética poblacional han evidenciado altas tasas de migración en esta especie, lo cual refuerza la idea de que *N. vison*, al ser un excelente nadador (Schwarzer *et al.* 2016), es capaz de superar barreras físicas, como los canales oceánicos, y llegar a islotes (Gómez-Silva *et al.* 2024) o colonizar regiones distantes dentro de la Patagonia (Suárez-Villota *et al.* 2023).

Si bien el modelo regional predice la distribución potencial de *N. vison* en el noreste de la isla de Chiloé, Aysén meridional y oriental, canal Beagle oriental, la mayor parte de Tierra del Fuego y la zona este de la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos, el modelo global proyecta escenarios más preocupantes. Según este último, tres extensas zonas poseen condiciones climáticas adecuadas para *N. vison* y que aún no han sido del todo ocupadas: (1) zona central de la isla de Chiloé, (2) Aysén septentrional y el Archipiélago de Chonos, (3) la zona occidental de la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos. Al mismo tiempo, la aproximación del estudio evidencia que justamente en dichas zonas las ocurrencias registradas se encuentran mayoritariamente en proceso de colonización, lo que sugiere que en dichas zonas está ocurriendo la expansión de la especie. Por otra parte, en la distribución norte del área de estudio, al menos diez poblaciones se encuentran en procesos de potencial adaptación local cerca de Maullín, lo que sugiere que la especie está ocupando condiciones climáticas novedosas; estos resultados son preocupantes, pues sugieren que *N. vison* podría expandirse a zonas climáticas poco predecibles. En ese sentido, es clave focalizar esfuerzos tanto en las zonas de expansión, como en zonas con poblaciones

en colonización o potencial adaptación local. Si a este patrón se suma la alta tasa de migración detectada mediante análisis genéticos (Suárez-Villota *et al.* 2023), resulta altamente probable que la especie continúe ampliando su área de ocupación y distribución en la región.

A nivel global, la evidencia del éxito invasor de *N. vison* es abundante. La especie ha sido reportada en Europa (Vada *et al.* 2023), en Asia (Zhang *et al.* 2021), en el sur de Sudamérica, tanto en Chile como en Argentina (Crego *et al.* 2018; Rozzi & Sherriffs, 2003; Valenzuela *et al.* 2016) y más recientemente en Uruguay (Laufer *et al.* 2022). Si bien el modelo global predice altas probabilidades de presencia en diversas regiones, no existen registros confirmados en Australia ni en Nueva Zelanda. En el continente asiático, en cambio, el modelo proyecta bajas probabilidades de ocurrencia; sin embargo, la literatura sí documenta poblaciones establecidas en China y Japón (Shimatani *et al.* 2010; Zhang *et al.* 2021). Estos hallazgos sugieren la necesidad de desarrollar muestreos más exhaustivos en Asia, dado que las ocurrencias reportadas aún son escasas y posiblemente subestiman la distribución real de la especie en esa región.

Los modelos de distribución de especies han demostrado ser herramientas valiosas en la planificación de estrategias de conservación, en particular para delimitar áreas de protección (Guisan & Thuiller, 2005), así como para identificar zonas prioritarias de control o erradicación de especies exóticas invasoras, optimizando los esfuerzos de monitoreo y captura (Jiménez-Valverde *et al.* 2011). En el caso de *N. vison*, su aplicación ha permitido focalizar campañas de erradicación en islas de Europa, donde las comunidades insulares son especialmente vulnerables a los efectos de depredadores introducidos sobre presas poco adaptadas a su presencia (Roy *et al.* 2015; Velando *et al.* 2016; Dawson *et al.* 2015). En Sudamérica, particularmente en Argentina, los estudios de distribución geográfica han facilitado la implementación de planes de monitoreo y captura, priorizando además la protección de aves acuáticas, uno de los principales grupos de presas de *N. vison* (Valenzuela *et al.* 2016; PNUD, 2017). El uso de modelos de distribución ofrece así un marco operativo para (i) identificar áreas con alto potencial de invasión de acuerdo con los requerimientos de nicho, (ii) definir planes de control espacialmente explícitos en relación a los estados de invasión, y (iii) reconocer zonas de alta sensibilidad en términos de biodiversidad que se solapan con hábitats favorables para especies invasoras como *N. vison* (Gómez-Silva *et al.* 2024; CEPAN, 2016). En el caso particular del visón, las áreas de especial atención corresponden a aquellas que albergan poblaciones en estado de estabilización y colonización, ya que representan los núcleos más probables para sostener la expansión de la especie (Shimatani *et al.* 2010; Zhang *et al.* 2021).

En conclusión, este estudio aplicó modelos de distribución de especies para caracterizar los estados demográficos de invasión de *N. vison* en Chile, identificando aquellas poblaciones más ajustadas a las condiciones climáticas de la región. La Patagonia constituye una de las áreas más favorables para la persistencia y expansión de esta especie, aunque la incorporación de nuevos registros al norte de Maullín, podrían ampliar las zonas de expansión. El uso de estos modelos, junto a la opinión experta, podrían permitir orientar medidas de control de especies exóticas invasoras. En el caso particular de *N. vison*, esta tarea reviste especial urgencia debido a su impacto ecológico como depredador y sus elevadas tasas de dispersión, que hacen altamente probable que la especie termine ocupando la totalidad de los hábitats climáticamente adecuados en la región o incluso hábitat novedosos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de los equipos del Laboratorio de Ecología Geográfica de la Universidad de Chile, en especial a Reynalda Zárate Ávila, y del Laboratorio de Restauración Socioecológica de la Universidad Austral de Chile.

LITERATURA CITADA

- Agashe, D. (2009). The stabilizing effect of intraspecific genetic variation on population dynamics in novel and ancestral habitats. *The American Naturalist*, 174(2), 255-267.
- Broennimann, O., Treier, U. A., Müller-Schärer, H., Thuiller, W., Peterson, A. T., & Guisan, A. (2007). Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecology Letters*, 10(8), 701-709.
- Bustamante, R. O., Quinones, D., Duarte, M., Goncalves, E., & Cavieres, L. A. (2022). Invasive Stages within Alien Species and Hutchinson's Duality: An Example Using Invasive Plants of the Family Fabaceae in Central Chile. *Plants (Basel)*, 11(8), <https://doi.org/10.15468/58F4R4>
- Bustamante, R. O., Alves, L., Goncalves, E., Duarte, M., & Herrera, I. (2020). A classification system for predicting invasiveness using climatic niche traits and global distribution models: application to alien plant species in Chile. *NeoBiota*, 63, 127-146.
- Centro de Estudio y Conservación del Patrimonio Natural (CECPAN). 2016. Monitoreo de la especie exótica invasora, Neovison vison en la isla grande de Chiloé. Informe Final, proyecto: ID 608897-182-LE15.
- Corporación Nacional Forestal. 2021. *Ocurrencias de visón (Neovison vison) en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile (SNASPE-CONAF)* [conjunto de datos]. GBIF. <https://doi.org/10.15468/ZA7S6V>
- Crego, R. D., Jimenez, J. E., & Rozzi, R. (2018). Potential niche expansion of the American mink invading a remote island free of native-predatory mammals. *PLoS One*, 13(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194745>.
- Crego, R. D., Jiménez, J., & Rozzi, R. (2015). Expansión de La Invasión Del Visón Norteamericano (*Neovison Vison*) en La Reserva de La Biosfera de Cabo de Hornos, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 43 (1), 157-162.
- Dawson, J., Oppel, S., Cuthbert, R. J., Holmes, N., Bird, J. P., Butchart, S. & Tershy, B. (2015). Prioritizing islands for the eradication of invasive vertebrates in the United Kingdom overseas territories. *Conservation Biology*, 29 (1), 143-153.
- Dougnac, C., Kusch, A., Arredondo, C., & Piña-Espinola, J. (2020). *Presencia del visón americano en Tierra del Fuego, Magallanes, Chile* [conjunto de datos]. GBIF. <https://doi.org/10.15468/58F4R4>
- 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.
- Fasola, L., Zucolillo, P., Roesler, I., & Cabello, J.L. (2021). Foreign Carnivore: The Case of American Mink (*Neovison vison*) in South America.. In F. Jaksic & S. Castro (Eds), *Biological Invasions in the South American Anthropocene* (pp. 255-299). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56379-0_12.
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315.
- Gallien, L., Douzet R., Pratte S., Zimmermann N., & Thuiller W. (2012). Invasive species distribution models – how violating the equilibrium assumption can create new insights. *Global Ecology and Biogeography*, 21(11), 1126-1136.
- Gómez-Silva, V., Crego, R., Jaksic, F., Flores-Brenner, G., & Schüttler, E. (2024). Understanding Ground-Nesting Habitat Selection by Waterbirds to Prioritize Invasive Predator Control on Islands. *Basic and Applied Ecology*, 78, 14-22.
- Goncalves, E., Herrera, I., Duarte, M., Bustamante, R., Lampo, M., Velásquez, G., ... & García-Rangel, S. (2014). Global Invasion of Lantana camara: Has the Climatic Niche Been Conserved across Continents? *PLOS One* 9 (10), e111468. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111468>.
- Guisan, A., Petitpierre, B., Broennimann, O., Daehler, C., & Kueffer, C. (2014). Unifying niche shift studies: Insights from biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution*, 29(5), 260-269.
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9), 993-1009.

- Hutchinson, G. E. (1957). «Concluding remarks». Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 22, 415–427. <https://doi.org/10.1101/SQB.1957.022.01.039>.
- Ibarra, J. T., Fasola, L., Macdonald, D., Rozzi, R., & Bonacic, C. (2009). Invasive American mink *Mustela vison* in wetlands of the Cape Horn Biosphere Reserve, southern Chile: what are they eating? *Oryx*, 43(1), 87–90.
- Jiménez-Valverde, A., Peterson, A. T., Soberón, J., Overton, J. M., Aragón, P., & Lobo, J. M. (2011). Use of niche models in invasive species risk assessments. *Biological Invasions*, 13, 2785–2797.
- Kusch, A., Vidal, J., Alvarado, D., & Vila, A. (2018). Monitoreo del islote Albatros y la presencia de visón americano en Seno Almirantazgo, Tierra del Fuego, Magallanes – Chile. Informe Final, proyecto: ID: 612543-2-LE17 SEREMI del Medio Ambiente, Magallanes y Antártica Chilena.
- Larivière, S. (1999). *Mustela vison*. *Mammalian Species*, 608, 1–9.
- Laufer, G., González, E. M., & Cravino, A. (2022). A potential threat to the Pampas Biome: the introduction of American mink, *Neovison vison* (Schreber, 1777) in Uruguay. *Neotropical Biodiversity*, 8 (1), 178–182.
- Pearce, J., & Ferrier, S. (2000). Evaluating the Predictive Performance of Habitat Models Developed Using Logistic Regression. *Ecological Modelling*, 133(3), 225–245.
- Peterson, A. T. (2011). Ecological niche conservatism: A time-structured review of evidence. *Journal of Biogeography*, 38(5), 817–825.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & R. E. Schapire. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190 (3–4), 231–259.
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161–175.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2017. Valoración económica del impacto de siete especies exóticas invasoras sobre los sectores productivos y la biodiversidad en Chile. <https://especies-exoticas.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/12/1.-LIBRO-Valoracion-economica-EEI-FINAL.pdf>.
- Previtali, A., Cassini, M. H., & Macdonald, D. W. (1998). Habitat use and diet of minks in Argentine Patagonia. *Journal of Zoology*, 246, 482–486.
- Pulliam, H. R. (2000). On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*, 3, 349–361.
- Pyšek, P., & Richardson, D.M. (2008). Traits Associated with Invasiveness in Alien Plants: Where Do we Stand? In W. Nentwig (Ed.), *Biological Invasions* (pp. 97–125). Ecological Studies, vol 193. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-36920-2_7.
- Richardson, D. M., & Pyšek, P. (2012). Naturalization of introduced plants: ecological drivers of biogeographical patterns. *New Phytologist*, 196(2), 383–396.
- Roy S. S., Chauvenet, A. L. M., & Robertson, P. A. (2015). Removal of American mink (*Neovison vison*) from the Uists, Outer Hebrides, Scotland. *Biological Invasions*, 17(10), 2811–2820.
- Rozzi, R., & Sherriffs, M. (2003). El Visón (*Mustela vison* Schreber, Carnivora: Mustelidae), un nuevo mamífero exótico para la isla Navarino. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 31, 97–104.
- Sánchez-Jardón, L., Blázquez, M., Raimilla Almonacid, V., Acosta Gallo, B., Álvarez-Saravia, D., & Uribe-Paredes, R. (2025). *Diversidad potencial de mamíferos terrestres en el Sistema de Información en Biodiversidad para Aysén (SIB-Aysén), Chile* [conjunto de datos]. GBIF. <https://doi.org/10.15468/S8F4R4>.
- Santamarina, S., Mateo, R.G., Alfaro-Saiz, E., & Acedo, C. (2023). On the importance of invasive species niche dynamics in plant conservation management at large and local scale. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 1049142. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.1049142>.
- Schüttler, E., Crego, R.D., & Saavedra-Aracena, L. (2019). New records of invasive mammals from the sub-Antarctic Cape Horn Archipelago. *Polar Biology*, 42 (6), 1093–1105.
- Schüttler, E., Klenke, R., McGehee, S., Rozzi, R., & Jax, K. (2009). Vulnerability of ground-nesting waterbirds to predation by invasive American mink in the Cape Horn Biosphere Reserve, Chile. *Biological Conservation*, 142(7), 1450–1460.
- Schwarzer, A., Bergmann, S., Manitz, J., Küchenhoff, H., Erhard, M., & Rauch, E. (2016). Behavioral studies on the use of open water basins by American mink (*Neovison vison*). *Journal of Veterinary Behavior*, 13, 19–26.
- Shimatani, Y., Fukue, Y., Kishimoto, R., & Masuda, R. (2010). Genetic Variation and Population Structure of the Feral American Mink (*Neovison vison*) in Nagano, Japan, Revealed by Microsatellite Analysis. *Mammal Study*, 35(1), 1–7.

- Soberón, J. (2007). Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters*, 10(12), 1115-1123.
- Soberón, J., & Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2, 1-10.
- Suárez-Villota, E.Y., Quercia, C.A., & Díaz Camacho, L.M. (2023). Mink invasion in Chiloé Island, Chile: population genetics and *Leptospira* spp. detection in *Neovison vison*. *Mammalian Research*, 68, 521-531.
- Thuiller, W., Lavorel, S., & Araújo, M. (2005). Niche Properties and Geographical Extent as Predictors of Species Sensitivity to Climate Change. *Global Ecology and Biogeography*, 14(4), 347-357.
- Vada, R., Illanas, S., & Acevedo, P. (2023). Feral American Mink *Neovison vison* Continues to Expand Its European Range: Time to Harmonise Population Monitoring and Coordinate Control. *Mammal Review*, 53 (3), 158-176.
- Valenzuela, A. E. J., Sepúlveda, M. A., Cabello, J. L., & Anderson, C. B. (2016). El visón americano en Patagonia: Un análisis histórico y socioecológico de la investigación y el manejo. *Mastozoología Neotropical*, 23(2), 289-304.
- Van Kleunen, M., Weber, E., & Fischer, M. (2010). A meta-analysis of trait differences between invasive and non-invasive plant species. *Ecology Letters*, 13(2), 235-245.
- Velando, A., Morán, P., Romero, R., Fernández, J., & Piorno, V. (2016). Invasion and eradication of the American mink in the Atlantic Islands National Park (NW Spain): a retrospective analysis. *Biological Invasions*, 19(4), 1227-41.
- Vergara, G., & Valenzuela, J. (2015). Presence of American mink (*Neovison vison*, Schreber 1777) in Chiloé, Chile: beginning of a biological invasion? *Ecosistemas*, 24(1), 29-31.
- Vergara, G., Valenzuela, J., Parragué-Migone, C., & Langenscheidt, M. (2015). Registros y estado actual del visón americano (*Neovison vison*) en el Archipiélago de Chiloé, Chile. *Boletín del Patrimonio Natural de Chiloé*, 1(1), 2-13.
- Vitousek, P. M., D'Antonio, C. M., Loope, L. L., & Westbrooks, R. (1996). Biological invasions as global environmental change. *American Scientist*, 84(5), 468-78.
- Wiens, J. J., & Graham, C. H. (2005). Niche conservatism: Integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36, 519-539.
- Zhang, L., Hua, Y., & Wei, S. (2021). High Genetic Diversity of an Invasive Alien Species: Comparison between Fur-Farmed and Feral American Mink (*Neovison vison*) in China. *Animals (Basel)*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/ani11020472>.

ANEXOS

- Anexo 1: Archivo Excel. Ocurrencias de *N. vison* en Chile con sus respectivas coordenadas en grados decimales y la probabilidad de ocurrencia para los modelos de nicho global y regional. <https://doi.org/10.5281/zenodo.21169541>
- Anexo 2: Curvas de respuesta por variable climática para el modelo global y regional de *N. vison*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.21169541>

Número afiliación	Nombre de la institución y/u organización
1	Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile
2	Instituto de Conservación, Biodiversidad y Territorio, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile * Corresponding author: milenduartem@gmail.com
3	Instituto de Ecología y Biodiversidad, Barrio Universitario Concepción, Chile
4	Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Universidad de Magallanes, Puerto Williams, Chile
5	Centro Universitario Puerto Williams, Universidad de Magallanes, Puerto Williams, Chile
6	Centro de Investigación GAIA Antártica, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

Autor	Afiliación
Tamara Cuper	1
Milen Duarte	2, 3
Elke Schüttler	4, 5
Laura Sanchez-Jardón	4, 6
Ramiro Bustamante	1, 3, 4