

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**MAESTRIA EN GEOCIENCIAS**

**PEDECIBA**

**Efectos de las carreteras en el paisaje y  
la distribución de medianos y grandes  
mamíferos en Uruguay.**

**AUTOR:** LIC. HUGO IGNACIO COITIÑO BANQUERO

**TUTOR:** DR. MARCEL ACHKAR

**COTUTOR:** Dr. JOSÉ C. GUERRERO

MONTEVIDEO

2019

## **PÁGINA DE CALIFICACIÓN**

**Estudiante de posgrado:** Lic. Hugo Ignacio Coitiño Banquero

**Tutor:** Dr. Marcel Achkar

**Cotutor:** Dr. José C. Guerrero

Tribunal examinador: Dra. Ofelia Gutiérrez (Presidenta)

Dr. David Romero

Dr. Alejandro Giraudo

Fecha: 11 Diciembre de 2019

Calificación: Aprobado con Mención

## Dedicatoria

*Mi pasión por la naturaleza y la biodiversidad se remonta a mi niñez en donde mi familia fue la responsable que me llevó a dedicarme a esta hermosa profesión y dar todo de mí.*

*Esta maestría va dedicada a ellos!!*



## Agradecimientos

*Muchas son las personas a las que quiero agradecer pero algunos fueron pilares claves en mi vida.*

*Agradezco a:*

*Los Pochos/as quienes estuvieron acompañándome desde mi ingreso a facultad apoyándome en todo momento y dándome fuerzas para seguir adelante y no bajar los brazos. Este camino que recorrí con un montón de obstáculos no los hubiese podido hacer sin ellos. Ya son parte de mí y de mi familia y siempre lo serán.*

*A Gonza y Calo a quienes considero no solo amigos sino hermanos del alma. Los dos han estado siempre a mi lado compartiendo aventuras y desafíos a futuro.*

*Juancito, Felipe, Beto, Nati y Rafa cinco personas increíbles que están en mi vida desde hace muchos años sumando una nueva integrante la Julieta.*

*Agradezco al grupo Afterdistica con quien compartí momentos increíbles y viajes a Rocha inolvidables. Ese viaje me permitió conocer a personas hermosas e increíbles y crear un grupo de amistad muy fuerte que trascendió a la maestría.*

*A ECOBIO Uruguay por tantos años juntos manteniendo la unión grupal que permitió y permite realizar varios proyectos y crear la línea de investigación Ecología de Carreteras y Biodiversidad.*

*Agradecer a Alejandro Fallabrino a quien considero un amigo y mi mentor. Entre tantas cosas que me enseñó, resaltó la importancia de mi moral y ética hacia lo que hago y lo que quiero lograr como profesional.*

*A mis compañeros y amigo de la Facultad quienes estuvieron conmigo durante la carrera compartiendo salidas de campo y momentos de estudio para parciales y exámenes.*

*A mis tutores José y Marcel quienes no solo me han apoyado en la maestría sino también a lo largo de mi Licenciatura. A pesar de los obstáculos nunca dejaron de apoyarme en todo momento dándome para adelante en seleccionar esta temática como maestría.*

*A la ANII por haberme apoyado con beca para poder llevar a cabo el presente trabajo.*

*Finalmente quiero agradecer a toda la sociedad uruguaya que se sumó a trabajar en la temática de carreteras y biodiversidad aportando información relevante. Soy un convencido que la conservación de la naturaleza no se logra si la población no toma el tema como propio. Para lograr esto, la academia debe brindar la información en un vocabulario entendible y no a través de un paper científico. Por esto agradezco a todos los que están sumándose y demostrando que la ciencia ciudadana es fundamental para lograr la conservación.*

## Tabla de Contenido

Índice de Figuras .....	8
Índice de Tablas.....	11
RESUMEN .....	19
Presentación de la tesis.....	21
1. INTRODUCCIÓN .....	24
1.1. Situación de los ecosistemas y su biodiversidad .....	24
1.2. Situación actual de las poblaciones de mamíferos silvestres .....	25
1.3. La fragmentación de hábitats y sus efectos sobre la biodiversidad.....	27
1.4. Las infraestructuras viarias y los efectos sobre las poblaciones de medianos y grandes mamíferos.....	28
1.5. Biogeografía y uso de modelos para analizar la distribución de especies .....	31
2. OBJETIVOS .....	34
2.1 Objetivo General.....	34
2.2 Objetivos específicos.....	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	36
3.1 - Contexto geográfico .....	36
3.2 Elaboración de la base de datos.....	38
3.3 – Modelos de distribución de especies .....	41
3.4 Fragmentación y conectividad .....	47
4. RESULTADOS GENERALES Y DISCUSIÓN .....	50
4.1 – Recopilación de los registros de especies en Uruguay .....	50
4.2- Modelos de favorabilidad tomando los registros de mamíferos afectados por las carreteras e identificación de hábitats favorables para dichas poblaciones. ....	54
4.3- Incidencia de las carreteras sobre las poblaciones de medianos y grandes mamíferos más afectadas e identificación mediante modelos de favorabilidad de los sitios de conflicto entre los hábitats favorables y las carreteras. ....	64
4.4- Efectos de las carreteras sobre el paisaje: fragmentación y conectividad.....	81
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES FINALES.....	95

5.1 Conclusiones por objetivos específicos.....	95
5.2 Discusión y conclusión general.....	97
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
7. ANEXO A .....	116
8. ANEXO B .....	118
9. ANEXO C .....	128
10. ANEXO D.....	136
11. ANEXO E .....	150
12. ANEXO F .....	156

## Índice de Figuras

**Figura 1:** Área de estudio en Uruguay, la cual abarca las ecorregiones de Sierras del Este (color verde) y Graben de la Laguna Merín (color marrón). El periodo de estudio es 2015-2016. **(Pág. 37)**

**Figura 2:** Rutas seleccionadas para el análisis biogeográfico. **(Pág. 37)**

**Figura 3:** Malla cuadrangular de 1 km<sup>2</sup> utilizada para elaborar la base de datos que se utilizó para generar los modelos de favorabilidad. **(Pág. 38)**

**Figura 4:** Mapa con los registros totales de las especies de medianos y grandes mamíferos más afectados por las carreteras para todo el Uruguay. **(Pág. 51)**

**Figura 5:** Registros de medianos y grandes mamíferos para el área de estudio. **(Pág. 52)**

**Figura 6:** Mapas consenso de hábitats con favorabilidad entre 0.9 y 1 para las especies de monte nativo elaborados con los factores climático y geográfico (A) y con los tres factores (climático, geográfico y antrópico) (B). **(Pág. 56)**

**Figura 7:** Mapas consenso de hábitats con favorabilidad entre 0.6 y 1 para las especies de monte nativo elaborados con los factores climático, geográfico (A) y con los tres factores (climático, geográfico y antrópico) (B). **(Pág. 57)**

**Figura 8:** Mapas consenso de hábitats con favorabilidad entre 0.9 y 1 para las especies de pradera elaborados con los factores climático y geográfico (A), y con los tres factores (climático, geográfico y antrópico) (B). **(Pág. 59)**

**Figura 9:** Mapas consenso de hábitats con favorabilidad entre 0.6 y 1 para las especies de pradera elaborados con los factores climático y geográfico (A) y con los tres factores (climático, geográfico y antrópico) (B). **(Pág. 60)**

**Figura 10:** Mapas de favorabilidad para los atropellos de las especies de monte nativo, mostrando las cuadrículas de carreteras con los distintos valores de favorabilidad obtenidos. A – Modelo elaborado con el factor

antrópico. B – Modelo elaborado con los tres factores (climático, antrópico y geográfico). **(Pág. 64)**

**Figura 11:** Mapas obtenidos de la extrapolación de los modelos de favorabilidad para los atropellos de las especies de monte nativo. A – Modelo elaborado con el factor antrópico, B – Modelo elaborado con los tres factores (climático, antrópico y geográfico). **(Pág. 65)**

**Figura 12:** Mapas de favorabilidad para los atropellos de las especies de pradera, mostrando las cuadrículas de carreteras con los distintos valores de favorabilidad obtenidos. A – Modelo elaborado con el factor antrópico, B – Modelo elaborado con los tres factores (climático, antrópico y geográfico). **(Pág. 66)**

**Figura 13:** Mapas obtenidos de la extrapolación de los modelos de favorabilidad para los atropellos de las especies de pradera. A – Modelo elaborado con el factor antrópico, B – Modelo elaborado con los tres factores (climático, antrópico y geográfico). **(Pág. 67)**

**Figura 14:** Mapa de valores de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) para el año 2017 obtenido del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Se observan los diferentes tramos de carreteras con la circulación vehicular. **(Pág. 70)**

**Figura 15:** Mapa de abundancias de atropellos en el período 2015-2018 en donde se observa para el tramo de la ruta 15 (Rocha – La Paloma) los sitios con mayor mortandad. **(Pág. 71)**

**Figura 16:** Mapa de abundancias de atropellos en el período 2015-2018 y modelos de favorabilidad de atropello: para las especies de monte nativo, A- Modelo antrópico y B- Modelo completo. **(Pág. 72)**

**Figura 17:** Mapa de abundancias de atropellos en el período 2015-2018 y modelos de favorabilidad de atropello: para las especies de pradera, A- Modelo antrópico y B- Modelo completo. **(Pág. 73)**

**Figura 18:** Mapas de sitios donde se ha identificado conflictividad entre las carreteras y las especies de monte nativo (A) y las especies de pradera (B). Los círculos rojos indican los sitios de conflictividad en donde coinciden

sitios de alta favorabilidad de atropello con los hábitats favorables de mamíferos para cada grupo. **(Pág. 74)**

**Figura 19:** Mapas de las extrapolación obtenido de ambos modelos (completo y antrópico) y su relación espacial con los hábitats favorables y los ambientes naturales de la región este tanto para las especies de pradera (A) y monte nativo (B). **(Pág. 76)**

**Figura 20:** Mapa en donde se muestran los parches generados con las infraestructuras viarias de la región este clasificadas según la superficie para cada uno de los parches. **(Pág. 82)**

**Figura 21:** Ambientes naturales y antropizados de la región este con las superficies de los principales ambientes y su porcentaje de ocupación. **(Pág. 83)**

**Figura 22:** Fragmentación de los hábitats favorables ( $F > 0.6$ ) para las especies de monte nativo. Se observa una alta fragmentación siendo los parches menores a 100 has los que dominan. **(Pág. 84)**

**Figura 23:** Fragmentación de los hábitats favorables ( $F > 0.6$ ) para las especies de pradera. Se observa una alta fragmentación siendo los parches menores a 100 has los que dominan. **(Pág. 85)**

**Figura 24:** Superficie de los usos de suelo antrópicos y naturales y el porcentaje de ocupación dentro de los hábitats favorables ( $F > 0.6$ ) para las especies de monte nativo. **(Pág. 86)**

**Figura 25:** Superficie de los usos de suelo antrópicos y naturales y el porcentaje de ocupación dentro de los hábitats favorables ( $F > 0.6$ ) para las especies de pradera. **(Pág. 86)**

**Figura 26:** Corredores biológicos de la región este. Se identificaron dos corredores importantes: Corredor Biológico Laguna Merín y el de las Sierras del este. **(Pág. 87)**

**Figura 27:** Parches generados por las carreteras en los corredores biológicos de la región este y la superficie de cada uno de los parches. **(Pág. 88)**

**Figura 28:** Mapas de los hábitats favorables ( $F > 0.6$ ) y su relación con los corredores biológicos de la región este. Se observa la importancia del corredor biológico de la Laguna Merín para las especies de ambos grupos. **(Pág. 89)**

**Figura 29:** Mapa de conectividad a través de los ambientes naturales de monte nativo y humedales. **(Pág. 89)**

### Índice de Tablas

**Tabla 1.** Especies de medianos y grandes mamíferos agrupadas en especies de monte nativo y especies de pradera. **(Pág. 40)**

**Tabla 2:** Esquema de los modelos de favorabilidad aplicados tanto para cada especie como también para los atropellos. Ver “todas las variables” en Anexo A. \* DIST\_RUTAS, DIST\_CAMI, CURS-CAM; \*\* DIST\_URB. **(Pág. 45)**

**Tabla 3:** Lista de especies de mamíferos afectados por las carreteras en Uruguay en el periodo 2015 – 2016 obtenidos por la Asc. ECOBIO Uruguay. **(Pág. 50)**

**Tabla 4:** Listado de los atropellos de las especies analizadas respecto a la fuente de datos de las que fueron obtenidos: número de registros totales por especie, número de atropellos, bibliografía y base de datos de ECOBIO Uruguay. **(Pág. 51)**

**Tabla 5:** Índices de evaluación para el modelo generado con los factores climático y geográfico para cada una de las especies de monte nativo y el promedio calculado para todo el grupo. Área Bajo la Curva (AUC); Tasa de clasificación correcta (CCR); Estadístico de Habilidad Verdadera (True Skill Statistic, TSS); Tasa de Sub-predicción (Under Prediction Rate, UPR) y Tasa de Sobrepredicción (Over Prediction Rate, OPR). **(Pág. 57)**

**Tabla 6:** Índices de evaluación para el modelo generado con los factores climático, geográfico y antrópico para cada una de las especies de monte nativo y promedio calculado para todo el grupo. Área Bajo la Curva (AUC);

Tasa de clasificación correcta (CCR); Estadístico de Habilidad Verdadera (True Skill Statistic, TSS); Tasa de Sub-predicción (Under Prediction Rate, UPR) y Tasa de Sobrepredicción (Over Prediction Rate, OPR). **(Pág. 58)**

**Tabla 7:** Índices de evaluación para el modelo generado con los factores climático y geográfico para cada una de las especies de pradera y promedio calculado para todo el grupo. Área Bajo la Curva (AUC); Tasa de clasificación correcta (CCR); Estadístico de Habilidad Verdadera (True Skill Statistic, TSS); Tasa de Sub-predicción (Under Prediction Rate, UPR) y Tasa de Sobrepredicción (Over Prediction Rate, OPR). **(Pág. 60)**

**Tabla 8:** Índices de evaluación para el modelo generado con los factores climático, geográfico y antrópico para cada una de las especies de pradera y promedio calculado para todo el grupo. Área Bajo la Curva (AUC); Tasa de clasificación correcta (CCR); True Skill Statistic (TSS); Under Prediction Rate (UPR) y Over Prediction Rate (OPR). **(Pág. 61)**

**Tabla 9:** Evaluación de los modelos seleccionados para las especies de monte nativo y las de pradera. Área Bajo la Curva (AUC); Tasa de clasificación correcta (CCR); Estadístico de Habilidad Verdadera (True Skill Statistic, TSS); Tasa de Sub-predicción (Under Prediction Rate, UPR) y Tasa de Sobrepredicción (Over Prediction Rate, OPR). **(Pág. 68)**

**Tabla 10:** Variables explicativas obtenidas para las especies de monte nativo. La tabla de la izquierda fue la obtenida para el modelo completo mientras que el de la derecha fue del modelo generado con el factor antrópico. **(Pág. 68)**

**Tabla 11:** Variables explicativas obtenidas para las especies de pradera. La tabla de la derecha fue la obtenida para el modelo antrópico mientras que la de la izquierda fue del modelo generado con el factor completo. **(Pág. 69)**

## Anexo A

**Tabla 1:** Factores utilizados para modelar favorabilidad y las variables explicativas que integran cada uno de dichos factores. **(Pág. 116)**

## Anexo B

**Figura 1:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el lobito de río. **(Pág. 118)**

**Figura 2:** Mapa de registros de presencia de lobito de río. **(Pág. 118)**

**Tabla 1:** Lista de modelos elaborados para el lobito de río y las evaluaciones obtenidas para cada uno. **(Pág. 118)**

**Tabla 2:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el lobito de río. **(Pág. 118)**

**Figura 3:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el gato montés. **(Pág. 119)**

**Figura 4:** Mapa de registros de presencia de gato montés. **(Pág. 119)**

**Tabla 3:** Lista de modelos elaborados para el gato montés y las evaluaciones obtenidas para cada uno. **(Pág. 119)**

**Tabla 4:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el gato montés. **(Pág. 119)**

**Figura 5:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el margay. **(Pág. 120)**

**Figura 6:** Mapa de registros de presencia de margay. **(Pág. 120)**

**Tabla 5:** Lista de modelos elaborados para el margay y las evaluaciones obtenidas para cada uno. **(Pág. 120)**

**Tabla 6:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el margay. **(Pág. 120)**

**Figura 7:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el tatú. **(Pág. 121)**

**Figura 8:** Mapa de registros de presencia de tatú. **(Pág. 121)**

**Tabla 7:** Lista de modelos elaborados para el tatú y las evaluaciones obtenidas para cada uno. **(Pág. 121)**

**Tabla 8:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el tatú. **(Pág. 121)**

**Figura 9:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el zorro de monte. **(Pág. 122)**

**Figura 10:** Mapa de registros de presencia de zorro de monte. **(Pág. 122)**

**Tabla 9:** Lista de modelos elaborados para el zorro de monte y las evaluaciones obtenidas para cada uno. **(Pág. 122)**

**Tabla 10:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el zorro de monte. **(Pág. 122)**

**Figura 11:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el mano pelada. **(Pág. 123)**

**Figura 12:** Mapa de registros de presencia de mano pelada. **(Pág. 123)**

**Tabla 11:** Lista de modelos elaborados para el mano pelada y las evaluaciones obtenidas para cada uno. **(Pág. 123)**

**Tabla 12:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el mano pelada. **(Pág. 123)**

**Figura 13:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el zorrillo. **(Pág. 124)**

**Figura 14:** Mapa de registros de presencia de zorrillo. **(Pág. 124)**

**Tabla 13:** Lista de modelos elaborados para el zorrillo y las evaluaciones obtenidas para cada uno. **(Pág. 124)**

**Tabla 14:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el zorrillo. **(Pág. 124)**

**Figura 15:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el hurón. **(Pág. 125)**

**Figura 16:** Mapa de registros de presencia de hurón. **(Pág. 125)**

**Tabla 15:** Lista de modelos elaborados para el hurón y las evaluaciones obtenidas para cada uno. **(Pág. 125)**

**Tabla 16:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el hurón. **(Pág. 125)**

**Figura 17:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el zorro gris. **(Pág. 126)**

**Figura 18:** Mapa de registros de presencia de zorro gris. **(Pág. 126)**

**Tabla 17:** Lista de modelos elaborados para el zorro gris y las evaluaciones obtenidas para cada uno. **(Pág. 126)**

**Tabla 18:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el zorro gris. **(Pág. 126)**

**Figura 19:** Modelos de favorabilidad obtenidos para la mulita. **(Pág. 127)**

**Figura 20:** Mapa de registros de presencia de mulita. **(Pág. 127)**

**Tabla 19:** Lista de modelos elaborados para la mulita y las evaluaciones obtenidas para cada uno. **(Pág. 127)**

**Tabla 20:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para la mulita. **(Pág. 127)**

### **Anexo C**

**Figura 1:** Mapa consenso para las especies de monte nativo donde se muestran los hábitats favorables entre 0.9 y 1 obtenidos de los modelos generados con factores climático y geográfico. **(Pág. 128)**

**Figura 2:** Mapa consenso para las especies de monte nativo donde se muestran los hábitats favorables entre 0.9 y 1 obtenidos de los modelos generados con los tres factores (climático, antrópico y geográfico). **(Pág. 129)**

**Figura 3:** Mapa consenso para las especies de monte nativo donde se muestran los hábitats favorables entre 0.6 y 1 obtenidos de los modelos generados con los tres factores (climático, antrópico y geográfico). **(Pág. 130)**

**Figura 4:** Mapa consenso para las especies de monte nativo donde se muestran los hábitats favorables entre 0.6 y 1 obtenidos de los modelos generados con los factores climático y geográfico. **(Pág. 131)**

**Figura 5:** Mapa consenso para las especies de pradera donde se muestran los hábitats favorables entre 0.9 y 1 obtenidos de los modelos generados con los factores climático y geográfico. **(Pág. 132)**

**Figura 6:** Mapa consenso para las especies de pradera donde se muestran los hábitats favorables entre 0.9 y 1 obtenidos de los modelos generados con los tres factores (climático, antrópico y geográfico). **(Pág. 133)**

**Figura 7:** Mapa consenso para las especies de pradera donde se muestran los hábitats favorables entre 0.6 y 1 obtenidos de los modelos generados con los tres factores (climático, antrópico y geográfico). **(Pág. 134)**

**Figura 8:** Mapa consenso para las especies de pradera donde se muestran los hábitats favorables entre 0.6 y 1 obtenidos de los modelos generados con los factores climático y geográfico. **(Pág. 135)**

#### **Anexo D**

**Figura 1:** Mapa para las especies de monte en donde se muestran los sitios de conflicto entre los hábitats favorables y los sitios con alta favorabilidad de atropellos del modelo completo. **(Pág. 136)**

**Figura 2:** Mapa para las especies de monte en donde se muestran los hábitats favorables para dichas especies y la extrapolación obtenida para los atropellos para el modelo completo. **(Pág. 137)**

**Figura 3:** Mapa para las especies de monte en donde se muestran los sitios de conflicto entre los hábitats favorables y los sitios con alta favorabilidad de atropellos para el modelo antrópico. **(Pág. 138)**

**Figura 4:** Mapa para las especies de monte en donde se muestran los hábitats favorables para dichas especies y la extrapolación obtenida para los atropellos para el modelo antrópico. **(Pág. 139)**

**Figura 5:** Mapa para las especies de pradera en donde se muestran los sitios de conflicto entre los hábitats favorables y los sitios con alta favorabilidad de atropellos para el modelo completo. **(Pág. 140)**

**Figura 6:** Mapa para las especies de pradera en donde se muestran los hábitats favorables para dichas especies y la extrapolación obtenida para los atropellos para el modelo completo. **(Pág. 141)**

**Figura 7:** Mapa para las especies de pradera en donde se muestran los sitios de conflicto entre los hábitats favorables y los sitios con alta favorabilidad de atropellos para el modelo antrópico. **(Pág. 142)**

**Figura 8:** Mapa para las especies de pradera en donde se muestran los hábitats favorables para dichas especies y la extrapolación obtenida para los atropellos para el modelo antrópico. **(Pág. 143)**

**Figura 9:** Mapa de abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> de mamíferos para la región este. **(Pág. 144)**

**Figura 10:** Mapa de abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> y favorabilidad de atropellos según el modelo antrópico (A) y el modelo completo (B) para las especies de pradera. **(Pág. 145)**

**Figura 11:** Mapa de abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> y favorabilidad de atropellos según el modelo antrópico (A y B) y el modelo completo (C y D) para las especies de pradera. **(Pág. 146)**

**Figura 12:** Mapa de abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> y favorabilidad de atropellos según el modelo antrópico (A) y el modelo completo (B) para las especies de monte nativo. **(Pág. 147)**

**Figura 13:** Mapa de abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> y favorabilidad de atropellos según el modelo antrópico (A y B) y el modelo completo (C y D) para las especies de monte nativo. **(Pág. 148)**

**Figura 14:** Mapa de abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> y su relación con los usos de suelo de la región este. **(Pág. 149)**

## Anexo E

**Figura 1:** Mapas para las especies de monte nativo con los sitios en donde se observa conflictividad entre las carreteras, el paisaje y las poblaciones de mamíferos afectados por las carreteras. Los mapas que presentan sitios de alta conflictividad son A, E, F y J. Los que presentan sitios con conflictividad alta: C, I, J, K, L, M, N, O y Q. Mientras que los sitios con conflictividad media son los mapas B, D, E, G, H, I, J, K y P. **(Pág. 150)**

**Figura 2:** Mapas para las especies de pradera con los sitios en donde se observa conflictividad entre las carreteras, el paisaje y las poblaciones de mamíferos afectados por las carreteras. Los mapas que presentan sitios de alta conflictividad son A, B y D. Los que presentan sitios con conflictividad

muy alta: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L y M. Mientras que los sitios con conflictividad media son los mapas E, F, H, I, K, N, O, P y Q. **(Pág. 153)**

#### **Anexo F**

**Figura 1:** Territorios con superficies entre 100 y 500 has generados por la fragmentación de los ambientes naturales causados con las infraestructuras viarias. **(Pág. 156)**

**Figura 2:** Territorios con superficies entre 500 y 1000 has generados por la fragmentación de los ambientes naturales causados con las infraestructuras viarias. C- parches entre 1000 y 5000 has, D- parches entre 5000 y 10.000 has y E- parches mayores a 10.000 has. **(Pág. 156)**

**Figura 3:** Territorios con superficies entre 1000 y 5000 has generados por la fragmentación de los ambientes naturales causados con las infraestructuras viarias. **(Pág. 157)**

**Figura 4:** Territorios con superficies entre 5000 y 10.000 has generados por la fragmentación de los ambientes naturales causados con las infraestructuras viarias. **(Pág. 157)**

**Figura 5:** Territorios con superficies mayores a 10.000 has generados por la fragmentación de los ambientes naturales causados con las infraestructuras viarias. **(Pág. 158)**

**RESUMEN**

Mientras a nivel internacional desde hace décadas se conocen los efectos de las carreteras sobre los ecosistemas y la biodiversidad, estando la fragmentación de hábitats y la consiguiente pérdida de biodiversidad entre los efectos más importantes. En Uruguay, recién en el año 2015 se comenzó a abordar esta temática de manera continua en el tiempo. Los modelos de distribución permiten inferir los sitios más favorables para una o un conjunto de especies. Dichos sitios se obtienen de la combinación de algoritmos matemáticos y variables explicativas agrupadas en factores ambientales. Esto los hace herramientas fundamentales para predecir sitios de alta mortandad y explicar que atributos del paisaje influyen. El presente trabajo se planteó como objetivo identificar los efectos que generan las carreteras sobre el paisaje, considerando los cambios en la distribución de las poblaciones de medianos y grandes mamíferos en la Región Este de Uruguay como indicadores de alteraciones en el paisaje. Los registros de presencia se obtuvieron de diferentes bases de datos y de la bibliografía. El área de trabajo abarca las Ecorregiones Sierras del Este y Graben de la Laguna Merín. Para modelar se utilizó la Función de Favorabilidad utilizando los paquetes fuzzySim y modEVA implementados en R, 57 variables explicativas agrupadas en factores antrópico, geográfico y climático y más de 1.000 registros de 10 especies de medianos y grandes mamíferos autóctonos silvestres afectadas (margay, gato montés, zorrillo, zorro de monte, zorro gris, mano pelada, lobito de río, hurón, mulita y tatú). Se elaboraron dos tipos de modelos: uno de hábitats favorables para cada especie abarcando todo el país y el otro tomando las carreteras con más atropellos de la región estudiada. Para ambos tipos de modelos se generaron diferentes combinaciones de factores ambientales como predictores, y para el caso de los atropellos además, las especies se agruparon en: especies de monte, y especies de pradera. De los modelos

de favorabilidad, el modelo generado con los tres factores (modelo 0) fue el más significativo según los índices de evaluación utilizados. Los sitios con alta favorabilidad ( $F > 0.6$ ) permitieron identificar los puntos de las carreteras con alta probabilidad de atropello para cada uno de los grupos, siendo las variables antrópicas las que permitieron identificar estos sitios. Esto permitió identificar sitios donde la probabilidad de atropello es alta y exige un plan de monitoreo para implementar medidas de mitigación a futuro.

**Palabras claves:** mamíferos, modelos de distribución de especies, infraestructuras viarias, conservación.

## **Presentación de la tesis**

La presente tesis de maestría titulada “Efectos de las carreteras sobre el paisaje y la distribución de medianos y grandes mamíferos en la región este del Uruguay” tiene como objetivo identificar los efectos que generan las carreteras sobre el paisaje, considerando los cambios en la distribución de las poblaciones de medianos y grandes mamíferos en la región este de Uruguay como indicadores de la alteración del paisaje.

La presente tesis está estructurada de la siguiente manera:

- Una introducción general abarcando todos los temas planteados en los objetivos de la tesis
- Una metodología general en donde se explican los procedimientos realizados para cumplir con todos los objetivos planteados
- Los resultados y discusión fueron divididos en 4 grandes capítulos:

### **Capítulo 1: Recopilación de los registros de especies en Uruguay.**

En este capítulo se hace hincapié en la recopilación de la base de datos de cada una de las especies seleccionadas para elaborar los modelos de favorabilidad.

### **Capítulo 2: Modelos de favorabilidad tomando los registros de mamíferos afectados por las carreteras e identificación de hábitats favorables para dichas poblaciones.**

El mismo se enfocó en la modelación de favorabilidad para identificar los hábitats favorables para cada una de las especies seleccionadas. Luego, tomando en cuenta los ecosistemas principales de cada especie se crearon dos grupos: especies de monte nativo y especies de pradera.

Una vez creados los grupos se elaboraron los mapas de consenso para cada uno. Dichos mapas fueron creados unificando los hábitats favorables

obtenidos para cada especie seleccionado aquellos sitios que presentaron valores de favorabilidad entre 0.9 - 1 y 0.6 - 1 de los modelos mejor evaluados de cada especie (modelo completo generado con los tres factores y modelo climático y geográfico).

### **Capítulo 3: Incidencia de las carreteras sobre las poblaciones de medianos y grandes mamíferos más afectadas e identificación mediante modelos de favorabilidad de los sitios de conflicto entre los hábitats favorables y las carreteras.**

Este capítulo se centró por un lado en modelizar las carreteras que presentaron mayor abundancia de atropellos de mamíferos. Y por otro lado se realizó una extrapolación de los resultados de favorabilidad obtenidos para dichas carreteras al resto de la caminería de la región este. Para esto se utilizaron únicamente los registros de atropellos de las especies seleccionadas. Para elaborar los modelos de favorabilidad se tomaron los grupos ya creados en el capítulo 2.

Los modelos de atropellos obtenidos fueron analizados por separado y también unificándolos con los resultados obtenidos en el capítulo 2 y con la abundancia de atropellos relevados por ECOBIO Uruguay en el periodo 2015-2018. Esto permitió identificar zonas de conflictividad entre los hábitats favorables y las carreteras.

Las extrapolaciones se analizaron comparándolos con los modelos de atropellos y de hábitats favorables del capítulo 2 para analizar el grado de coincidencia entre los tres.

### **Capítulo 4: Efectos de las carreteras sobre el paisaje: fragmentación y conectividad.**

Este último capítulo se centró en el análisis de la fragmentación y la pérdida de conectividad generada por las carreteras. Para esto se utilizaron los corredores biológicos generados por Gutiérrez et al. (2012) y los ecosistemas de monte nativo y humedales.

Para analizar la fragmentación se utilizó toda la caminería de la región este. Esto permitió calcular la fragmentación de los hábitats favorables de ambos grupos (especies de monte nativo y especies de pradera), de los corredores biológicos y de los usos de suelos naturales y antropizados.

Este análisis permitió analizar como las carreteras afectan la conectividad paisajística y como fragmentan los hábitats favorables de las especies de medianos y grandes mamíferos

- En la parte final de la tesis se realiza un análisis general en donde se unifican los resultados obtenidos en los 4 capítulos. El objetivo del mismo es entender como las carreteras afectan al paisaje y como las poblaciones de medianos y grandes mamíferos aportan a este problema.

## 1. INTRODUCCIÓN

### **1.1. Situación de los ecosistemas y su biodiversidad**

Los ecosistemas son unidades sistémicas emergentes de las interacciones que se dan entre organismos, procesos ecológicos y elementos geofísicos (Rudas *et al.*, 2007). Actualmente se conoce que la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas se encuentra amenazado debido a las modificaciones provocadas por las actividades del ser humano sobre los componentes biogeofísicos. Esto ha generado cambios en el uso de suelo que provocan fragmentación, pérdida parcial o total de diversos hábitats y de su biodiversidad asociada entre otros (Bustamante y Audrey, 1995; Panario y Gutiérrez, 2013; González y Martínez-Lanfranco, 2010). Los ecosistemas brindan una gran diversidad de servicios (servicios ecosistémicos) al ser humano como por ejemplo: provisión de alimento, fibras, recursos genéticos, regulan la calidad del aire, el clima, el agua, la polinización, favorecen el ciclado de nutrientes y la regulación de diversos riesgos naturales como las inundaciones. También, brindan espacios utilizados para actividades de recreación, y espirituales o religiosas, entre otros usos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Y a su vez, nos proveen beneficios indirectos que pueden pasar desapercibidos para la mayoría de nosotros como por ejemplo, la actividad biológica de hongos y microorganismos del suelo que son importantes para el desarrollo de las plantas y los diversos ciclos que la sustentan (Ferreira y Fandiño, 1998).

A pesar de la importancia que presentan los ecosistemas según el Informe de Millennium Ecosystem Assessment, en los últimos 50 años, el ser humano ha transformado los ecosistemas más rápida y extensamente que en ningún otro período de tiempo comparable durante la historia humana. Esta transformación del territorio se ha dado para sustentar el desarrollo de las sociedades humanas y resolver rápidamente las demandas de alimento, agua, madera, fibra y combustible, conllevando a

la degradación de los ecosistemas y su biodiversidad, provocando en muchos casos una situación irreversible (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Duarte et al., 2006). El ser humano ha alterado los ecosistemas terrestres desde hace miles de años creando un mosaico de ambientes que se percibe en los paisajes en el presente (Forman *et al.*, 2003; Peña, 2007; Panario y Gutiérrez, 2013; van der Ree *et al.*, 2015). Estas transformaciones favorecen los procesos de: invasiones biológicas, contaminación, destrucción y fragmentación de hábitats, cambios en el paisaje, cambio climático, etc. (Pérez y Ojasti, 1996; Aguirre y Mendoza, 2009; González y Martínez-Lanfranco, 2010; González *et al.*, 2013).

Como consecuencia de lo antes mencionado se han incrementado las investigaciones que se enfocan en la relación ecosistema-sociedad con el fin de identificar y construir indicadores que permitan analizar el estado y los cambios en los ecosistemas naturales y como la biodiversidad se debe enfrentar a los mismos ya que son el soporte fundamental de la vida en el planeta (Rudas *et al.*, 2007). La agricultura, la ganadería, la pesca, la producción marina, la extracción de madera, la producción de medicinas y el turismo son algunas de las actividades que muestran la importancia de la biodiversidad en la vida del ser humano (Ferreira y Fandiño, 1998).

### **1.2. Situación actual de las poblaciones de mamíferos silvestres**

A nivel mundial hay registradas unas 5.488 especies de mamíferos, siendo uno de los grupos de fauna más cosmopolita y habitando casi en la totalidad de los ambientes existentes (Tirira, 2007; González *et al.*, 2013). Sin embargo, dentro de los vertebrados, los mamíferos son el grupo menos diverso (González & Martínez-Lanfranco, 2010). A pesar de esto, son esenciales para los ecosistemas siendo buenos indicadores del estado de conservación de los mismos (García del Valle *et al.*, 2010). Esto se debe a que los mamíferos son muy sensibles a las actividades antrópicas y los cambios causados en el paisaje. Estos cambios pueden ocasionar, no solo

impactos a nivel de especies sino también a nivel poblacional y de comunidades (Pasian *et al.*, 2015; García del Valle *et al.*, 2010, Cortés, 2009).

En Uruguay se han registrado hasta la fecha 118 especies de mamíferos (González *et al.*, 2013), los cuales se agrupan en nueve órdenes y 33 familias (Achaval *et al.*, 2007; González y Martínez-Lanfranco, 2010; González *et al.*, 2013; González y Lessa, 2014). Del total, 87 especies son continentales. Si tomamos en cuenta la relación especies/superficie Uruguay, en comparación con la de Brasil y Argentina, presenta un importante número de especies (118 registradas en una superficie de 176.215 km<sup>2</sup>), mientras que en Argentina hay 368 especies en una superficie de 2,78 millones de km<sup>2</sup> y en Brasil, con una superficie de 8,511 millones de km<sup>2</sup> presenta 688 especies (González y Lessa, 2014).

En lo que respecta al conocimiento, desde hace varios años han aumentado las investigaciones sobre mamíferos, principalmente en aquellas especies poco estudiadas a nivel nacional, como por ejemplo los desdentados (xenarthras) y los carnívoros. Parte de dichas investigaciones se han enfocado en analizar la distribución de las especies (Bou, 2012; Coitiño *et al.*, 2013; Coelho, 2013). Esto permitirá aportar información para la elaboración de estrategias de conservación en el mediano y largo plazo.

A nivel de conservación, los mamíferos también sufren la pérdida de biodiversidad, enfrentándose a diversas amenazas que ponen en riesgo su supervivencia a largo plazo. Dentro de estas amenazas, las invasiones biológicas y la destrucción de hábitats se encuentran entre los procesos más relevantes de alcance global, y, que afectan además al total de la biodiversidad (Aguirre y Mendoza *et al.*, 2009). Entre los factores que implican pérdida de hábitats, encontramos el cambio de uso de suelo (expansión de la urbanización, para actividades agropecuarias, para producción energética o explotación minera, para la construcción de infraestructuras viales, entre otras). Por otro lado, a nivel mundial tanto el ingreso de especies para caza como para mascotismo es una de las causas

que promueve la liberación de especies exóticas y por consiguiente, el surgimiento de procesos de invasión biológica (Aguirre y Mendoza, 2009). Otros problemas a los que se enfrentan las poblaciones de mamíferos son la caza, contaminación, cambio climático, entre otras (Pérez y Ojasti, 1996; Aguirre y Mendoza, 2009; González *et al.*, 2013).

En el año 2013, en Uruguay fue elaborada una lista de especies prioritarias para la conservación, incluyendo a 30 especies de mamíferos continentales (38% de las especies registradas para el país), como prioritarias para el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) (González *et al.*, 2013).

### **1.3. La fragmentación de hábitats y sus efectos sobre la biodiversidad**

Los territorios, paisajes o regiones, en términos estructurales pueden ser considerados como superficies espacialmente heterogéneas, que se expresan como un mosaico integrado por un conjunto de unidades homogéneas denominadas parches entre las cuales se establecen relaciones espaciales y funcionales. Los parches son unidades dinámicas que se reconocen a diversas escalas espacio-temporales, los cuales, bajo un enfoque ecológico, se pueden asociar a algún tipo de especies, comunidades, ecosistemas, hábitats o a un determinado proceso ecológico tanto físico como biológico. A su vez, se pueden caracterizar a partir de diversos atributos tales como el área total del hábitat, el tamaño, la forma y la distribución de los fragmentos, la distancia entre ellos y el nivel de contraste entre los componentes del paisaje como por ejemplo la cobertura (Philips y Navarrete, 2009).

Dichos parches son causados por la fragmentación de hábitats la cual es uno de los procesos más importantes en lo que respecta a la pérdida de biodiversidad y ecosistemas. Es entendida como el grado de obstrucción relativa potencial de los flujos de biota, debido a la transformación del paisaje y de la cobertura del suelo (Philips y Navarrete, 2009). Es un

proceso que afecta el flujo de materia y energía generando cambios en las características del ambiente como, por ejemplo, alteraciones en los microclimas y en los recursos hídricos. También afecta el flujo biológico en el paisaje, la dispersión y la abundancia de los recursos y la distribución de las especies entre otros (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013).

Las infraestructuras viarias se encuentran entre las estructuras antrópicas que generan mayor fragmentación en el territorio provocando cambios en el paisaje y afectando a la biodiversidad, principalmente de vertebrados. Dentro de este grupo se encuentran los medianos y grandes mamíferos los cuales se enfrentan a diversos impactos directos e indirectos generados por dichas infraestructuras (Benítez-López *et al.*, 2010; Puc Sánchez *et al.*, 2013).

#### **1.4. Las infraestructuras viarias y los efectos sobre las poblaciones de medianos y grandes mamíferos**

Las infraestructuras viarias son una de las causas en el cambio del paisaje<sup>1</sup> y en el territorio<sup>2</sup> generando efectos directos e indirectos sobre los ecosistemas y la biodiversidad tales como: el atropello de animales, efecto barrera, efecto borde, dispersión de especies exóticas, cambios en los microclimas, contaminación de recursos hídricos, fragmentación de ecosistemas, entre otros (Forman *et al.*, 2003; Barri, 2010; Benítez-López *et al.*, 2010; Puc Sánchez *et al.*, 2013; van der Ree *et al.*, 2015; Cervantes-Huerta *et al.*, 2017; Villanueva-Vázquez *et al.*, 2018). Numerosos autores afirman que las redes viales están dentro de las principales causas en la pérdida de especies de vertebrados (Grilo *et al.*, 2009; George *et al.*, 2011;

---

<sup>1</sup> "El paisaje es el fenosistema o parte manifiesta de los ecosistemas (...), que se contrapone a un criptosistema o aspectos más escondidos del conjunto. En este sentido, el estudio del paisaje es, en gran medida, el de los indicadores, de los signos y manifestaciones externas (...)" (González Bernáldez, 1981)

<sup>2</sup> Todo proyecto en el espacio que se expresa por una representación, revela la imagen deseada de un territorio. (Raffestin, C., 1980)

D'Amico, 2015, Cervantes-Huerta *et al*, 2017; Villanueva-Vázquez *et al*, 2018). Dentro de los vertebrados, los grandes mamíferos se encuentran entre los grupos más vulnerables al impacto de las carreteras, ya que presentan en general baja abundancia y baja tasa de reproducción, teniendo además territorios de ocupación amplios por lo que recorren grandes distancias durante su ciclo de vida (Barri, 2010).

Las investigaciones relacionadas a los impactos de las carreteras sobre la biodiversidad iniciaron en países del hemisferio norte como Canadá, Estados Unidos, España (Seiler y Helldin, 2006; Ford y Fahrig, 2007; Grilo *et al.*, 2009; Ontario Road Ecology Group, 2010; George *et al.*, 2011; D'Amico, 2015; Bager *et al*, 2016; Cervantes-Huerta *et al*, 2017; Villanueva-Vázquez *et al*, 2018). Mientras que en América Latina estos estudios son muy poco numerosos y recientes siendo Brasil el país que tiene una mayor experiencia en esta temática. Luego, países como Costa Rica, México, Argentina y Colombia han comenzado en la última década a abordar esta problemática (Barri, 2010; Chacón, 2011; Vargas-Salinas y López-Aranda, 2012; Puc Sánchez *et al.*, 2013; Bager *et al*, 2016).

En Uruguay es muy común ver en las rutas nacionales animales atropellados, principalmente medianos y grandes mamíferos (Coitiño *et al.*, 2018). Sin embargo, son muy escasos los trabajos que han investigado este problema en Uruguay, siendo una de las primeras aproximaciones a esta problemática la que realizó en 1997 la ONG Vida Silvestre, con el apoyo del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (M.G.A.P.) (González, 2001; González y Martínez-Lanfranco, 2010). Luego de este trabajo no se volvió a abordar hasta el año 2015, cuando la Asociación Civil ECOBIO Uruguay comienza a abordar esta problemática creando la línea de investigación "Ecología de Carreteras y Biodiversidad". Gracias a esta iniciativa se comenzó a recabar información de base acerca de las especies afectadas por las carreteras y avanzar en la implementación de medidas de mitigación (Coitiño *et al.*, 2018).

Como se ha mencionado, los mamíferos son uno de los taxones más afectados por las carreteras (Bager *et al.*, 2007, Resende y Bager, 2013). Esto se puede deber a que son especies que se trasladan grandes distancias, ya que necesitan grandes extensiones de territorio para sobrevivir, lo que los obliga a cruzar las carreteras aumentando la probabilidad de atropello (Bager *et al.*, 2007, Resende y Bager, 2013).

A su vez, debido al tamaño corporal que presentan los medianos y grandes mamíferos se considera que es el grupo de vertebrados más afectados por las carreteras. Sin embargo, hay trabajos que indican que los más afectados son los anfibios y las aves debido a su tamaño muchas veces pueden pasar desapercibidos o también son presas más fáciles de retirar rápidamente de la carretera por un depredador (Villanueva-Vázquez *et al.*, 2018). En Uruguay es más común registrar medianos y grandes mamíferos en las carreteras que otros grupos.

Sin embargo, investigar sobre los mamíferos tiene ciertas dificultades pues, como se mencionó anteriormente, muchas de las especies presentan hábitos nocturnos, utilizan grandes extensiones de territorio y tiene bajas densidades poblacionales (González y Martínez-Lanfranco, 2010). Debido a esto, identificar los patrones de distribución permite inferir las condiciones ambientales que configuran los patrones de distribución de especies. Para esto se han utilizado los modelos de distribución potencial en donde, a través de algoritmos matemáticos y variables ambientales explicativas es posible avanzar en su conocimiento (Real *et al.*, 2006; Sillero *et al.*, 2010).

### **1.5. Biogeografía y uso de modelos para analizar la distribución de especies**

La Biogeografía es la ciencia que estudia la distribución geográfica de los seres vivos sobre la Tierra, en el espacio y en el tiempo, así como los procesos que la generan (Crisci *et al.*, 2000; Llorente *et al.*, 2000; Morrone, 2004; González y Martínez-Lanfranco, 2010). La relación que existe entre la biodiversidad, los hábitats, las conformaciones territoriales y la adaptación de las especies a los cambios ambientales son temas de interés para la comunidad científica desde hace décadas (Seoane y Bustamente, 2001; Rojas *et al.*, 2001; Queirolo, 2009). Esta disciplina también se ocupa de estudiar las relaciones que existen entre las especies y también entre las distribuciones con el ambiente (Cabrera y Willink, 1973). La distribución de especies se caracteriza por su estructura interna, el tamaño y la forma que presentan (Brown *et al.*, 1996). También hay factores como el clima, la disponibilidad de agua y energía, u otros relacionados con otras especies o con la actividad humana influyen en la distribución de las especies.

Como se mencionó anteriormente, para estudiar la distribución de especies, se han utilizado modelos de distribución de las especies (MDE), que permiten inferir a través de diferentes algoritmos matemáticos y en combinación con variables explicativas, los sitios idóneos o favorables para ser ocupados por una especie o un conjunto de especies (Benito de Pando y Peñas de Giles, 2007; Franklin, 2010, Sillero *et al.*, 2010). Para muchos autores, los MDE buscan identificar el nicho ecológico de una especie (Franklin, 2010; Sillero *et al.*, 2010, Peterson *et al.*, 2011). La definición más aceptada de este concepto es la que propuso Hutchinson (1957) quien definió matemáticamente el nicho fundamental y el realizado. Según Hutchinson (1957) el nicho fundamental es un volumen de  $n$  dimensiones dentro del espacio ambiental donde una especie puede mantener una población viable a lo largo del tiempo, mientras que el nicho realizado es

una parte del nicho fundamental donde una especie no es excluida debido a la competencia con otras especies (Sillero *et al.*, 2010). Estos conceptos al trabajar con MDE, permiten relacionar el espacio geográfico, un espacio multidimensional de  $n$  variables, con el espacio donde una especie habita o podría potencialmente habitar un determinado lugar (Pliscoff y Fuentes-Castillos, 2011).

Los modelos se pueden clasificar en modelos mecanicistas también llamados modelos explicativos y los modelos estadísticos/correlativos (Sillero *et al.*, 2010).

Los modelos estadísticos son los más utilizados ya que son más precisos y pueden generar modelos explicativos reflejando aspectos de la biología e historia natural de las especies y de las condiciones territoriales. Se pueden distinguir tres grupos principales de modelos correlativos: métodos de presencia/ausencia, de perfil, y de solo presencia (Real *et al.* 2006; Sillero *et al.*, 2010). Los modelos basados en presencia/ausencia relacionan una variable dependiente binaria con variables independientes, y deducen las condiciones por las que una especie está presente. Entre ellos se encuentran los modelos lineales generalizados (GLM) como el análisis discriminante, la regresión logística, los modelos aditivos generalizados (GAM) y la función de favorabilidad (FF) (Sillero *et al.*, 2010). Este tipo de modelos representan la probabilidad de encontrar una especie en una determinada porción del área de estudio, es decir, son sensibles a las presencias (Real *et al.*, 2006; Sillero *et al.*, 2010; Acevedo y Real, 2012).

La regresión logística es una herramienta estadística que permite relacionar una variable dependiente (binaria) con un grupo de variables independientes las cuales pueden ser continuas o discretas (Hosmer y Lemeshow, 1989). La función de favorabilidad es un GLM derivado de la regresión logística que utiliza la función logit de dicha regresión. Considera la relación entre el número de presencias y de ausencias (prevalencia) que permite evaluar la variación en la probabilidad de ocurrencia de un

determinado evento en ciertas circunstancias con las condiciones generales del evento (Acevedo y Real, 2012).

Los factores que se consideran para modelar la distribución de las especies son: ambientales más específicamente climáticos, antrópicos y geográficos (Sillero *et al.*, 2010). En el factor climático se usan principalmente variables relacionadas a la precipitación y temperatura como por ejemplo la humedad. En el geográfico se utilizan variables de altitud, pendiente y relieve, usos de suelo naturales, cursos de agua entre otras. Y en el antrópico se usan variables como el uso de suelo, zonas urbanas, metros de caminería, etc. Con respecto, al factor antrópico, éste puede afectar de manera negativa o positiva en la distribución ya que por un lado puede producir fragmentación o pérdida de hábitat pero también hay especies que se pueden beneficiar por dichas infraestructuras como por ejemplo las especies exóticas las cuales encuentran ambientes propicios para su desarrollo en las zonas cercanas a las carreteras como los bordes. A diferencia del factor climático, los factores geográfico y antrópico influyen a una extensión espacial menor y, por tanto, en valores de escala mayores. Esto condiciona la selección de las variables que se utilizarán para modelar la distribución de cada especie en particular (Mateo *et al.*, 2011).

## 2. OBJETIVOS

### **2.1 Objetivo General**

Identificar los efectos que generan las carreteras sobre el paisaje, considerando los cambios en la distribución de las poblaciones de medianos y grandes mamíferos en la región este de Uruguay como indicadores de cambio.

### **2.2 Objetivos específicos**

Objetivo 1. Elaborar una base de datos para Uruguay de los registros de atropellos de las especies de medianos y grandes mamíferos.

Objetivo 2. Elaborar modelos de favorabilidad para tomando los registros de mamíferos más afectados por las carreteras de la región este.

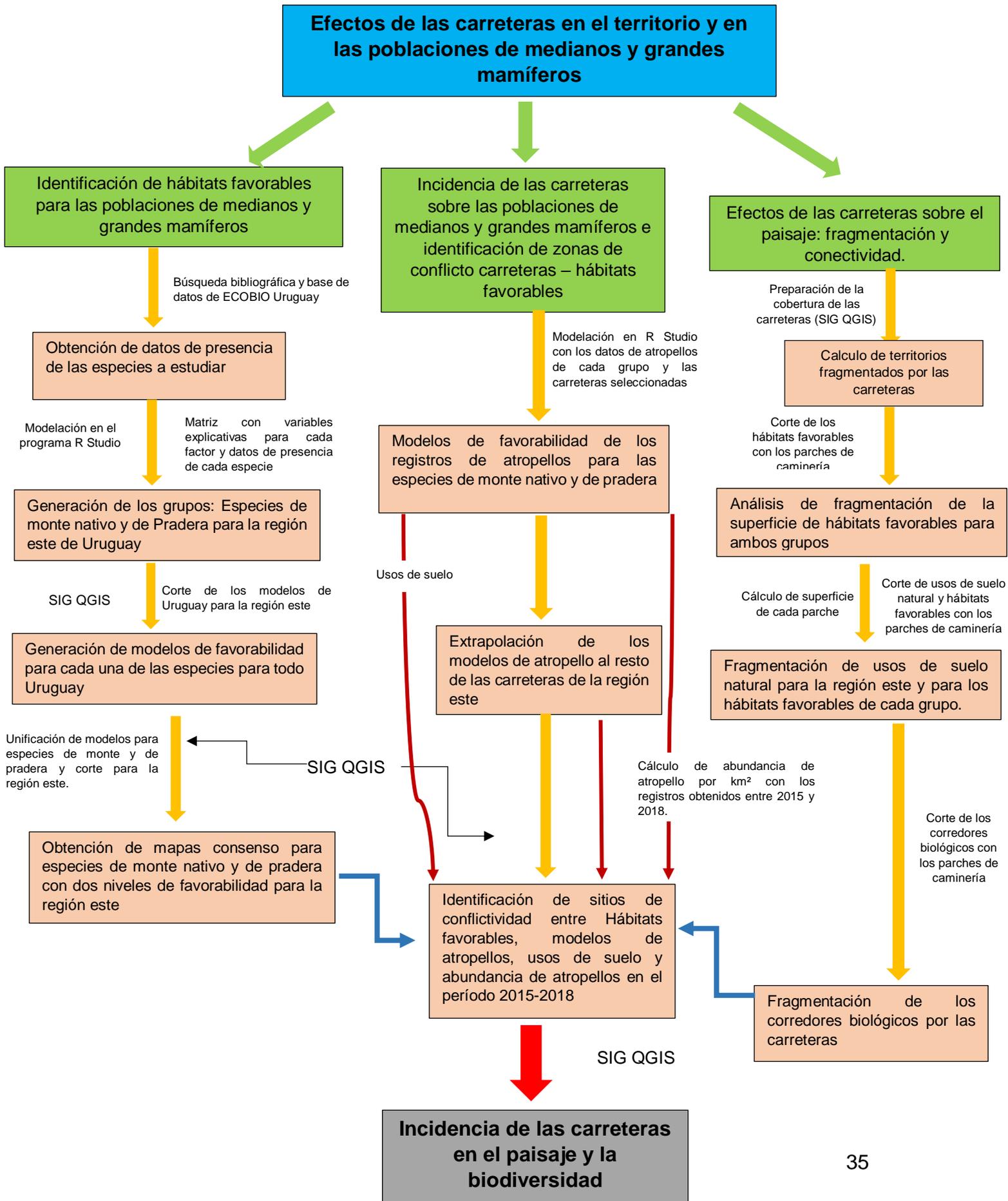
Objetivo 3. Acorde al resultado de los modelos de favorabilidad, determinar el grado de fragmentación del paisaje en la región este del Uruguay, y evaluar el grado de incidencia de las carreteras, considerando variables relacionadas a las infraestructuras viales como la cantidad de carreteras y la densidad de tránsito vehicular.

Objetivo 4. Identificar los puntos que presentan un mayor número de atropellos para mamíferos. Identificar qué factores influyen en los atropellos.

Objetivo 5. A partir del modelo de atropellos para las distintas especies o grupos de especies para la región este, extrapolar los valores de favorabilidad para toda la caminería de la región este y evaluar su desempeño.

Objetivo 6. Identificar el grado de conectividad entre los ambientes favorables, y evaluar el efecto de las carreteras sobre los valores obtenidos.

**Esquema explicativo de la metodología y los resultados**

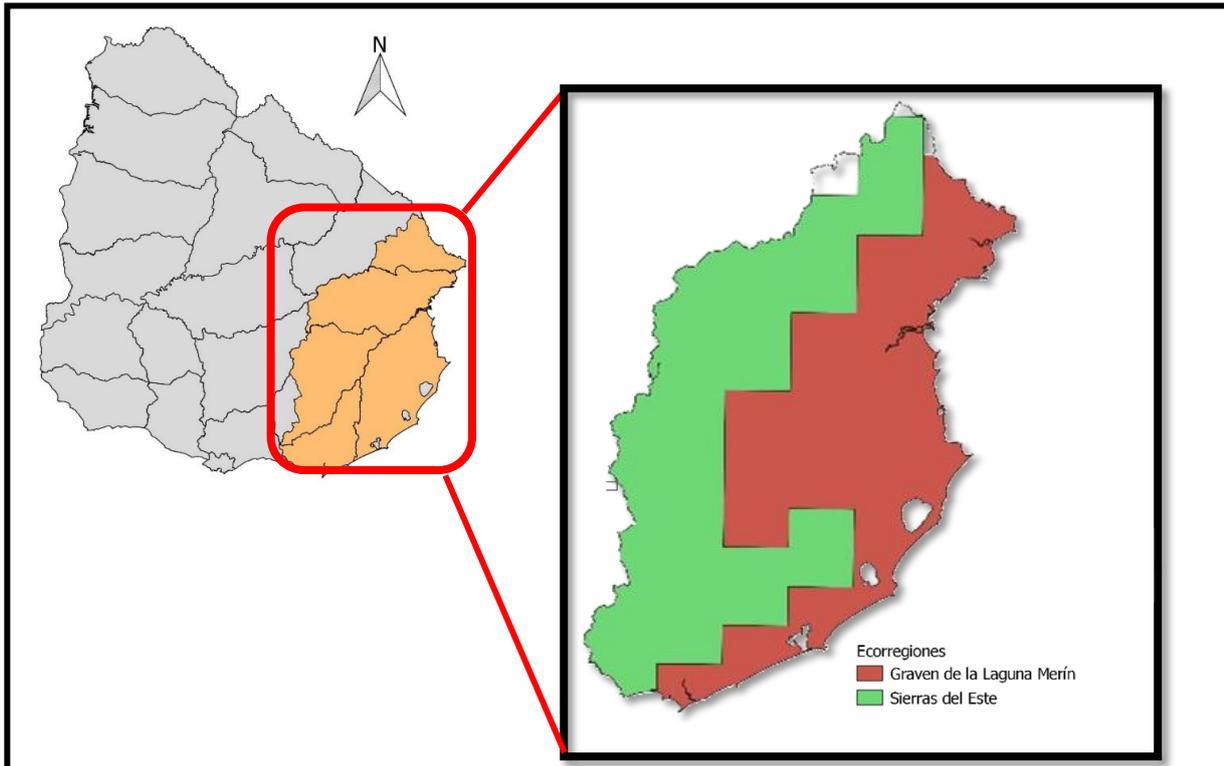


### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

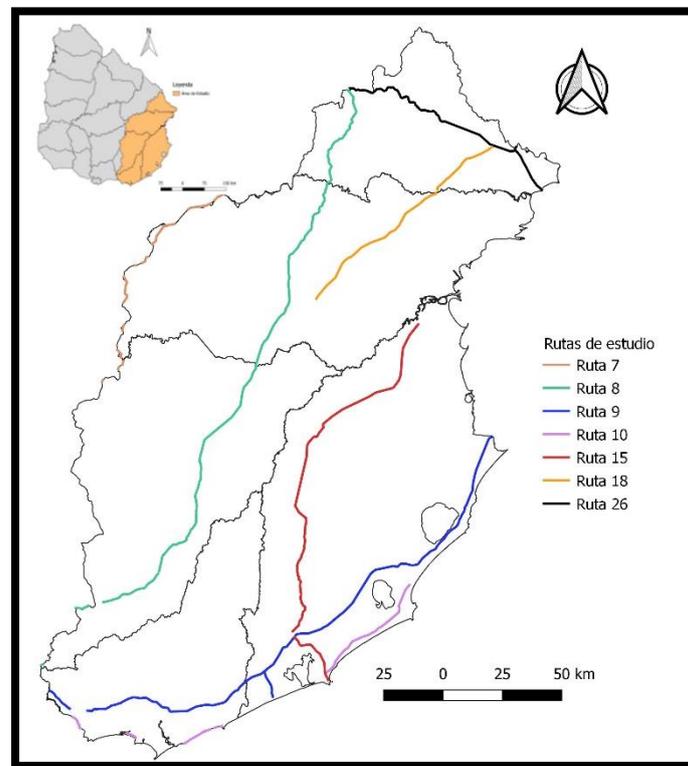
#### **3.1 - Contexto geográfico**

El presente trabajo se llevó a cabo en la región este de Uruguay abarcando las ecorregiones de Sierras del Este y Graben de la Laguna Merín (Brazeiro *et al.*, 2015). Dicha región abarca los departamentos de Maldonado, Rocha, Treinta y Tres, Lavalleja y Cerro Largo y tiene una superficie aproximada de 3.672.457 has (Figura 1). Los análisis se llevaron a cabo en las rutas nacionales 7, 8, 9, 10, 15, 18, 26 e interbalnearia (Figura 2), ya que es donde se registró un mayor número de especies atropelladas durante los censos realizados por la Asc. Civil ECOBIO Uruguay durante el periodo 2015 - 2016. La selección de esta región se basó principalmente en que presenta una gran heterogeneidad de ecosistemas (humedales, montes naturales, zona costera, praderas naturales, diversos cultivos), una gran diversidad de especies, y concentra la mayor cantidad de áreas protegidas nacionales, y reservas internacionales como los sitios Ramsar (Soutullo *et al.*, 2013). Además, en dicho territorio confluyen varias rutas de alto tránsito vehicular al tratarse de rutas internacionales y rutas que conectan la mayor parte de las zonas turísticas del país.

Con respecto a la biodiversidad, la ecorregión Graben de la Laguna Merín presenta una riqueza de 57 especies de mamíferos de las cuales 8 son especies indicadoras. Mientras que la ecorregión de Sierras del Este presenta una riqueza de 56 especies de mamíferos de las cuales 3 son indicadoras. (Brazeiro *et al.*, 2015).



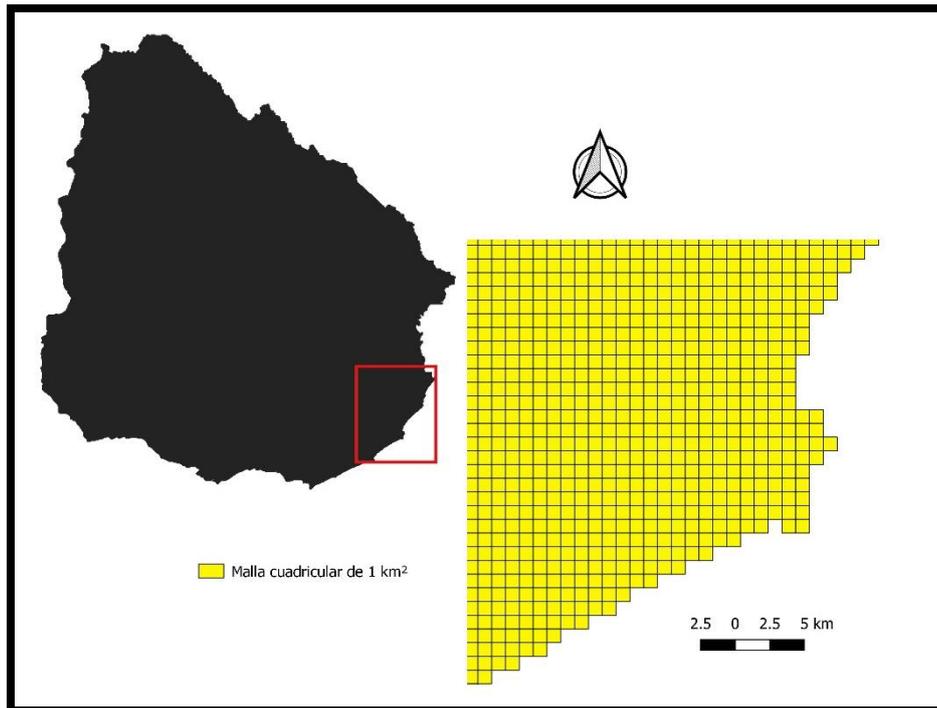
**Figura 1:** Área de estudio en Uruguay, la cual abarca las ecorregiones de Sierras del Este (color verde) y Graben de la Laguna Merín (color marrón). El periodo de estudio es 2015-2016.



**Figura 2:** Rutas seleccionadas para el análisis biogeográfico.

### **3.2 Elaboración de la base de datos**

Para la elaboración de la base de datos se utilizó una malla cuadrangular de un 1 km<sup>2</sup> creada por el Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio (LDSGT) de Facultad de Ciencias (Figura 3).



**Figura 3:** Malla cuadrangular de 1 km<sup>2</sup> utilizada para elaborar la base de datos que se utilizó para generar los modelos de favorabilidad.

#### **3.2.1 Registro de las especies**

Para la selección de las especies a estudiar en el presente trabajo, se tomó en cuenta los registros de atropellos en las carreteras nacionales obtenida de los trabajos realizados por la ONG ECOBIO Uruguay durante los años 2015 y 2016. Dichos registros fueron obtenidos a través de muestreos bimensuales abarcando las cuatro estaciones del año. Cada carretera fue recorrida en vehículo a una velocidad de 60 km/h en donde se registraron todos los animales atropellados. Del total de especies

registradas se seleccionaron las 10 especies más afectadas y se realizó una búsqueda bibliográfica (trabajos científicos, tesis de maestría y doctorado) y de otras bases de datos. Las especies de mamíferos fueron clasificadas en medianas (zorrillo, hurón, mulita y tatú) y grandes (zorro de monte y gris, mano pelada, margay, gato montés y lobito de río) Luego, se utilizó una malla cuadrangular que cubre todo el país con un total de 177.708 celdas de 1 km<sup>2</sup> (Figura 3). Se elaboró una planilla Excel con la totalidad de datos obtenidos. Toda la información recabada fue georreferenciada para su posterior representación cartográfica utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) de acceso libre QGIS 3.4 ([www.qgis.com](http://www.qgis.com)). Luego de espacializar los registros, se clasificaron en presencia y ausencia colocando los valores de 1 y 0 respectivamente. Posteriormente, se generaron dos grupos de especies: especies de pradera y de monte (Tabla 1). Dichos grupos se basaron en los hábitats más importantes para cada especie. En total seis especies se asignaron al grupo “monte nativo” y cuatro al de “pradera”.

Una vez finalizada la planilla con los registros y los dos grupos creados y clasificados en presencia y ausencia se procedió a unificarla con las variables ambientales contenidas en la malla cuadrangular de 1 km<sup>2</sup>. Para esto se utilizó la función “Unión por atributos” del QGIS la cual consiste en unir los registros de cada grupo a cada una de las cuadrículas que los contiene de manera de vincular espacialmente el dato de presencia con la cuadrícula. La malla cuadrangular final se exportó en formato CSV y se realizó un corte de dicha malla para la región este.

**Tabla 1:** Especies de medianos y grandes mamíferos agrupadas en especies de monte nativo y especies de pradera.

Especies de monte nativo		Especies de pradera	
Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	Nombre común
<i>Leopardus wiedii</i>	Margay	<i>Conepatus chinga</i>	Zorrillo
<i>Leopardus geoffroyi</i>	Gato montes	<i>Galictis cuja</i>	Hurón
<i>Lontra longicaudis</i>	Lobito de río	<i>Dasypus hybridus</i>	Mulita
<i>Procyon cancrivorus</i>	Mano pelada	<i>Lycalopex gymnocercus</i>	Zorro gris
<i>Cerdocyon thous</i>	Zorro de monte		
<i>Dasypus novemcinctus</i>	Tatú		

### 3.2.2 Variables predictoras

A partir de la malla de cuadrículas de 1 km<sup>2</sup> del área de estudio se obtuvieron las variables ambientales como predictores, concretamente a través del promedio de las variables explicativas para cada cuadrícula, utilizando los diferentes factores ambientales explicativos propuestos en la literatura (Mateo *et al.*, 2011; López-Sandoval *et al.*, 2015): climático, geográfico y antrópico.

A estas, se le agregaron dos nuevas variables antrópicas relacionadas al efecto de las carreteras como: sitios donde se cruzan cursos de agua con las caminería (Curs-cam) y Tránsito promedio diario anual (TPDA) para el 2017 obtenido del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. En total se utilizaron 57 variables: 32 fueron climáticas, 14 geográficas y 11 antrópicas (Anexo A).

*Factor climático:* Se elaboraron un total de 32 variables, de las cuales 20 están relacionadas con temperatura y precipitación (11 de temperatura y 9 de precipitación), y 12 variables relacionadas a humedad, radiación solar, evapotranspiración y balance hídrico (Anexo A).

*Factor geográfico:* Son variables relacionadas a la topografía como la altitud, orientación, escabrosidad, pendiente; a los ambientes naturales como monte nativo, campo natural, entre otras y distancia a ríos y costa y una variable relacionada a NDVI (Índice de Vegetación Normal) (Anexo A).

*Factor antrópico:* para este factor se elaboraron variables relacionadas a los usos de suelo como superficie agrícola y forestación, urbanización y densidad poblacional, y variables relacionadas a las carreteras como caminería, sitios donde se cruzan carreteras y cursos de agua, tránsito promedio diario anual y finalmente variables relacionadas a distancias a caminería y urbanización (Anexo A).

### **3.3 – Modelos de distribución de especies**

#### **3.3.1 – Selección de variables.**

A partir de las matrices generadas con las variables, se utilizó el programa estadístico R (versión 3.5.3), con el fin de analizar la correlación entre las variables, y eliminar aquellas que están correlacionadas. Para esto se utilizó el paquete fuzzySim (Barbosa, 2015) implementados en dicho programa. Estos paquetes incluyen la selección de variables por la tasa de descubrimientos falsos o FDR (siglas del inglés) y el corSelect. El FDR permite determinar la proporción de hipótesis nulas falsamente rechazadas según el número total de hipótesis rechazadas (García, 2003; Barbosa *et al.*, 2009). Para ello, el FDR evalúa la relación estadística existente entre las presencias y el conjunto de variables predictoras. Mientras que el corSelect es una función que calcula las correlaciones por pares entre las variables en un conjunto de datos y, entre cada par de variables correlacionadas por encima de un umbral dado, excluye la variable con el factor de inflación de varianza más alto (VIF) o la relación bivariada (individual) menos significativa o menos informativa con la variable de respuesta (si se proporciona). Se usó la correlación de Pearson

y 0,8 como valor umbral para descartar aquellas variables correlacionadas (Barbosa *et al.*, 2015)

Con las variables que superaron el análisis de FDR y de correlación se realizaron los modelos de distribución tanto para cada especie como para los dos atropellos agrupados en especies de monte y de pradera.

### 3.3.2 – Modelos de distribución

Los modelos de distribución se basaron en el algoritmo de la Función de Favorabilidad (FF) (Real *et al.*, 2006).

$$F = [P / (1-P)] / [n1/n0 + P / (1-P)]$$

donde P es la probabilidad de que la especie esté presente, n1 es el número de presencias observadas, y n0 es el número de ausencias.

Para aplicar la FF, se usó el paquete fuzzySim para R (Barbosa *et al.*, 2015).

Para la construcción de los modelos, a partir de las variables que superaron el FDR y el análisis de correlación, se les aplicó un método de selección por pasos o *stepwise* hacia adelante y atrás condicional, es decir, cada paso hacia adelante selecciona la variable más significativamente relacionada con la distribución de la especie, y le sigue un paso hacia atrás en el que se puede eliminar una variable que, tras la inclusión de las anteriores, haya dejado de tener dicha relación de una influencia significativa con el patrón de distribución analizado (con un umbral de significación de 0.05 para inclusión de una variable en el modelo y de 0.10 para su eliminación). Tras dicho procedimiento, para eliminar las posibles variables no significativas que pudieran haber quedado, se aplicó la función “modeltrim” (Barbosa y Real 2010, 2012; Estrada y Arroyo, 2012).

Como se mencionó anteriormente se realizaron dos modelos: 1) modelos para Uruguay a partir de todos los registros obtenidos para cada especie, para detectar territorios favorables para las especies de mamíferos

en todo Uruguay; 2) modelos para la región este, donde se utilizaron únicamente los registros de atropellos para cada grupo (especies de monte y de pradera), para detectar los puntos de atropello favorable a atropellos, y los factores responsables. Finalmente, los valores de FF obtenidos para los modelos de atropellos se extrapolaron al resto de las carreteras de la región este, con la finalidad de conocer los puntos favorables en todas las carreteras de la región.

Para cada uno de los modelos (para Uruguay y para los atropellos) se realizaron 6 corridas en orden decreciente de la representatividad del factor antrópico según el esquema de la tabla 2. En el primer modelo se utilizaron todas las variables explicativas de los tres factores (modelo 0), en el segundo (modelo 1) se volvieron a utilizar los tres factores pero se excluyeron del factor antrópico las variables relacionadas a carreteras, el tercer modelo (modelo 2) se generó sin las variables relacionadas a carreteras y distancia a la urbanización, el cuarto y quinto modelo (modelos 3 y 4) se elaboró con los factores geográfico y antrópico pero variando las variables antrópicas utilizadas (en uno se usaron todas y en el otro sin las relacionadas a las carreteras) y para el sexto modelo (modelo 5) se utilizó el factor climático y el geográfico (Tabla 2).

Fue obtenida además la importancia relativa de cada variable en cada modelo a partir del Índice de Wald, una prueba estadística paramétrica que analiza la coherencia de afirmar un valor concreto de un parámetro de un modelo probabilístico una vez que se obtiene el modelo ajustado (Wald, 1943) y para el cálculo se utilizó el paquete Survey (Lumley, 2004; 2018).

Para la representación de los mapas de favorabilidad, se utilizó el programa QGIS (QGIS, versión 3.4.5), clasificando los valores de favorabilidad (F) en diez categorías entre 0 y 1, en intervalos de 0.1, para cada unidad geográfica (celdas).

Para modelar los hábitats favorables para la región este, se partió de la información obtenida de modelar todo el país. Esto se debió a que para

algunas especies el número de registros obtenidos para la región este era bajo, dificultando la modelación solo para esa región. Luego, con los mapas generados para cada una de las especies se crearon mapas consenso para cada uno de los grupos (especies de monte y de pradera) con el fin de identificar aquellos sitios en donde coincidía cada especie tomando en cuenta los sitios con favorabilidad entre 0.9 y 1 y entre 0.6 y 1. Dichos mapas fueron creados por unión geométrica de los modelos de cada una de las especies que integran cada grupo y se aplicó la función de unión por atributos del QGIS tomando los valores de favorabilidad (FF) obtenidos.

**Tabla 2.** Esquema de los modelos de favorabilidad aplicados tanto para cada especie como también para los atropellos. Ver “todas las variables” en Anexo A. \* DIST\_RUTAS, DIST\_CAMI, CURS-CAM; \*\* DIST\_URB

Modelo	Factores	Variables explicativas
<b>Modelo 0</b> (modelo completo)	Geográfico	Todas las variables
	Antrópico	Todas las variables
	Climático	Todas las variables
<b>Modelo 1</b>	Geográfico	Todas las variables
	Antrópico	Sin las variables relacionadas a las carreteras *
	Climático	Todas las variables
<b>Modelo 2</b>	Geográfico	Todas las variables
	Antrópico	Sin las variables relacionadas a las carreteras * y la distancia a centros urbanos **
	Climático	Todas las variables
<b>Modelo 3</b>	Geográfico	Todas las variables
	Antrópico	Sin las variables relacionadas a las carreteras
<b>Modelo 4</b>	Geográfico	Todas las variables
	Antrópico	Todas las variables
<b>Modelo 5</b>	Climático	Todas las variables
	Geográfico	Todas las variables

### 3.3.3 Evaluación de los modelos

Para evaluar el desempeño de cada modelo se utilizaron una serie de índices estadísticos los cuales se explican a continuación:

- AUC o área bajo la curva ROC: Las curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) se construyen utilizando todos los umbrales posibles para clasificar los puntajes en matrices de confusión, obteniendo sensibilidad y especificidad para cada matriz, y luego representando la sensibilidad en función de la proporción correspondiente de falsos positivos (igual a 1 - especificidad) (Allouche *et al.*, 2006; Barbosa *et al.*, 2016).

El área bajo la curva ROC (AUC) se usa a menudo como una única medida independiente del umbral para el desempeño del modelo. Se demostró que el AUC es independiente de la prevalencia y se considera altamente eficaz (Allouche *et al.*, 2006).

- Sensibilidad y especificidad: La sensibilidad es la proporción de presencias observadas que se predicen como tales y, por lo tanto,

cuantifica los errores de omisión. Mientras que la especificidad es la proporción de ausencias observadas que se pronostican como tales y, por lo tanto, cuantifica los errores de comisión (Tabla 2) (Allouche *et al.*, 2006; Barbosa *et al.*, 2016).

La sensibilidad y la especificidad son independientes entre sí cuando se comparan entre los modelos, y también son independientes de la prevalencia  $((a + c) / n)$ , la proporción de sitios en los que se registró la presencia de la especie (Allouche *et al.*, 2006).

- True Skill Statistic (TSS): TSS tiene en cuenta tanto el error de omisión como de comisión, y éxito como resultado de azar, en rangos de  $-1$  a  $+1$ , donde  $+1$  indica acuerdo perfecto y valores de cero o menos indican una actuación no mejor que aleatoria. El TSS no se ve afectado por la prevalencia y tampoco el tamaño del conjunto de validación (Allouche *et al.*, 2006).
  
- UPR y OPR: la sub-predicción (UPR) se refiere a la proporción de presencias observadas en el área de ausencia prevista, y sobre-predicción (OPR) se refiere a la proporción de ausencias observadas/ asumidas en el área de presencia prevista. La UPR se calcula en función del número de presencias pronosticadas, mientras que la OPR se calcula en función del número de ausencias pronosticadas (Barbosa *et al.*, 2016).  
La tasa de UPR evalúa la probabilidad de que la especie ocurra en un lugar donde el modelo predice que está ausente; la tasa de OPR evalúa la probabilidad de que la especie no se encuentre en un lugar donde el modelo predice que ocurrirá (Barbosa *et al.*, 2016).
  
- Tasa de clasificación correcta (CCR): es la proporción de localidades predichas correctamente como presencia o ausencia (o como favorables y desfavorables) (Fielding y Bell, 1997)

### **3.4 Fragmentación y conectividad**

Para analizar la fragmentación y conectividad del paisaje se utilizó el programa QGIS como herramienta de análisis de la información espacial.

Para el caso de la fragmentación, se generó una capa de polígonos de Caminería, llamada en adelante, parches de caminería, calculando la superficie en hectáreas de caminería por polígono. Posteriormente, la capa generada se solapó con una capa con la superficie de los ecosistemas naturales: monte nativo, humedales y pastizales. Una vez realizado el corte se calculó la nueva superficie obtenida de cada ecosistema fragmentado. De esta manera a partir del número y superficie de los nuevos parches generados en cada caso se evaluó el grado de fragmentación predicho del paisaje natural.

Luego se aplicó la misma metodología para solapar los parches de caminería con el área favorable para ambos grupos de mamíferos estudiados. De esta manera se calculó el grado de fragmentación y la superficie de cada parche obtenido.

A su vez, se calculó la superficie y el porcentaje de ocupación en la región este. Para esto se clasificó el paisaje en dos usos: antropizados y naturales. Los usos antropizados se clasificaron en agricultura, forestación e infraestructuras viarias mientras que los naturales en monte natural, pastizal y humedal. Para el caso de las infraestructuras viarias se generó un buffer de 20 metros ya que se calculó el ancho de la carretera y se realizó un promedio. Con este buffer se calcula la superficie que abarcan las infraestructuras viarias en la región este.

Asimismo se calculó la superficie y el porcentaje de ocupación de estos usos de suelo tomando en cuenta los hábitats favorables obtenidos de los modelos.

La conectividad ecológica del paisaje se analizó tomando en cuenta los corredores biológicos generados por Gutiérrez *et al.* (2012) en donde se identificaron dos para la región este: El Corredor de la Laguna Merín y

el Corredor de las Sierras del Este. También se utilizaron los ambientes naturales de monte nativo y humedales clasificados previamente. Luego se analizó la fragmentación como discontinuidad de los corredores por las áreas ocupadas por la caminería, y se cuantificó calculando la superficie de cada parche generado.

Por otra parte, se solaparon los corredores biológicos con los hábitats favorables obtenidos de los modelos de favorabilidad para cada grupo de manera de analizar la superficie favorable dentro de cada corredor.

La utilización de los ambientes naturales principalmente monte natural y humedales es con la finalidad de evaluar su conectividad en el territorio, ya que son corredores naturales que permiten la conexión ecológica a lo largo del territorio.

Finalmente para identificar los sitios en donde se identifican conflictos se tomó en cuenta la siguiente información espacial: presencia de ambientes naturales (principalmente monte nativo, herbáceo natural y humedales), actividades antrópicas, abundancia de atropellos en el período 2015-2018, hábitats favorables y favorabilidad de atropellos obtenidos de los modelos para cada grupo (Figura 18). En el caso de los modelos elaborados con los registros de atropellos se tomaron en cuenta aquellos sitios con favorabilidad entre 0.8 y 1, ya que los mismos indicarían sitios que presentan un alto riesgo para el atropello. Los sitios donde la favorabilidad de atropello varía entre 0.8 y 1 o próximos a uno; se encuentran en zonas de hábitats favorables; cercanos a ambientes naturales (monte nativo, humedal y pradera) y la abundancia de atropello obtenido en el período 2015-2018 es alta o media fueron clasificados como sitios de conflictividad muy alta. Luego, aquellos sitios que presentan alta favorabilidad de atropello, presencia de ambientes naturales y hábitats favorables cercanos son clasificados como sitios de conflictividad alta. Y los que presentan hábitats favorables, favorabilidad de atropello entre 0.7

y 0.8 y abundancia de atropellos se clasificaron como sitios de conflictividad media.

Luego para discutir el avance de los usos antrópicos y como se modificaría el paisaje en el futuro se tomó en cuenta la información espacial generada en el trabajo de ecorregiones de Brazeiro (2015) en donde se calculó el avance de ciertas actividades antrópicas como forestación y agricultura al 2030 (Achkar *et al.*, 2015).

## 4. RESULTADOS GENERALES Y DISCUSIÓN

### 4.1 – Recopilación de los registros de especies en Uruguay

#### 4.1.1 Resultados

En el periodo 2015-2016 se identificaron 19 especies de mamíferos afectadas por las carreteras a través del atropello (Tabla 3). Del total, se seleccionaron las 10 especies de medianos y grandes mamíferos más afectadas por las carreteras, que además presentan un algún grado de amenaza a nivel nacional e internacional, como el caso del margay o la mulita (Tabla 4). Para el presente trabajo se clasificaron como mamíferos medianos al zorrillo, tatú, mulita y hurón mientras que el resto de las especies se clasificaron en grandes mamíferos.

De la revisión, bibliográfica y base de datos de ECOBIO Uruguay, se recopilaron un total de 1617 registros para todas las especies en Uruguay. A continuación se detallan la cantidad de registros obtenidos para cada de las especies, desglosados según su procedencia (Tabla 4).

**Tabla 3:** Lista de especies de medianos y grandes mamíferos afectados por las carreteras en Uruguay en el periodo 2015 – 2016 obtenidos por la Asoc. ECOBIO Uruguay.

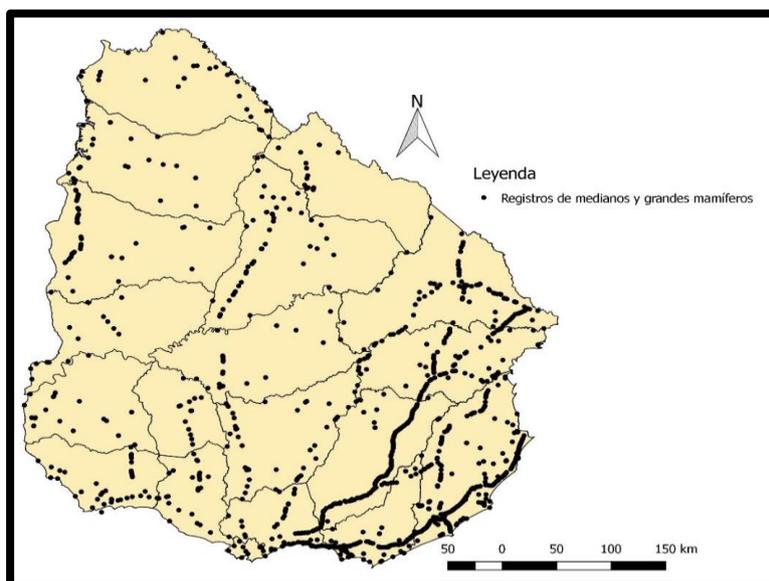
Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Mulita	<i>Dasyus hybridus</i>	Margay	<i>Leopardus wiedii</i>
Peludo	<i>Euphractus sexinctus</i>	Gato montes	<i>Leopardus geoffroyi</i>
Tatú	<i>Dasyus novemcinctus</i>	Guazubirá	<i>Mazama gouazoubira</i>
Carpincho	<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i>	Lobito de río	<i>Lontra longicaudis</i>
Nutria	<i>Myocastro coypus</i>	Hurón	<i>Galictis cuja</i>
Aperea	<i>Cavia aperea</i>	Liebre	<i>Lepus europaeus</i>
Coati	<i>Nasua nasua</i>	Zorro de monte	<i>Cerdocyon thous</i>
Mano pelada	<i>Procyon cancrivorus</i>	Zorro gris	<i>Lycalopex gymnocercus</i>
Comadreja colorada grande	<i>Lutreolina crassicaudata</i>	Zorrillo	<i>Conepatus chinga</i>
Comadreja mora	<i>Didelphis albiventris</i>		

**Tabla 4:** Listado de los atropellos de las especies analizadas respecto a la fuente de datos de las que fueron obtenidos: número de registros totales por especie, número de atropellos, bibliografía y base de datos de ECOBIO Uruguay. \*Especies de mamíferos medianas.

Nombre científico	Nombre común	Registros totales Uy	Atropellos (ECOBIO Uruguay)	Bibliografía	ECOBIO Uruguay
<i>Leopardus geoffroyi</i>	Gato montés	137	23	108	6
<i>Galictis cuja</i> *	Hurón	38	18	17	3
<i>Lontra longicaudis</i>	Lobito de río	102	6	92	4
<i>Procyon cancrivorus</i>	Mano pelada	81	53	19	9
<i>Leopardus wiedii</i>	Margay	48	6	39	3
<i>Dasypus hybridus</i> *	Mulita	89	23	61	5
<i>Dasypus novemcinctus</i> *	Tatú	59	22	30	7
<i>Lycalopex gymnocercus</i>	Zorro gris	225	200	25	0
<i>Cerdocyon thous</i>	Zorro de monte	213	177	36	0
<i>Conepatus chinga</i> *	Zorrillo	625	568	57	0
<b>TOTAL</b>	<b>Mamíferos</b>	<b>1617</b>	<b>1096</b>	<b>484</b>	<b>37</b>

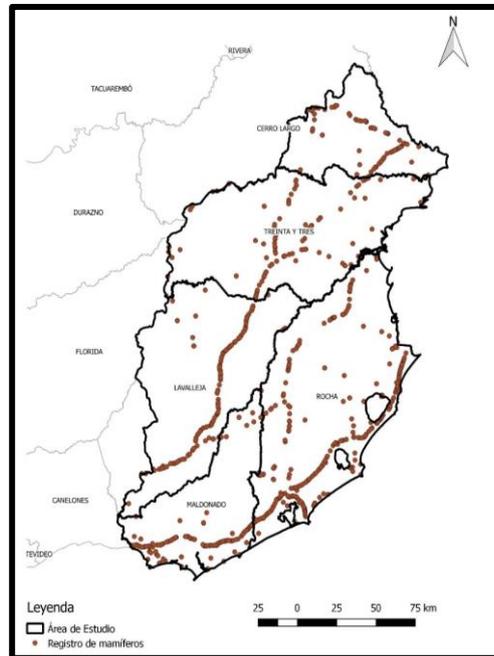
De todas las especies, el zorrillo fue la que tuvo un mayor número de registros con un total de 625 seguidas de las dos especies de zorros (Zorro perro y zorro gris) con 225 y 213 registros respectivamente. Mientras que el margay, el hurón y el tatú son las que menos registros se obtuvieron (Tabla 2).

Se muestra la distribución de los medianos y grandes mamíferos recopilada (Figura 4).



**Figura 4:** Mapa con los registros totales de las especies de medianos y grandes mamíferos más afectados por las carreteras para todo el Uruguay.

Registros de presencia de la región este (Figura 5).



**Figura 5:** Registros de medianos y grandes mamíferos para el área de estudio.

#### 4.1.2. Discusión

En Uruguay no existe una base de datos de biodiversidad que centralice toda la información de presencia de especies a nivel país. Las colecciones científicas, principalmente la del Museo Nacional de Historia Natural (MNHN), es donde se encuentra la mayor cantidad de registros de biodiversidad del Uruguay. La falta de una base de datos que albergue toda la información de biodiversidad a nivel nacional presenta dificultades al momento de elaborar trabajos en planificación y gestión de la biodiversidad.

De los datos que las colecciones albergan actualmente los vertebrados son los que presentan menor cantidad de registros. Y dentro de estos los mamíferos son el grupo menos representado (<https://www.mnhn.gub.uy/>).

A esto se le suma las diferencias que existen en el número de registros por especies, habiendo especies con un alto número de registros y otras con muy pocas, siendo aquellas que presentan algún grado de amenaza las menos representadas.

Esto se vio reflejado en el presente trabajo ya que algunas especies que se encuentran amenazadas y fueron registradas en los censos de atropellos (por ejemplo el coatí), no se pudieron tomar en cuenta debido a los pocos registros de presencia existente a nivel nacional.

Analizando la información obtenida en relación a los registros de presencia de cada una de las especies seleccionadas para modelar se observó las diferencias en el total de registros por especies. Mientras que para algunas especies como el zorrillo y las dos especies de zorro el número de presencias fue muy elevado para otras como el margay, el hurón y el tatú los registros fueron muy bajos. A su vez, el número de atropellos totales fue muy superior a los obtenidos de la revisión de la bibliografía (trabajos científicos, tesis de maestría y doctorado). Esta diferencia generó problemas en la elaboración de modelos para la región este ya que si se tomaban los registros para dicha zona el número de presencias era muy bajo para la gran mayoría de las especies y la mayor cantidad de registros correspondía a datos de atropellos. Debido a esto es que se decidió generar los modelos utilizando todos los registros obtenidos para Uruguay y con los resultados obtenidos quedarnos con los que corresponden a la región este.

Algo importante a resaltar de la base de datos generada para el presente trabajo es la importancia de la Línea de Investigación de Ecología de Carreteras y Biodiversidad en lo que refiere al aporte de información de presencia de mamíferos a nivel nacional, Esto permitirá fortalecer la información acerca de la distribución de mamíferos y aportar información relevante para la planificación y gestión de la biodiversidad. Sin embargo es fundamental la creación de una base de datos global en donde se centralice toda la información de biodiversidad a nivel nacional. Respecto a esto desde hace unos años Uruguay se integró a la base de datos de biodiversidad mundial Global Biodiversity Information Facility (GBIF) con el objetivo de centralizar toda la información relacionada a biodiversidad en una única base de datos.

## **4.2- Modelos de favorabilidad tomando los registros de mamíferos afectados por las carreteras e identificación de hábitats favorables para dichas poblaciones.**

### **4.2.1 Resultados**

De los mapas generados de cada modelo se detectó que las carreteras y las áreas urbanas presentaron valores de favorabilidad altos para algunas especies como los zorros y el zorrillo. Esto podría deberse al predominio del alto número de atropellos que se obtuvieron para estas especies (Tabla 4). Acorde a los citados resultados, se seleccionaron de cada especie dos modelos: el modelo 2 en donde se eliminaron las siguientes variables explicativas del factor antrópico: distancia a la ruta (DIST\_RUTAS), Tránsito promedio diario anual (TPDA), distancia a la caminería (DIST\_CAMI), cruces entre cursos de agua y caminería (CURS\_CAM), distancia a centros urbanos (DIST\_URBAN), caminería en metros (CAMIN\_M) y densidad poblacional (DENS\_POB); y, el modelo 5, que fue elaborado teniendo en cuenta los factores climáticos y geográficos (Tabla 1 y Anexo B).

Con respecto a los mapas consenso de los modelos seleccionados se elaboraron ocho mapas en total: 4 para las especies de monte y 4 para las de pradera (Figuras 6, 7, 8 y 9).

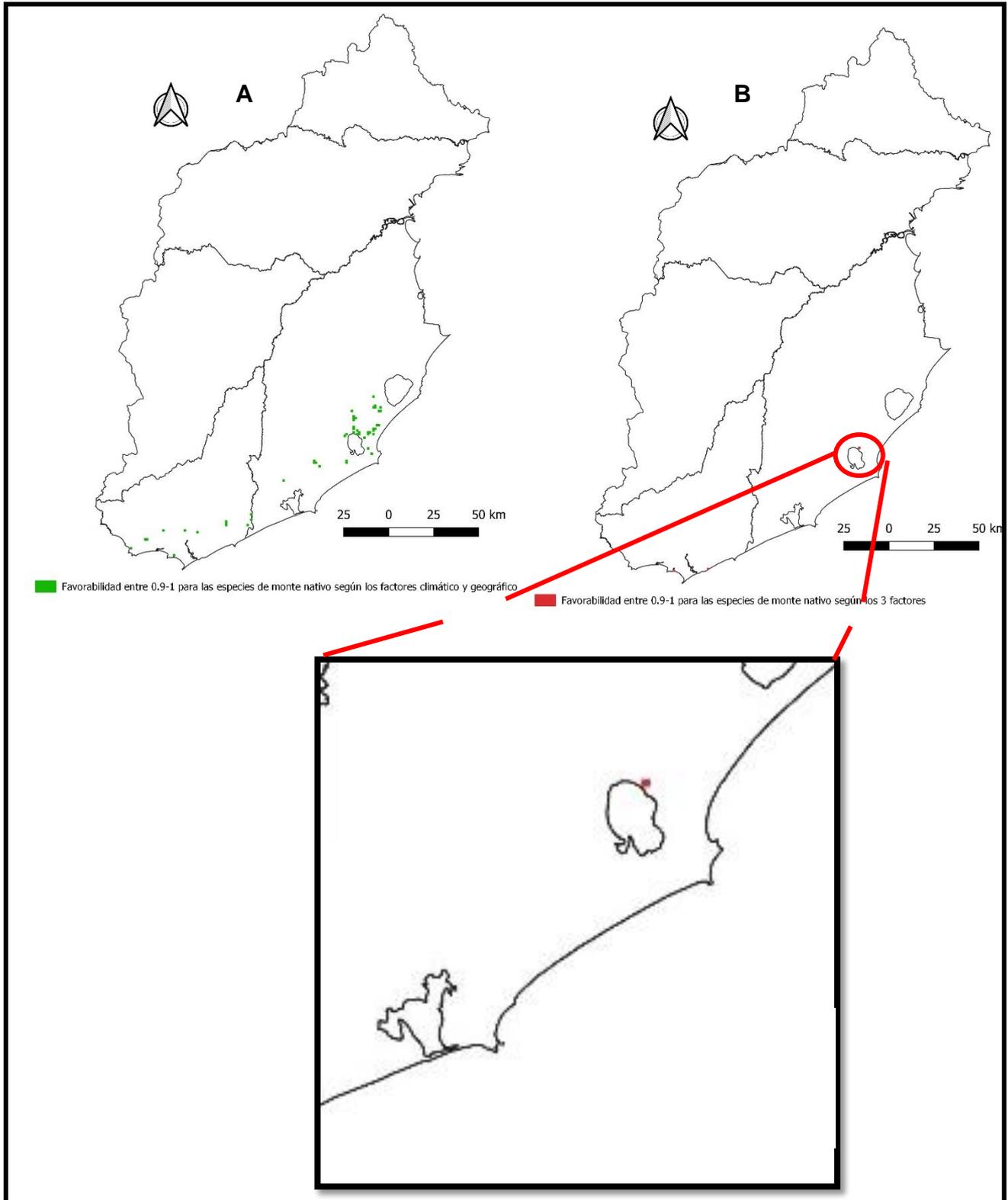
#### ***4.2.1.1 Especies de monte nativo***

Los mapas consensos generados para este grupo mostraron que los hábitats con valores de favorabilidad entre 0.9 y 1 se encuentran distribuidos en la zona más sur del área de estudio. Siendo el área ubicada entre la Laguna de Rocha y la de Castillos la que presentó una mayor superficie de hábitats favorables para el modelo generado con los factores climático y geográfico, siendo de aproximadamente 5.000 has (0,14% de la superficie total de la región este) (Figura 6A). Sin embargo, cuando se le

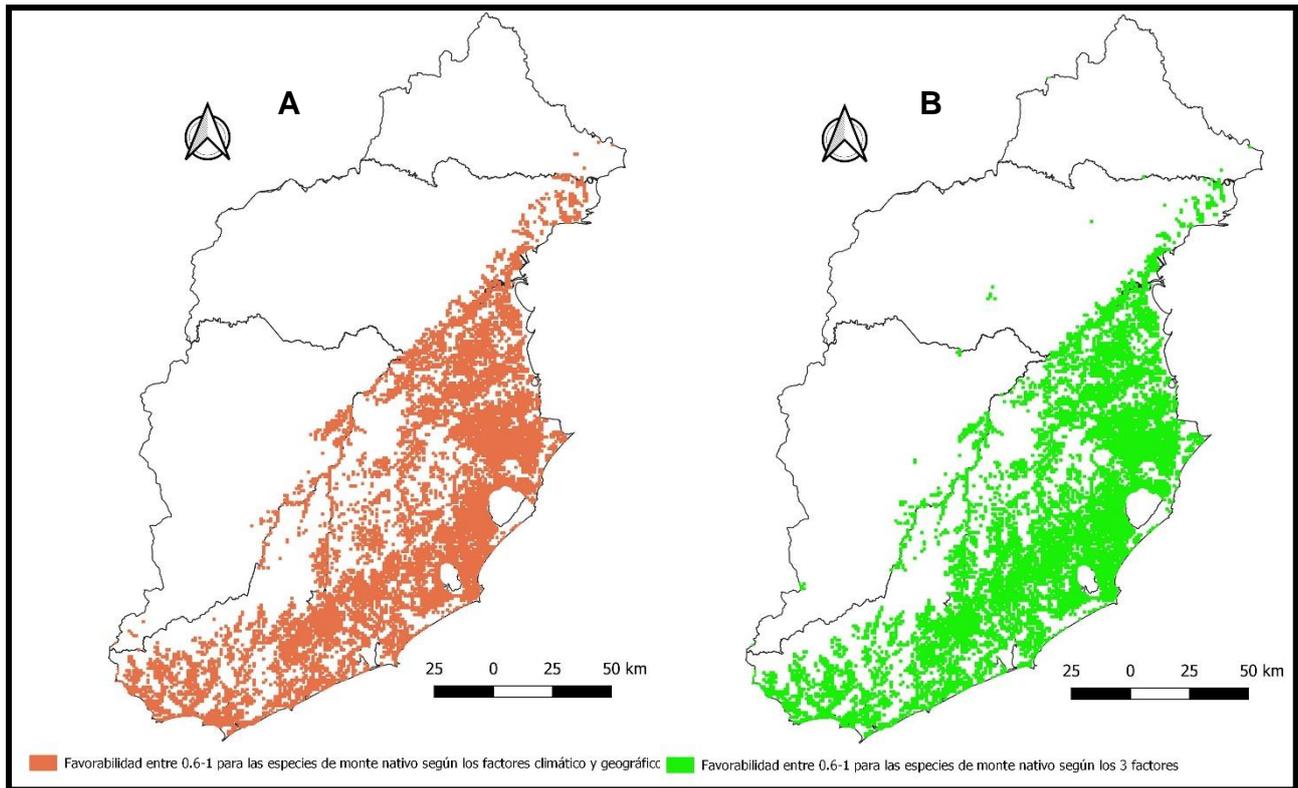
agregó la actividad antrópica se observó una notoria disminución de la superficie con alta favorabilidad pasando a presentar una superficie de 1 km<sup>2</sup> ubicada en la Laguna de Castillos (Figura 6B).

Luego, los mapas consenso obtenidos para los valores de favorabilidad entre 0.6 y 1 abarcaron una superficie mayor de aproximadamente 7.400.000 has (20,15% de la superficie total de la región este) siendo el departamento de Rocha y Maldonado los que presentaron un mayor porcentaje de hábitat favorable sumando la zona de los humedales de la Laguna Merín. Comparando ambos modelos (con los 3 factores y con factor climático y geográfico) se observó que la diferencia en la superficie favorable casi no cambia (Figura 7).

Respecto a las evaluaciones de desempeño de los modelos obtenidos vemos que los promedios calculados con los valores de cada especie mostraron que el modelo consenso es bueno para ambos modelos (Tablas 5 y 6). Entre ambos modelos no se detectaron diferencias significativas. Esto a su vez se fortalece cuando analizamos espacialmente los ambientes naturales de los hábitats con alta favorabilidad. Cuando se superpusieron las capas de ambientes naturales se observó que los sitios con alta favorabilidad se localizan en sitios donde se encuentra mayoritariamente monte nativo y humedales (Anexo C). En el caso de los modelos elaborados con los tres factores se observó que el hábitat con alta favorabilidad se ubica en un lugar en donde predomina el palmar pero también se observó una zona de monte nativo el cual conecta con humedales y recorre una distancia considerable alrededor de la Laguna de Castillos (Figura 2 del Anexo C).



**Figura 6:** Mapas consenso de hábitats con favorabilidad entre 0.9 y 1 para las especies de monte nativo elaborados con los factores climático y geográfico (A) y con los tres factores (climático, geográfico y antrópico) (B).



**Figura 7:** Mapas consenso de hábitats con favorabilidad entre 0.6 y 1 para las especies de monte nativo elaborados con los factores climático, geográfico (A) y con los tres factores (climático, geográfico y antrópico) (B).

**Tabla 5:** Índices de evaluación para el modelo generado con los factores climático y geográfico para cada una de las especies de monte nativo y el promedio calculado para todo el grupo. Área Bajo la Curva (AUC); Tasa de clasificación correcta (CCR); Estadístico de Habilidad Verdadera (True Skill Statistic, TSS); Tasa de Subpredicción (Under Prediction Rate, UPR) y Tasa de Sobrepredicción (Over Prediction Rate, OPR).

Especie	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
Margay	0.88	0.78	0.81	0.60	0.78	0.0001	0.9990
Lobito de río	0.81	0.76	0.73	0.49	0.76	0.0002	0.9983
Gato montes	0.75	0.73	0.66	0.39	0.73	0.0004	0.9981
Tatú	0.73	0.70	0.66	0.36	0.70	0.0002	0.9993
Zorro de monte	0.82	0.79	0.73	0.52	0.79	0.0004	0.9965
Mano pelada	0.81	0.78	0.74	0.51	0.78	0.0001	0.9986
<b>Especies de monte nativo</b>	<b>0.8</b>	<b>0.76</b>	<b>0.72</b>	<b>0.48</b>	<b>0.76</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.9983</b>

**Tabla 6:** Índices de evaluación para el modelo generado con los factores climático, geográfico y antrópico para cada una de las especies de monte nativo y promedio calculado para todo el grupo. Área Bajo la Curva (AUC); Tasa de clasificación correcta (CCR); Estadístico de Habilidad Verdadera (True Skill Statistic, TSS); Tasa de Sub-predicción (Under Prediction Rate, UPR) y Tasa de Sobrepredicción (Over Prediction Rate, OPR).

Especie	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
Margay	0.88	0.78	0.81	0.60	0.78	0.0001	0.9990
Lobito de río	0.82	0.80	0.72	0.52	0.80	0.0002	0.9980
Gato montes	0.75	0.74	0.68	0.42	0.74	0.0003	0.9980
Tatú	0.75	0.77	0.66	0.42	0.77	0.0001	0.9991
Zorro de monte	0.82	0.79	0.73	0.52	0.79	0.0004	0.9965
Mano pelada	0.82	0.78	0.75	0.53	0.78	0.0001	0.9985
<b>Especies de monte nativo</b>	<b>0.81</b>	<b>0.78</b>	<b>0.73</b>	<b>0.50</b>	<b>0.78</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.9982</b>

#### 4.2.1.2 Especies de pradera

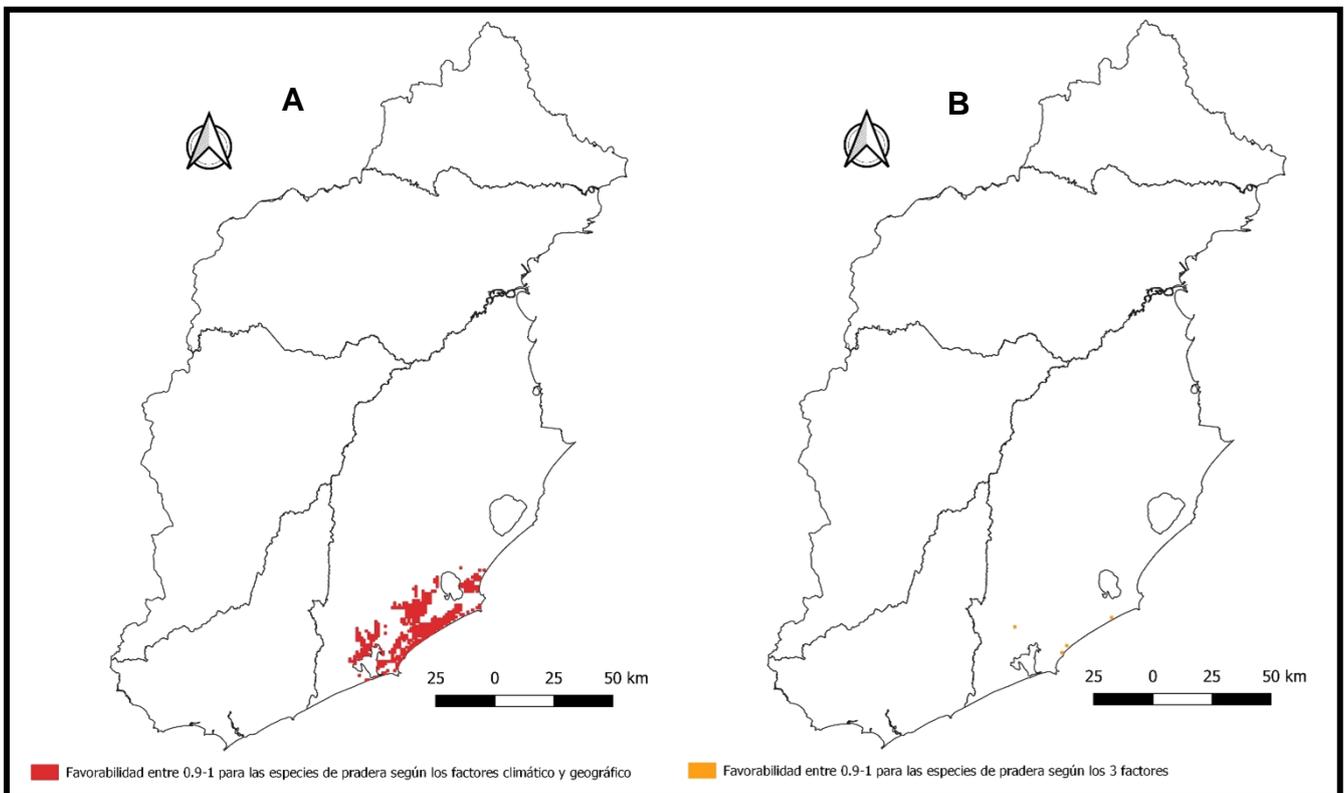
Para las especies de pradera se observó que los hábitats con favorabilidad entre 0.9 y 1 se encuentran entre la Laguna de Rocha y la de Castillos al igual que en las especies de monte nativo (Figura 7). La diferencia entre ambos grupos mostró en que para el caso de las especies de monte hay hábitats favorables en otras zonas como en el departamento de Maldonado mientras que para las especies de pradera se concentró en la zona entre ambas lagunas. Al considerar las variables antrópicas se vió una disminución significativa de dichos hábitats pasando de una superficie de 150.000 has (4% de la superficie total de la región este) a 400 has (Figura 8).

Los mapas elaborados con valores de favorabilidad entre 0.6 y 1, a diferencia de los obtenidos para las especies de monte nativo, se observaron diferencias importantes en las superficies favorables, siendo para el caso del modelo con los factores climático y geográfico de unos 1.030.000 has mientras que para el modelo con los tres factores de unos 800.000 has (21,78% de la superficie total) (Figura 9).

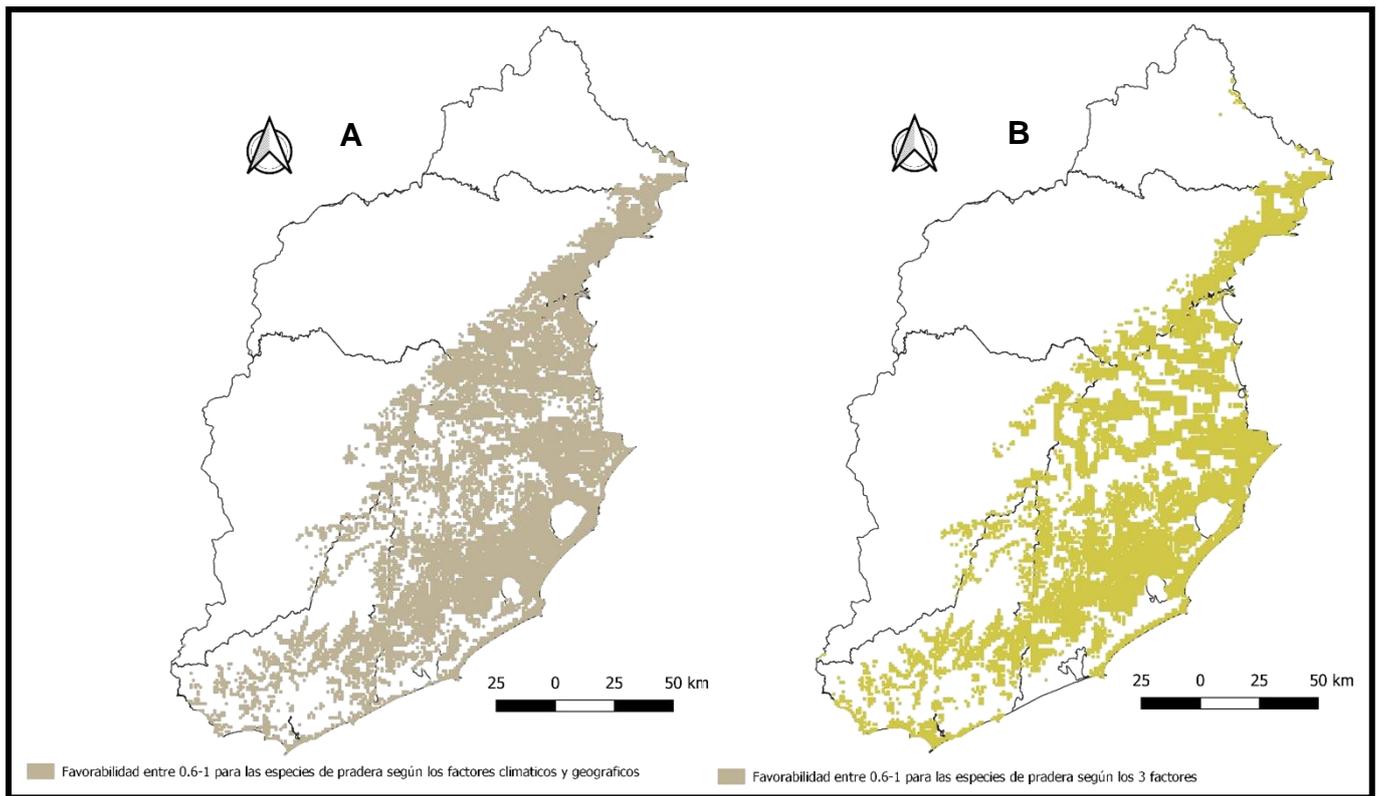
Con respecto a las evaluaciones se observa que para este grupo no fue tan alto como para las especies de monte nativo. A pesar de esto los valores obtenidos en promedio marcaron que en ambos modelos los

resultados fueron buenos no habiendo diferencias significativas entre ambos (Tablas 8 y 9).

Analizando espacialmente los hábitats favorables para las especies de pradera obtenido para el modelo con el factor antrópico se observa que los mismos están cercanos o por encima a centros urbanos dispersos. Esto inicialmente podría estar indicando problemas en el modelo, pero las especies modeladas que integran este grupo son especies que se adaptan bien a sitios con poca urbanización (Figura 12).



**Figura 8:** Mapas consenso de hábitats con favorabilidad entre 0.9 y 1 para las especies de pradera elaborados con los factores climático y geográfico (A), y con los tres factores (climático, geográfico y antrópico) (B).



**Figura 9:** Mapas consenso de hábitats con favorabilidad entre 0.6 y 1 para las especies de pradera elaborados con los factores climático y geográfico (A) y con los tres factores (climático, geográfico y antrópico) (B).

**Tabla 7:** Índices de evaluación para el modelo generado con los factores climático y geográfico para cada una de las especies de pradera y promedio calculado para todo el grupo. Área Bajo la Curva (AUC); Tasa de clasificación correcta (CCR); Estadístico de Habilidad Verdadera (True Skill Statistic, TSS); Tasa de Sub-predicción (Under Prediction Rate, UPR) y Tasa de Sobrepredicción (Over Prediction Rate, OPR).

Especie	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
Huron	0.71	0.63	0.72	0.36	0.63	0.0001	0.9996
Mulita	0.68	0.69	0.63	0.32	0.69	0.0003	0.9990
Zorro gris	0.80	0.78	0.67	0.45	0.78	0.0005	0.9965
Zorrillo	0.75	0.76	0.65	0.41	0.76	0.0013	0.9927
<b>Especies de pradera</b>	<b>0.74</b>	<b>0.72</b>	<b>0.67</b>	<b>0.39</b>	<b>0.72</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.9970</b>

**Tabla 8:** Índices de evaluación para el modelo generado con los factores climático, geográfico y antrópico para cada una de las especies de pradera y promedio calculado para todo el grupo. Área Bajo la Curva (AUC); Tasa de clasificación correcta (CCR); Estadístico de Habilidad Verdadera (True Skill Statistic, TSS); Tasa de Sub-predicción (Under Prediction Rate, UPR) y Tasa de Sobrepredicción (Over Prediction Rate, OPR).

Especie	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
Huron	0.71	0.63	0.72	0.36	0.63	0.0001	0.9996
Mulita	0.70	0.70	0.64	0.34	0.70	0.0003	0.9989
Zorro gris	0.81	0.78	0.69	0.46	0.78	0.0005	0.9965
Zorrillo	0.76	0.76	0.66	0.42	0.76	0.0012	0.9926
<b>Especies de pradera</b>	<b>0.75</b>	<b>0.72</b>	<b>0.68</b>	<b>0.40</b>	<b>0.72</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.9969</b>

#### 4.2.2. Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos, se constata que la zona de la Laguna de Rocha y la de Castillos es donde se encuentran los sitios con las condiciones favorables más altas (0.9 a 1) cuando se modela sin las variables antrópicas. Esto podría estar indicando que históricamente en la zona los ambientes naturales presentaban otra extensión como es el caso de los humedales y los palmares. Según un informe elaborado por DINAMA (2018) tanto en la Laguna de Rocha como la de Castillos en la década de los noventa se produce un aumento de la antropización de dichos ambientes siendo la forestación, la pradera artificial y la expansión de los cultivos de cereales y oleaginosas los principales cambios en el uso de suelo y en el paisaje. A su vez, dicho informe señala la poca superficie destinada al uso urbano que existen en las cuencas de ambas lagunas siendo de un 0,3 % para la Laguna de Castillos y del 1 % para la Laguna de Rocha (DINAMA, 2018). Estos cambios bruscos fortalecen los resultados que se obtuvieron para la zona cuando se modeló la favorabilidad con los tres factores (climático, geográfico y antrópico) en donde disminuyó drásticamente los hábitats con valores de favorabilidad entre 0.9 y 1.

Luego, los mapas consenso de los modelos con valores de favorabilidad entre 0.6 y 1 identifican a las lagunas costeras y la Laguna

Merín y zonas de sierras como las zonas más importantes tanto para las especies de monte como para las de pradera.

Los cambios en el uso de suelo debido a las actividades antrópicas han dibujado los llamados paisajes antropizados. Dichos paisajes se caracterizan por presentar un mosaico de diferentes tipos de vegetación con diferente grado de conservación y regeneración, mezclados con actividades productivas (Sauzo-Ortuño *et al.*, 2018). La estructura y configuración de estos paisajes puede ser variable ya que dependen de que actividades humanas son implementadas dentro del mismo. Se puede encontrar paisajes en donde haya fragmentos de vegetación nativa conservada de diversos tamaños, entremezclados con montes nativos secundarios, remanentes de monte ribereño, parcelas agrícolas, pastizales y/o áreas urbanas o suburbanas (Gurrutxaga San Vicente y Lozano Valencia, 2010; Sauzo-Ortuño *et al.*, 2018).

En general, los paisajes antropizados contienen un gradiente decreciente en lo que respecta a la diversidad de especies dependiendo de su estructura y configuración (Dirzo *et al.*, 2009; Sauzo-Ortuño *et al.*, 2018).

La pérdida, degradación y aislamiento de hábitats y las especies asociadas a dicho paisaje como por ejemplo la cantidad de vegetación natural, el grado de conectividad y uso de suelo alrededor de dichos hábitats son factores que generalmente están asociados con la pérdida de diversidad en los paisajes antropizados (Sauzo-Ortuño *et al.*, 2018).

En el presente trabajo se encontró que las actividades antrópicas disminuyen la superficie de hábitats favorables para las especies de medianos y grandes mamíferos. Esto es coincidente con lo reportado por varios autores (Rojas *et al.* 2001; Santos y Tellería, 2006; Brazeiro *et al.*, 2008; Corriale, 2010; Cuervo-Robayo y Monroy-Vilchis, 2012; Corriale *et al.*, 2013; Coelho *et al.*, 2018; Stolar y Nielsen, 2014).

Con respecto a las variables explicativas que incidieron más en los modelos elaborados con los tres factores para cada especie por separado se puede observar que el factor climático y el geográfico aparecieron dentro

de las 2 variables más importantes en todas las especies (Anexo B). Existen trabajos que hablan de la relevancia de estos factores en la distribución de especies y la importancia en los procesos biológicos y ecológicos de los ecosistemas (Corriale *et al.*, 2013; Coelho *et al.*, 2018). Algunas especies de ambos grupos presentaron entre las dos variables explicativas más importantes, una perteneciente al factor antrópico. Algunas de estas especies son el tatú y la mulita y la variable para ambos casos es la urbanización. Esto se puede explicar debido a que son dos especies muy perseguidas por la caza ilegal lo que lleva a que a medida que se incrementa la superficie urbana la presión de caza aumenta generando un desplazamiento de dichas especies (Tablas 8 y 20 del Anexo B).

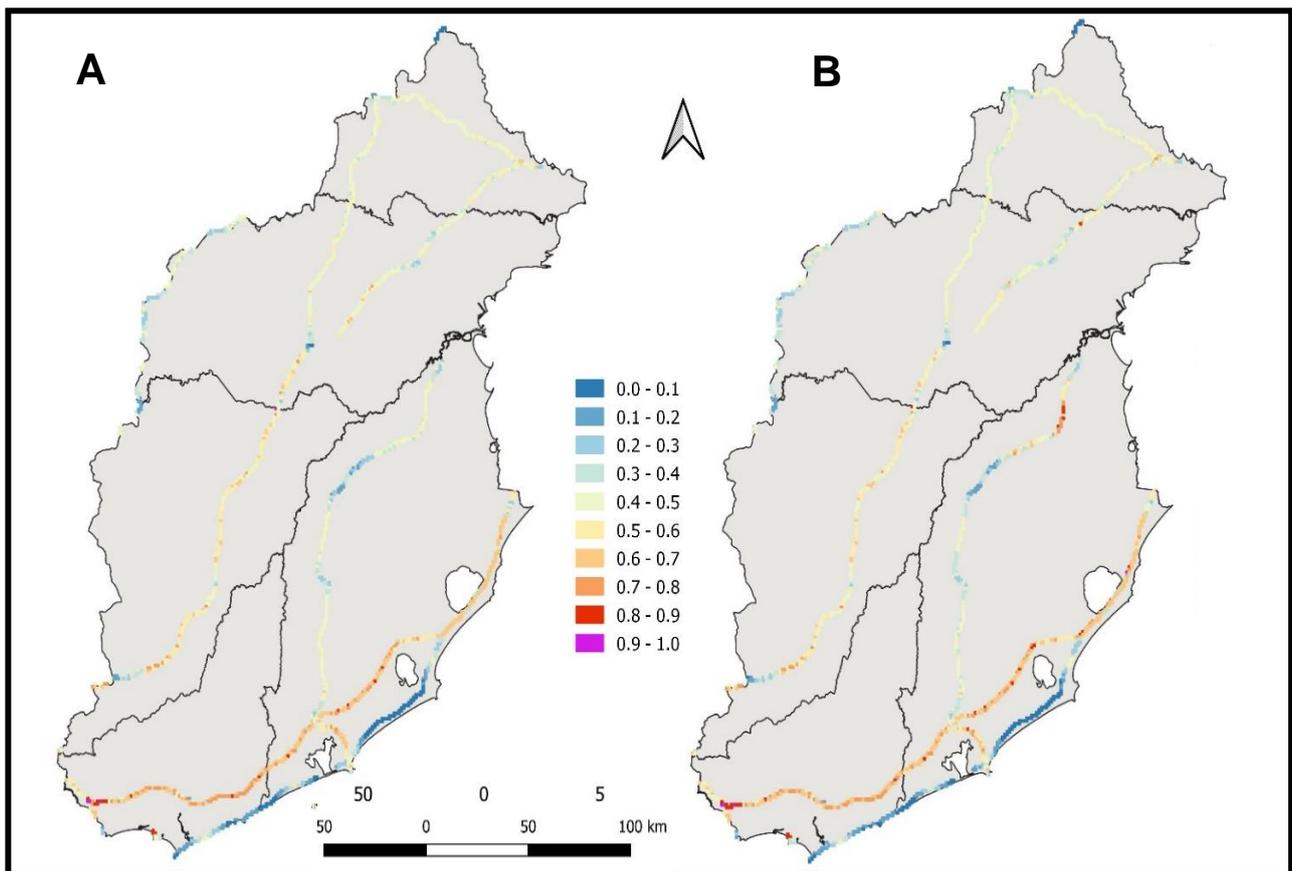
Otros datos importantes obtenidos es acerca de la importancia del corredor biológico de la Laguna Merín y Lagunas costeras y de la ecorregión Graben de la Laguna Merín (Gutiérrez *et al.*, 2012). Superponiendo los hábitats con valores de favorabilidad entre 0.6 y 1 para ambos grupos se observó que tanto el corredor biológico de la Laguna Merin y las lagunas costeras y la ecorregión Graben de la Lag. Merín presentaron las mayores superficies de valores de alta favorabilidad (Figura 27). Dichas áreas se caracterizan por la presencia de grandes extensiones de humedales los cuales son ecosistemas con alta biodiversidad (Montalvo y Herrera, 1993).

Como se mencionó anteriormente, debido a la alta fragmentación de los ecosistemas naturales, la mayoría de las especies de mamíferos modeladas se han tenido que adaptar a estos ambientes antropizados. Esto se observó en los modelos generados en donde se identificaron algunos sitios con favorabilidad que están relacionados a ambientes antropizados. Debido a esto sería necesario realizar a futuro un análisis similar para cada especie por separado.

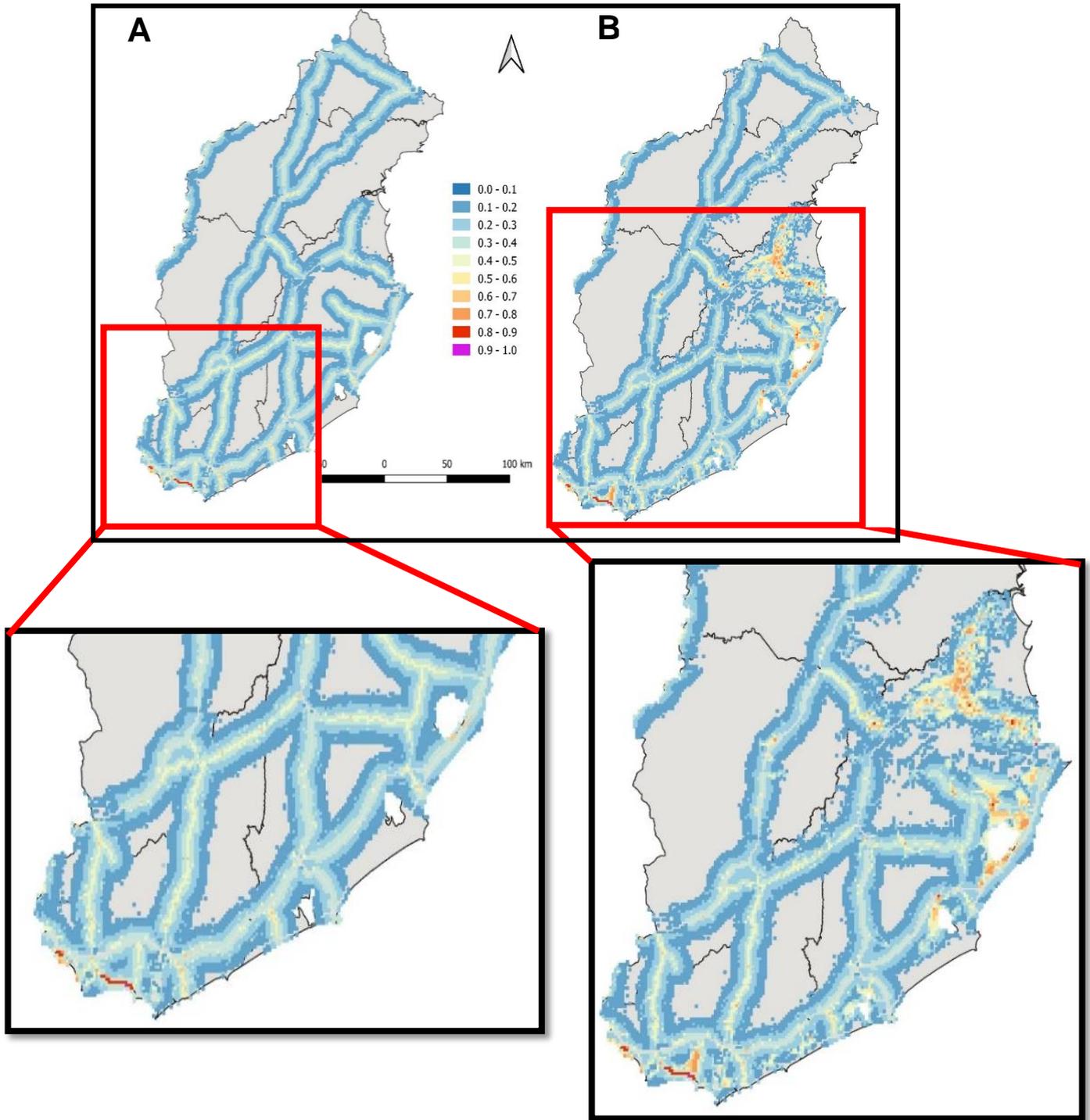
**4.3- Incidencia de las carreteras sobre las poblaciones de medianos y grandes mamíferos más afectadas e identificación mediante modelos de favorabilidad de los sitios de conflicto entre los hábitats favorables y las carreteras.**

**4.3.1 Resultados**

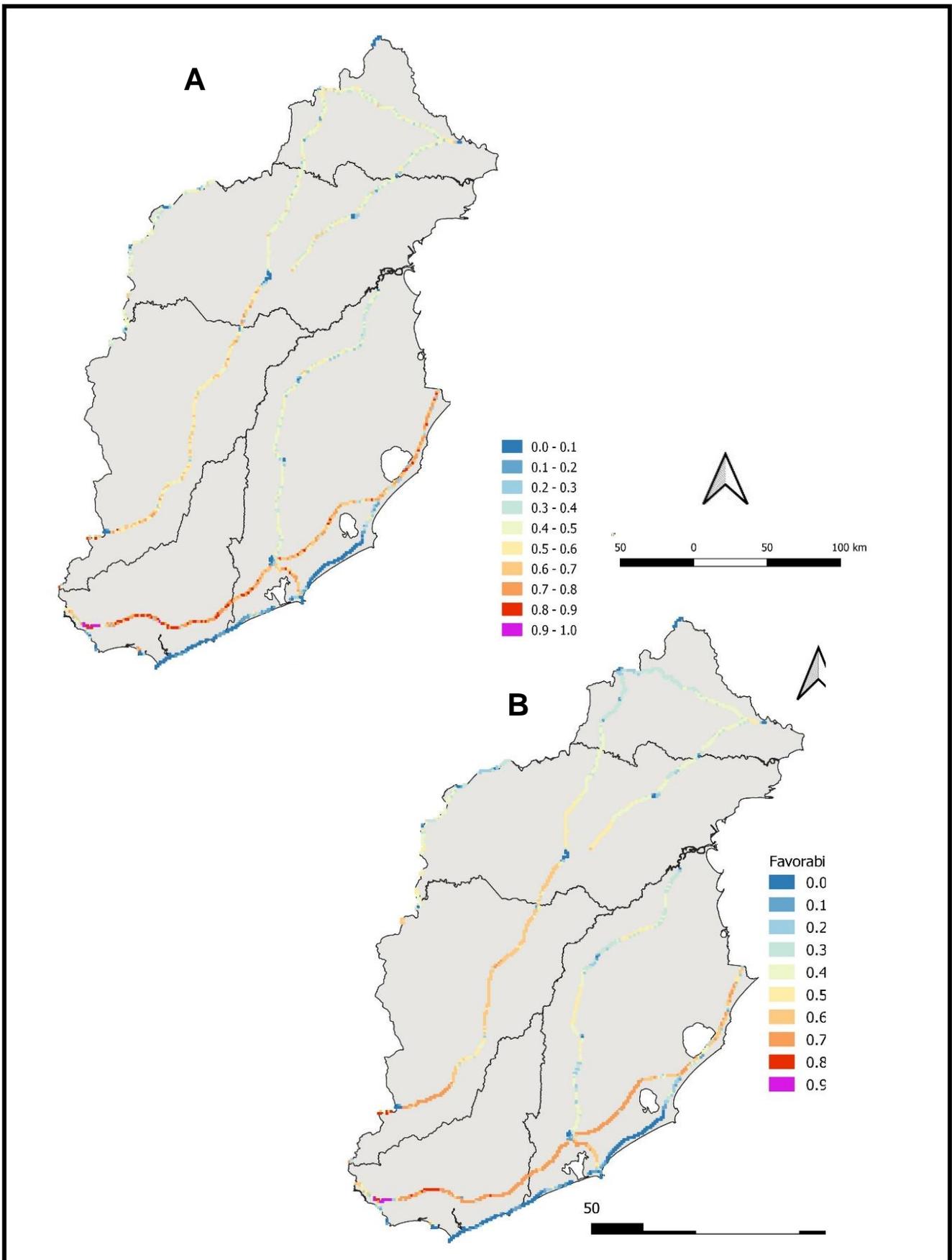
Analizando los resultados obtenidos para los modelos de atropellos se observó que las carreteras que presentaron la mayor cantidad de sitios favorables con valores entre 0.6 y 1 para ambos grupos fueron las rutas 8 y 9 (Figuras 10 y 12).



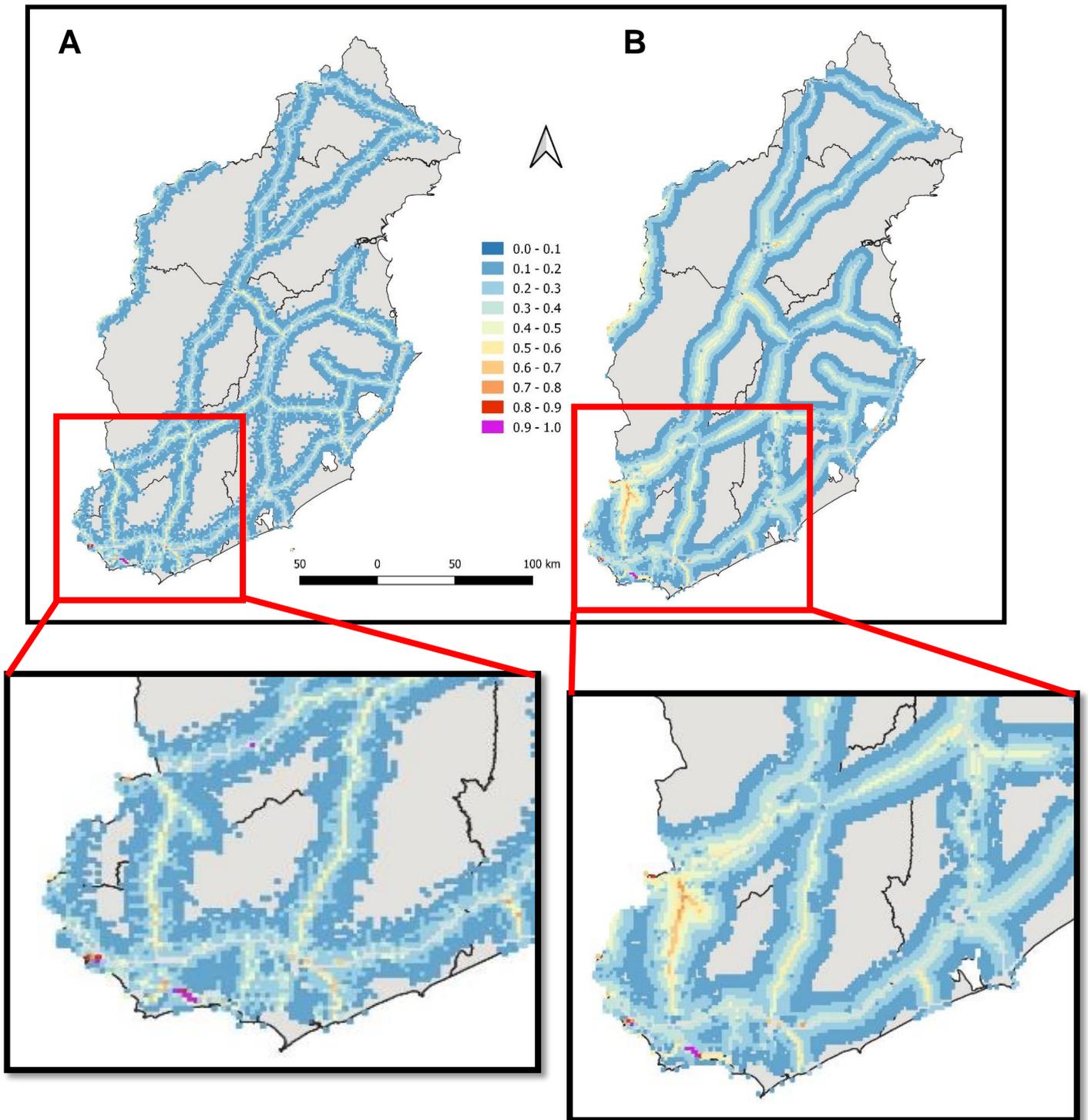
**Figura 10:** Mapas de favorabilidad para los atropellos de las especies de monte nativo, mostrando las cuadrículas de carreteras con los distintos valores de favorabilidad obtenidos. A – Modelo elaborado con el factor antrópico. B – Modelo elaborado con los tres factores (climático, antrópico y geográfico).



**Figura 11:** Mapas obtenidos de la extrapolación de los modelos de favorabilidad para los atropellos de las especies de monte nativo. A – Modelo elaborado con el factor antrópico, B – Modelo elaborado con los tres factores (climático, antrópico y geográfico).



**Figura 12:** Mapas de favorabilidad para los atropellos de las especies de pradera, mostrando las cuadrículas de carreteras con los distintos valores de favorabilidad obtenidos. A – Modelo elaborado con el factor antrópico, B – Modelo elaborado con los tres factores (climático, antrópico y geográfico).



**Figura 13:** Mapas obtenidos de la extrapolación de los modelos de favorabilidad para los atropellos de las especies de pradera. A – Modelo elaborado con el factor antrópico, B – Modelo elaborado con los tres factores (climático, antrópico y geográfico).

Comparando los dos modelos obtenidos para cada grupo no se observaron cambios relevantes en lo que refiere a las rutas que presentaron mayor superficie de favorabilidad (ruta 8 y 9).

Con respecto a las variables que tuvieron mayor relevancia para los modelos se destaca el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) la cual incidió tanto en el modelo completo como en el modelo con el factor antrópico. La segunda variable más importante para las especies de monte fue la variable urbana, para el caso de las especies de pradera el humedal. (Tablas 10 y 11).

**Tabla 9:** Evaluación de los modelos seleccionados para las especies de monte y las de pradera. Área Bajo la Curva (AUC); Estadístico de Habilidad Verdadera (True Skill Statistic, TSS); Tasa de Sub-predicción (Under Prediction Rate, UPR) y Tasa de Sobrepredicción (Over Prediction Rate, OPR).

Modelos	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
Mod. completo - Sp. monte	0.731	0.677	0.720	0.392	0.672	0.048	0.789
Mod completo - Sp. pradera	0.751	0.675	0.698	0.366	0.668	0.112	0.629
Mod. Antrópico - Sp. monte	0.709	0.663	0.652	0.317	0.664	0.060	0.809
Mod. Antrópico - Sp. pradera	0.759	0.699	0.738	0.427	0.689	0.096	0.601

**Tabla 10:** Variables explicativas obtenidas para las especies de monte nativo. La tabla de la izquierda fue la obtenida para el modelo completo mientras que el de la derecha fue del modelo generado con el factor antrópico.

Variabes	Signo	Prueba de Wald
TPDA	+	71.18975
Urbano	-	17.80301
Bio 8	-	13.89663
Bio 13	-	10.55516
Distancia a ruta	-	8.20739
Densidad poblacional	-	4.16975
Forestación	-	4.07046

Variabes	Signo	Prueba de Wald
TPDA	+	62.88697
Urbano	-	27.89272
Caminería	+	19.83035
Distancia a	-	10.86909

**Tabla 11:** Variables explicativas obtenidas para las especies de pradera. La tabla de la derecha fue la obtenida para el modelo antrópico mientras que la de la izquierda fue del modelo generado con el factor completo.

Variables	Signo	Prueba de Wald
TPDA	+	30.65445
Humedal	+	12.34378
Cursos-camineria	+	9.49995
Distancia a ruta	-	6.73005
Densidad poblacional	-	6.54309

Variables	Signo	Prueba de Wald
TPDA	+	26.06359
Cursos-camineria	+	9.604527
Densidad poblacional	-	7.203961
Distancia a ruta	-	6.61893

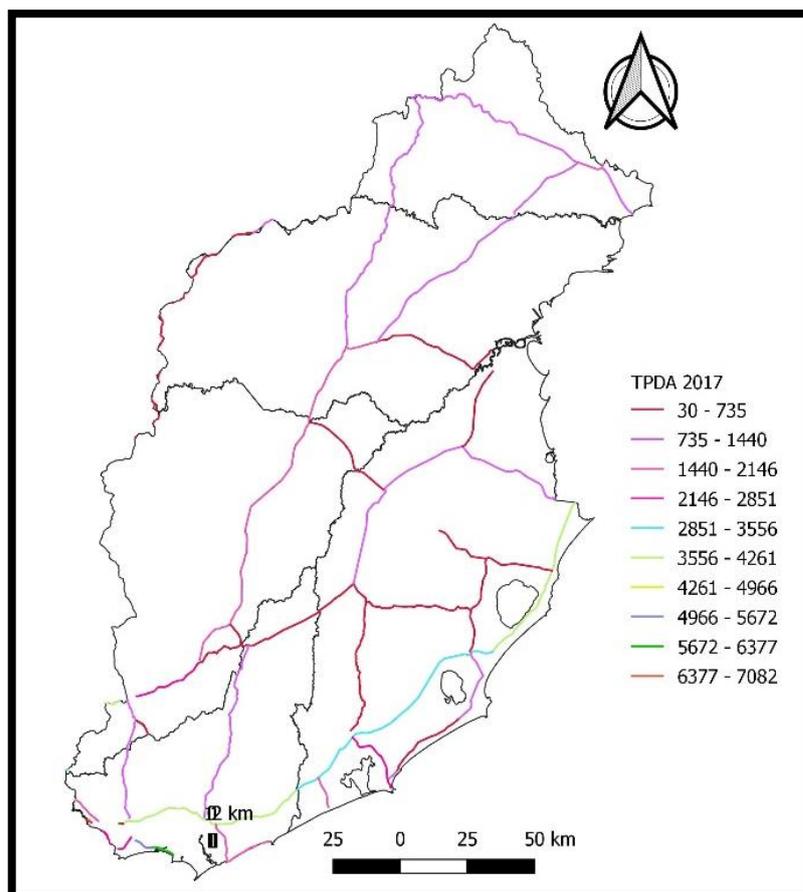
Respecto a los modelos extrapolados podemos decir que se logró identificar sitios con favorabilidad alta en infraestructuras viarias y zonas aledañas que no abarcaron los modelos de atropellos (Figuras 11 y 13).

Cuando superponemos los hábitats favorables de ambos grupos con los modelos de atropellos se puede identificar los sitios en donde se presenta conflicto entre los hábitats favorables y las infraestructuras viarias (Figuras 1 a 8 del Anexo D). La ruta 9 es la que coincide casi en su totalidad con los hábitats favorables con valores entre 0.6 y 1 para ambos grupos tanto para el modelo completo como para el antrópico (Figuras 1, 3, 5, 7 del Anexo D). Lo mismo sucede con la ruta 15 mientras que la ruta 8 no presenta coincidencia con los hábitats favorables salvo en una zona en donde se acerca mucho a dichos hábitats (Figuras 1, 3, 5, 7 del Anexo D). Por otra parte, cuando se analiza la relación entre los hábitats favorables y los resultados obtenidos de los modelos de extrapolación se observa que existe un solapamiento significativo entre ambos (Figuras 2, 4, 6 y 8 del Anexo D) fortaleciendo los resultados obtenidos para las extrapolación al resto de las infraestructuras viarias de la región este.

Luego, analizando los resultados obtenidos para los modelos de atropellos con los datos de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) generado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) se

observa que las rutas 8 y 9 presentan un TPDA entre 735 y 4261 vehículos por día (Figura 14).

Si se considera las dos rutas con mayor superficie de favorabilidad para el atropello se puede observar que la ruta 9 presenta cuatro tramos con diferente TPDA: yendo desde Montevideo al Chuy el primer tramo presenta un TPDA que varía entre 1.440 a 2.146, el segundo tramo entre 3.556 a 4.261, el tercer tramo de 2.851 a 3.556 y el cuarto tramo también presenta un TPDA que oscila de 3.556 a 4.261. Mientras que la ruta 8 presenta tres tramos: yendo de Montevideo a Melo el primer tramo presenta un TPDA que varía de 2.146 a 2.851, el segunda tramo de 1.440 a 2.146 y el tercer tramo que oscila de 735 a 1.440 (Figura 14).

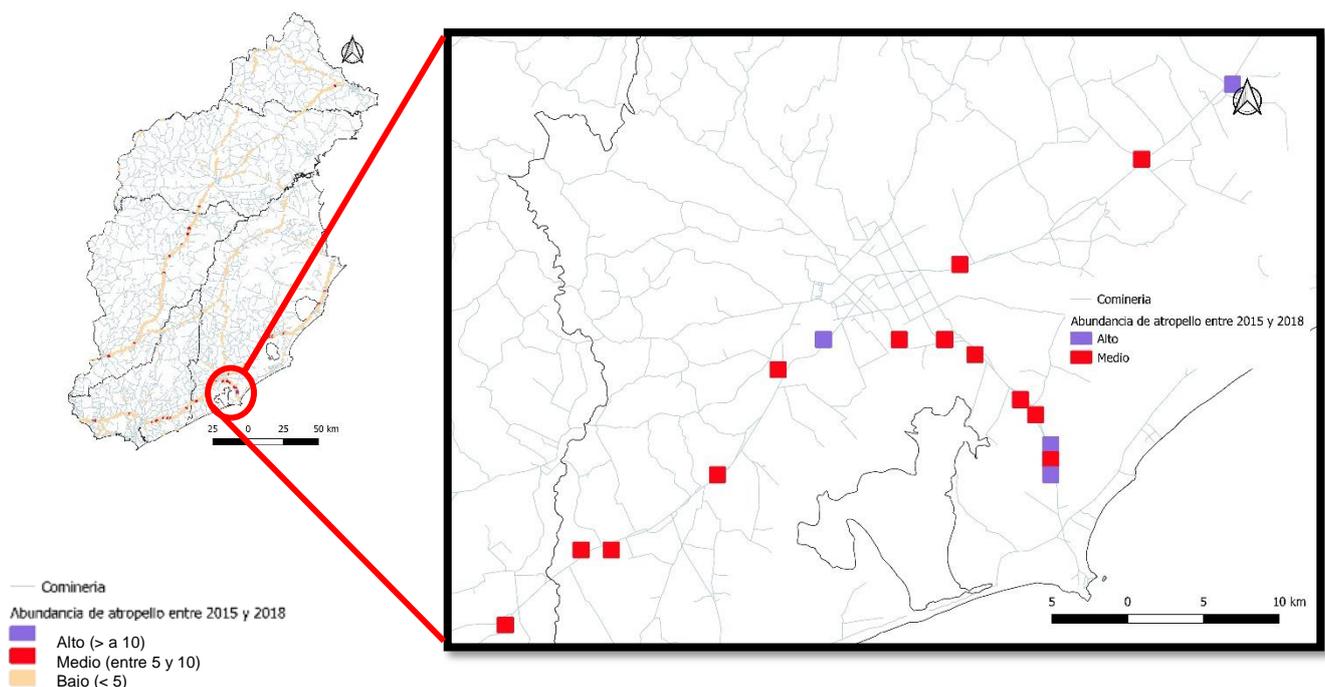


**Figura 14:** Mapa de valores de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) para el año 2017 obtenido del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Se observan los diferentes tramos de carreteras con la circulación vehicular.

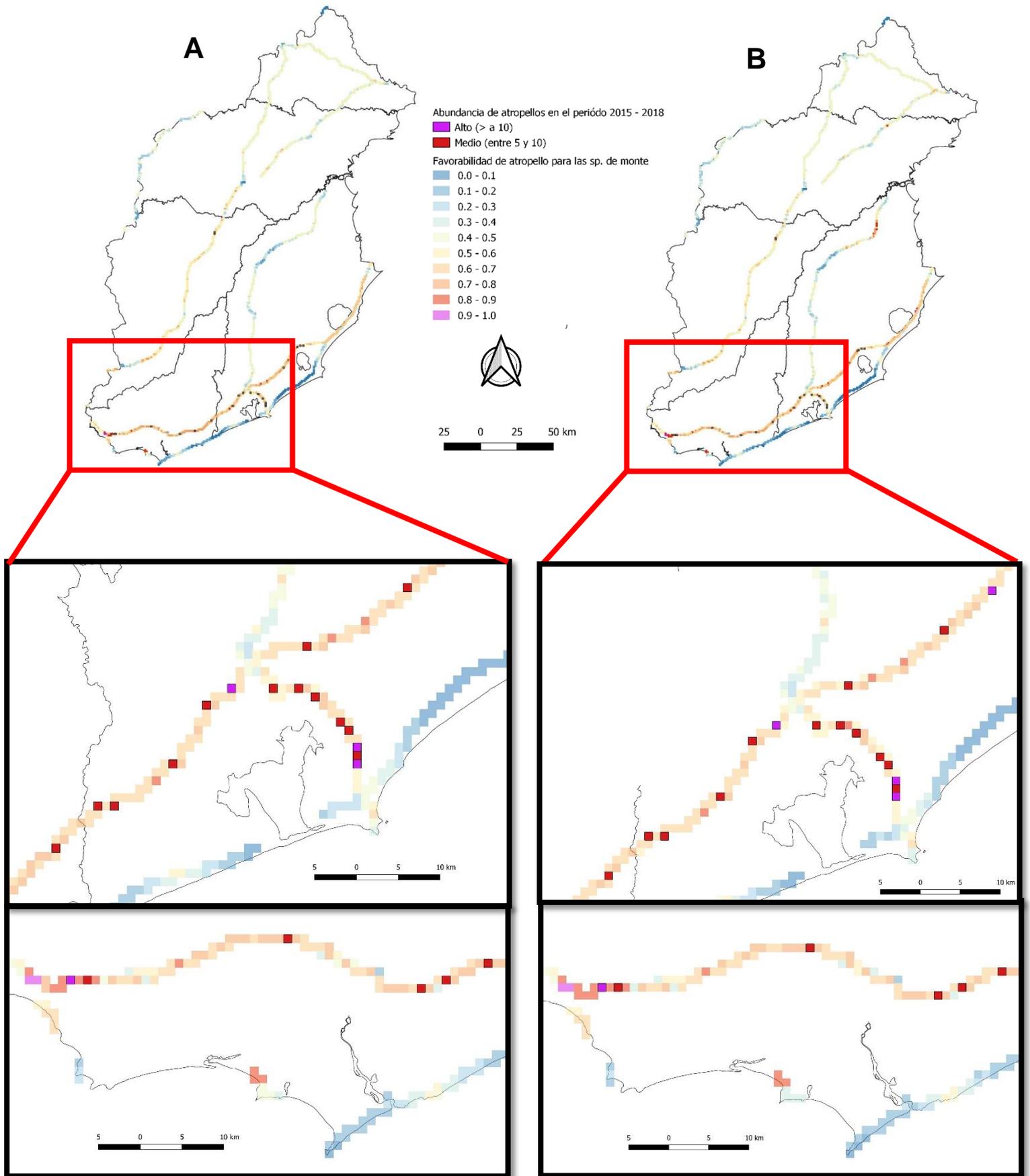
Los modelos de extrapolación identifican sitios de alta favorabilidad de atropello en diversos tramos de rutas con diferentes valores de TPDA abarcando sitios de poco a alto tránsito. Esto podría estar indicando que la extrapolación no solo está relacionada a la variable de TPDA sino a una combinación de otras variables ambientales como se puede observar en las variables más importantes para cada modelo en donde los humedales y la urbanización son las variables que resultaron como más relevantes luego del TPDA.

Con los datos de mamíferos atropellados obtenidos entre el año 2015 y 2018 se elaboró un mapa en donde se calculó la abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> (Figura 9 del Anexo D). Una vez obtenido dicho mapa se observa que el tramo de la ruta 15 que conecta la ciudad de Rocha con La Paloma es el que presenta los sitios de mayor mortandad en ese periodo. Dicho tramo presenta un TPDA que varía desde 2.146 a 2.851 (Figura 15).

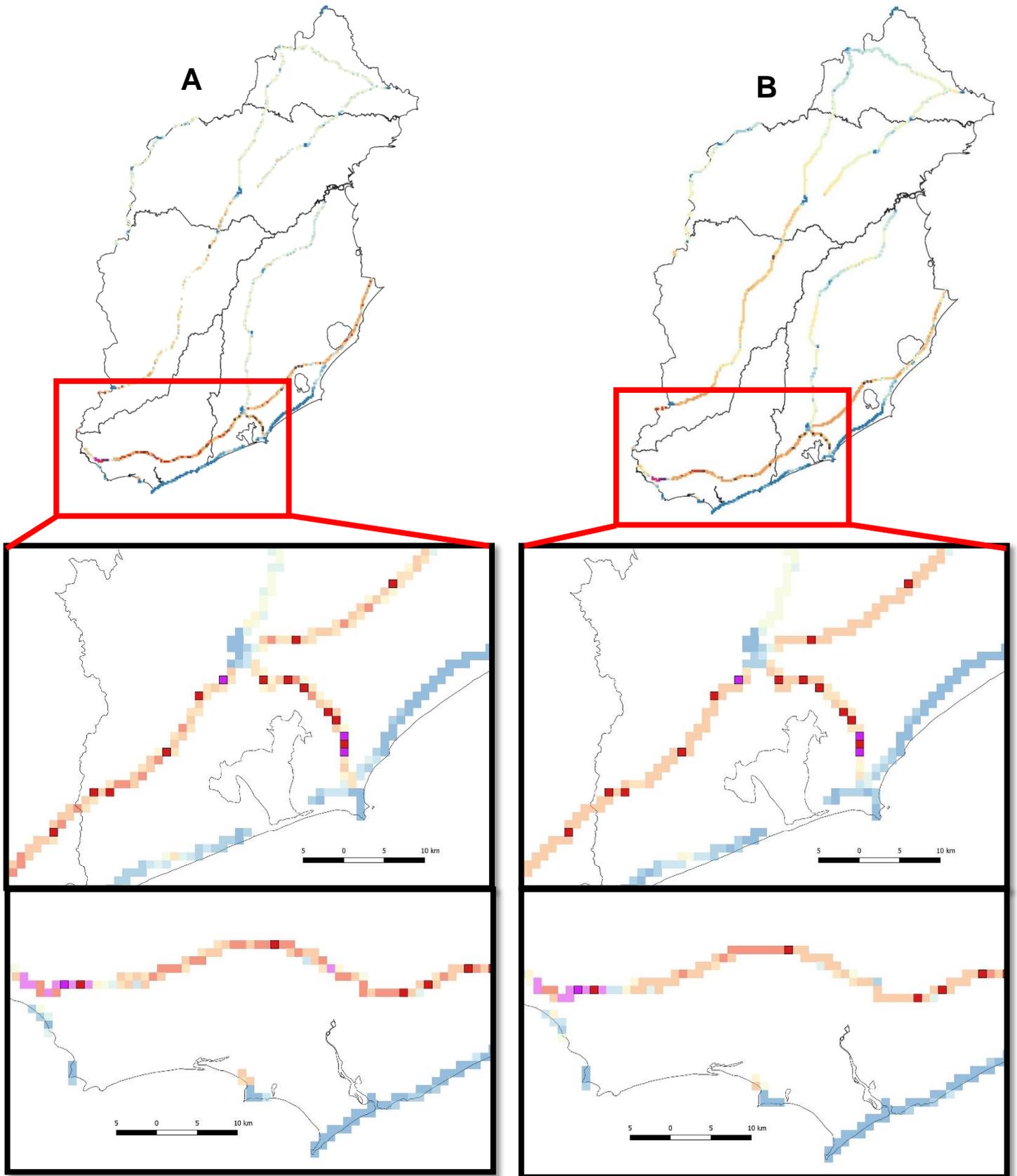
Solapando las abundancias de atropellos medios y altos con los modelos generados para las carreteras se observa que dichos sitios coinciden en celdas que presentan valores de favorabilidades entre 0.6 y 1 lo que fortalece aún más los modelos obtenidos (Figura 16 y 17 y Figuras de la 10 a la 13 del Anexo D).



**Figura 15:** Mapa de abundancias de atropellos en el período 2015-2018 en donde se observa el tramo de la ruta 15 que conecta la ciudad de Rocha con la Paloma los sitios con mayor mortandad.

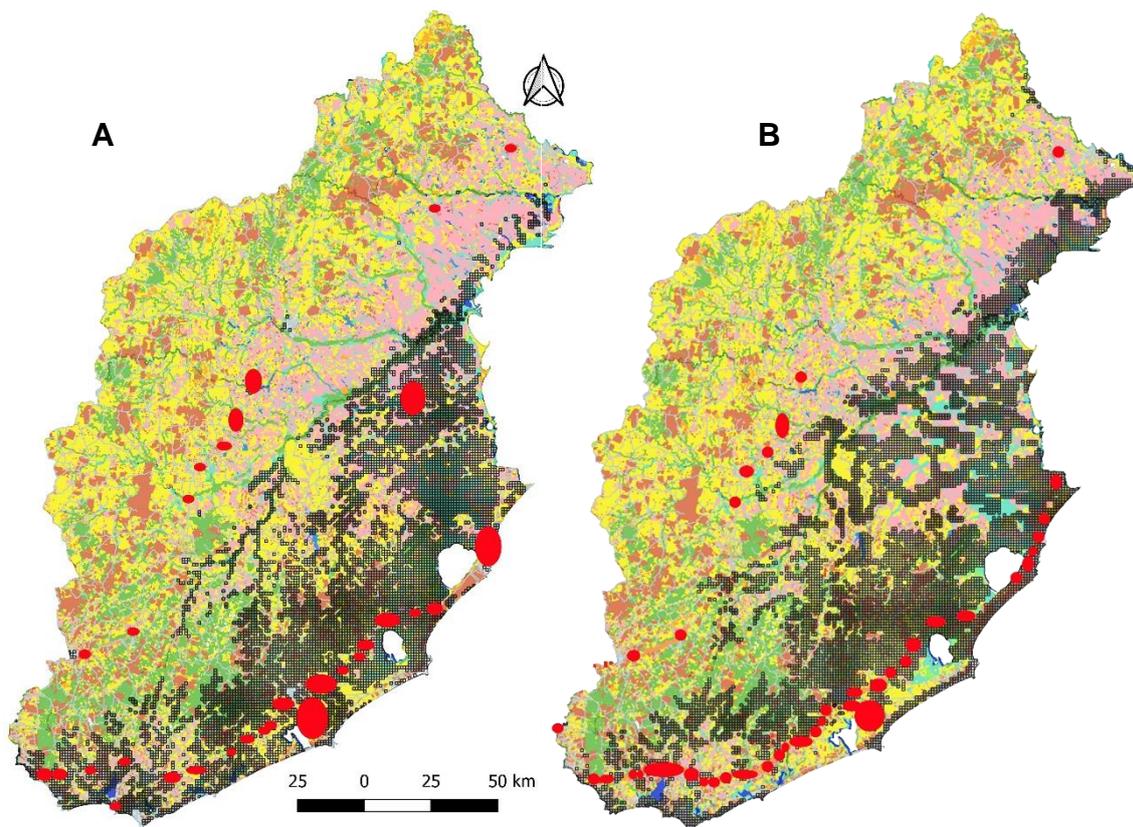


**Figura 16:** Mapa de abundancias de atropellos en el período 2015-2018 y modelos de favorabilidad de atropello: para las especies de monte nativo, A- Modelo antrópico y B- Modelo completo.



**Figura 17:** Mapa de abundancias de atropellos en el período 2015-2018 y modelos de favorabilidad de atropello: para las especies de pradera, A- Modelo antrópico y B- Modelo completo.

Analizando los sitios que presentan una abundancia de mortandad media y alta y los usos de suelo naturales y antrópicos se pudo constatar que dichos sitios se encuentran asociados principalmente a zonas con presencia de monte nativo y cursos de agua lo que fortalece la importancia del uso de dicho ambiente por las especies de ambos grupos (Figura 14 del Anexo D).



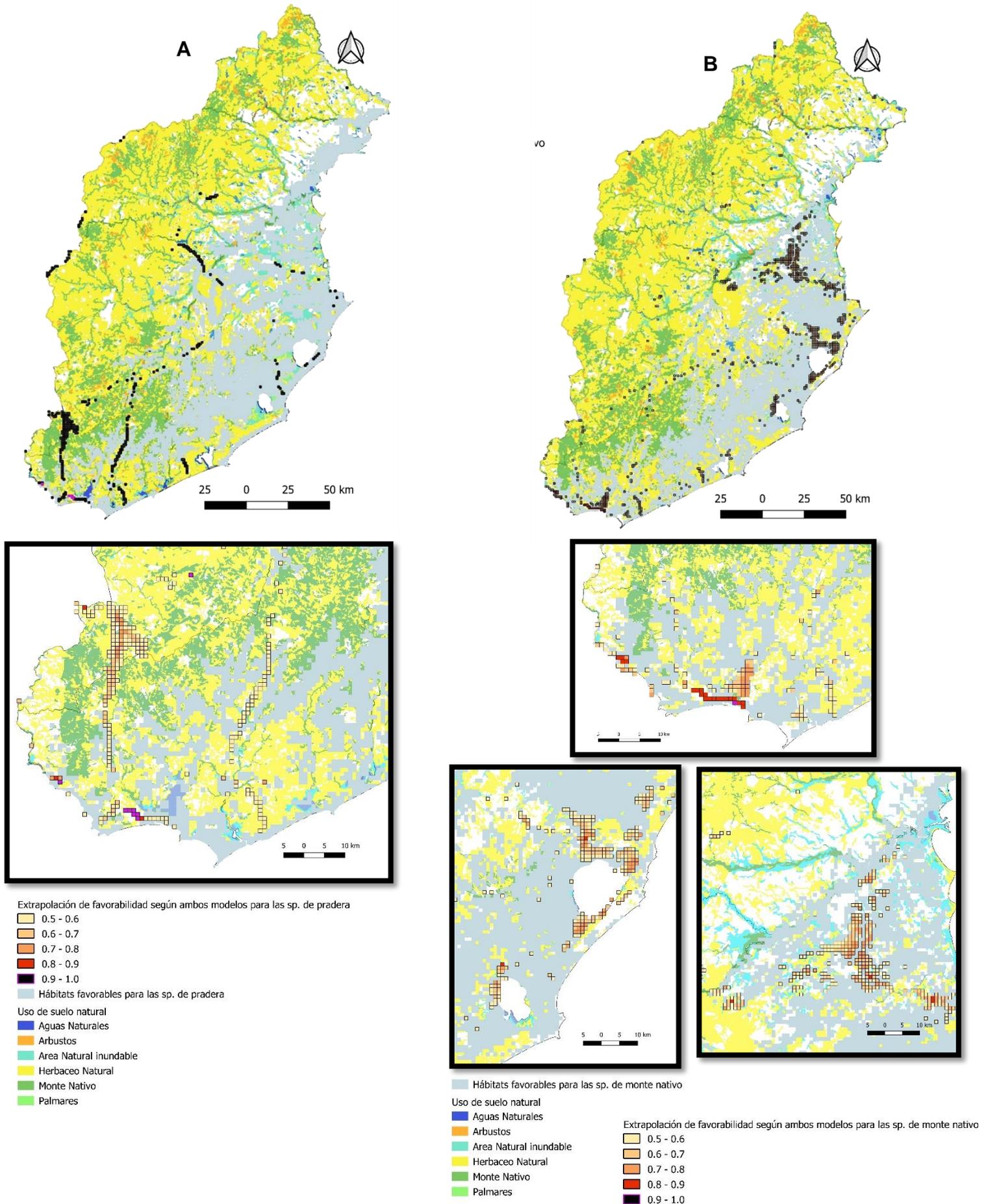
**Figura 18:** Mapas de sitios donde se ha identificado conflictividad entre las carreteras y las especies de monte nativo (A) y las especies de pradera (B). Los círculos rojos indican los sitios de conflictividad en donde coinciden sitios de alta favorabilidad de atropello con los hábitats favorables de mamíferos para cada grupo.

Con respecto a los sitios que presentan algún grado de conflictividad entre las infraestructuras viarias, las especies de mamíferos y los hábitats favorables, el presente trabajo identificó varios sitios.

Para el caso de las especies de monte nativo se obtuvieron cuatro sitios con conflictividad muy alta (Figura 1 mapas A, E, F y J del Anexo E). Luego para los sitios clasificados como conflictividad alta se identificaron nueve lugares (Figura 1 mapas C, I, J, K, L, M, N, O y Q del Anexo E). Mientras que para el caso de conflictividad media también se identificaron nueve lugares (Figura 1 mapas B, D, E, G, H, I, J, K y P del Anexo E).

Por otro lado, para las especies de pradera se identificaron tres sitios con conflictividad muy alta (Figura 2 mapas A, B y D del Anexo E), doce con conflictividad alta (Figura 2 mapas, A, B, C, D, E, F, G, H, Y, J, K, L y M del Anexo E) y nueve con conflictividad media (Figura 2 mapas E, F, H, I, K, N, O, P y Q del Anexo E).

En los modelos de extrapolación (completo y antrópico) se observa que las zonas que presentaron valores de favorabilidad entre 0.5 y 1 tienen en su gran mayoría una relación espacial con los hábitats favorables obtenido para cada uno de los grupos. A su vez se observa que para ambos grupos existe una relación espacial con los montes nativos y los humedales ya que en las zonas extrapoladas se encuentran muy cercanas a los mismos.



**Figura 19:** Mapas de las extrapolación obtenido de ambos modelos (completo y antrópico) y su relación espacial con los hábitats favorables y los ambientes naturales de la región este tanto para las especies de pradera (A) y monte nativo (B).

#### 4.3.2 Discusión

Numerosos autores identificaron los efectos de las infraestructuras viarias sobre la biodiversidad, destacando el efecto de los atropellos, el efecto barrera o borde, o la fragmentación y pérdida de conectividad, entre los principales impactos (Sanz, 2003; Valdes, 2011; Bager *et al.*, 2016; Ascensao *et.al*, 2017; Rossello-Melis y Lorenzo-Lacruz, 2017). Sin embargo, en la literatura aún hay pocos trabajos que apliquen los modelos de distribución de las especies, como la favorabilidad (Real y Márquez, 2014), como herramienta para identificar los sitios potenciales para atropellos, los puntos permeables o las zonas potenciales de mayor conflicto entre los hábitats naturales y las carreteras.

El presente trabajo generó los primeros modelos de favorabilidad que permitieron predecir puntos críticos (favorables) para el atropello de las especies de mamíferos estudiadas. Esto representa un aporte fundamental al identificar los puntos de mayor conflicto de atropello de fauna y los hábitats favorables para la biodiversidad. Los resultados son un insumo relevante para implementar medidas de mitigación en los puntos potenciales de mayor conflicto detectado.

Respecto a los modelos obtenidos para las carreteras se puede observar de las evaluaciones que los resultados presentaron un alto poder predictivo y explicativo. Para cualquiera de los cuatro modelos la variable explicativa TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) fue la más importante. Tanto para las especies de monte como para las de pradera el TPDA afecta de manera negativa lo que indica que a mayor tránsito diario la probabilidad de atropello aumenta. Esto es coincidente con otros autores como Tenés *et al.* (2007) y Colino (2011) en donde se identificó que el tránsito diario está directamente relacionado al atropello mostrando que cuanto mayor es el tránsito diario los atropellos aumentan.

Luego, para el caso de las especies de monte nativo la segunda variable explicativa más importante fue la urbanización. Dicha variable indicó que cuanto mayor sea la superficie urbanizada el atropello de fauna

aumenta. Esto está relacionado con la variable de mayor importancia (TPDA) ya que desde el punto de vista del tránsito se puede deber a que en las cercanías de la urbanización el tránsito es mayor disminuyendo a medida que nos alejamos de los mismos. Este efecto coincide con lo obtenido por otros autores quienes afirman que la urbanización genera cambios en la distribución de especies disminuyendo la disponibilidad de hábitats (Gurrutxaga y Lozano, 2010; Sauzo-Ortuño *et al.*, 2018). También genera un rechazo de las especies de medianos y grandes mamíferos ya que la urbanización en muchos casos trae consigo el efecto de la caza furtiva la cual suma al desplazamiento de las especies más perseguidas.

Para las especies de pradera la segunda variable más importante para el modelo completo fue la superficie de humedal (+), indicando que con el aumento de la superficie con humedales, mayor probabilidad de atropellos. Esto puede deberse a que los humedales son ecosistemas que albergan una gran diversidad de especies (Zamorano *et al.*, 2010) por lo que si cercano a las infraestructuras viarias hay presencia de humedales es más probable que se den colisiones entre fauna y vehículos aumentando la mortandad de dicha fauna. Mientras que para el modelo elaborado con variables antrópicas la segunda variable más importante que se obtuvo fueron los cruces entre los cursos de agua y la infraestructura viaria (Puentes, canalizaciones). El signo de dicha variable también fue “+” indicando que a mayor densidad de puentes mayor es la probabilidad de atropello. Si se analiza los puentes existentes en Uruguay los mismos no tienen estructuras que permitan el paso de fauna y que permita el cruce de los cursos de agua obligando a las especies a cruzar por la carretera. Sin embargo, es necesario realizar estudios que analicen como la fauna utiliza dichos sitios y si efectivamente presentan un problema para su desplazamiento.

Si se tiene en cuenta las dos carreteras con mayor cantidad de celdas favorables para los atropellos (ruta 8 y 9) se constata que ambas tienen características que fortalecen las variables más importantes que se

obtuvieron. Primero se observa que ambas son las que presentan un mayor tránsito diario según el TPDA utilizado. Esto se debe a que son dos corredores internacionales conectando Uruguay con Brasil lo que lleva a que el tránsito sea elevado. A su vez la ruta 9 es una ruta muy utilizada por los turistas ya que conecta los balnearios turísticos más importantes principalmente del departamento de Rocha. También pasa por ecosistemas de humedales y una gran cantidad de cursos de agua por lo que el número de puentes es elevado. Otro aspecto importante es que los bordes de dicha ruta presentan en gran parte de su extensión vegetación natural representativa de los ecosistemas de la zona. Esto se debe a que el MTOP mantiene dichos bordes sin cortar la vegetación, como hace en la mayoría de las carreteras nacionales. Mantener la vegetación natural en estos lugares podría estar incidiendo en los atropellos ya que muchas de las especies podrían utilizarlo como corredores biológicos para desplazarse. Esto es necesario estudiarlo y analizar cómo son utilizados los bordes de las carreteras por la fauna.

Con respecto a los sitios donde hay conflicto entre los hábitats naturales y las infraestructuras viarias se observa que hay una coincidencia con los lugares en donde se obtuvo una abundancia de atropello mayor a cinco individuos por km<sup>2</sup>. Dichos sitios se encuentran sobre lugares de alta favorabilidad para el atropello. A su vez los resultados se fortalecen aún más ya que los lugares donde se da conflictividad están caracterizados en su mayoría por la presencia de montes naturales y/o humedales para ambos grupos de estudio. Como se mencionó anteriormente las especies en estudio a pesar de presentar como ambiente principal los montes nativos y las praderas, todas utilizan el monte nativo para movilizarse o resguardarse ya que el mismo se comporta como corredor biológico permitiendo desplazarse grandes distancias a este grupo y otras especies. Con respecto a los humedales, como se mencionó anteriormente son ecosistemas de alta importancia a nivel internacional por albergar una alta biodiversidad.

Finalmente, los modelos de extrapolación dieron resultados muy buenos ya que aquellos sitios con valores de favorabilidad entre 0.5 y 1 están relacionados tanto a hábitats favorables para cada grupo como también a la presencia de monte nativo y/o humedales obteniendo características similares para los modelos de atropellos.

Estos modelos de extrapolación, no existen trabajos previos que lo hayan realizado por lo que el presente trabajo presenta una nueva novedad en esta temática.

Los resultados obtenidos para los modelos de atropellos pueden estar sesgados por el número de registros de atropellos obtenidos ya que la ruta 9 y la 8 fueron las que obtuvieron un alto número de individuos atropellados. Sin embargo, analizando los resultados en conjunto con los usos de suelo y los modelos de favorabilidad no se identifican inconsistencias. También es importante aclarar que los hábitats favorables utilizados en el presente trabajo son resultado de la unión de los hábitats favorables obtenido para cada especie y a su vez se tomaron aquellos sitios que presentaron valores entre 0.6 a 1.

Para fortalecer los resultados obtenidos de los modelos y el análisis con el SIG es recomendable realizar monitoreos en los puntos en donde hay conflictividad y analizar las condiciones territoriales de cada uno de los mismos para luego implementar medidas de mitigación acorde a cada sitio. También es importante realizar los análisis del presente trabajo en cada especie por separado para poder identificar sitios de alta mortandad y generar medidas de mitigación acorde a cada especie.

#### **4.4- Efectos de las carreteras sobre el paisaje: fragmentación y conectividad.**

##### **4.4.1 Resultados**

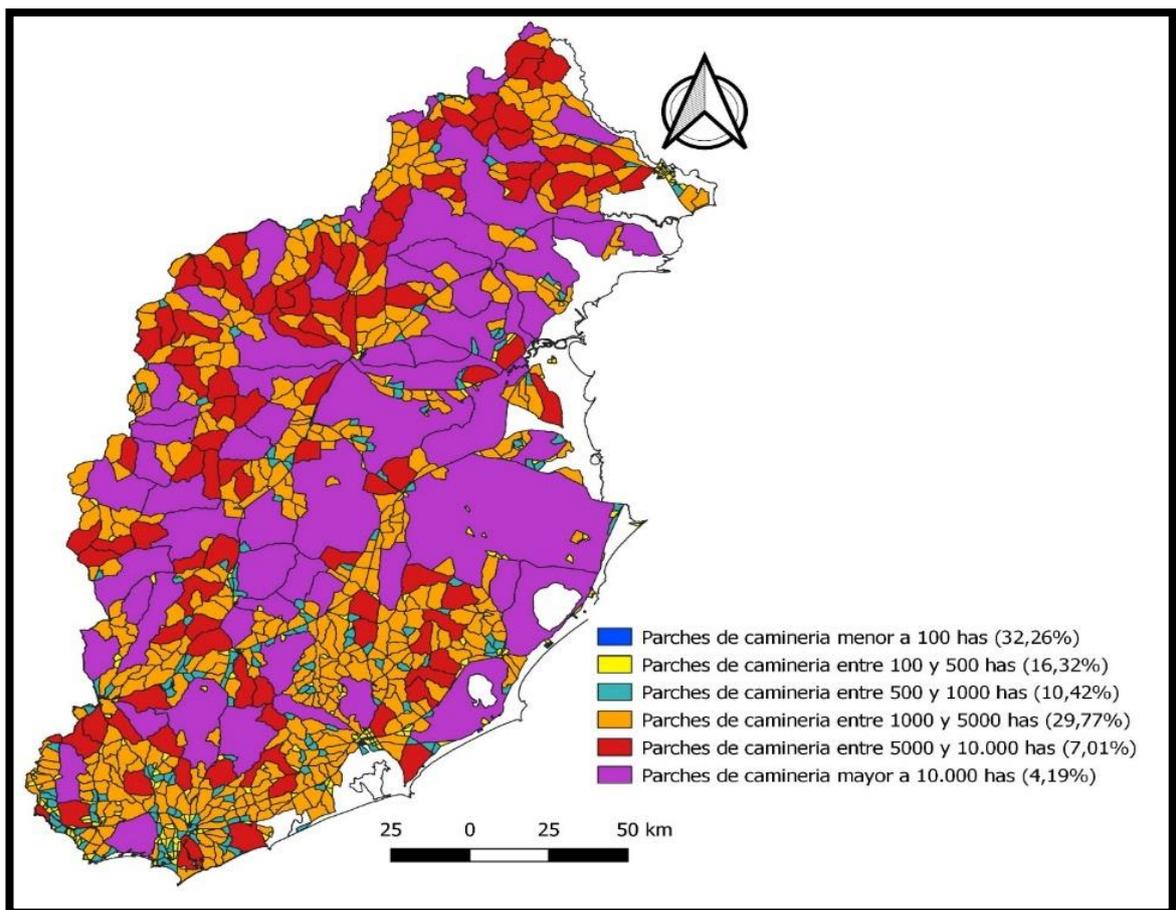
De los parches de caminería generados se obtuvieron un total de 1.525 parches mostrando la alta fragmentación existente en el territorio (Figura 18). Del total, solo 64 parches (4,2%) tienen una superficie mayor a las 10.000 has y 900 parches (59 %) presentan una superficie menor a 1.000 has (Figura 18).

Luego, con respecto a los mapas generados con los ambientes antropizados y naturales y las superficies y porcentaje de ocupación calculados (Figura 19). Se observa que el 27,6% de la superficie está transformada en: agricultura (21%) forestación (5,8%) e infraestructuras viarias (0,8%). Mientras que el 72,3% del territorio está ocupado por ambientes naturales: monte nativo (7,1%), humedales (13,6%) y pastizales (51,6%). Es importante aclarar que dichos ambientes naturales no están libres de actividades antrópicas ya que principalmente en los pastizales y en los humedales se realiza pastoreo de ganado causando impactos sobre la cobertura vegetal. Esta separación entre ambientes naturales y antrópicos se basó en la sustitución total de la vegetación por el uso de suelo como el caso de la agricultura, la forestación y las infraestructuras viarias en donde se reemplaza totalmente la vegetación natural por sistemas artificiales.

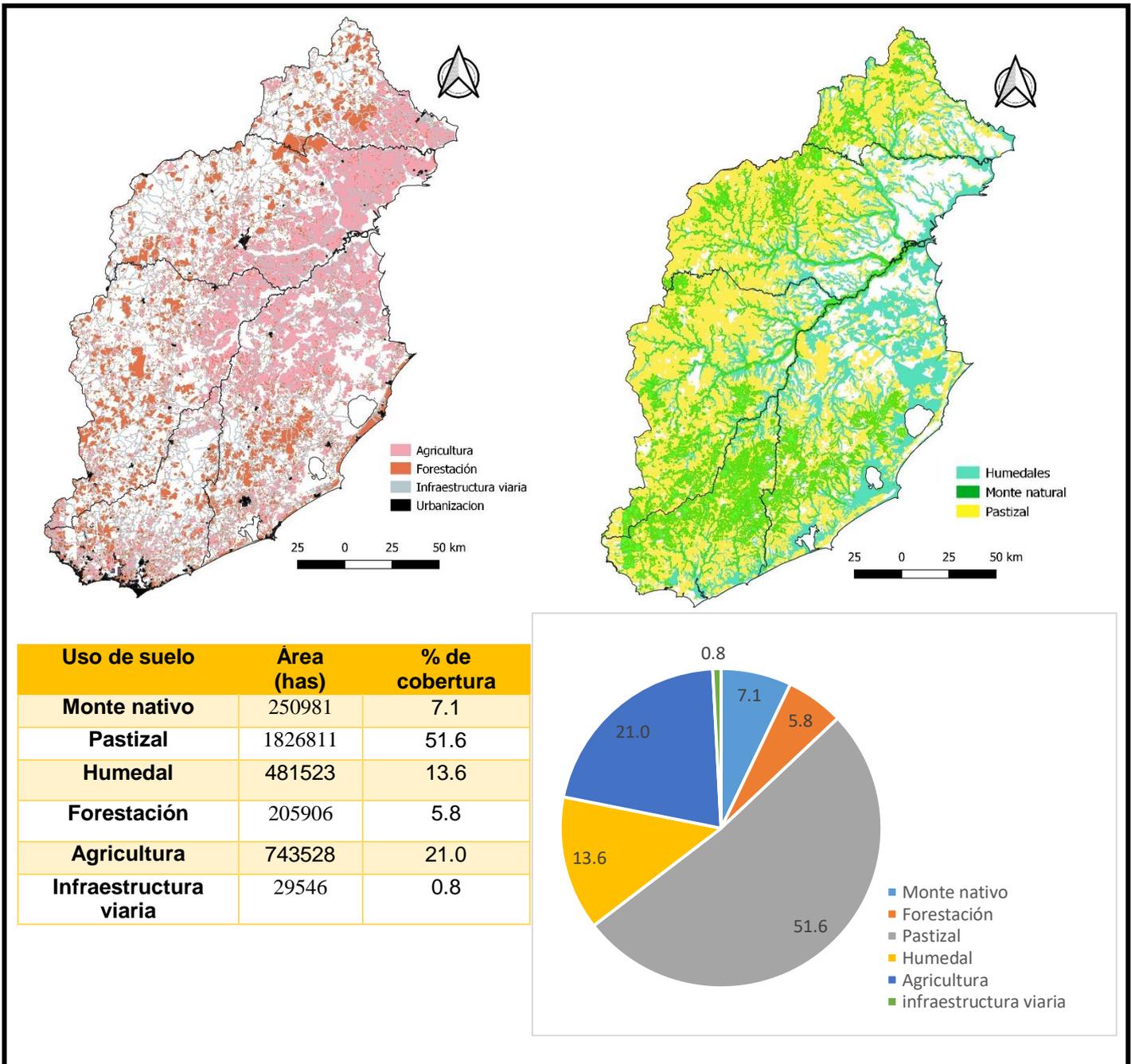
De los análisis de fragmentación de los ambientes naturales generados por las carreteras se muestra la alta fragmentación de dichos ambientes. Las sierras del este es la ecorregión más afectada ya que se encuentra la mayor superficie de parches entre 100 y 500 has y los parches con una superficie entre 500 y 1.000 has (Figuras 1 y 2 del Anexo F). Mientras que los ambientes naturales que presentan superficies superiores a las 10.000 has se encuentran en la zona de la Laguna Merín dominada

por los humedales (Figura 5 del Anexo F). Tomando en cuenta la agricultura y la forestación como actividades que generan fragmentación y pérdida de hábitats vemos que en la zona de las sierras la actividad que abarca la mayor superficie es la forestación mientras que en la zona de la Laguna Merín es la agricultura siendo dicha zona la que presenta mayor superficie modificada y por lo tanto fragmentada.

Analizando la espacialidad de los parches de ambientes naturales se observa que para la mayoría de los tamaños de parches los mismos se encuentran muy desconectados uno de los otros mientras que si se tiene en cuenta los ambientes de los parches mayores a 10.000 has hay una continuidad espacial de los mismos permitiendo una mayor posibilidad de conectividad que los restantes (Figura 5 del Anexo F).

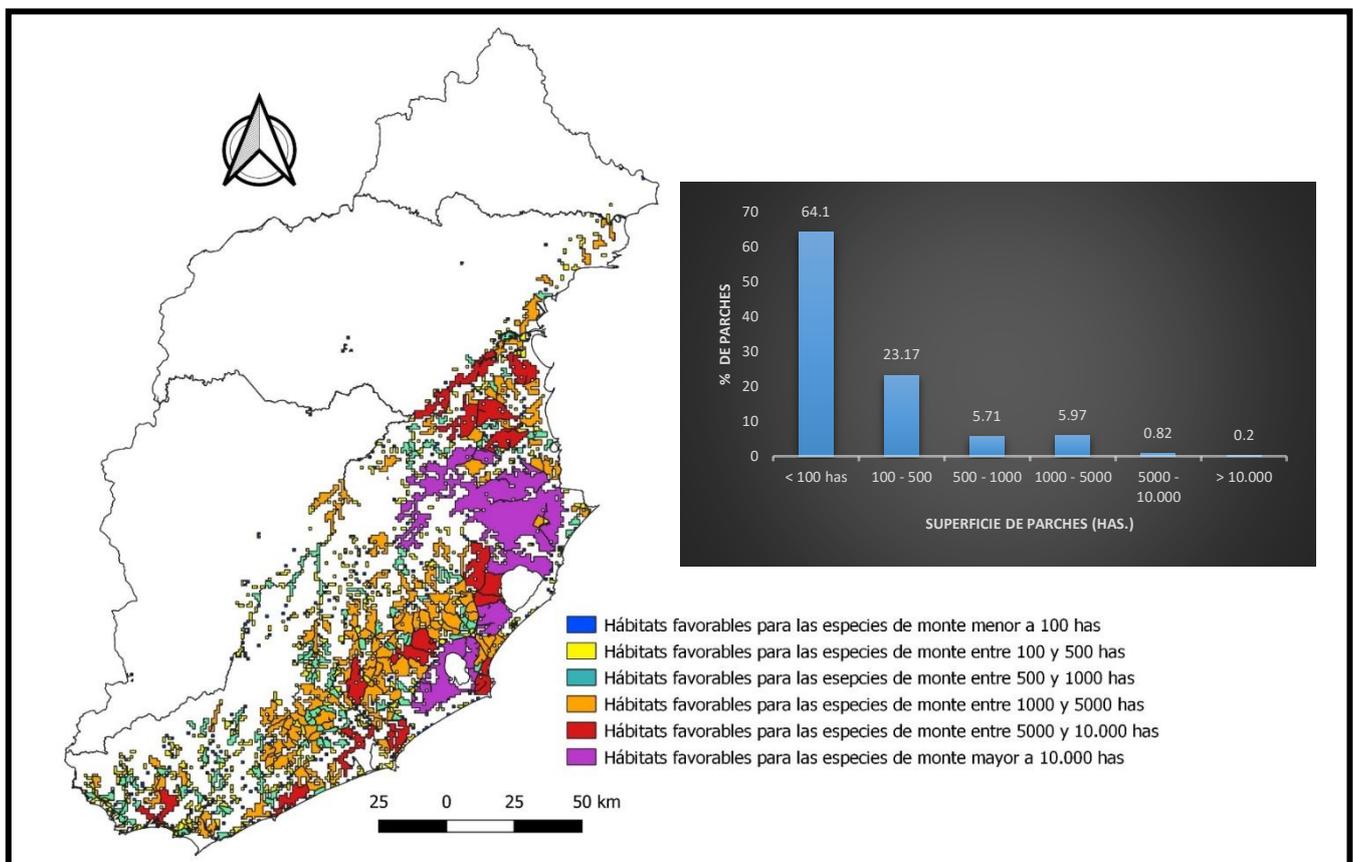


**Figura 20:** Mapa en donde se muestran los parches generados con las infraestructuras viarias de la región este clasificadas según la superficie para cada uno de los parches.

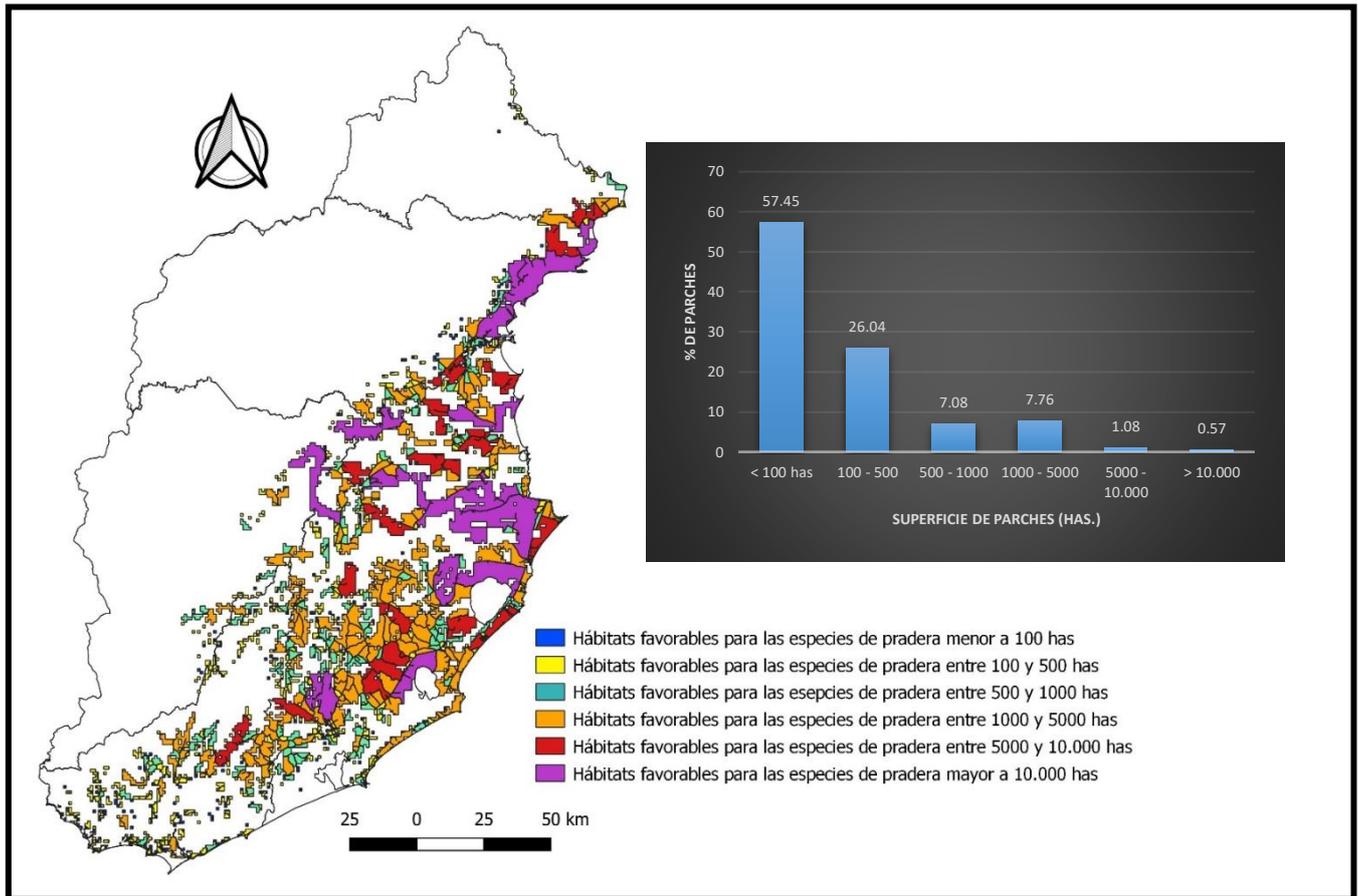


**Figura 21:** Ambientes naturales y antropizados de la región este con las superficies de los principales ambientes y su porcentaje de ocupación (Fuente: Cobertura de suelo 2015 elaborada por el MVOTMA).

En relación a los hábitats favorables para cada grupo se realizaron los mismos pasos que para la región este. Se calculó la fragmentación de toda la superficie favorable para ambos grupos y luego se calculó la superficie del uso de suelo antrópico y natural (Figura 20 y 21). Los resultados obtenidos muestran que para el caso de las especies de monte la superficie de hábitats favorables se fragmenta en 1.942 parches de los cuales 4 (0,2 %) presentan una superficie mayor a 10.000 has mientras que el resto de los parches tienen una superficie menor. A su vez es importante destacar que del total de parches generados para este grupo es 284 (14,6%) y presentan una superficie de una hectárea o menos (Figura 20). Para las especies de pradera se generaron un total de 1751 parches de hábitats favorables de las cuales 219 (12%) presentan una superficie de 100 ha o menos y 10 parches (0,57%) tienen una superficie mayor a 10.000 has. (Figura 21)

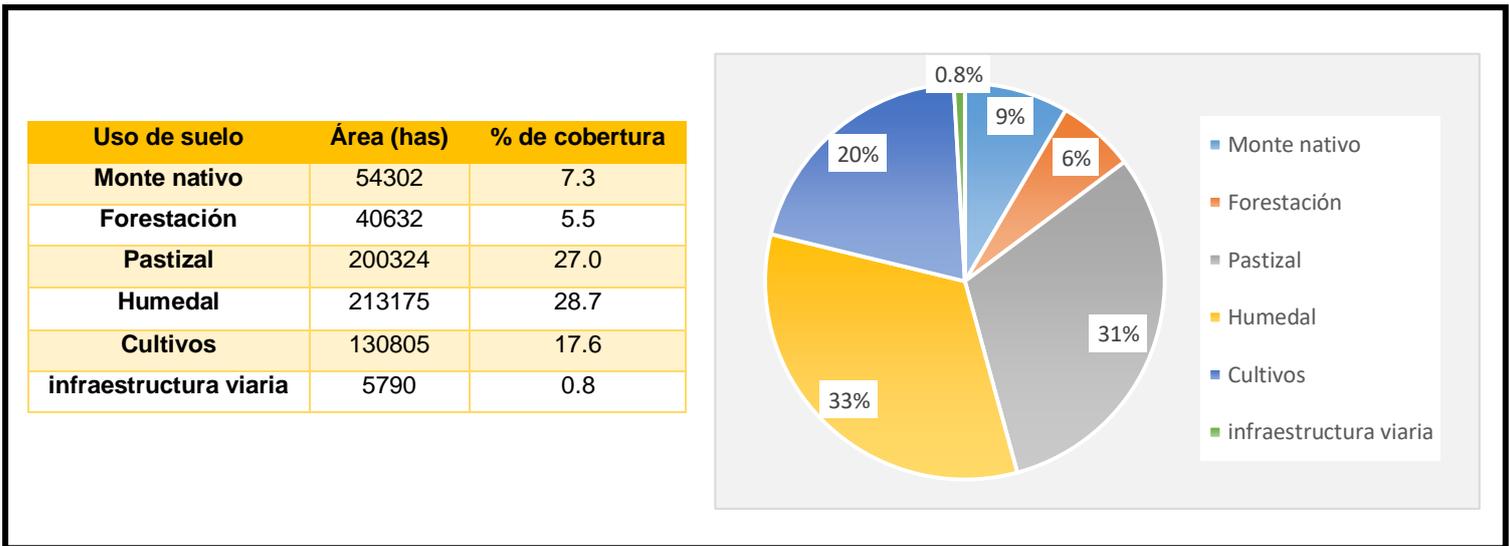


**Figura 22:** Fragmentación de los hábitats favorables ( $F > 0.6$ ) para las especies de monte nativo. Se observa una alta fragmentación siendo los parches menores a 100 has los que dominan.

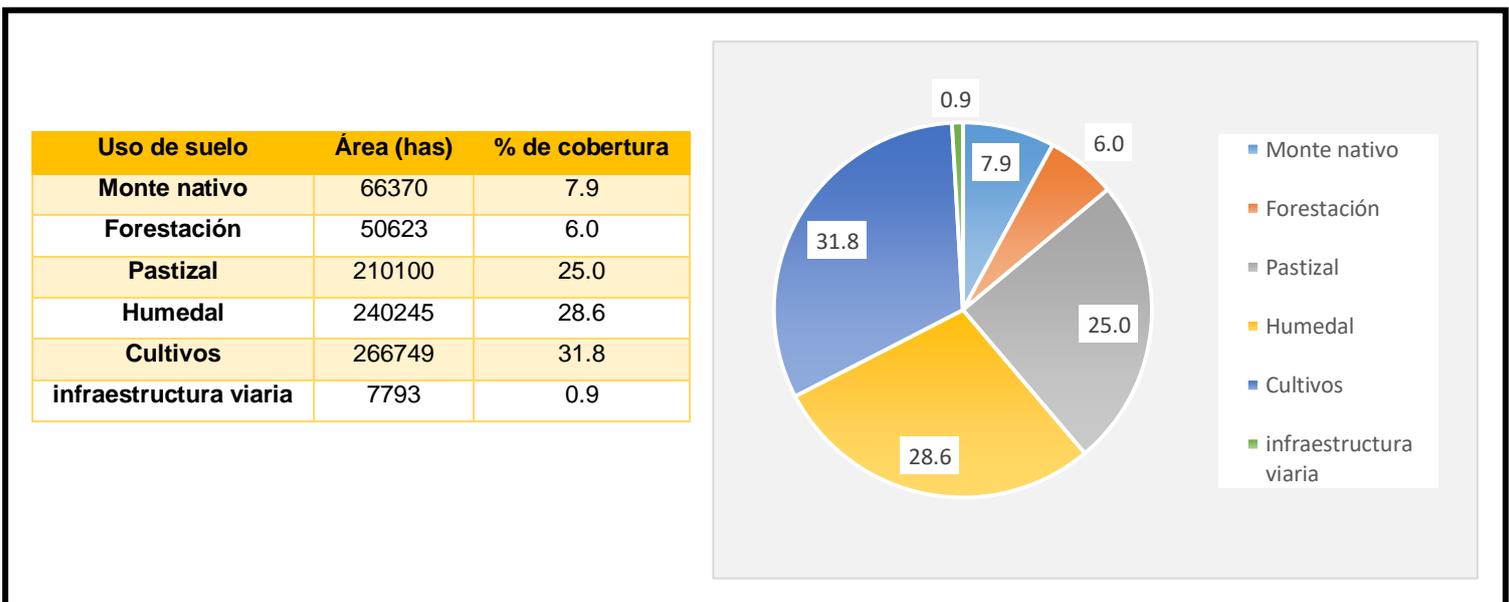


**Figura 23:** Fragmentación de los hábitats favorables ( $F > 0.6$ ) para las especies de pradera. Se observa una alta fragmentación siendo los parches menores a 100 has los que dominan.

De las superficies obtenidas para los ambientes naturales y antropizados se observa que para el caso de las especies de monte nativo el 63% de la superficie favorable está ocupada por ambientes naturales mientras que el 24 % está ocupada por cultivos, forestación e infraestructuras viarias (Figura 22). Para las especies de pradera obtuvimos un porcentaje de ocupación del 61,5% de ambientes naturales y un 38,7% de ambientes antropizados (Figura 23).



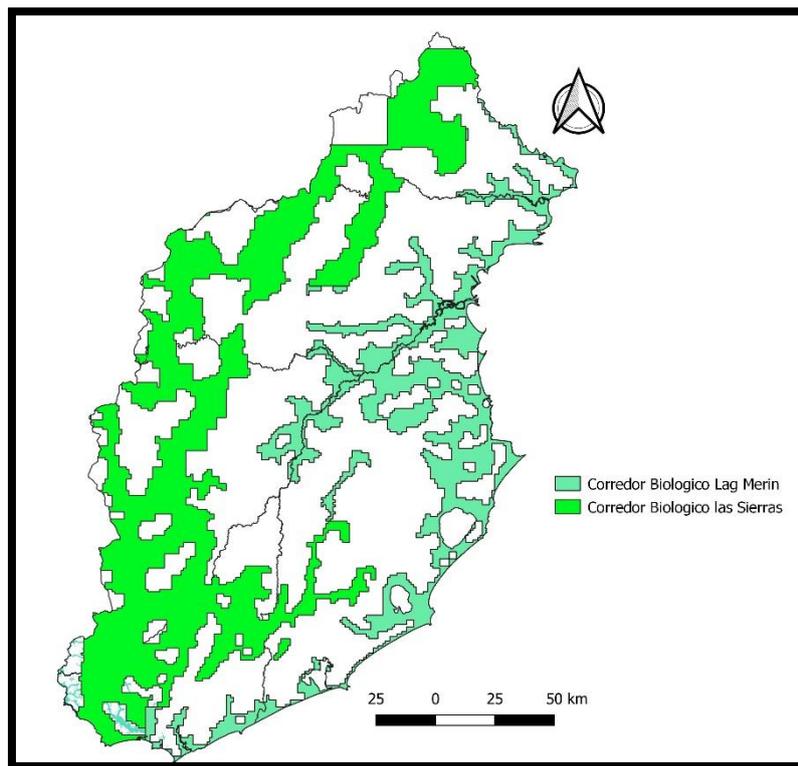
**Figura 24:** Superficie de los usos de suelo antrópicos y naturales y el porcentaje de ocupación dentro de los hábitats favorables ( $F > 0.6$ ) para las especies de monte nativo.



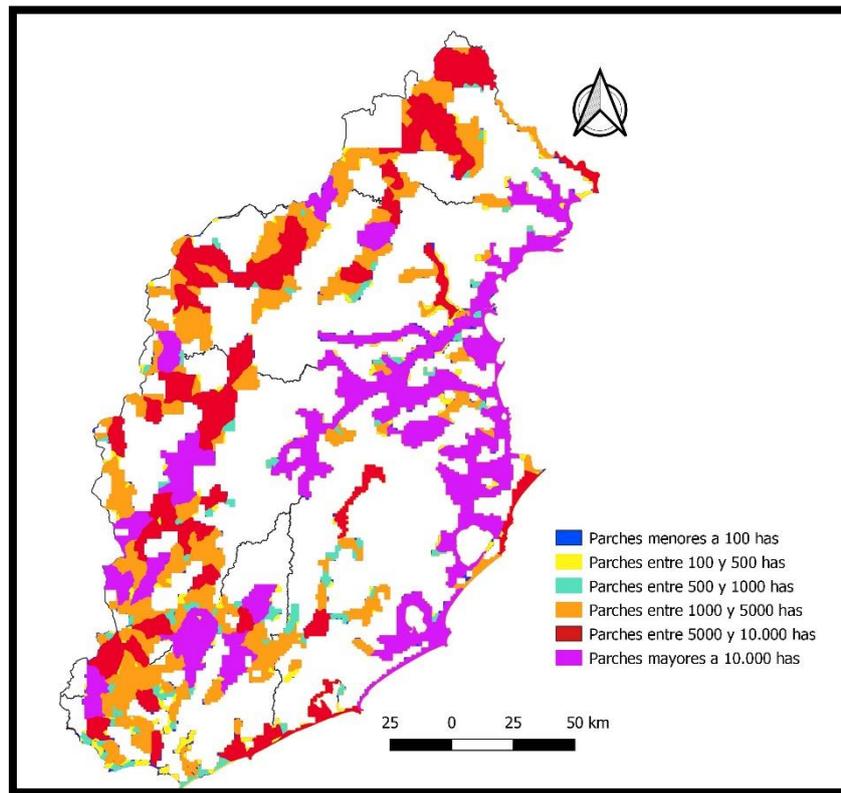
**Figura 25:** Superficie de los usos de suelo antrópicos y naturales y el porcentaje de ocupación dentro de los hábitats favorables ( $F > 0.6$ ) para las especies de pradera.

Como se mencionó anteriormente, se utilizó la capa vectorial de corredores biológicos elaborada por Gutiérrez *et al.* (2012) para analizar cómo afectan las carreteras a la conectividad paisajística (Figura 24). Los resultados muestran una alta fragmentación de ambos corredores siendo el corredor biológico de las Sierras del Este el más fragmentado. Para el caso del corredor de las sierras se generaron 787 parches de los cuales el

47,7% presentan una superficie menor a las 100 has mientras que sólo el 1,5 % presentan una superficie mayor a las 10.000 has. Mientras que para el caso del corredor biológico de la Lag. Merín se obtuvieron un total de 553 parches de los cuales el 70% presentan una superficie menor a 100 has y el 2,5% presentan una superficie mayor a las 10.000 has (Figura 25).

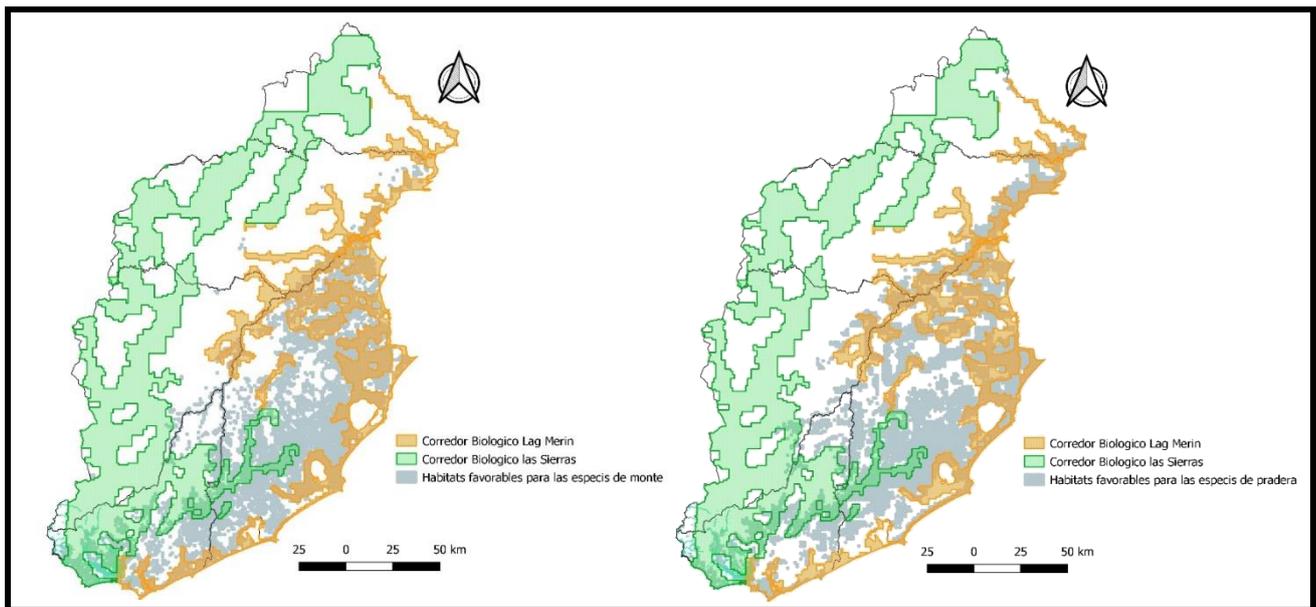


**Figura 26:** Corredores biológicos de la región este. Se identificaron dos corredores importantes: Corredor Biológico Laguna Merín y el de las Sierras del este. (Fuente: Gutiérrez *et al.*, 2012)



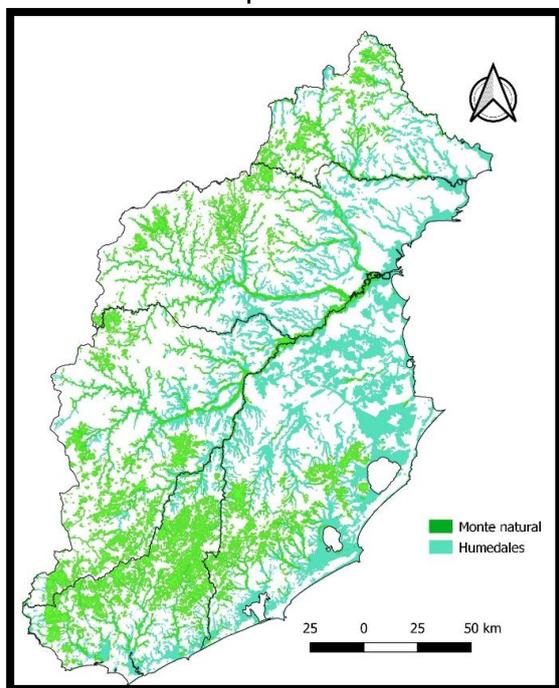
**Figura 27:** Parches generados por las carreteras en los corredores biológicos de la región este y la superficie de cada uno de los parches.

Analizando los hábitats favorables obtenidos de los modelos con respecto a los corredores biológicos se observa que el corredor biológico de la Laguna Merín es el que presenta una mayor relevancia para las especies de ambos grupos ya que integra la mayor superficie de hábitats favorables (Figura 26).



**Figura 28:** Mapas de los hábitats favorables ( $F > 06$ ) y su relación con los corredores biológicos de la región este. Se observa la importancia del corredor biológico de la Laguna Merín para las especies de ambos grupos.

Si se analiza la conectividad utilizando los ecosistemas naturales. Los montes nativos y los humedales presentan una configuración espacial la cual permite conectar el territorio en diferentes direcciones permitiendo el flujo y la dispersión de la biodiversidad (Figura 27). Como se analizó previamente los mismos presentan también una alta fragmentación y la misma es causada principalmente por las infraestructuras viarias ya que si tomamos únicamente los cambios en el uso de suelo se continúa observando una cierta conectividad, sin embargo las infraestructuras viarias rompen con la misma.



**Figura 29:** Mapa de conectividad a través de los ambientes naturales de monte nativo y humedales (Fuente: Cobertura de suelo 2015 elaborada por el MVOTMA). 89

Dichos ambientes a su vez permiten conectar ambos corredores biológicos permitiendo el pasaje e intercambio de la fauna y flora entre ambos.

Es importante tener presente que las infraestructuras viarias no solo provocan impacto por la construcción sino que la presencia de la misma también produce otros efectos directos e indirectos. Dos de estos son el efecto barrera y el efecto borde. Ambos impactan de manera negativa sobre la biodiversidad ya que en el caso del efecto barrera lleva a que diversas especies principalmente mamíferos no puedan cruzar las carreteras prohibiendo el desplazamiento e intercambio genético entre las poblaciones. Mientras que el efecto borde se refiere a que la presencia de una carretera genera un área de influencia en donde se dan ciertos impactos como contaminación sonora, lumínica, contaminación química generando una superficie mayor a la de la carretera misma en donde la presencia de especies es baja ya que genera hábitats desfavorables. Por lo tanto, la superficie de pérdida de hábitats por las infraestructuras viarias es aún mayor. Por lo que un parche que tenga una superficie de 100 has con el efecto borde disminuye significativamente.

Para mitigar los efectos de las infraestructuras viarias y permitir la conectividad entre ambientes favorables y corredores biológicos es importante tener en cuenta los sitios donde se da conflictividad entre los ambientes naturales y las infraestructuras. También es importante tener en cuenta los sitios en donde los ambientes naturales que permiten la conectividad paisajística son fragmentados por las infraestructuras viarias aunque no estén integradas a los hábitats naturales.

Finalmente analizando todos los resultados obtenidos relacionados a la fragmentación y la conectividad podemos afirmar que la región este presenta una alta fragmentación del paisaje lo que favorece la falta de conectividad paisajística. A su vez el alto número de parches que presentan superficies muy pequeñas genera un mayor impacto en la biodiversidad

favoreciendo la pérdida de especies lo que lleva a un deterioro general de los ecosistemas naturales.

#### 4.4.2 Discusión

Los resultados obtenidos muestran los efectos de las infraestructuras viarias generando fragmentación del paisaje y pérdida de conectividad paisajística. Dicha fragmentación es aún mayor cuando agregamos los cambios en el uso de suelo relacionados a la agricultura, forestación y urbanización. Los trabajos en esta temática marcan el cambio de uso de suelo como la principal causa de dicha fragmentación (Santos y Tellería, 2006; Badii y Landeros, 2007; Philips y Navarrete, 2009; Colino, 2011; Valdes, 2011; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013; Bauni *et al.*, 2017). Varios autores dentro de estos cambios destacan las infraestructuras viarias como las principales causantes de pérdida de biodiversidad (Arroyave *et al.*, 2006; Benitez-López *et al.*, 2010; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010; Vargas-Salinas y López-Aranda, 2012; D'Amico, 2015; BID, 2016).

El presente trabajo obtuvo resultados que fortalecen la información existente y aporta nueva información a nivel nacional acerca de los efectos de las infraestructuras viarias en el paisaje. En los últimos años tras la creación de la línea de investigación Ecología de Carreteras y Biodiversidad generada por la ONG ECOBIO Uruguay ha comenzado a investigar los efectos de estas infraestructuras sobre los ecosistemas y la biodiversidad aportando a la temática a nivel nacional (Coitiño *et al.*, 2018)

La transformación del paisaje es uno de los principales motores de cambio que han ocasionado pérdida de biodiversidad a nivel mundial. Dichos cambios influyen directamente en la biodiversidad los cuales se pueden manifestar a diferentes escalas espaciales según la respuesta de las especies a dicha transformación (Gutiérrez *et al.*, 2012; Challenger y Dirzo, 2009; Santos y Tellería, 2006).

La superficie obtenida de los modelos de favorabilidad muestra que la ecorregión Graben de la Laguna Merín (Brazeiro, 2015) es la que presenta la mayor superficie de favorabilidad mayor a 0.6 para ambos grupos de estudio. Dicha área se caracteriza por presentar grandes extensiones de humedales y una alta biodiversidad (Brazeiro, 2015; Achkar *et al.*, 2016). En dicha región también se encuentran la mayor cantidad de áreas protegidas del país (Laguna Garzón, Laguna de Rocha, Lag. De Castillos, Potrerillo de Santa Teresa, Cabo Polonio, Cerro Verde y San Miguel) y el Área Ramsar. Sin embargo, los hábitats favorables identificados presentan una alta fragmentación generando un alto número de parches con una superficie menor a 100 has (57 % para las especies de pradera y 64% para las de monte). El alto número de parche pequeños nos está indicando que la fragmentación generada por las infraestructuras viarias está causando un impacto muy alto en el territorio con pérdida de hábitats favorables y probable disminución de las poblaciones de medianos y grandes mamíferos. Existen trabajos que indican que la creación de parches de hábitats naturales favorece la pérdida de especies lo que a su vez acelera el deterioro ambiental a través de la pérdida de funciones ecosistémicas. (Martínez Ramos, 2008; Rojas y Moreno, 2014; Gómez-Ortiz y Moreno, 2017). Esto se debe a la importancia de la biodiversidad y su interacción con el suelo, la atmósfera y el agua (Martínez Ramos, 2008; Rojas y Moreno, 2014; Gómez-Ortiz y Moreno, 2017). A su vez, relacionado a la importancia de los mamíferos en los ecosistemas hay trabajos que indican la relevancia de dichas especies en el proceso de retroalimentación en la degradación de los ecosistemas como por ejemplo, dispersión de semillas favoreciendo la regeneración de la vegetación, controladores de presas, aportes al reciclaje de nutrientes del suelo y la aireación del mismo, entre otras (Ramírez-Mejía y Mendoza, 2010; Rojas y Moreno, 2014; Escribano-Ávila *et al.*, 2015).

Teniendo en cuenta la relevancia ecosistémica de los mamíferos medianos y grandes, la alta presencia de parches pequeños y la necesidad

de áreas extensas para su sobrevivencia, el presente trabajo aporta información sobre la alta mortandad de especies de medianos y grandes mamíferos, principalmente predadores tope, tanto por atropellos como también por pérdida de hábitats a causa de la fragmentación.

Con respecto a la conectividad ecológica vemos que los corredores propuestos por Gutiérrez *et al.*, (2012) identificados para la región este también están fragmentados por las infraestructuras viarias cortando la conectividad paisajística. Lo mismo sucedió con los montes naturales y los humedales los cuales son grandes corredores biológicos también. Esto produce aún más problemas a nivel paisajístico ya que no permite la transferencia de energía y la integridad ecosistémica. Acerca de esto, hay trabajos que señalan la importancia de los corredores biológicos para mantener dicha integridad, mitigar la pérdida de hábitats y biodiversidad y permitir la dispersión de las especies (Colorado *et al.*, 2017; Ruiz *et al.*, 2012).

Sin embargo, si se tiene en cuenta toda la estructura del paisaje se puede observar que los corredores biológicos no solo presentan fragmentación por las infraestructuras viarias sino también por el cambio de uso de suelo por avance de la forestación y la agricultura. Estas actividades generan aún más fragmentación, lo que sumado a los efectos de las infraestructuras viarias los parches de hábitats naturales son aún más pequeños afectando la conectividad del paisaje.

El presente trabajo aporta a los problemas de conectividad de paisaje ya que, hasta la fecha no se tomaban en cuenta las infraestructuras viarias como actividad antrópica que causa fragmentación y pérdida de conectividad. Esto es importante ya que para tener una correcta planificación en conservación de la biodiversidad y los ecosistemas naturales es importante tomar en cuenta dichas infraestructuras dentro de los cambios de uso del suelo.

También se aporta información que ha permitido la identificación de aquellos sitios en donde las infraestructuras viarias están generando

conflicto con las poblaciones de medianos y grandes mamíferos. Esto permitiría fortalecer los monitoreos en dichas zonas para conocer si es necesario generar medidas de mitigación que permitan la conectividad de paisajes y aporten a la disminución de mortandad de animales, generando mayor conexión ecosistémica para mantener la integridad ecológica de los mismos.

Finalmente, teniendo en cuenta a Achkar *et al.* (2015) en donde pronostican cual sería la situación del país al 2030 en lo que refiere a la agricultura, forestación y minería. Dicho trabajo estima que para el 2030 la superficie de estas tres actividades aumentará significativamente incrementando los impactos negativos sobre el ambiente. Estos cambios afectaran directamente a la biodiversidad ya que este aumento en el cambio de uso del suelo provocará una mayor fragmentación de hábitats naturales aumentando los parches con poca superficie de hábitat para las especies. También incrementará la falta de conectividad paisajística agudizando el deterioro ambiental de los ecosistemas naturales.

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES FINALES.

### **5.1 Conclusiones por objetivos específicos.**

#### Respecto al Objetivo 1: Elaborar una base de datos de los registros de atropellos de las especies de medianos y grandes mamíferos.

El presente trabajo logró generar una base de datos robusta que conteniendo los registros de presencia de las especies de medianos y grandes mamíferos seleccionadas a nivel nacional. Esta base de datos se compuso de registros de bibliografía, de la base de datos de ECOBIO Uruguay, tanto de relevamientos en diferentes proyectos de investigación, como también de los censos realizados en el periodo 2015 – 2016 a través de la línea de investigación Ecología de carreteras y biodiversidad.

#### Respecto al Objetivo 2: Elaborar modelos de favorabilidad tomando los registros de mamíferos más afectados por las carreteras.

Con la base de datos generada se lograron obtener modelos de favorabilidad aceptables permitiendo identificar los hábitats favorables a nivel nacional para cada una de las especies seleccionadas. Esto permitió identificar los hábitats favorables relevantes para los dos grupos generados (especies de monte nativo y de pradera). También se logró identificar el factor antrópico como el principal en lo que refiere a la disponibilidad de hábitats altamente favorables (valores de favorabilidad entre 0.9 y 1)

#### Respecto al Objetivo 3: Acorde al resultado de los modelos de favorabilidad, determinar el grado de fragmentación del paisaje en la región este del Uruguay, y evaluar el grado de incidencia de las carreteras, considerando variables relacionadas a las infraestructuras viales como la cantidad de carreteras y la densidad de tránsito vehicular.

El presente objetivo se cumplió ya que se logró analizar como por un lado el cambio en el uso de suelo fragmenta el paisaje y dentro de estos cambios

como las carreteras aportan a la misma. Se logró calcular el número de parches de hábitats favorables generados por la densidad de carreteras presentes en la región este siendo los hábitats favorables menor a 100 has lo dominantes. Esto muestra el impacto de las carreteras en la disponibilidad de hábitats que logren mantener poblaciones viables de mamíferos.

*Respecto al Objetivo 4: Identificar los puntos que presentan un mayor número de atropellos para mamíferos. Identificar qué factores influyen en los atropellos.*

Para cumplir este objetivo se elaboraron los modelos de atropellos para identificar los sitios más favorables para que se den los atropellos. Esto permitió identificar dichos sitios y como los mismos presentaron una coincidencia alta con los hábitats favorables y con la abundancia de atropello obtenido en el periodo 2015 – 2018 a través de la línea de Investigación Ecología de Carreteras y Biodiversidad.

*Respecto al Objetivo 5: A partir del modelo de atropellos, extrapolar los valores de favorabilidad para toda la caminería de la región este y evaluar su desempeño.*

El presente objetivo fue cumplido ya que se logró extrapolar los valores de favorabilidad obtenidos de los modelos de atropellos. Dicha extrapolación permitió identificar sitios con valores altos de favorabilidad en la caminería que no fueron incluidas en los modelos de atropellos. Estos sitios coincidieron con los hábitats favorables obtenidos en el segundo objetivo.

*Respecto al Objetivo 6: Identificar el grado de conectividad entre los ambientes favorables, y evaluar el efecto de las carreteras sobre los valores obtenidos.*

El último objetivo se cumplió ya que los corredores utilizados para analizar

la conectividad paisajística mostraron una alta fragmentación por las carreteras. Esto indica que dichas infraestructuras viarias interrumpen la conectividad paisajística. Lo mismo se observó cuando se analizó la fragmentación generada en los ambientes naturales. Esto se identificó tomando en cuenta únicamente la superficie construida de las carreteras. Si le sumamos el efecto borde y de barrera que generan las carreteras la pérdida de conectividad y la fragmentación es aún mayor.

### **5.2 Discusión y conclusión general.**

Para entender en su conjunto los resultados obtenidos en el presente trabajo es importante comprender como la biodiversidad está estrechamente ligada a la conformación del paisaje natural y como los cambios que ocurren en los mismos debido a las actividades antrópicas afectan al equilibrio ecosistémico y particularmente a las funciones ecosistémicas.

Los cambios en el uso de suelo se vienen produciendo desde hace muchísimos años, sin embargo fue durante los siglos XX y XXI que experimentaron una aceleración drástica siendo más aguda a partir de 1950. Dichos cambios causados por el ser humano ha sido el factor fundamental de cambio en la estructura de la biodiversidad y los ecosistemas (Challenger y Dirzo, 2009). Esta huella humana ha llevado a que a nivel mundial varios científicos llegaran a un acuerdo en declarar la presente Era Geológica como Antropoceno distinguida tanto por la magnitud de cambio como por la tasa a la que ocurre (Crutzen, 2006; Challenger y Dirzo, 2009).

Esta nueva Era nos lleva a tener en cuenta los cambios actuales y futuros como factores yuxtapuestos en donde se dan sinergias entre los cambios naturales y los antropogénicos generando a su vez efectos directos e indirectos (Challenger y Dirzo, 2009).

Estos cambios en el paisaje ocasionan pérdida de biodiversidad y ecosistemas naturales comprometiendo las funciones ecosistémicas y la calidad de los mismos repercutiendo a su vez en el Sistema Tierra en su totalidad. Esto produce una disminución del tamaño de los hábitats naturales generando fragmentos de diversos tamaños lo que a su vez conduce a una disminución de la densidad regional de la biodiversidad. Una disminución del tamaño de dichos fragmentos y un aumento en el número de los mismos provoca una reducción del tamaño poblacional de cada parche provoca que el umbral viable para que subsistan las poblaciones de animales sea cada vez más chico afectando el rol ecológico que cada especie, población y/o comunidad tiene (Santos y Tellería, 2006; Pereira-Garbero, 2017). Luego, una mayor distancia entre los fragmentos dificulta el intercambio de individuos entre poblaciones aisladas al igual que también la recolonización de nuevos fragmentos habitables. Por otra parte la relación perímetro/superficie, que aumenta el efecto borde, deteriora el hábitat natural afectando a las poblaciones que allí habitan (Santos y Tellería, 2006; Pereira-Garbero, 2017).

En lo que se refiere a los procesos físicos, paisajes antropizados como por ejemplo la agricultura alteran los parches de hábitats naturales generando cambios drásticos de las condiciones microclimáticas, aumenta la insolación, intensidad lumínica, evaporación de agua generando sequedad del suelo, mayor exposición a los vientos y a diversos contaminantes (Santos y Tellería, 2006). Todo esto afecta la calidad de hábitats y las funciones ecosistémicas (Santos y Tellería, 2006).

Otra actividad antrópica como las infraestructuras viarias generan estos y otros efectos directos e indirectos sobre los ecosistemas y la biodiversidad como el efecto de atropello de especies, efecto borde, barrera, en los regimos hidrológicos, en la contaminación del suelo, entre otras (Santos y Telleira, 2006; Badii y Landeros, 2007; Philips y Navarrete, 2009; Colino, 2011; Valdes, 2011; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2013; Bauni *et al.*, 2017).

Todos los problemas ambientales que se están ocasionando por los cambios en el paisaje y más específicamente por las infraestructuras viarias se vienen investigando desde hace mucho tiempo a nivel mundial tratando de minimizar al máximo los impactos de las actividades antrópicas sobre el ambiente (Forman *et al.*, 2003; Barri, 2010; Benítez-López *et al.*, 2010; Puc Sánchez *et al.*, 2013; van der Ree *et al.*, 2015; Cervantes-Huerta *et al.*, 2017; Villanueva-Vázquez *et al.*, 2018).

Sin embargo a nivel nacional no se ha abordado esta problemática con la seriedad que se merece a pesar de la red viaria densa que presentamos. Se han realizado muy pocos trabajos puntuales y que no tuvieron continuidad en el tiempo. Recién a partir del año 2015 se comenzó a abordar esta temática de manera continua lo que permitió crear una nueva línea de investigación para el país denominada Ecología de Carreteras y Biodiversidad. Coitiño *et al.*, 2018). La misma comenzó a generar información de base para entender la problemática y trabajar en posibles medidas de mitigación a implementar en el corto, mediano y largo plazo.

El presente trabajo es un aporte más a esta temática que permitió entender como las carreteras afectan al paisaje y a la biodiversidad utilizando como herramienta modelos matemáticos y los SIG.

Analizando los resultados obtenidos en el presente trabajo de manera conjunta vemos que se logró identificar sitios en donde se da una interacción negativa entre las carreteras, los hábitats naturales y las especies de medianos y grandes mamíferos estudiadas. Esto permitió aportar un insumo relevante y novedoso en esta temática ya que no existen trabajos específicos que permitan identificar dichos sitios utilizando modelos matemáticos aplicados a la distribución de especies. Existen pocos trabajos en donde aplican modelos matemáticos para predecir el atropello a lo largo de las carreteras pero no relacionan dichos sitios con los hábitats favorables para las especies, la abundancia de atropello, como fragmenta el paisaje y cómo interrumpe la conectividad ecológica de los

mismos. Con respecto a estos dos últimos puntos el presente trabajo logró identificar no solo los sitios donde se dan más favorabilidad de atropello y su relación con el paisaje, sino que también permitió identificar aquellos sitios donde ocurren interrupciones de la conectividad en los corredores biológicos. Esto permitirá llevar a cabo monitoreos en dichos sitios para implementar medidas de conectividad paisajística permitiendo la dispersión de especies y por ende mejorar las funciones ecosistémicas.

Luego, con respecto a la incidencia de las actividades antrópicas en la biodiversidad este trabajo logró identificar aquellas variables ambientales que presentaron una mayor relevancia tanto en la distribución de especies como también en la identificación de sitios con alta favorabilidad de atropello. Estas variables estuvieron relacionadas en su gran mayoría al factor antrópico fortaleciendo el impacto en el ambiente.

Finalmente, el presente trabajo es el primero en utilizar los modelos de favorabilidad para modelar los atropellos de mamíferos e identificar sitios de alta favorabilidad de atropello y las variables ambientales más relevantes. Estos resultados junto con la tesis de licenciatura realizada por Serrón (2019), aportan en la utilización de modelos matemáticos aplicados a las infraestructuras viarias relevantes para entender como las mismas interaccionan con los ecosistemas y el efecto de atropello y poder predecir sitios en donde el atropello puede ser elevado.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Acevedo, P. y Real, R. (2012). Favourability: concept, distinctive characteristics and potential usefulness. *Naturwissenschaften* 99:515–522.
- Acevedo-Quinteros, J. F. y Zamora-Abrego, J. G. (2015). Papel de los mamíferos en los procesos de dispersión y depredación de semillas de *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) en la Amazonía colombiana. *Revista de Biología Tropical*. Vol 64 (1): 5-15.
- Achkar, M.; Díaz, I.; Domínguez, A. y Pesce, F. (2016). Uruguay. Naturaleza, Sociedad y Economía. Una visión desde la Geografía. Banda Oriental. 374 pp.
- Aguirre Muñoz, A. y R. Mendoza Alfaro. (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 277-318.
- Achaval, F.; Clara, M. y Olmos, A. (2007). Mamíferos de la República Oriental del Uruguay. 2da Edición corregida y aumentada. Zonalibro Industria Gráfica. Impresora. Montevideo. Uruguay. 216 pp.
- Allouche, O.; Tsoar, A. y Kadmon, R. (2006). Methodological insights. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*, 43: 1223 – 1232.
- Arroyave, M., Gómez, C., Gutiérrez, M., Paulina, D., Zapata, P., Vergara, I, Andrade, L., Ramos, K. (2006). Impactos de las carreteras sobre La fauna silvestre y sus principales medidas de Manejo. *Revista EIA*, número 5, Pp. 45-57.
- Ascensao, F.; Medici, E.; Desbiez, A. y Bager, A. (2017). Spatial patterns of road mortality of medium-large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Wildlife Research*. 44. 10.1071/WR16108.

- Badii, M. H. y Landeros, J. (2007). Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Conscience* 2(1): 26-38.
- Bager, A. (2003). Repensando as medidas mitigadoras impostas aos empreendimentos rodoviários associados a unidades de conservação – um estudo de caso. *Áreas Protegidas: Conservação no Âmbito do Cono Sul*. Pelotas. 223 pp.
- Bager, A., Piedras, S., San Martin, T. y Hóbus, Q. (2007). Fauna salvagem e atropelamento.-Diagnóstico do conhecimento brasileiro. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas. 14 pp.
- Bager, A.; Lucas, P.; Bourscheitz, A.; Kuczach, A. y Maia, B. (2016). Os caminhos da conservação da biodiversidade brasileira frente aos impactos da infraestrutura viária. *Biodiversidade Brasileira*, 6 (1): 75-86.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2016). Carreteras y capital natural: gestión de las dependencias y de los efectos sobre los servicios ecosistémicos para inversiones sostenibles en infraestructura vial. 54 pp
- Barbosa, A.M.; Real, R. y Vargas, J.M. (2009). Transferability of environmental favourability modelos in geographic space: The case of the Iberian desman (*Galemys pyrenaicus*) in Portugal and Spain. *Ecological Modelling*, 220: 747-754.
- Barbosa A.M. & Real R. (2010) Favourable areas for expansion and reintroduction of Iberian lynx accounting for distribution trends and genetic diversity of the European rabbit. *Wildlife Biology in Practice* 6: 34-47
- Barbosa A.M. & Real R. (2012) Applying fuzzy logic to comparative distribution modelling: a case study with two sympatric amphibians. *The Scientific World Journal*, Article ID 428206

- Barbosa, A.M.; Brown, J. A. y Real, R. (2013). modEVA – an R Package for model evaluation and analysis. Beta version, available upon request.
- Barbosa A.M. (2015). fuzzySim: applying fuzzy logic to binary similarity indices in ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, 6: 853-858 (DOI: 10.1111/2041-210X.12372)
- Barbosa A.M., Brown J.A., Jimenez-Valverde A. and Real R. (2016). modEvA: Model Evaluation and Analysis. R package version 1.3.2. <https://CRAN.R-project.org/package=modEvA>
- Barri, F. (2010). Evaluación preliminar de la mortandad de mastofauna nativa por colisión con vehículos en tres rutas de Argentina. *Ecología Aplicada* 9 (2): 161-165.
- Bauni, V.; Anfuso, J. Schivo, F. (2017). Mortalidad de fauna silvestre por atropellamientos en el bosque atlántico del Alto de Paraná, Argentina. *Ecosistemas* 26(3): 54-66.
- Benítez-López, A., Alkemade, R. y Verweij, P.A (2010). The impacts of roads and other infraestructura on mammal and bird populations: A meta-analysis. *Biological Conservation* 143: 1307-1316.
- Benito de Pando, B. y Peñas de Giles, J. (2007). Aplicaciones de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus*, 7: 100-119.
- Bou, N. (2012). Distribución potencial de tres especies de *Leopardus* (Carnivora: Felidae) para Uruguay. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Uruguay.
- Bravo, D. (2003). El estudio de la distribución espacial de la biodiversidad: Concepto y Métodos. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. Num. 29. Pp 67-82.
- Brazeiro, A.; Achkar, M.; Canavera, A.; Fagúndez, C.; González, E.; Grela, I.; Lezama, F.; Maneyro, R.; Barthesagy, L.; Camargo, A., Carreira, S.; Costa, B.; Núñez, D.; da Rosa, I. y Toranza, C. (2008). Prioridades Geográficas para la Conservación de la Biodiversidad Terrestre de Uruguay. Resumen Ejecutivo. Proyecto PDT 32-26. 48 p.

- Brazeiro, A. (2015). Eco-Regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Facultad de Ciencias, CIEDUR, VS-Uruguay, SZU. Montevideo. 122 p.
- Brown, J.H.; Stevens, G.C. y Kaufman, D. M. (1996). The geographic range: Size, Shape, Boundaries, and Internal Structure. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 27:597-423.
- Bustamante, R. y Audrey, A. (1995). Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Revista Ambiente y Desarrollo*. Vol. XI N° 2, pp 58-63 (ISSN 0716-1476).
- Cabrera, A.L. y Willink, A. (1973). Biogeografía de América Latina. Monografía N°13, Serie Biología. Departamento de Asuntos Científicos, OEA., Washington D.C., 117pp.
- Calderón, A. P. (2010). Efectos de la cacería sobre la abundancia de mamíferos y sus consecuencias en la herbivoría y pisoteo de plántulas en tres áreas protegidas de Panamá. Tesis de Biología. Universidad San Carlos de Guatemala. 64 pp.
- Chacón, E. (2011). Atropello de vertebrados en una carretera secundaria en Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, Vol. 3(1): 81-84.
- Challenger, A. y Dirzo, R. (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 37-73.
- Cervantes-Huerta, R.; Escobar, F.; García-Chávez, J. H. y González-Romero, A. (2017). Atropellos de vertebrados en tres tipos de carretera de la Región montañosa central de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* 33 (3): 472-481.
- Clavijo C, JA Martínez-Lanfranco & A Soutullo. (2013). Contribución de una lista de especies prioritarias a la conservación de la biodiversidad en Uruguay: antecedentes, oportunidades y desafíos. Pp. 17-26, en: Soutullo A, C Clavijo & JA Martínez-Lanfranco (eds.). *Especies prioritarias para la conservación en Uruguay*. Vertebrados, moluscos

- continentales y plantas vasculares. snap/dinama/mvotma y dicyt/mec, Montevideo. 222 pp.
- Coitiño, H., Montenegro, F., Fallabrino, A., González, E. y Hernández, D. (2013). Distribución actual y potencial de *Cabassous tatouay* y *Tamandua tetradactyla* en el límite sur de su distribución: implicancias para su conservación en Uruguay. *Edentata*, 14: 23-34.
- Coitiño, H. (2015). Distribución potencial de cuatro especies de mamíferos terrestres en la provincia biogeográfica de la Pampa. Tesis final de la Licenciatura en Geografía. Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Uruguay. 81 pp.
- Coitiño H.; Montenegro, F. y Guerrero, J. C. (2018). Uruguay y el impacto de las carreteras: contexto y perspectivas a futuro. En Bager, (2018). *Infraestructura viaria & biodiversidade: métodos e diagnósticos/ Alex Bager*. 1ed. Lavras: Ed. UFLA. pp 244-269.
- Coelho, L. (2013). Modelación de la distribución potencial del aguará guazú (*Chrysocyon brachyurus*) en el límite sur de su distribución y su relación con factores climáticos, geográficos y/o antrópicos. Tesis de Maestría en Biología, PEDECIBA, Facultad de Ciencias, Uruguay.
- Coelho, L.; Romero, D.; Queirolo, D. y Guerrero, J. C. (2018). Understanding factors affecting the distribution of the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) in South America: Spatial dynamics and environmental drivers. *Mammalian Biology*, 92: 54-61.
- Colino, V. (2011). Contribuciones al análisis de mortalidad de mortalidad de vertebrados en carreteras. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales. Universidad de Salamanca. España. 503 pp.
- Colorado, G.; Vásquez, J. y Mazo, I. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). *Acta Biologica Colombiana*, 22(3): 379-393.
- Corriale, J.M. (2010). Uso y selección de hábitat del carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*) a distintas escalas espacio-temporal en

- los esteros de Iberá, Corrientes, Argentina. Tesis de doctorado de la Universidad de Buenos Aires.
- Corriale, J. M.; Orozco, M. M.; Jiménez, I. (2013). Parámetros poblaciones y estado sanitario de carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*) en lagunas artificiales de los Esteros de Iberá. *Mastozoología Neotropical*, 20(1): 31-45, Mendoza.
- Cortés, M. (2009). Diversidad de mamíferos medianos y grandes em dos sitios com diferente grado de conservación en la Venta, Juchitán, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Oaxaca. México. 46 pp.
- Crisci, J., Katinas, L., Posadas, P. (2000). Introducción a la teoría y práctica de la Biogeografía Histórica. Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires. 157 pp.
- Crutzen, P. J. (2002). Geology of mankind. *Nature*, 415, 23.
- Cruz, H. (2014). Impactos de Rodovias sobre primatas: o caso de estudo do Sagui-De-Tufos-Preto (*Callithrix penicillata*). Tesis de Maestría. Universidad Lavras, Mina Gerais. Brasil. 62 pp.
- Cuervo-Robayo, A. P & O. Monroy-Vilchis, (2012). Distribución potencial del jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) en Guerrero, México: persistencia de zonas para su conservación. *Revista de Biología Tropical*, 60 (3): 1357-1367.
- D'Amico, M. (2015). One the road: Los distintos impactos del tráfico motorizado sobre poblaciones de animales. Tesis Doctoral. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España. 197 pp.
- D'Elía, G. y Martínez-Lanfranco, J.A. (2006). Registros uruguayos de *Gracilinanus* Gardner y Creighton, 1989 y *Cryptonanus* Voss, Lunde y Jansa, 2005 (Didelphimorphia, Didelphidae). *Mastozoología Neotropical* 13: 245-249.

- DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE (2018). Estado ambiental de las lagunas costeras de Rocha y Castillos y de sus principales tributarios.
- Dirzo, R.; Aguirre, A. y López, J.C. (2009). Diversidad florística de las selvas húmedas en paisajes antropizados. *Investigación Ambiental* 1 (1): 17-22.
- Duarte, C. M; Alonso, S.; Benito, G.; Dachs, J.; Montes, C.; Pardo, M.; Ríos, A. F.; Simó, R. y Valladares, F. (2006). Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. CSIC, Madrid. 166 Pp.
- Escribano-Ávila, G.; Pías, B.; Escudero, A. y Virgós, E. (2015). Importancia ecológica de los mamíferos frugívoros en la dinámica de regeneración de campos abandonados en ambientes mediterráneos. *Ecosistemas*, 24(3): 35-42.
- Fahring, L. y Rytwinski, T. (2009). Effect of roads on animal abundance: an Empirical Review and Synthesis. *Ecology and Society* 14 (1): 21pp.
- Ferreira, P. y Fandiño, M.C. (eds). (1998). Colombia, biodiversidad siglo XXI. Propuesta técnica para la formulación de un plan de acción nacional en biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente, Departamento Nacional de Planeación, Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.
- Fielding, A. H. y Bel, J. F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 14 (1): 38 – 49.
- Ford, A. y Fahrig, L. (2007). Diet and body size of North American mammal road mortalities. *ScienceDirect. Transportation Research Part D* 12: 498-505.
- Forman, R.; Sperling, D.; Bissonette, L.; Clevenger, A.; Cutshall, C.; Dale, V.; Fahrig, L.; France, R.; Goldman, Ch.; Heanue, K.; Swanson, F.; Turrentine, T. y Winter, T. (2003). *Road Ecology. Science and Solutions*. Island Press. 467 pp. ISBN 1-55963-932-6

- Fortin, M. J.; Keitt, T. H.; Maurer, B. A.; Taper, M. L.; Kaufman, M. D. y Blackburn, T. M. (2005). Species' geographic ranges distributional limits: pattern analysis and statistical issues. *OIKOS* 108:7-18.
- Franklin, J. (2010). *Mapping Species Distributions. Spatial Inference and Prediction*. Cambridge University Press. New York, 318 pp
- Garcia, L.V. (2003). Controlling the false discovery rate in ecological research. *Trends in Ecology and Evolution*, 18: 553-554.
- García del Valle, Y.; Estrada, A.; Rocha, A.; Cruz, A.; Vicente, M. y Sarai, M. (2010). Estudio para la identificación de especies de mamíferos medianos y grandes en el Parque Nacional Palenque, Palenque, Chiapas, México. Proyecto CONANP/DRFSIPS/AD-ES-003. 84 pp.
- George, L., Macpherson, J. L., Balmforth, Z. y Bright, P. W. (2011). Using the dead to monitor the living: can road kill count detect trends in mammal abundance?. *Ecology and Environmental Research* 9 (1): 27-41.
- Gómez-Ortiz, Y. y Moreno, C. E. (2017). La diversidad funcional en comunidades animales: una revisión que hace énfasis en los vertebrados. *Animal Biodiversity and Conservation*, 40.2: 165-174
- González Bernáldez, F. (1981). *Ecología y paisaje*. Barcelona: Blume.
- González, E. M. (2001). Guía de campo de los mamíferos de Uruguay. Introducción al estudio de los mamíferos. *Vida Silvestre*. Pp 1-139. Montevideo.
- González, E.M., Soutullo, A. y Altuna, C. (2001). The burrow of *Dasyus hybridus* (Desmarest, 1804) (Cingulata: Dasypodidae). *Acta Theriologica* 46:53-59.
- González, E.M., Alvarez-Valin, F. y Maldonado, J.E. (2002). Morphometric differentiation of endangered pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*), with description of new subspecies from Uruguay, *Journal of Mammalogy*. 83:1127-1140.
- González, E.M. (2006). Mamíferos terrestres no voladores de la zona costera uruguaya. Pp. 329-341, en: *Bases para la conservación y el*

- manejo de la costa uruguaya (R.Menafra, L. Rodríguez-Gallego, F. Scarabino y D. Conde, eds.). Vida Silvestre Uruguay, Montevideo.
- González, E.M. y Martínez-Lanfranco, J.A. (2010). *Mamíferos del Uruguay: Guía de campo e introducción a su estudio y conservación*. Vida Silvestre-Museo Nacional de Historia Natural. Ediciones de la Banda Oriental, Montevideo. 462 pp.
- González, E.M., Martínez-Lanfranco, J.A., Juri, E., Rodales, A.L., Botto, G. y Soutullo, A. (2013). Mamíferos. Pp. 175-207, en: Soutullo, A., C. Clavijo y J.A. Martínez-Lanfranco (eds.). *Especies prioritarias para la conservación en Uruguay. Vertebrados, moluscos continentales y plantas vasculares*. snap/dinama/mvotma y dicyt/mec, Montevideo.
- González, E. y Lessa, E. (2014). Historia de la Mastozoología en Uruguay. Pp. 381-404, en: Historia de la mastozoología en Latinoamérica, las Guayanas y el Caribe (J. Ortega, JL Martínez y DG Tirira, eds). Editorial Murciélago Blanco y Asociación Ecuatoriana de Mastozoología, Quito y México, DF.
- Grilo, C., Bissonette, J. y Santos-Reis, M. (2009). Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigations. *Biological Conservation* 142: 301-313.
- Gurrutxaga San Vicente, M. y Lozano Valencia, P. (2010). Causas de los procesos territoriales de la fragmentación de hábitats. *Lurralde: Inves. espac.* 33. p 147-158.
- Gutiérrez, O.; Panario, D.; Achkar, M. y Brazeiro, A. (2012). Corredores biológicos de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 31 p.
- Hosmer, D.W. y S. Lemeshow (1989). *Applied Logistic Regression*. John Wiley and Sons, Inc., Nueva York.
- Llorente, J., Papavero, N., Bueno, A. (2000). Síntesis Histórica de la Biogeografía. *Revista Colombiana de Ciencias* 24(91):255-278. ISSN 0370-3908.

- López-Sandoval, J. A.; López-Mata, L.; Cruz-Cárdenas, G.; Vibrans, H.; Vargas, O. y Martínez, M. (2015). Modelado de factores ambientales que determinan la distribución de especies sinantrópicas de *Physalis*. *Botanical Sciences* 93 (4): 755-764.
- MA-Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. World Resources Institute, Island Press, Washington, DC.
- Martínez Ramos, M. (2008). Grupos funcionales, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 365-412.
- Mateo, R., Felicísimo, A. y Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84: 217-240.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010). Indicadores de fragmentación de hábitats causada por infraestructuras viales de transporte. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 4. O. A. Parques Nacionales. 133 pp.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2013). Desfragmentación de hábitats. Orientaciones para reducir los efectos de las infraestructuras de transporte de funcionamiento. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructura de transporte, número 5. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 159 pp.
- Montalvo, J. y Herrera, P. (1993). Diversidad de especies de los humedales: criterios de conservación. *Ecología Num.* 7. Pp 215 - 231.
- Morrone, J.J. (2004). Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición. *Revista Brasileira de Entomología* 48(2): 149-162.

- Ontario Road Ecology Group. (2010). A guide to Road Ecology in Ontario, prepared for the Environmental Canada Habitat Stewardship Program for Species at Risk. Ontario Road Ecology Group, Toronte Zoo. 63 pp.
- Panario, D. y Gutiérrez, O. (2013). Relaciones y sinergias entre pobreza, cambio climático, cambio global, y educación técnica para la adaptación a un futuro incierto. En Delgado, G.; Espina, M. y Sejenovich, H. (2009). Crisis Socioambiental y Cambio Climático. 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CLACSO, 2013. E-Book.- (CLACSO-CROP)
- Pasian, C.; Di Blanco, Y.; Fontana, J. y Fariña, N. (2015). Composición de mamíferos medianos y grandes de la Reserva Natural Provincial Rincón de Santa María (Corrientes, Argentina): Comparación con su zona de amortiguamiento y estado de conservación. Mendoza, Argentina. Mastozoología Neotropical, 22(1): 187-194.
- Pérez, E. y Ojasti, J. (1996). La utilización de la fauna silvestre en América Tropical y recomendaciones para su manejo sustentable en las Sabanas. Sociedad Venezolana de Ecología. Revista ECOTRÓPICOS 9 (2): 71-82.
- Peterson, A.T., Soberón, J., Pearson, R., Anderson, R., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. y Araújo, M.B. (2011). Ecological niches and geographic distribution. Princeton University Press. New Jersey, 281 pp.
- Peña, J. (2007). Efectos ecológicos de los cambios de coberturas y usos de suelo en la Marina Baixa (Alicante). Tesis de doctorado, Departamento de Ecología, Universidad de Alicante, España. 558 pp.
- Philips, J. F. y Navarrete, D. A. (2009). Análisis de fragmentación y conectividad. Plan de manejo ambiental. Alcaldía Mayor de Bogota D. C., Colombia. 130 pp.
- Pliscoff, P y Fuentes-Castillo, T. (2011); Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles Revista de

- Geografía Norte Grande, núm. 48, pp. 61-79 Pontificia Universidad Católica de Chile Santiago, Chile.
- Polak, T., Rhodes, J., Jones, D. y Possingham, P. (2014). Optimal planning for mitigating the impact of roeds on wildlife. *Journal of Applied Ecology*. 51: 726-734.
- Queirolo, D. (2009). Diversidades e Padrões de Distribuição de Mamíferos dos Pampas do Uruguai e Brasil. Tesis de doctorado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecología.
- Ramírez-Mejial, D. y Mendoza, E. (2010). El papel funcional de la interacción planta-mamífero en el mantenimiento de la diversidad tropical. *Biológicas*, 12(1): 8-13.
- Pereira-Garbero, R. (2017). Evaluación de la contribución del Sistema Nacional de Áreas Protegidas a la Conservación de las poblaciones de mamíferos de Uruguay. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, CURE, Universidad de la República. 60 pp.
- Raffestin, C. (1980): Por una geografía del poder. Traducción y notas Y. Villagómez Velázquez (2011). En línea: [http://elitesydesarrollorural.pieb.org/files/b02\\_claude\\_raffestin.pdf](http://elitesydesarrollorural.pieb.org/files/b02_claude_raffestin.pdf)
- Real, R.; Barbosa, M y Vargas, M. (2006). Obtaining environmental favourability functions from logistic regression. *Environ Ecol Stat* 13: 237–245.
- Real, R. y Herrera, R. (2012). Identificación de puntos críticos de permeabilidad para la fauna en las vías de transporte andaluzas en escenarios de Cambio climático. Universidad de Málaga. Agencia de Obras Pública de la Junta de Andalucía. Consejería Fomento y Vivienda. Junta de Andalucía. Pp 3-8.
- Real, R. y Márquez, A. L. (2014). Evaluación del efecto barrera de las vías de transporte andaluzas al desplazamiento de la fauna como respuesta al cambio climático. *Biogeografía de Sistemas Litorales. Dinámica y Conservación*. Pp 223-227.

- Resende, A. y Bager, A. (2013). Proyecto Malha. Manual para equipo de campo. Centro Brasileiro de estudos em ecologia de estradas - UFPA. Vol. 1. 26 pp.
- Rojas, A. B.; I. Cotilla; R. Real y L. J. Palomo. (2001). Determinación de las áreas probables de distribución de los mamíferos terrestres en la provincia de Málaga. *Galemys*, 13: 217-229.
- Rojas, A. y Moreno, C. (2014). Los servicios ambientales que generan los mamíferos silvestres. *PADI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, año 2, Num. 3.
- Rossello-Melis, R. y Lorenzo-Lacruz, J. (2017). Fragmentación de la Red Natura 2000 por infraestructuras viarias de transporte en Mallorca. *Cuadernos de Investigación Geográfica* Num. 43, <http://doi.org/10.18172/cig.3203>.
- Rudas G., Marcelo D., Armenteras D., Rodríguez N., Morales M., Delgado L.C. y Sarmiento A. 2007. Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 128 p.
- Ruiz, C.; Cardona, D. y Duque, J.L. (2012). Corredores biológicos una estrategia de recuperación en paisajes altamente fragmentados. Estudio de caso Microcuenca La Bolsa, municipio de Marinilla. *Gestión y Ambiente*, vol 15, núm. 1. Pp 7-18.
- Sánchez, P., Delgado, J. I., Mendoza, E., Sauzo, I. (2013). Las carreteras como una fuente de mortalidad de fauna silvestre en México. *CONABIO. Biodiversitas*, 111: 12-16.
- Santos, T y Telleira, J.L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15 (2): 3-12.
- Sanz, L. (2003). Mortalidad de fauna en las autovías de Navarra. Implicaciones en la seguridad vial y orientaciones para el diseño y la evaluación ambiental de nuevas vías. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra. España. 282 pp.

- Sauzo-Ortuño, I.; Mendoza, E. y Meléndez-Herrera, E. (2018). Resiliencia de los Vertebrados a la Antropización del Hábitat. En Ramírez-Bautista, A. y Pineda-López (Eds). *Ecología y Conservación de Fauna en Ambientes Antropizados*. REFAMA-CONACyT-UAQ. Querétaro. México. 403 p.
- Seiler, A. y Helldin, J-O. (2006). *Mortality in wildlife due to transportation*. Springer. Pp: 165-189.
- Seoane, J. y Bustamente, J. (2001). Modelos predictivos de la distribución de especies: una revisión de sus limitaciones. *Ecología*, N° 15: 9-21.
- Serrón, A. (2019). *Atropellos de mamíferos en la Región este de Uruguay y su relación con atributos del paisaje*. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay. Pp. 1-63.
- Sillero, N., Barbosa, A.M., Martínez-Freiría, F. y Real, R. (2010). Los modelos de nicho ecológico en la herpetología ibérica: pasado, presente y futuro. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 21: 2-24.
- Stolar, J. and Nielsen, S. (2014). Accounting for spatially biased sampling effort in presence-only species distribution modeling. *Journal Diversity and Distributions*. Pp. 1-14.
- Tenés, A; Cahill, S.; Llimino, F. y Molina, G. (2007). Atropellos de mamíferos y tráfico en la red viaria de un espacio natural en el área metropolitana de Barcelona: quince años de seguimiento en el Parque de Collserola. *Galemys* 19 (número especial). Pp 169-188.
- Tirira, D. 2007. *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador*. Ediciones Murciélago Blanco. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 6. Quito. 567 pp.
- Valdes, A. (2011). Modelos de paisaje y análisis de fragmentación: de la biogeografía de islas a la aproximación de paisaje continuo. *Ecosistemas* 20 (2): 11-20.
- Van der Ree, R; Smith, D. y Grilo, C. (2015). *Handbook of Roads Ecology*.

551 pp. ISBN 978-1-118-56818-7

Vargas-Salina, F. y López-Aranda, F. (2012). ¿Las carreteras pueden restringir el movimiento de pequeños mamíferos en bosques andinos de Colombia? Estudio de caso en el bosque de Yotoco, Valle del Cauca. *Caldasia* 34 (2): 409-420.

Villanueva-Vázquez, G. E.; Aguilar-Herrera, V.; Jaimes-López, R; Nigenda-Quezada, M. y Rios, E. (2018). Las vías de comunicación terrestre y su efecto en la biodiversidad. *Biología y Sociedad*. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León, Mexico. Pp: 45-54

Zamorano, C.; Cunazza, C.; Benoit, I.; Araya, P.; Chong, E. y Torres, R. (2010). Programa Nacional para la Conservación de Humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Gerencia de Áreas Silvestres Protegidas. Departamento de Conservación de la Diversidad Biológica. Chile.

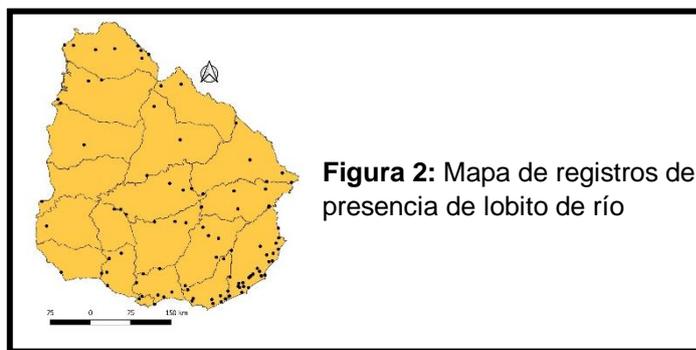
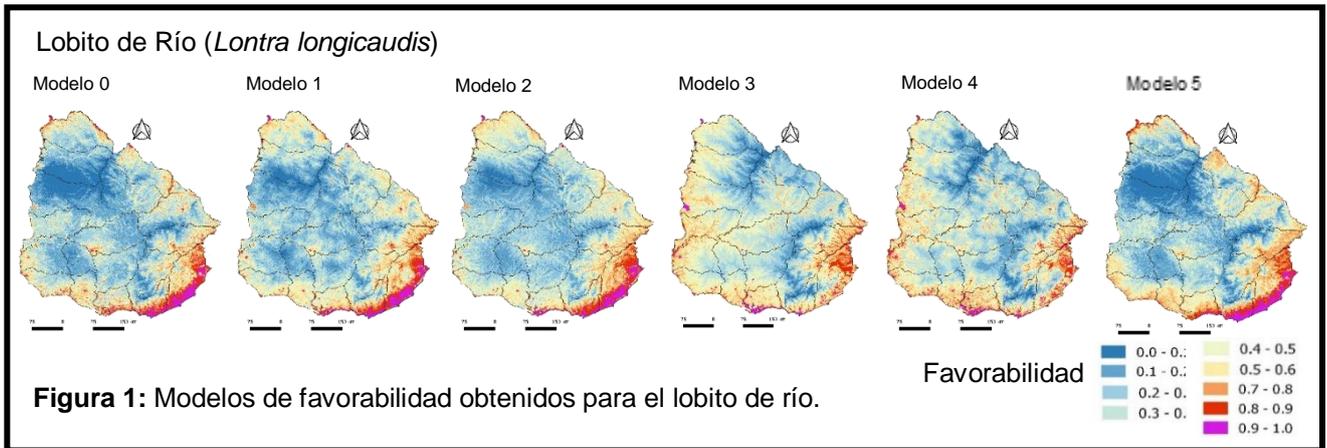
## 7. ANEXO A

**Tabla 1:** Factores utilizados para modelar favorabilidad y las variables explicativas que integran cada uno de dichos factores.

Factor	Código	Variable
	B1	Temperatura media anual
	B2	Intervalo Diurno Promedio (Media de la temperatura mensual (temp máx. Mín.))
	B3	Isoterma (BIO2 / BIO7) (* 100)
	B4	Temperatura Estacionalidad (desviación estándar * 100)
	B5	Temperatura máxima del mes más cálido
	B6	Temperatura Mínima del Mes Más Frío
	B7	Temperatura Rango anual (BIO5-BIO6)
	B8	Temperatura media del trimestre más húmedo
	B9	Temperatura media del trimestre más seco
	B10	Temperatura media del trimestre más cálido
	B11	Temperatura media del trimestre más frío
	B12	Precipitación anual
<b>Climático</b>	B13	Precipitación del mes más húmedo
	B14	Precipitación del mes más seco
	B15	Precipitación Estacionalidad (Coeficiente de Variación)
	B16	Precipitación del trimestre más húmedo
	B17	Precipitación del trimestre más seco
	B18	Precipitación del trimestre más cálido
	B19	Precipitación del trimestre más frío
	PMAX_MED	Precipitaciones máximas media
	RAD_SOLAR	Radiación solar global media
	ETP	Evapotranspiración potencial
	ETR	Evapotranspiración real
	HUM_MED_AN	Humedad media anual
	HUM_TRIM_C	Humedad del trimestre más cálido (Enero, Febrero, Marzo)
	HUM_TRIM_F	Humedad del trimestre más frío (Julio, Agosto, Setiembre)
	HELAD	Helada media
	BH_VERANO	Balance hídrico en Verano
	BH_OTO_O	Balance hídrico en Otoño
	BH_INVIERN	Balance hídrico en Invierno
	BH_PRIMAVERA	Balance hídrico en Primavera

	BH_ANUAL	Balance hídrico medio anual
	ESCABROCID	Escabrosidad, diferencia de alturas
	PENDIENTE	Pendiente en porcentaje
	ALTURA	Altura en metros
	ORIENTACIO	Orientación sur o norte
	DIST_RIO	Distancia a ríos
	DIST_COSTA	Distancia a la costa
<b>Geográfico</b>	NDVI	Índice de vegetación de diferencia normalizada
	PROF_SUELO	Profundidad del suelo
	TEXT_SUELO	Textura del suelo
	ROC_SUELO	Rocosidad del suelo
	INUN_SUELO	Inundabilidad del suelo
	BOSQUES	Porcentaje de superficie ocupada por bosque
	HUMEDAL	Porcentaje de superficie ocupada por humedal
	CAMPONATUR	Porcentaje de superficie ocupada por campo natural
	FORESTACIO	Porcentaje de superficie ocupada por forestación
	AGRICOLA	Porcentaje de superficie ocupada para agricultura y campo artificial
	URBANO	Porcentaje de superficie urbanizada
	DIST_URB	Distancia a zona urbanizada
<b>Antrópico</b>	DIST_RUTAS	Distancia a rutas
	DIST_CAMI	Distancia a caminos
	CURS_CAM	Intersecciones entre caminería y cursos de agua
	DENS_POB	Densidad poblacional
	CAMIN_M_	Camino en metros
	TPDA	Tránsito promedio diario anual

8. ANEXO B

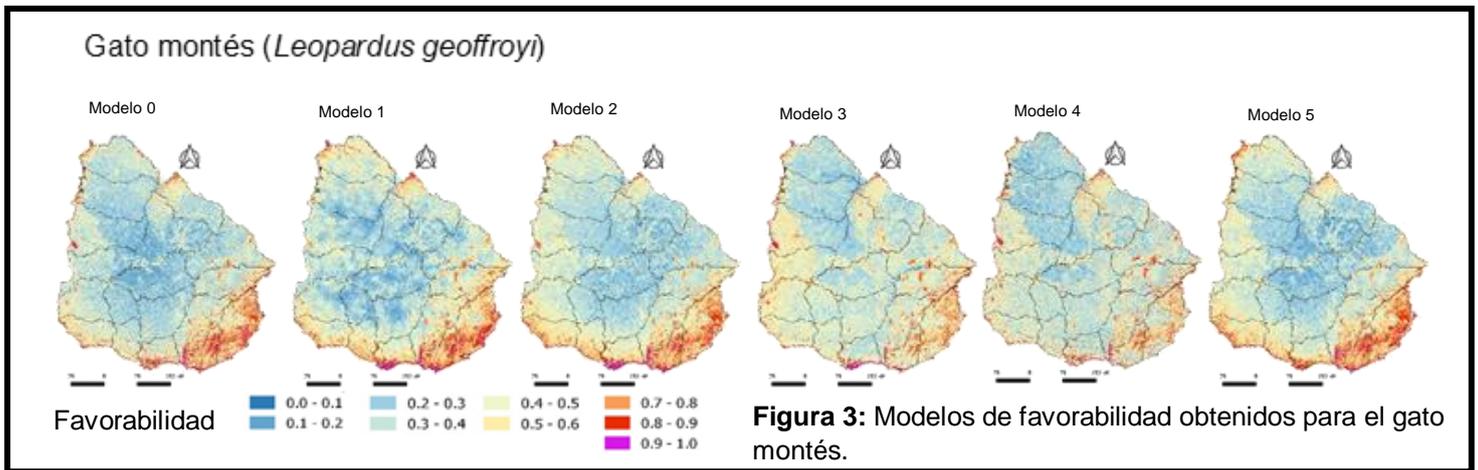


**Tabla 1:** Lista de modelos elaborados para el lobito de río y las evaluaciones obtenidas para cada uno.

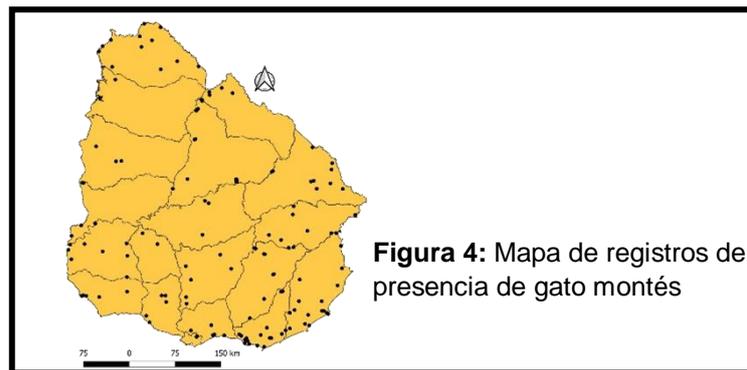
	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
<b>Modelo 0</b>	0.84	0.79	0.75	0.54	0.79	0.0002	0.9980
<b>Modelo 1</b>	0.82	0.79	0.70	0.49	0.79	0.0002	0.9981
<b>Modelo 2</b>	0.82	0.80	0.72	0.52	0.80	0.0002	0.9980
<b>Modelo 3</b>	0.76	0.72	0.71	0.43	0.72	0.0002	0.9986
<b>Modelo 4</b>	0.78	0.74	0.72	0.46	0.74	0.0002	0.9984
<b>Modelo 5</b>	0.81	0.76	0.73	0.49	0.76	0.0002	0.9983

**Tabla 2:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el lobito de río.

Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald	Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald	Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald
Modelo 0	BIO 4	-	15.75542	Modelo 2	BIO 17	+	37.43386	Modelo 4	CURS_CAM	+	24.38031
	INUN_SUELO	+	7.154449		URBANO	+	23.57373		INUN_SUELO	+	22.86159
	CURS_CAM	+	16.10288		RAD_SOLAR	+	14.84754		ALTURA	-	16.73144
	BIO 6	-	4.539297		BIO 4	-	9.628756		URBANO	+	16.05391
	BIO 17	+	30.33321		ALTURA	-	8.806977		DIST_URB	-	5.671508
	ALTURA	-	11.2433	INUN_SUELO	+	8.042804	Modelo 5	BIO 4	-	28.14021	
	RAD_SOLAR	+	17.86285	ETR	+	5.038103		CAMPONATUR	-	28.03674	
	ETR	+	4.233392	DENS_POB	+	5.000573		RAD_SOLAR	+	21.21953	
	CAMPONATUR	-	8.124631	DIST_RIO	-	4.018859		PROF_SUELO	+	14.30323	
	CAMIN_M	+	8.532312	Modelo 3	URBANO	+		42.23916	ALTURA	-	12.12948
DENS_POB	+	12.10611	ALTURA		-	22.7077	BIO 6	-	4.647772		
Modelo 1	BIO 4	-	8.867191	INUN_SUELO	+	19.62596	BIO 17	+	4.133026		
	INUN_SUELO	+	9.476001								
	URBANO	+	19.45604								
	DIST_URB	-	5.386106								
	BIO 17	+	37.09044								
	ALTURA	-	7.395939								
	RAD_SOLAR	+	13.51399								
ETR	+	4.339272									
DIST_RIO	-	4.104471									



**Figura 3:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el gato montés.

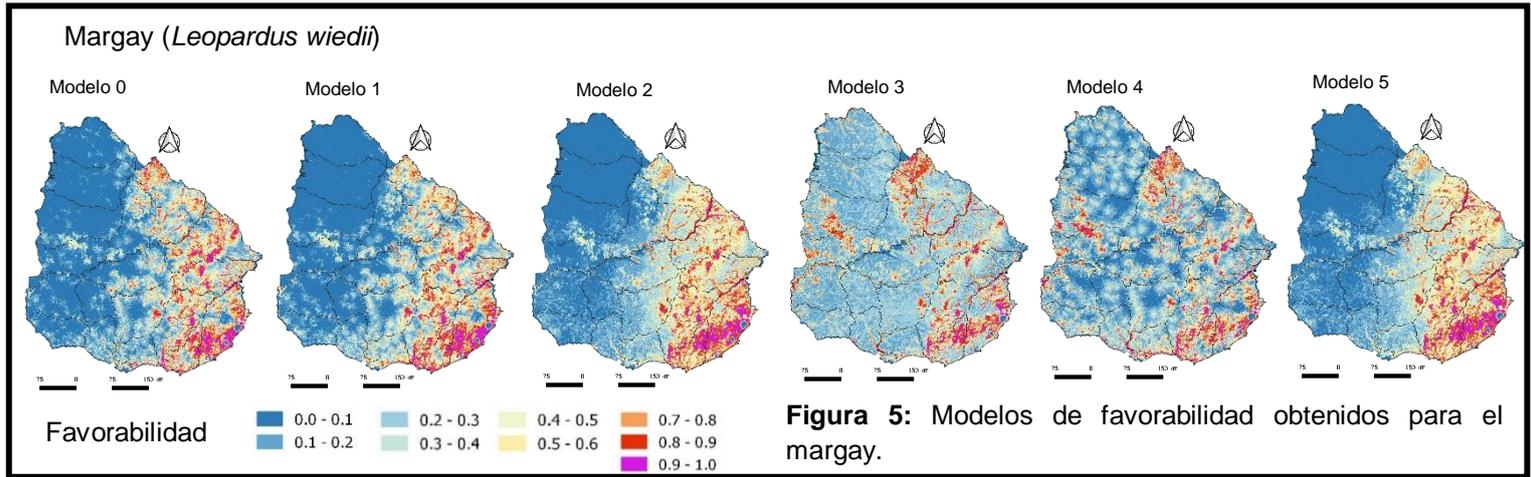


**Figura 4:** Mapa de registros de presencia de gato montés

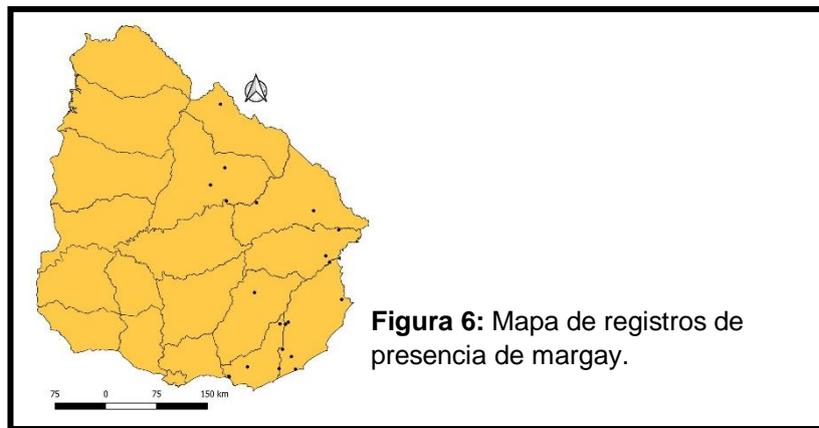
**Tabla 3:** Lista de modelos elaborados para el gato montés y las evaluaciones obtenidas para cada uno.

	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
<b>Modelo 0</b>	0.80	0.76	0.69	0.45	0.76	0.0003	0.9978
<b>Modelo 1</b>	0.75	0.74	0.64	0.38	0.74	0.0004	0.9981
<b>Modelo 2</b>	0.75	0.74	0.68	0.42	0.74	0.0003	0.9980
<b>Modelo 3</b>	0.74	0.73	0.61	0.34	0.73	0.0004	0.9983
<b>Modelo 4</b>	0.79	0.74	0.70	0.44	0.74	0.0003	0.9979
<b>Modelo 5</b>	0.75	0.73	0.66	0.39	0.73	0.0004	0.9981

Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald
Modelo 0	CAMIN_M_	+	17.41718
	CURS_CAM	+	15.66988
	INUN_SUELO	+	10.76064
	CAMPONATUR	-	9.20413
	TPDA	+	8.833125
	BOSQUE	+	8.819591
	NDVI	-	7.886919
	BIO 2	-	7.030337
	BIO 6	+	6.391037
	TEXT_SUELO	+	4.673346
Modelo 1	BIO 2	-	26.51153
	PENDIENTE	+	21.29309
	CAMPONATUR	-	11.76643
	BIO 9	+	11.729
	BOSQUE	+	7.492789
	BIO 17	+	6.297809
	DIST_RIO	-	5.723877
	DIST_URB	-	4.811769
URBANO	+	4.637866	
Modelo 2	BIO 2	-	29.5739
	BIO 2	-	23.97678
	URBANO	+	9.977049
	CAMPONATUR	-	8.162154
	BOSQUE	+	7.872665
Modelo 3	BIO 9	+	6.742861
	INUN_SUELO	+	5.149953
	DIST_RIO	-	4.36444
	PENDIENTE	+	32.20114
	URBANO	+	14.61032
Modelo 4	BOSQUE	+	11.99572
	CAMPONATUR	-	9.258807
	TEXT_SUELO	+	8.4364
	INUN_SUELO	+	7.58331
	NDVI	-	6.391594
Modelo 5	ALTURA	-	4.257849
	PENDIENTE	+	27.52251
	CAMIN_M_	+	21.65287
	CURS_CAM	+	15.01613
	INUN_SUELO	+	15.30651
Modelo 5	TPDA	+	14.44667
	CAMPONATUR	-	13.95915
	BOSQUE	+	12.44418
	NDVI	-	10.71288
	TEXT_SUELO	+	7.268462
Modelo 5	BIO 2	-	27.25622
	PENDIENTE	+	19.92711
	CAMPONATUR	-	10.76969
	BIO 9	+	8.479563
	TEXT_SUELO	+	6.736205
Modelo 5	INUN_SUELO	+	6.370472
	BOSQUE	+	4.830497
	NDVI	-	4.53804
Modelo 5	DIST_RIO	-	4.068815



**Figura 5:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el margay.



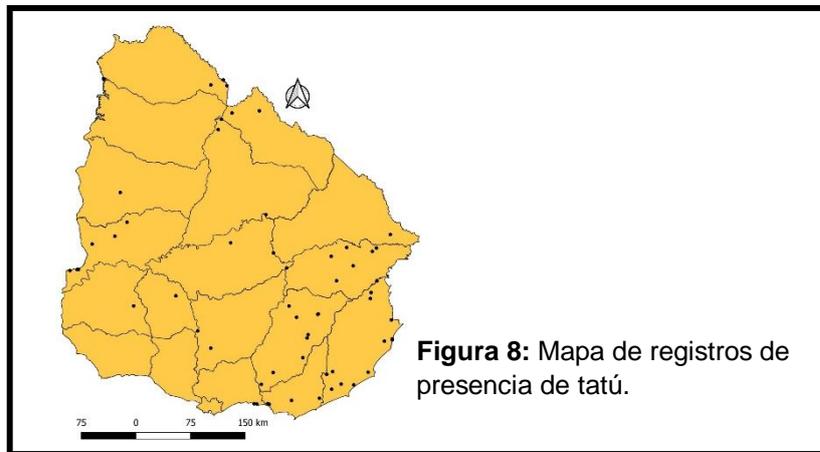
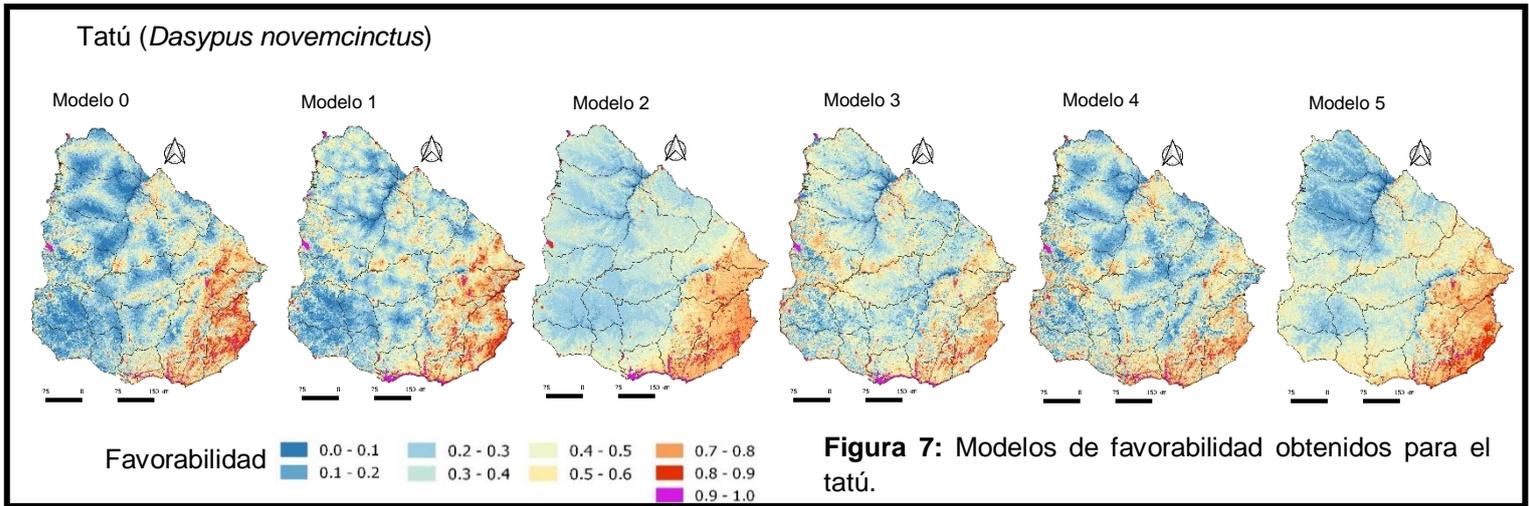
**Figura 6:** Mapa de registros de presencia de margay.

**Tabla 5:** Lista de modelos elaborados para el margay y las evaluaciones obtenidas para cada uno.

	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
<b>Modelo 0</b>	0.91	0.80	0.85	0.66	0.80	0.0000	0.9988
<b>Modelo 1</b>	0.90	0.80	0.79	0.59	0.80	0.0001	0.9990
<b>Modelo 2</b>	0.88	0.78	0.81	0.60	0.78	0.0001	0.9990
<b>Modelo 3</b>	0.84	0.79	0.71	0.50	0.79	0.0001	0.9991
<b>Modelo 4</b>	0.87	0.80	0.79	0.59	0.80	0.0001	0.9989
<b>Modelo 5</b>	0.88	0.78	0.81	0.60	0.78	0.0001	0.9990

**Tabla 6:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el margay.

Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald
Modelo 0	CAMONATUR	-	23.63357
	NDVI	+	4.688401
	DIST_URB	-	15.50913
	BIO 17	+	22.47294
	CURS_CAM	+	7.616718
	ESCABROCID	+	18.37843
	INUN_SUELO	+	6.601676
Modelo 1	TPDA	+	6.407793
	CAMONATUR	-	21.32951
	NDVI	+	5.404002
Modelo 2	DIST_URB	-	17.16504
	BIO 17	+	20.21267
	ESCABROCID	+	15.65949
	INUN_SUELO	+	5.643552
	BH_VERANO	-	4.532409
	CAMONATUR	-	19.72348
	NDVI	+	4.379643
Modelo 3	BIO 17	+	15.93229
	ESCABROCID	+	12.47849
	BH_VERANO	-	7.002304
	INUN_SUELO	+	4.125503
Modelo 4	CAMONATUR	-	27.82753
	ESCABROCID	+	21.21865
	INUN_SUELO	+	8.021033
	NDVI	+	4.421971
Modelo 5	AGRICOLA	-	4.010551
	CAMONATUR	-	27.41104
	ESCABROCID	+	25.92855
	DIST_URB	-	13.46605
Modelo 5	INUN_SUELO	+	9.524347
	NDVI	+	6.564903
	AGRICOLA	-	4.533078
	CURS_CAM	+	8.263205
	BH_VERANO	-	7.002304

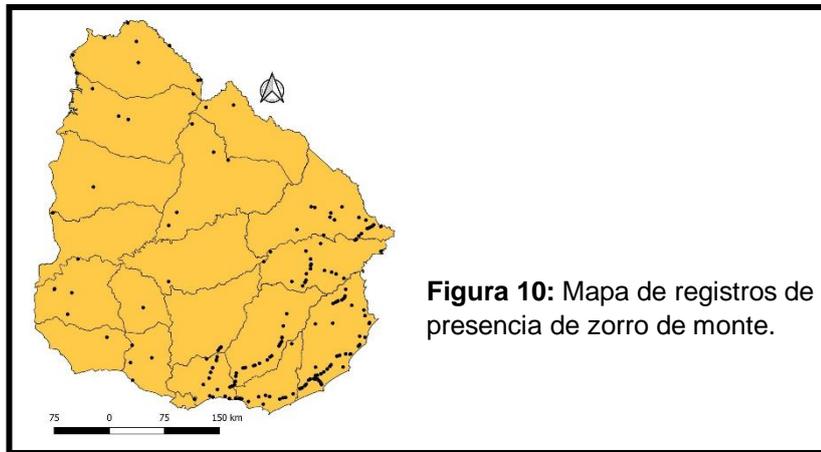
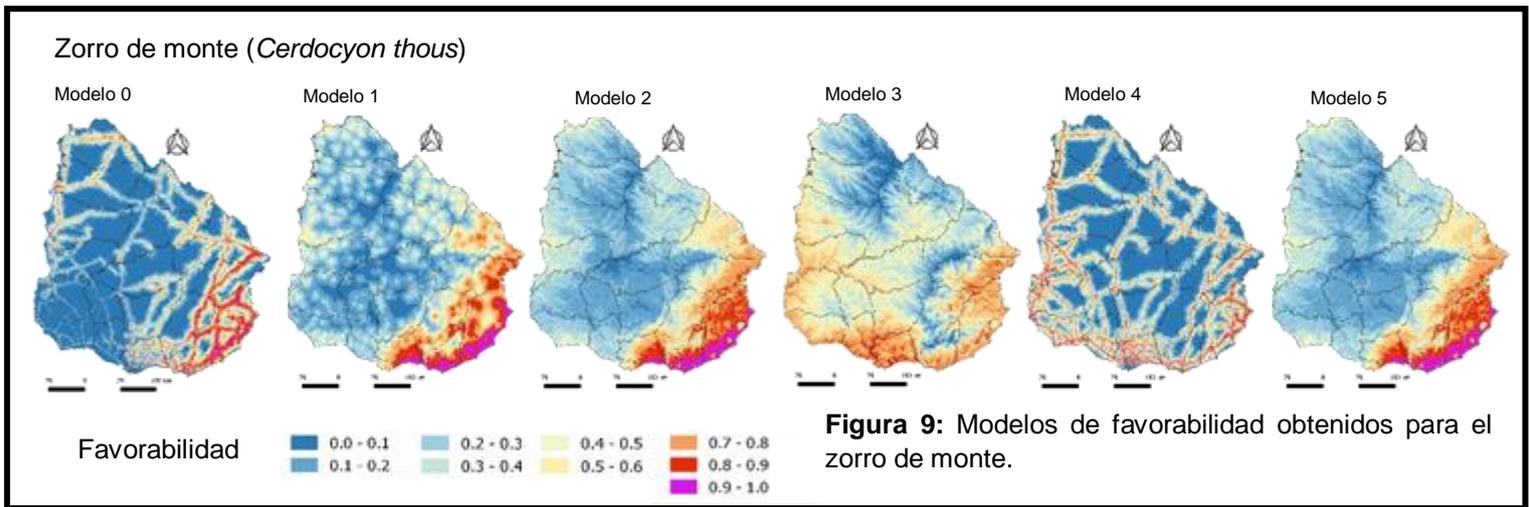


**Tabla 7:** Lista de modelos elaborados para el tatú y las evaluaciones obtenidas para cada uno.

	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
<b>Modelo 0</b>	0.79	0.75	0.67	0.42	0.75	0.0001	0.9991
<b>Modelo 1</b>	0.77	0.74	0.69	0.43	0.74	0.0001	0.9991
<b>Modelo 2</b>	0.75	0.77	0.66	0.42	0.77	0.0001	0.9991
<b>Modelo 3</b>	0.75	0.72	0.62	0.34	0.72	0.0002	0.9993
<b>Modelo 4</b>	0.79	0.73	0.72	0.46	0.73	0.0001	0.9991
<b>Modelo 5</b>	0.73	0.70	0.66	0.36	0.70	0.0002	0.9993

**Tabla 8:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el tatú.

Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald
Modelo 0	TPDA	+	22.51948
	ESCABROCID	+	19.44427
	CAMIN_M_	+	12.89233
	HELAD	+	12.75457
	CAMPONATUR	-	8.012417
	ALTURA	-	7.713807
	DIST_RUTAS	-	6.549792
Modelo 1	AGRICOLA	-	5.330082
	ESCABROCID	+	23.26421
	HELAD	+	9.497077
	ALTURA	-	9.413029
	DIST_URB	-	6.096315
	CAMPONATUR	-	5.86825
	URBANO	+	5.594375
Modelo 2	AGRICOLA	-	4.726314
	URBANO	+	26.02901
	ESCABROCID	+	11.29386
	ALTURA	-	5.486765
	HELAD	+	5.228679
	BIO 7	-	4.215891
	BOSQUES	+	4.098628
Modelo 3	ESCABROCID	+	27.07494
	ALTURA	-	10.83785
	URBANO	+	9.749339
	CAMPONATUR	-	6.66982
Modelo 4	AGRICOLA	-	6.239482
	ESCABROCID	+	23.60268
	TPDA	+	18.55827
	CAMIN_M_	+	10.23586
	CAMPONATUR	-	8.212015
	AGRICOLA	-	7.807521
	ALTURA	-	6.913178
Modelo 5	DIST_RUTAS	-	4.785642
	ESCABROCID	+	24.49791
	ALTURA	-	14.37017
	BIO 17	+	11.93936
CAMPONATUR	-	7.124477	

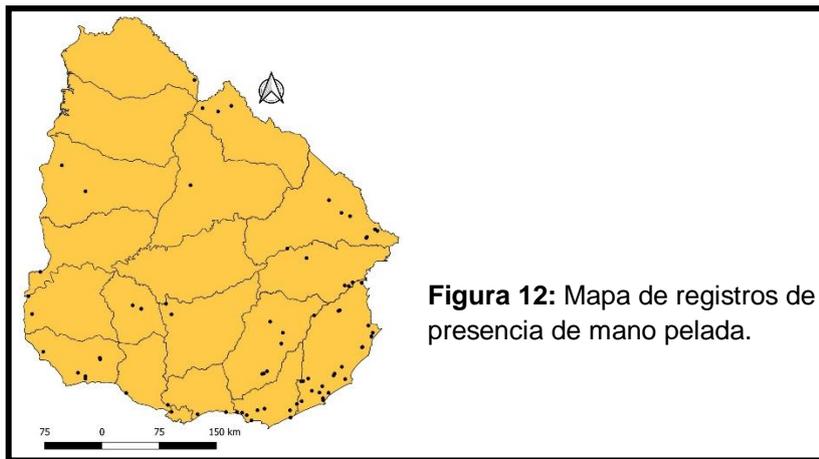
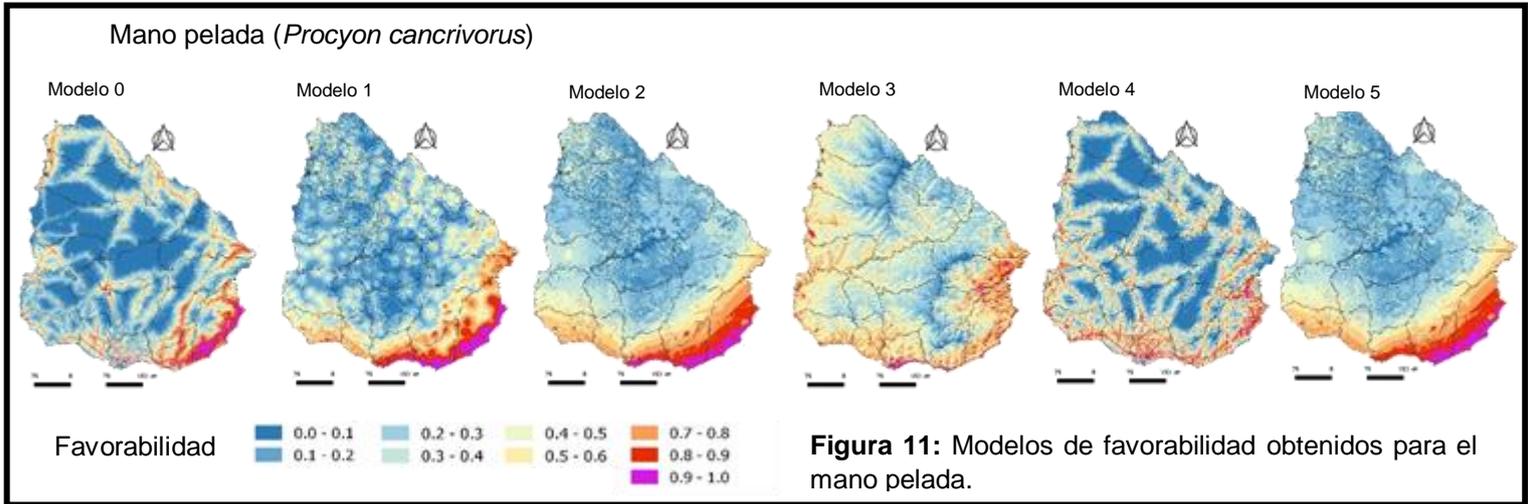


**Tabla 9:** Lista de modelos elaborados para el zorro de monte y las evaluaciones obtenidas para cada uno.

	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
<b>Modelo 0</b>	0.89	0.84	0.81	0.65	0.84	0.0002	0.9949
<b>Modelo 1</b>	0.83	0.79	0.77	0.55	0.79	0.0003	0.9963
<b>Modelo 2</b>	0.82	0.79	0.73	0.52	0.79	0.0004	0.9965
<b>Modelo 3</b>	0.73	0.65	0.70	0.35	0.65	0.0005	0.9979
<b>Modelo 4</b>	0.88	0.79	0.83	0.62	0.79	0.0002	0.9959
<b>Modelo 5</b>	0.82	0.79	0.73	0.52	0.79	0.0004	0.9965

**Tabla 10:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el zorro de monte.

Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald	Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald	Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald
Modelo 0	TPDA	+	139.6527	Modelo 2	HELAD	+	15.30887	Modelo 4	TPDA	+	127.7102
	DIST_RUTAS	-	67.09075		ALTURA	-	15.00807		CAMIN_M_	+	81.25349
	CAMIN_M_	+	82.6033		PMAX_MED	+	12.49949		DIST_RUTAS	-	68.46381
	URBANO	-	44.78444		BIO 7	-	8.674643		URBANO	-	39.60214
	BIO 6	+	38.55845		BIO 9	-	8.42135		ALTURA	-	13.55343
	BIO 9	-	29.72562		RAD_SOLAR	+	7.034434		DIST_CAMI	+	13.17913
	BH_OT0_O	+	21.92271		ROC_SUELO	+	5.406967		INUN_SUELO	+	12.24777
	BIO 7	+	21.11884	HUMEDAL	-	4.710487	BOSQUES	+	10.84296		
	DIST_CAMI	+	19.45601	OriNS	-	3.969947	OriNS	-	6.74523		
	ALTURA	-	14.67381	ALTURA	-	48.58316	CURS_CAM	+	6.294138		
	HELAD	+	13.09952	DIST_COSTA	-	12.55683	DIST_COSTA	+	4.07922		
	CURS_CAM	+	8.590306	OriNS	-	7.049068	HELAD	+	15.30887		
	BH_PRIMAVE	-	7.279452	ROC_SUELO	+	4.534696	ALTURA	-	15.00807		
	CAMPONATUR	-	4.008529	BOSQUES	+	3.948797	PMAX_MED	+	12.49949		
Modelo 1	DIST_URB	-	28.30802					BIO 7	-	8.674643	
	HELAD	+	20.45243					BIO 9	-	8.42135	
	PMAX_MED	+	14.57391					RAD_SOLAR	+	7.034434	
	BIO 9	-	9.647521					ROC_SUELO	+	5.406967	
	ALTURA	-	9.021634					HUMEDAL	-	4.710487	
	RAD_SOLAR	+	7.402554					OriNS	-	3.969947	

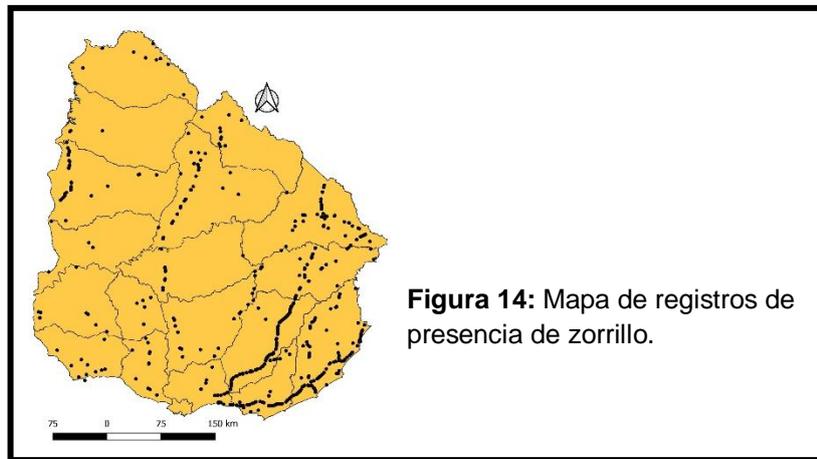
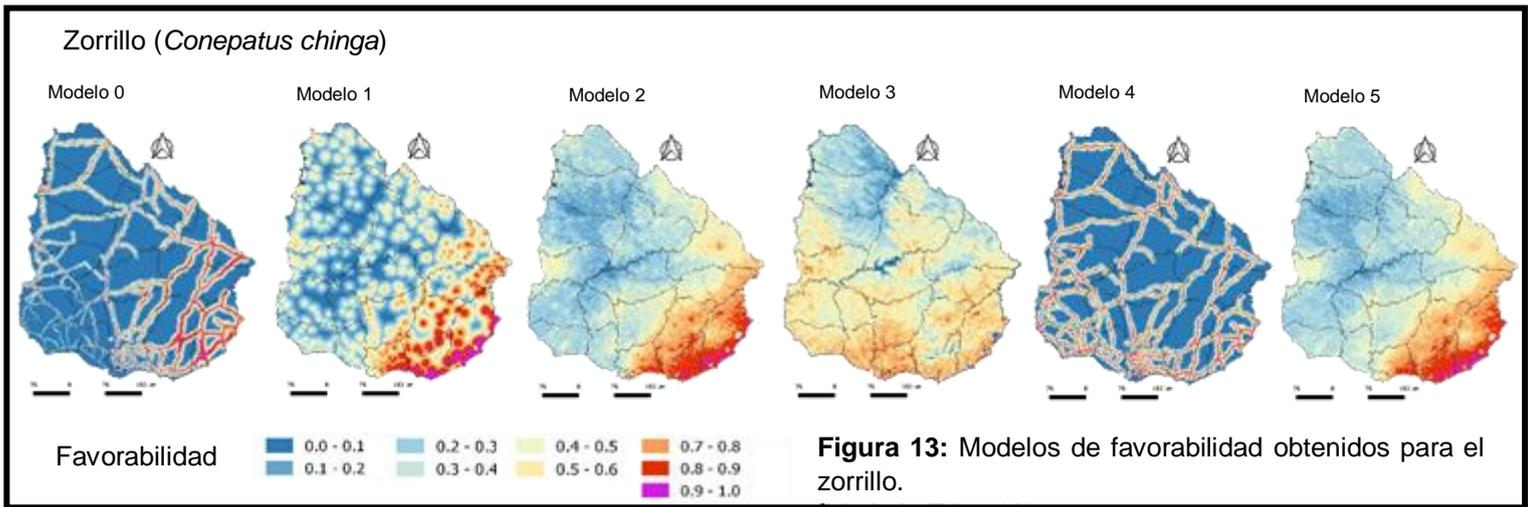


**Tabla 11:** Lista de modelos elaborados para el mano pelada y las evaluaciones obtenidas para cada uno.

	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
<b>Modelo 0</b>	0.88	0.83	0.76	0.59	0.83	0.0001	0.9981
<b>Modelo 1</b>	0.83	0.78	0.71	0.49	0.78	0.0002	0.9986
<b>Modelo 2</b>	0.82	0.78	0.75	0.53	0.78	0.0001	0.9985
<b>Modelo 3</b>	0.73	0.69	0.67	0.36	0.69	0.0002	0.9991
<b>Modelo 4</b>	0.87	0.78	0.84	0.62	0.78	0.0001	0.9984
<b>Modelo 5</b>	0.81	0.78	0.74	0.51	0.78	0.0001	0.9986

**Tabla 12:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el mano pelada.

Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald
Modelo 0	TPDA	+	41.05641
	CAMIN_M_	-	37.4199
	BIO15	+	36.15775
	ETR	+	26.96137
	BIO 6	+	21.83343
	BIO 3	+	18.20553
	DIST_RUTAS	-	16.55008
	PMAX_MED	-	9.172069
	DIST_CAMI	+	5.669531
	BOSQUES	+	4.425201
Modelo 1	CURS_CAM	+	4.394256
	URBANO	-	4.045639
	Bio 7	-	59.9777
	Dist_urb	-	12.42393
	Prof_suelo	+	9.119658
Modelo 2	Roc_suelo	-	6.195339
	ETR	+	5.868224
	Bio 3	+	5.60112
	BIO 7	-	103.5397
	ETR	+	15.09747
Modelo 3	Prof_suelo	+	7.761287
	URBANO	+	5.334258
	Roc_suelo	-	4.214624
Modelo 4	ALTURA	-	21.04911
	URBANO	+	15.5498
	ORIEO	-	9.012141
	BOSQUES	+	5.942025
	ORINS	-	5.556535
Modelo 5	CAMIN_M_	+	37.15132
	TPDA	+	36.78151
	DIST_RUTAS	-	20.61593
	HUMEDAL	+	16.19421
	BOSQUES	+	15.30885
	ORINS	-	6.094604
	ALTURA	-	5.029524
BIO 7	-	114.7453	
Modelo 5	ETR	+	16.80944
	Prof_suelo	+	7.839947
	Roc_suelo	-	3.966846

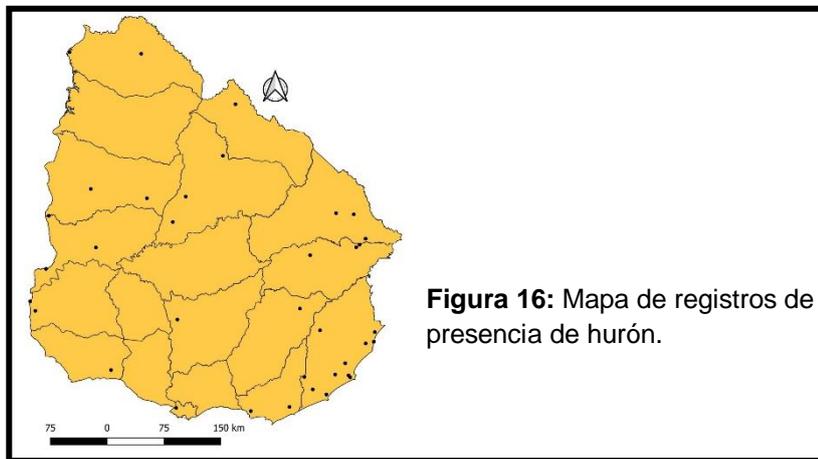
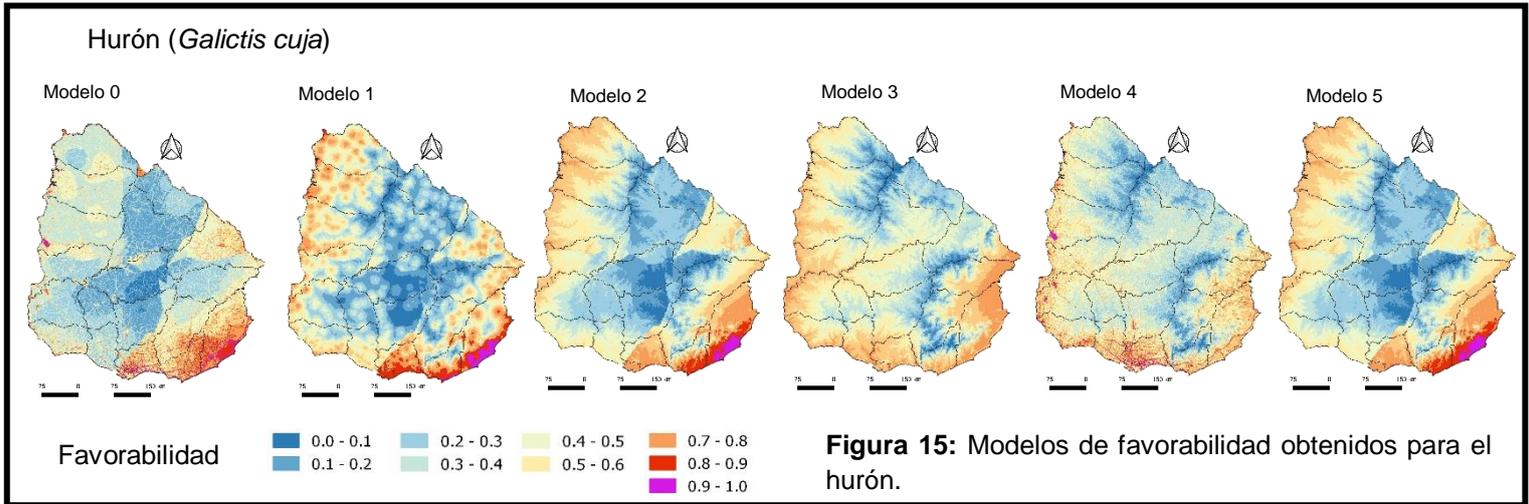


**Tabla 13:** Lista de modelos elaborados para el zorrillo y las evaluaciones obtenidas para cada uno.

	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
<b>Modelo 0</b>	0.93	0.85	0.88	0.73	0.85	0.0004	0.9837
<b>Modelo 1</b>	0.80	0.75	0.69	0.44	0.75	0.0011	0.9926
<b>Modelo 2</b>	0.76	0.76	0.66	0.42	0.76	0.0012	0.9926
<b>Modelo 3</b>	0.68	0.59	0.67	0.26	0.59	0.0015	0.9955
<b>Modelo 4</b>	0.93	0.81	0.90	0.71	0.81	0.0003	0.9871
<b>Modelo 5</b>	0.75	0.76	0.65	0.41	0.76	0.0013	0.9927

**Tabla 14:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el zorrillo.

Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald	Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald	Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald	Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald
<b>Modelo 0</b>	TPDA	+	271.4215	<b>Modelo 1</b>	DIST_URB	-	169.6403	<b>Modelo 3</b>	ALTURA	-	40.95305	<b>Modelo 5</b>	HELAD	+	34.5098
	CAMIN_M_	+	231.8799		HELAD	+	39.79876		DENS_POB	+	33.23609		ETR	+	34.21768
	DIST_RUTAS	-	207.9656		BIO 9	-	18.76707		DIST_COSTA	+	31.84292		BIO 7	-	27.74169
	URBANO	-	95.29905		ETR	+	16.11053		DIST_RIO	+	20.71995		PROF_SUELO	+	27.51296
	BIO 7	+	43.27547		RAD_SOLAR	+	13.22489		NDVI	+	16.77342		BIO 15	-	18.70973
	BIO 9	-	40.82664		BIO 6	+	11.73418		TEXT_SUELO	+	10.32872		RAD_SOLAR	+	16.40577
	BIO 6	+	39.43541	PROF_SUELO	+	10.35331	OrINS	-	9.163522	BIO 9	-	10.71786			
	DIST_CAMI	+	35.84156	BIO 15	-	8.474164	PROF_SUELO	+	5.20775	DIST_RIO	+	6.155747			
	HELAD	+	21.11229	NDVI	+	5.189108	DIST_RUTAS	-	223.7393	OrINS	-	4.843361			
	BIO 3	+	16.99805	HELAD	+	45.75152	TPDA	+	217.2877						
	ETR	+	14.16914	DENS_POB	+	40.61085	CAMIN_M_	+	214.6591						
	BH_OTO_O	+	13.81496	ETR	+	39.5014	URBANO	-	80.94831						
	ROC_SUELO	-	8.697924	PROF_SUELO	+	27.33631	DIST_CAMI	+	36.1188						
	BH_PRIMAVE	-	7.738508	BIO 7	-	22.49173	ROC_SUELO	-	21.54601						
	PROF_SUELO	+	7.571349	RAD_SOLAR	+	22.39801	NDVI	+	21.34009						
	DIST_URB	-	5.186305	BIO 15	-	17.33338	TEXT_SUELO	+	11.57905						
BIO 15	-	4.408472	BIO 9	-	16.75755	ALTURA	-	10.37649							
PMAX_MED	-	3.994963	DIST_RIO	+	6.665803	PROF_SUELO	+	6.592118							
			OrINS	-	5.012161	OrINS	-	6.529073							
						DIST_COSTA	+	6.360271							
						DIST_RIO	+	3.905291							



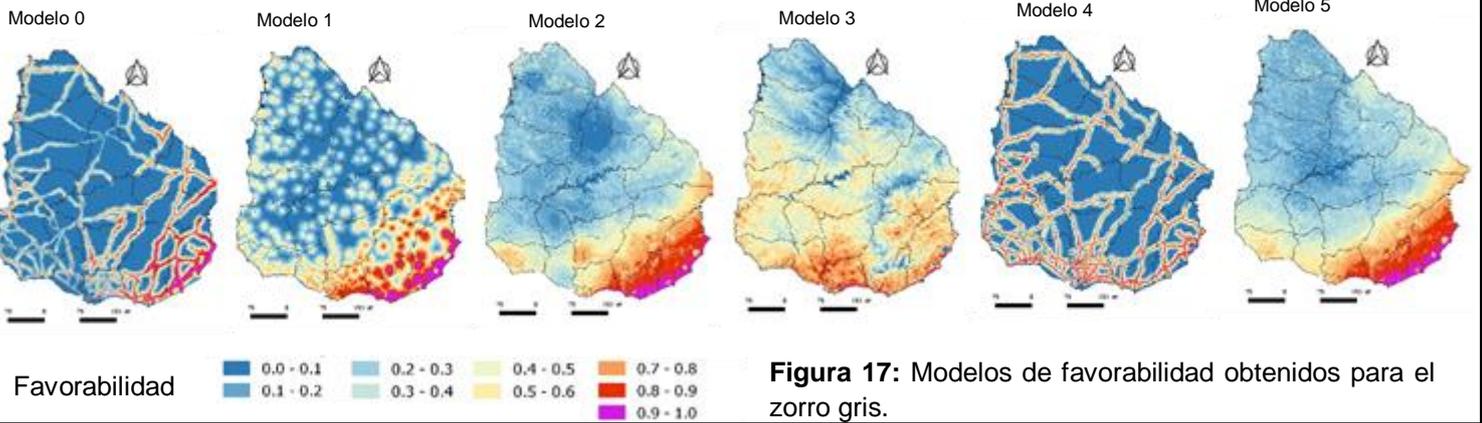
**Tabla 15:** Lista de modelos elaborados para el hurón y las evaluaciones obtenidas para cada uno.

	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
<b>Modelo 0</b>	0.81	0.76	0.72	0.48	0.76	0.0001	0.9994
<b>Modelo 1</b>	0.74	0.67	0.72	0.39	0.67	0.0001	0.9996
<b>Modelo 2</b>	0.71	0.63	0.72	0.36	0.63	0.0001	0.9996
<b>Modelo 3</b>	0.69	0.59	0.67	0.26	0.59	0.0001	0.9997
<b>Modelo 4</b>	0.78	0.69	0.75	0.44	0.69	0.0001	0.9995
<b>Modelo 5</b>	0.71	0.63	0.72	0.36	0.63	0.0001	0.9996

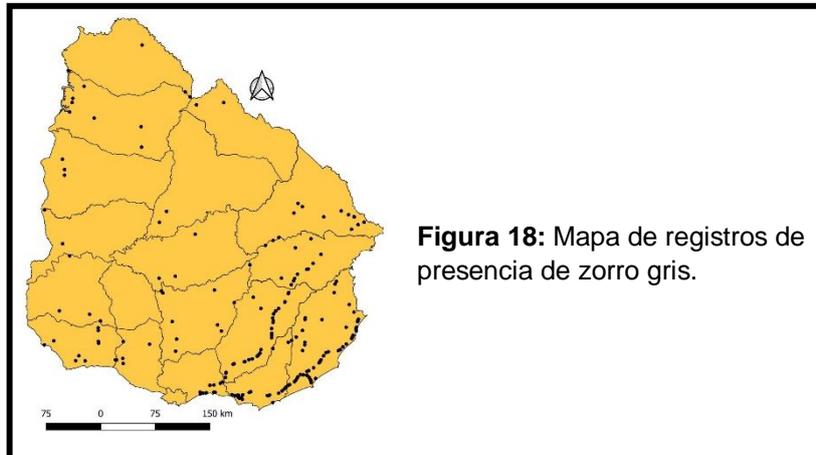
**Tabla 16:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el hurón.

Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald
Modelo 0	CAMIN_M_	+	18.46478
	PMAX_MED	+	13.74653
	TPDA	+	8.388044
	BH_PRIMAVE	-	7.0036
Modelo 1	PMAX_MED	+	13.78587
	DIST_URB	-	5.697587
	ALTURA	-	5.035045
Modelo 2	PMAX_MED	+	15.14769
	ALTURA	-	8.425281
Modelo 3	ALTURA	-	12.38805
Modelo 4	ALTURA	-	16.17061
	CAMIN_M_	+	8.402724
	TPDA	+	8.279991
Modelo 5	PMAX_MED	+	15.14769
	ALTURA	-	8.425281

Zorro gris (*Lycalopex gymnocercus*)



**Figura 17:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el zorro gris.



**Figura 18:** Mapa de registros de presencia de zorro gris.

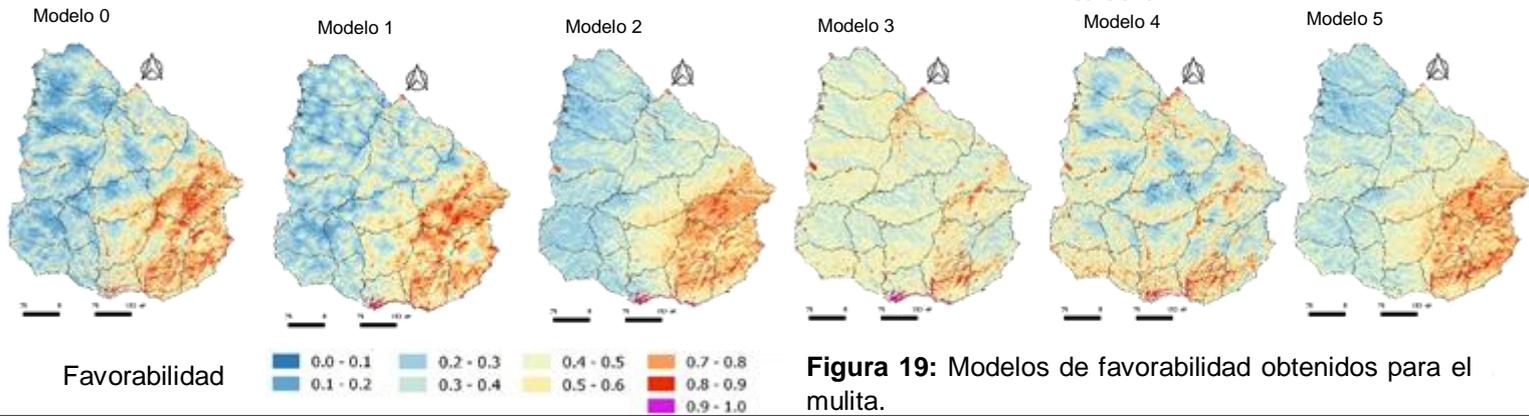
**Tabla 17:** Lista de modelos elaborados para el zorro gris y las evaluaciones obtenidas para cada uno.

	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
<b>Modelo 0</b>	0.92	0.85	0.86	0.71	0.85	0.0002	0.9934
<b>Modelo 1</b>	0.84	0.78	0.78	0.55	0.78	0.0003	0.9961
<b>Modelo 2</b>	0.81	0.78	0.69	0.46	0.78	0.0005	0.9965
<b>Modelo 3</b>	0.73	0.65	0.70	0.34	0.64	0.0005	0.9978
<b>Modelo 4</b>	0.91	0.79	0.88	0.67	0.79	0.0002	0.9953
<b>Modelo 5</b>	0.80	0.78	0.67	0.45	0.78	0.0005	0.9965

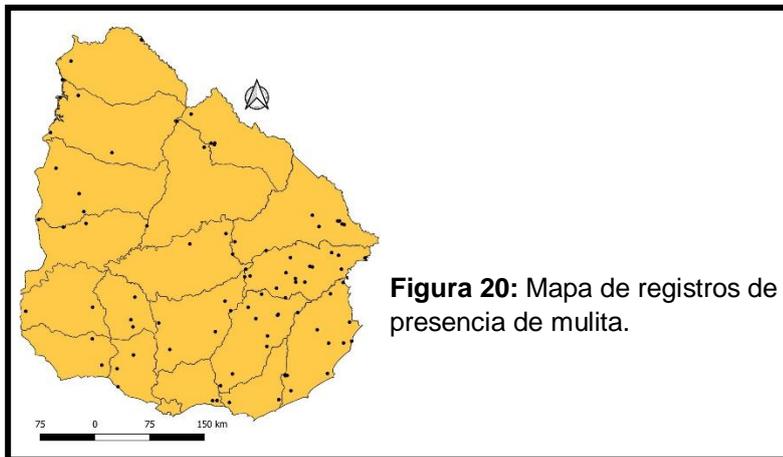
**Tabla 18:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el zorro gris.

Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald
Modelo 0	TPDA	+	115.4207
	DIST_RUTAS	-	81.00636
	CAMIN_M_	+	80.27966
	URBANO	-	33.53174
	ETR	+	29.81861
	BH_INVIERN	+	25.34214
	RAD_SOLAR	+	19.12805
	DIST_CAMI	+	17.42271
	BH_PRIMAVERA	-	15.95024
	BIO 6	+	11.54032
	DIST_URB	-	10.40672
	HELAD	+	10.01788
	PMAX_MED	-	9.974438
	BIO 9	-	9.476807
	B15	-	4.922018
Modelo 1	DIST_URB	-	78.63932
	HELAD	+	34.63518
	ETR	+	16.652
	BIO 3	-	11.85651
	PROF_SUELO	+	7.195437
Modelo 2	BIO 6	+	44.81783
	PROF_SUELO	+	16.91949
	BH_INVIERNO	+	15.9162
	BH_PRIMAVERA	-	13.03016
	BIO 3	-	8.79777
Modelo 3	RAD_SOLAR	+	7.376663
	BIO 9	-	7.209694
	DIST_RIO	+	6.411851
	URBANO	+	3.999719
	OrINS	-	5.692368
Modelo 4	ALTURA	-	47.78099
	DIST_COSTA	-	28.7721
	DIST_RIO	+	23.61102
	NDVI	+	9.941772
	URBANO	+	6.736798
Modelo 5	OrINS	-	4.307985
	BIO 9	-	124.6015
	BIO 6	+	86.68546
	PROF_SUELO	+	16.93911
	DIST_RIO	+	6.800059

Mulita (*Dasypus hybridus*)



**Figura 19:** Modelos de favorabilidad obtenidos para el mulita.



**Figura 20:** Mapa de registros de presencia de mulita.

**Tabla 19:** Lista de modelos elaborados para la mulita y las evaluaciones obtenidas para cada uno.

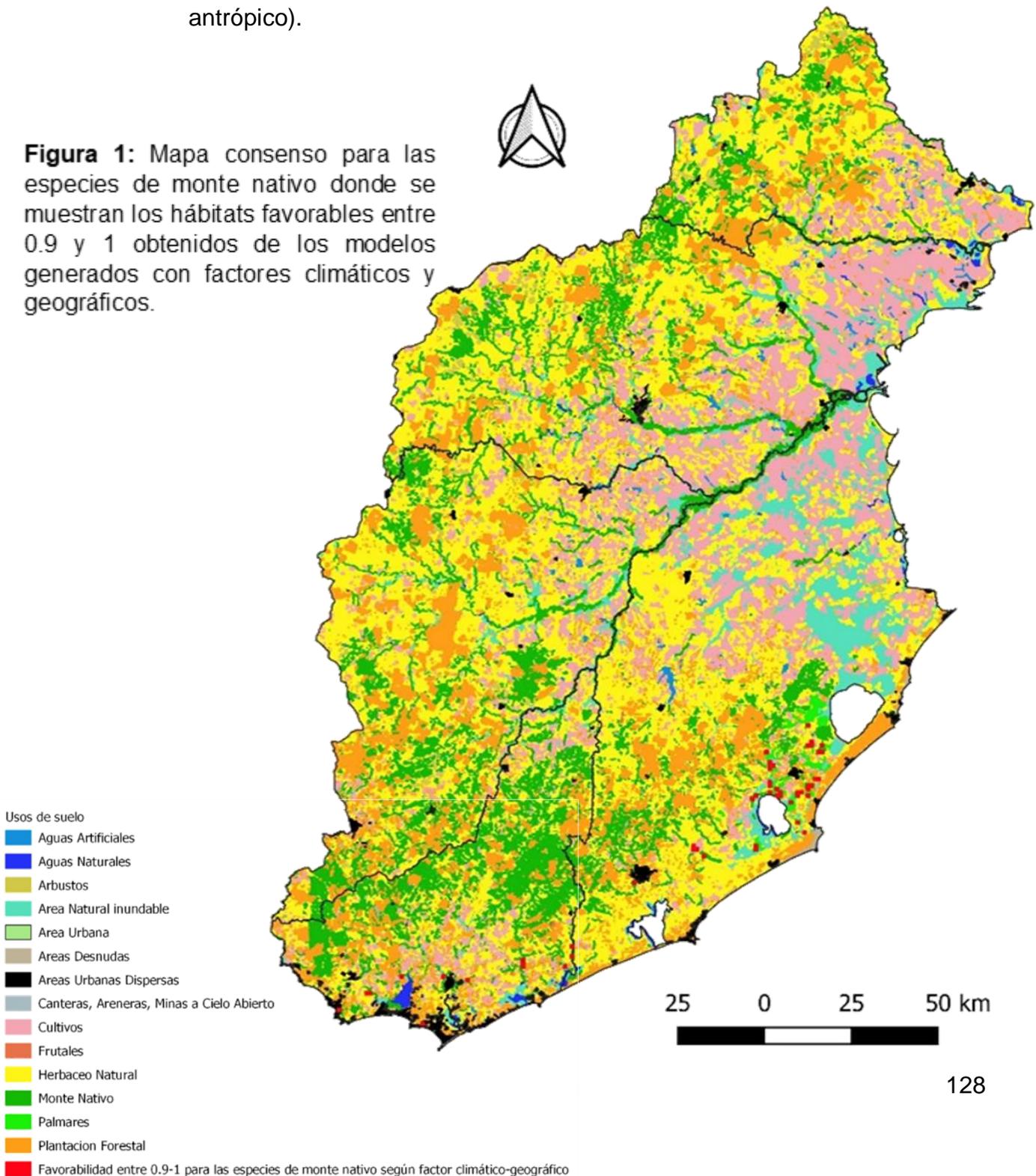
	AUC	CCR	Sensibilidad	TSS	Especificidad	UPR	OPR
<b>Modelo 0</b>	0.73	0.70	0.63	0.33	0.70	0.0003	0.9990
<b>Modelo 1</b>	0.71	0.71	0.65	0.36	0.71	0.0002	0.9989
<b>Modelo 2</b>	0.70	0.70	0.64	0.34	0.70	0.0003	0.9989
<b>Modelo 3</b>	0.64	0.71	0.51	0.22	0.71	0.0003	0.9991
<b>Modelo 4</b>	0.71	0.70	0.68	0.38	0.70	0.0002	0.9989
<b>Modelo 5</b>	0.68	0.69	0.63	0.32	0.69	0.0003	0.9990

**Tabla 20:** Lista con las variables explicativas más relevantes para cada uno de los modelos elaborados para el mulita.

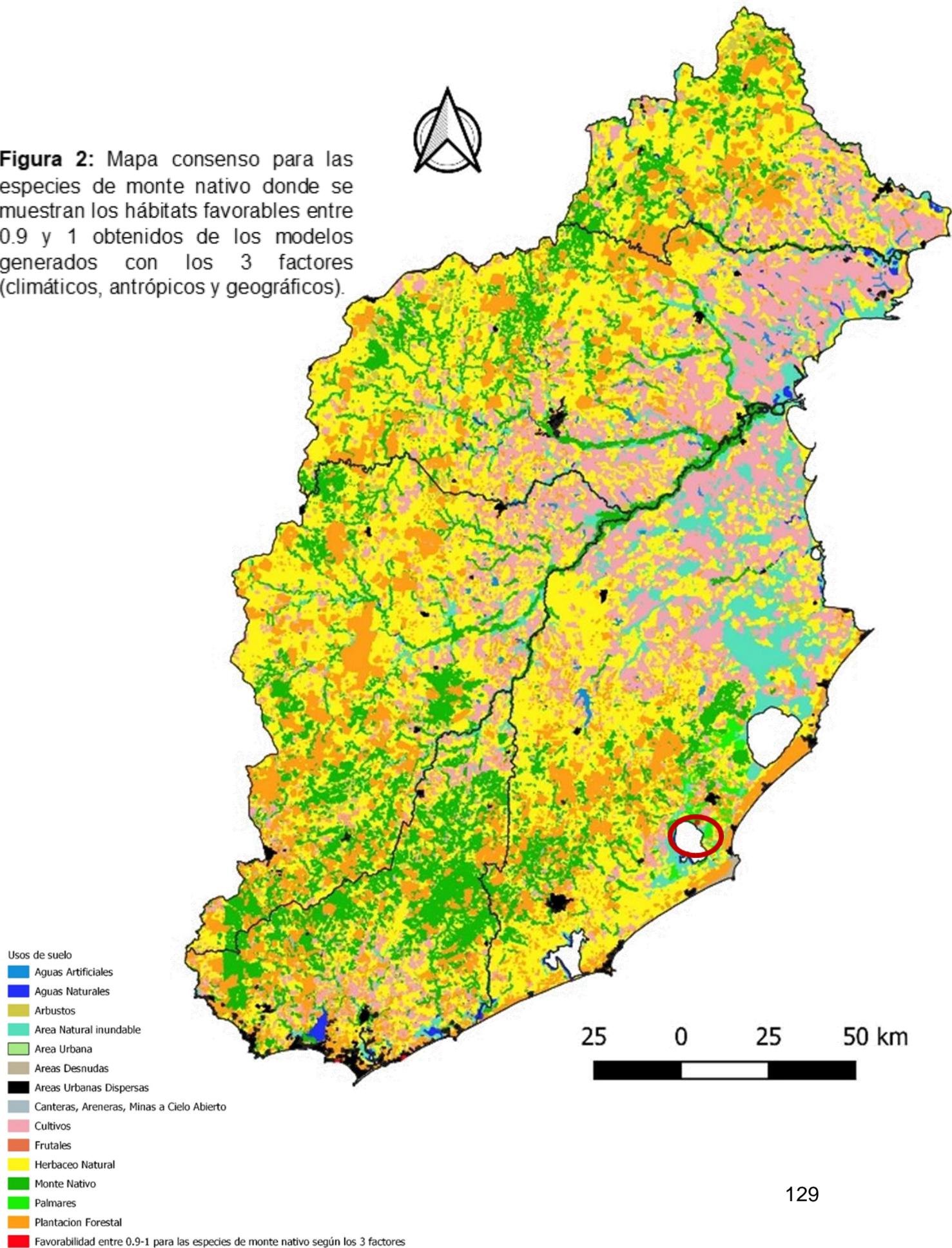
Modelos	Variables	Signo	Prueba de Wald
Modelo 0	DENS_POB	+	31.12023
	HELAD	+	25.79043
	CAMIN_M_	+	12.02484
	ESCABROCID	+	10.829
	TPDA	+	10.14203
	DIST_RUTAS	-	5.132636
	ORINS	-	4.880372
Modelo 1	BIO_13	-	4.397051
	HELAD	+	22.50575
	URBANO	+	13.94319
	ESCABROCID	+	12.45418
	DENS_POB	+	9.587761
	BIO_13	-	7.015925
	DIST_URB	-	5.504536
Modelo 2	ORINS	-	4.793032
	URBANO	+	22.4164
	HELAD	+	20.20472
	DENS_POB	+	12.78931
	ESCABROCID	+	10.62602
	BIO_13	-	7.88311
	ORINS	-	7.88311
Modelo 3	URBANO	+	19.42885
	DENS_POB	+	9.418661
	ESCABROCID	+	8.989522
	ORINS	-	6.102055
Modelo 4	BOSQUE	+	4.31895
	DENS_POB	+	23.35745
	CAMIN_M_	+	11.37555
	ESCABROCID	+	9.654402
Modelo 5	TPDA	-	7.07269
	ORINS	-	5.481302
	BOSQUE	+	5.240138
	DIST-RUTAS	-	4.098019
	HELAD	+	15.4472
Modelo 5	ESCABROCID	+	7.720445
	BIO_13	-	6.589069
	CAMONATUR	-	5.8641
Modelo 5	ORINS	-	5.707031

## 9. ANEXO C

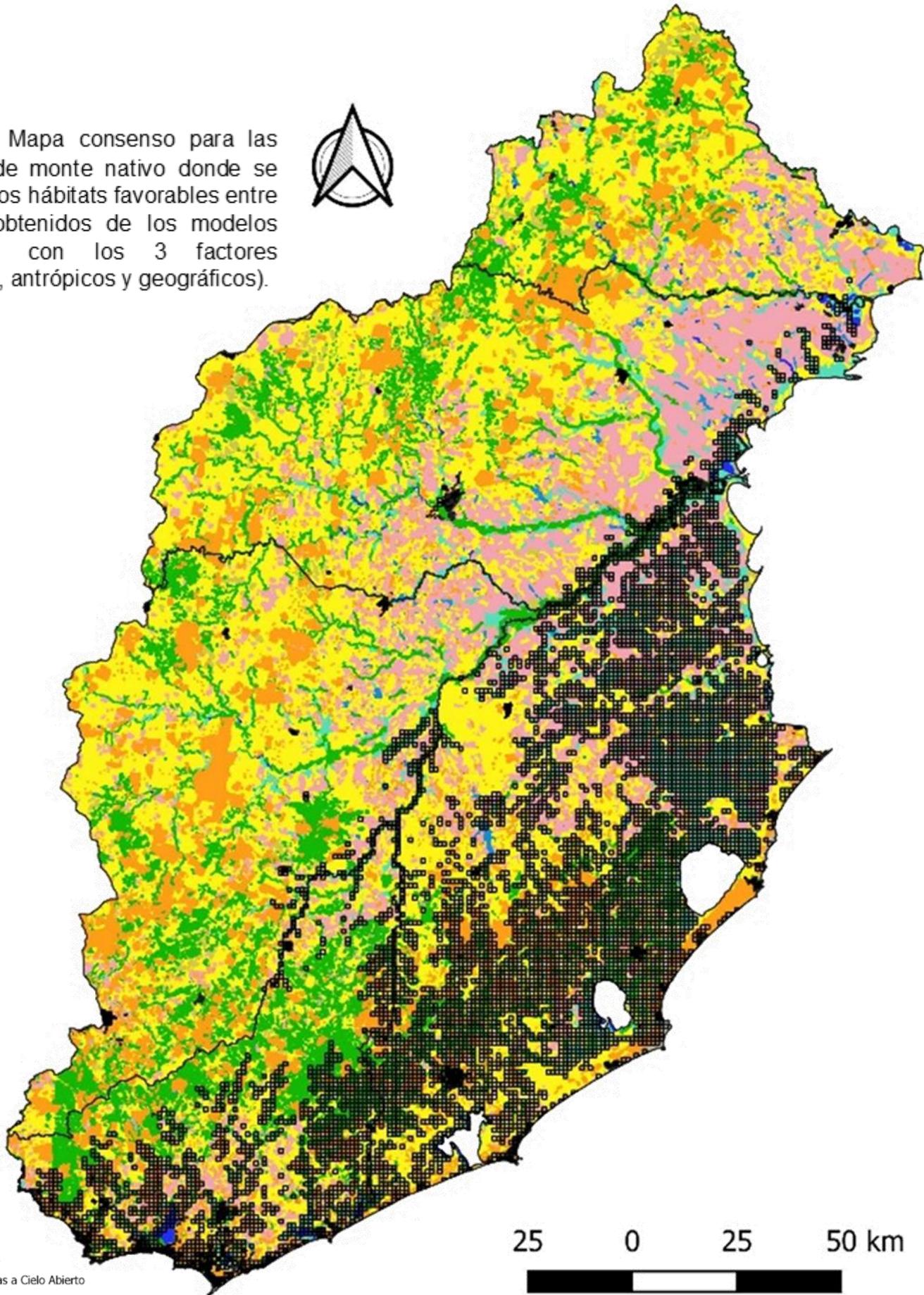
En el presente anexo se muestran los mapas de uso de suelo y la relación con los hábitats favorables obtenidos para cada grupo (Monte Nativo y Pradera) de los modelos de favorabilidad generados con factores climático y geográfico y con los tres factores juntos (climático, geográfico y antrópico).



**Figura 2:** Mapa consenso para las especies de monte nativo donde se muestran los hábitats favorables entre 0.9 y 1 obtenidos de los modelos generados con los 3 factores (climáticos, antrópicos y geográficos).



**Figura 3:** Mapa consenso para las especies de monte nativo donde se muestran los hábitats favorables entre 0.6 y 1 obtenidos de los modelos generados con los 3 factores (climáticos, antrópicos y geográficos).

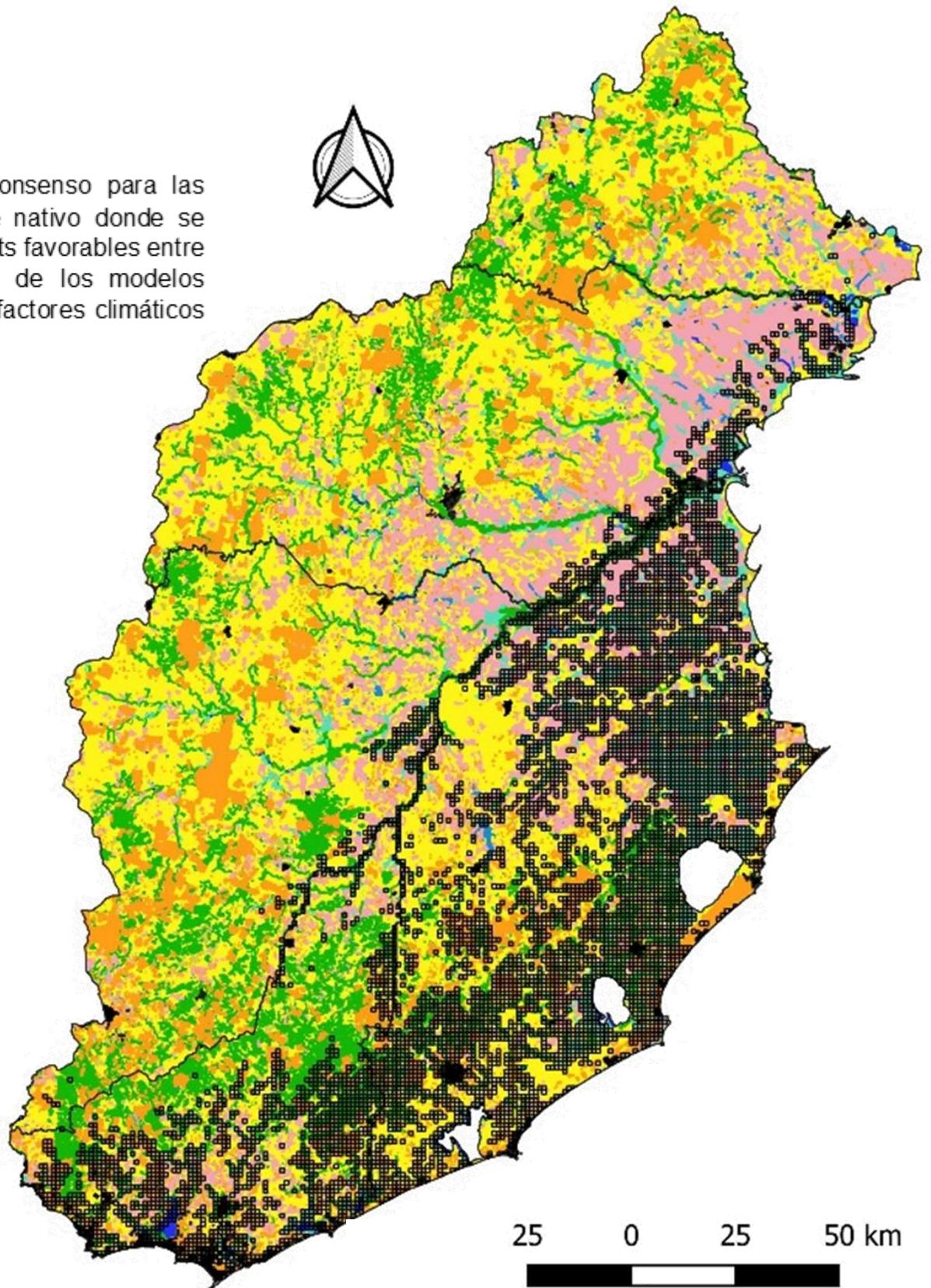


- Usos de suelo
- Aguas Artificiales
  - Aguas Naturales
  - Arbustos
  - Area Natural inundable
  - Area Urbana
  - Areas Desnudas
  - Areas Urbanas Dispersas
  - Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto
  - Cultivos
  - Frutales
  - Herbaceo Natural
  - Monte Nativo
  - Palmares
  - Plantacion Forestal
  - Favorabilidad entre 0.6-1 para las especies de monte nativo según los 3 factores

25 0 25 50 km



**Figura 4:** Mapa consenso para las especies de monte nativo donde se muestran los hábitats favorables entre 0.6 y 1 obtenidos de los modelos generados con los factores climáticos y geográficos.



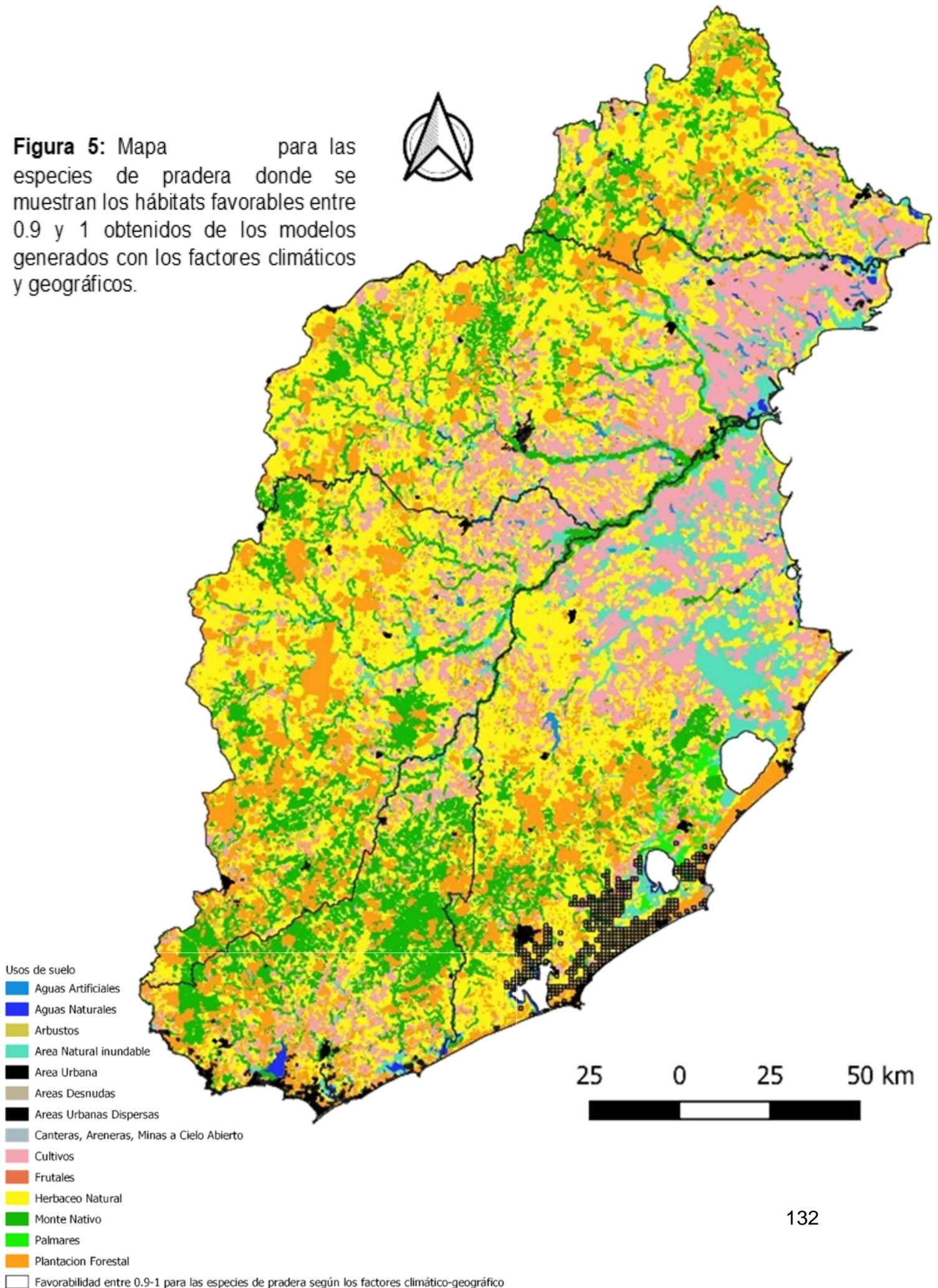
Usos de suelo

- Aguas Artificiales
- Aguas Naturales
- Arbustos
- Area Natural inundable
- Area Urbana
- Areas Desnudas
- Areas Urbanas Dispersas
- Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto
- Cultivos
- Frutales
- Herbaceo Natural
- Monte Nativo
- Palmares
- Plantacion Forestal
- Favorabilidad entre 0.6-1 para las especies de monte nativo según los factores climático-geográfico

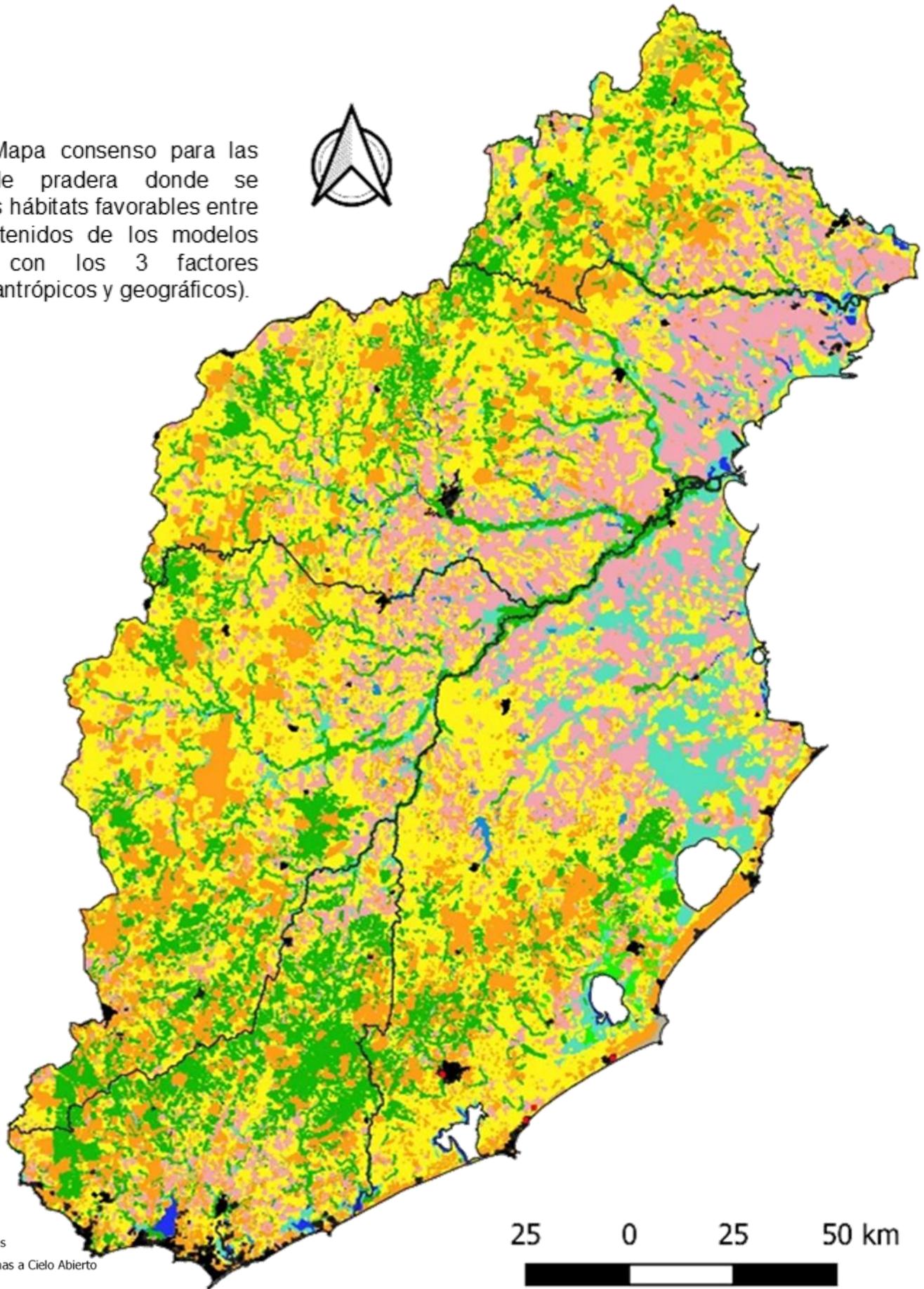
25 0 25 50 km



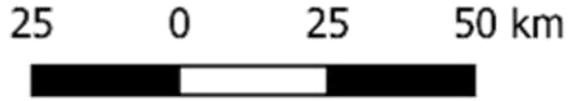
**Figura 5:** Mapa para las especies de pradera donde se muestran los hábitats favorables entre 0.9 y 1 obtenidos de los modelos generados con los factores climáticos y geográficos.



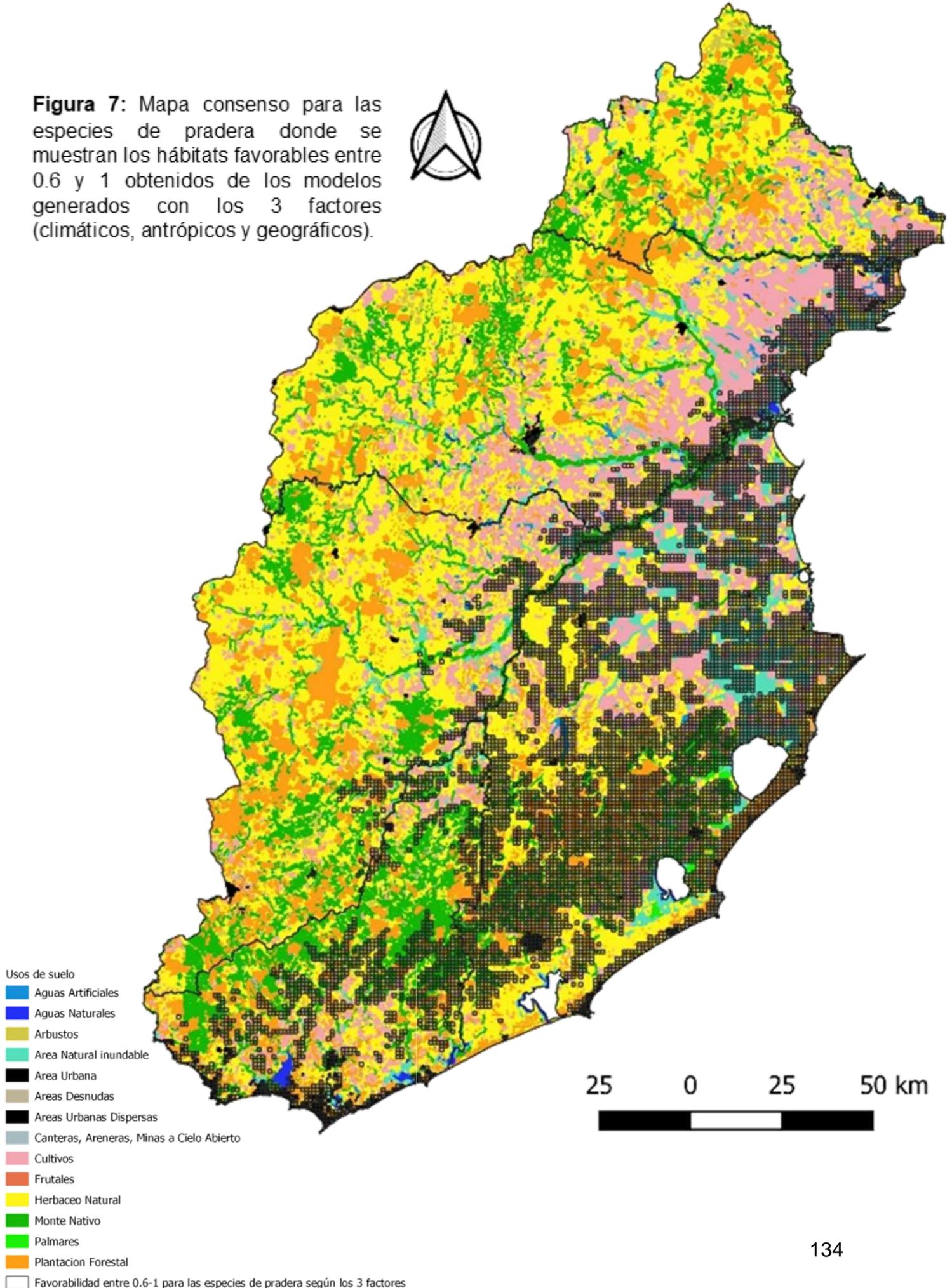
**Figura 6:** Mapa consenso para las especies de pradera donde se muestran los hábitats favorables entre 0.9 y 1 obtenidos de los modelos generados con los 3 factores (climáticos, antrópicos y geográficos).



- Usos de suelo
- Aguas Artificiales
  - Aguas Naturales
  - Arbustos
  - Area Natural inundable
  - Area Urbana
  - Areas Desnudas
  - Areas Urbanas Dispersas
  - Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto
  - Cultivos
  - Frutales
  - Herbáceo Natural
  - Monte Nativo
  - Palmares
  - Plantacion Forestal
  - Favorabilidad entre 0.9-1 para las especies de pradera según los 3 factores



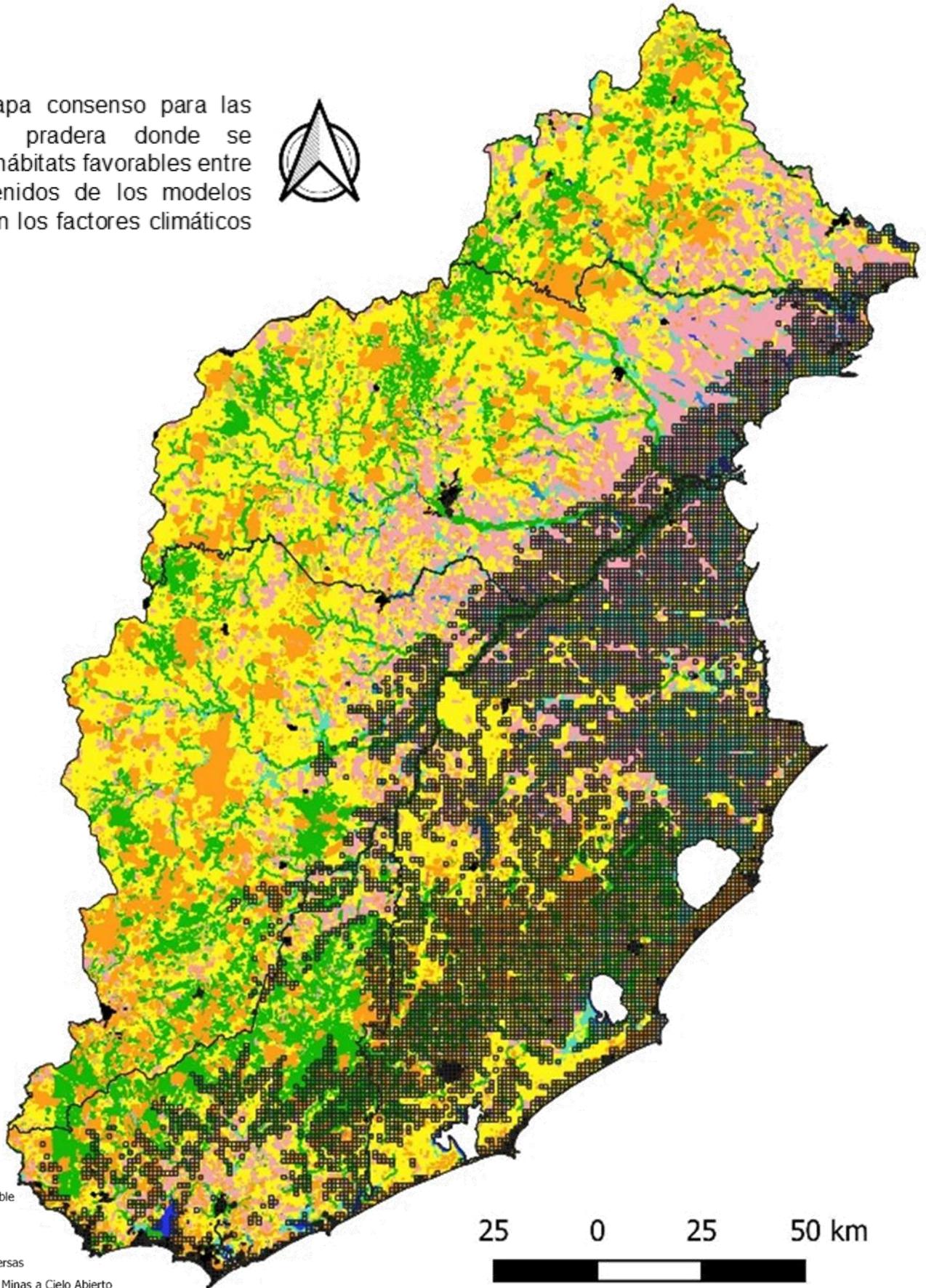
**Figura 7:** Mapa consenso para las especies de pradera donde se muestran los hábitats favorables entre 0.6 y 1 obtenidos de los modelos generados con los 3 factores (climáticos, antrópicos y geográficos).



**Figura 8:** Mapa consenso para las especies de pradera donde se muestran los hábitats favorables entre 0.6 y 1 obtenidos de los modelos generados con los factores climáticos y geográficos.

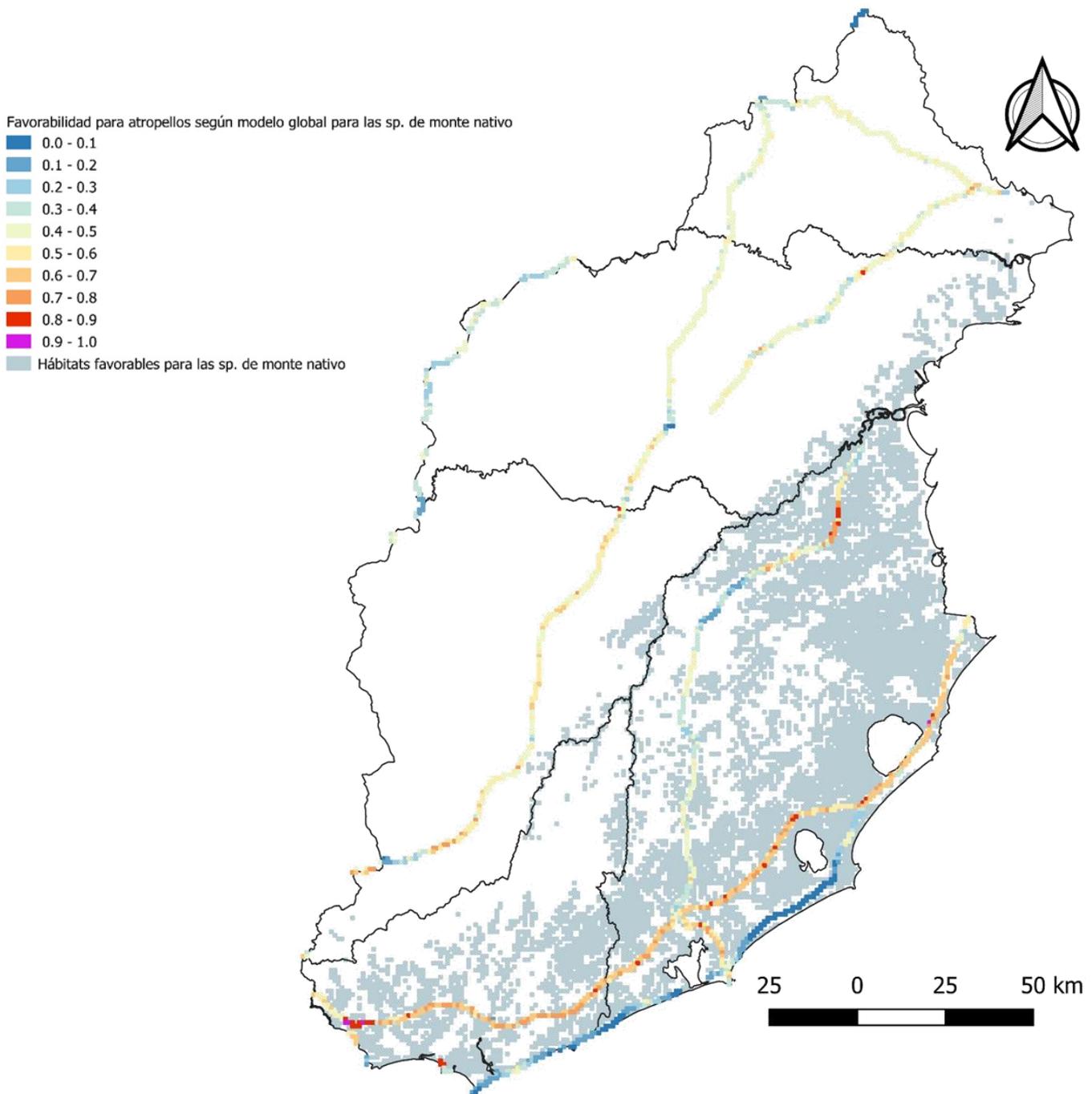


- Usos de suelo
- Aguas Artificiales
  - Aguas Naturales
  - Arbustos
  - Area Natural inundable
  - Area Urbana
  - Areas Desnudas
  - Areas Urbanas Dispersas
  - Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto
  - Cultivos
  - Frutales
  - Herbaceo Natural
  - Monte Nativo
  - Palmares
  - Plantacion Forestal
  - Favorabilidad entre 0.6-1 para las especies de pradera según los factores climaticos )

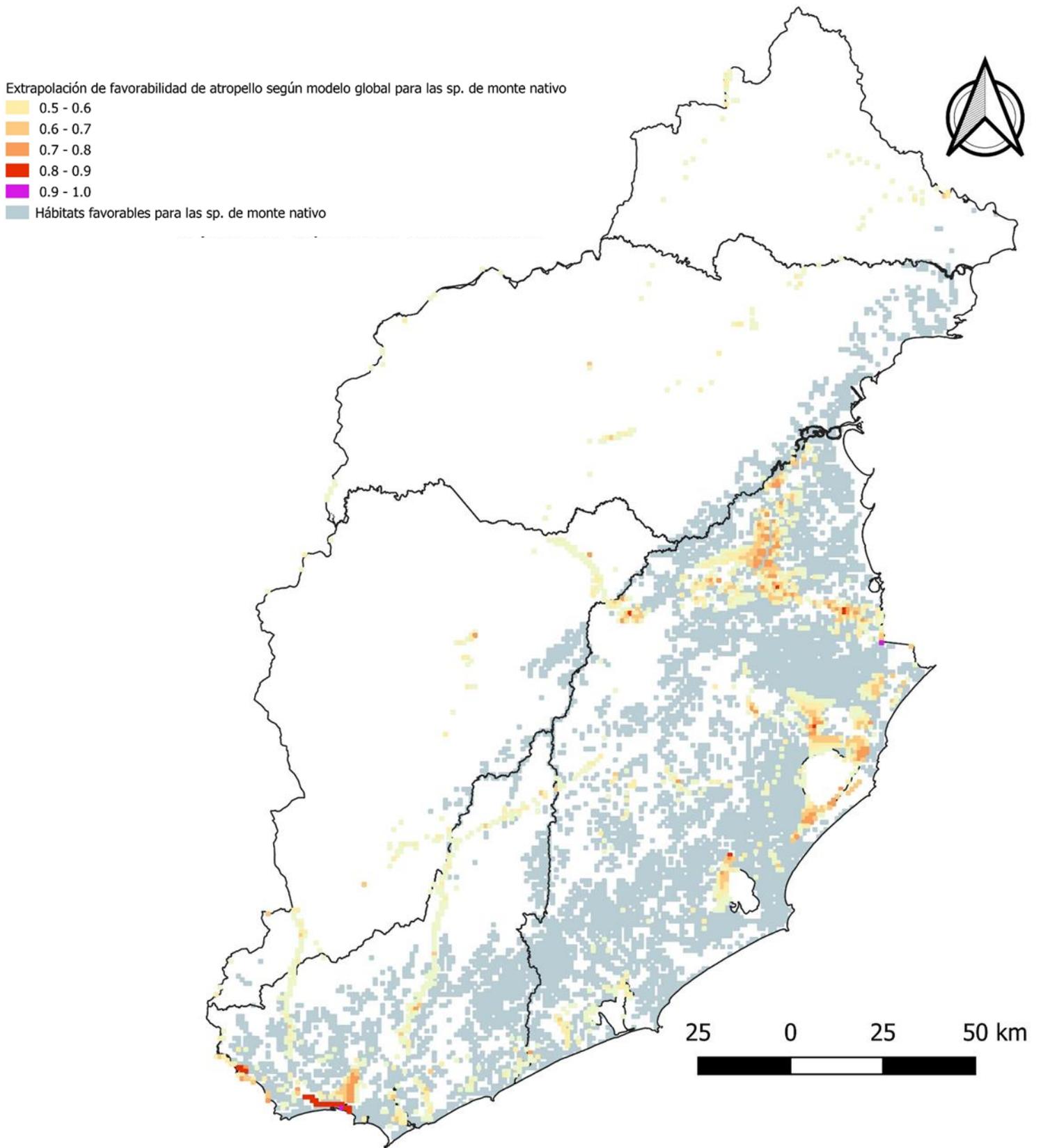


## 10. ANEXO D

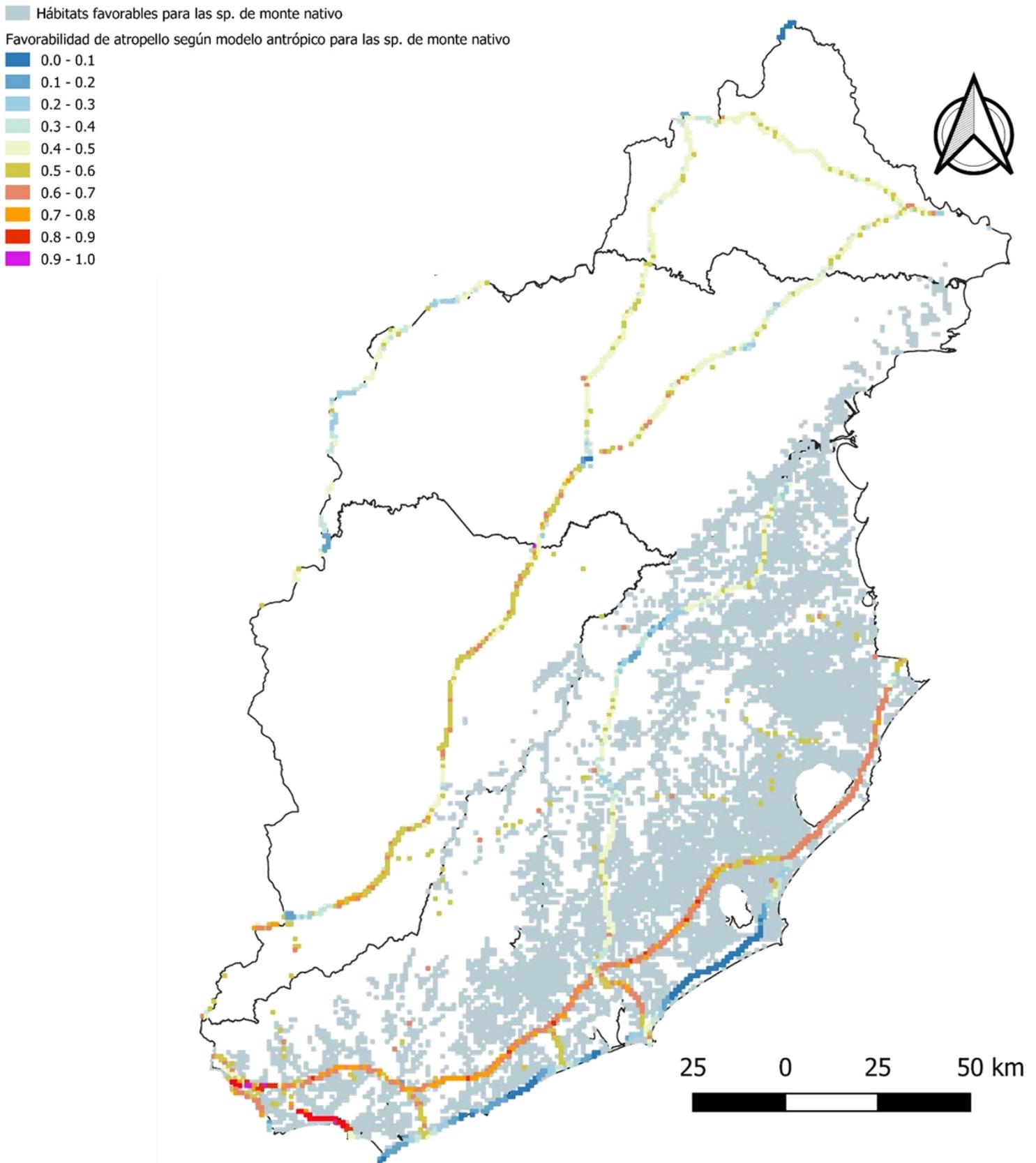
En el presente anexo se muestran los mapas de hábitats favorables para cada grupo de especies y los resultados obtenidos para los modelos de favorabilidad de atropello completo y antrópico para cada grupo. Se puede observar cómo se superponen ambos identificando áreas de interferencia.



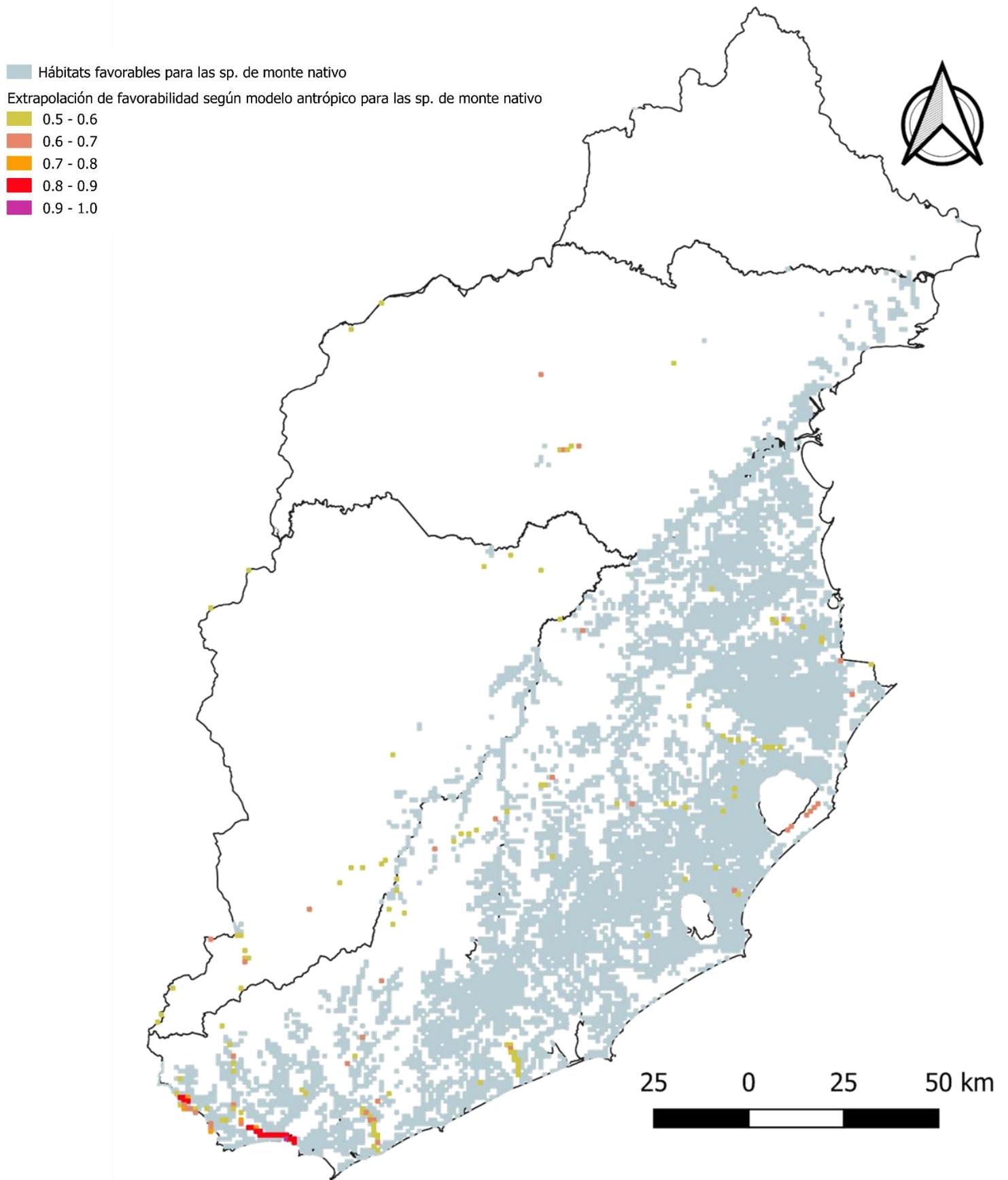
**Figura 1:** Mapa para las especies de monte en donde se muestran los sitios de conflicto entre los hábitats favorables y los sitios con alta favorabilidad de atropellos del modelo global.



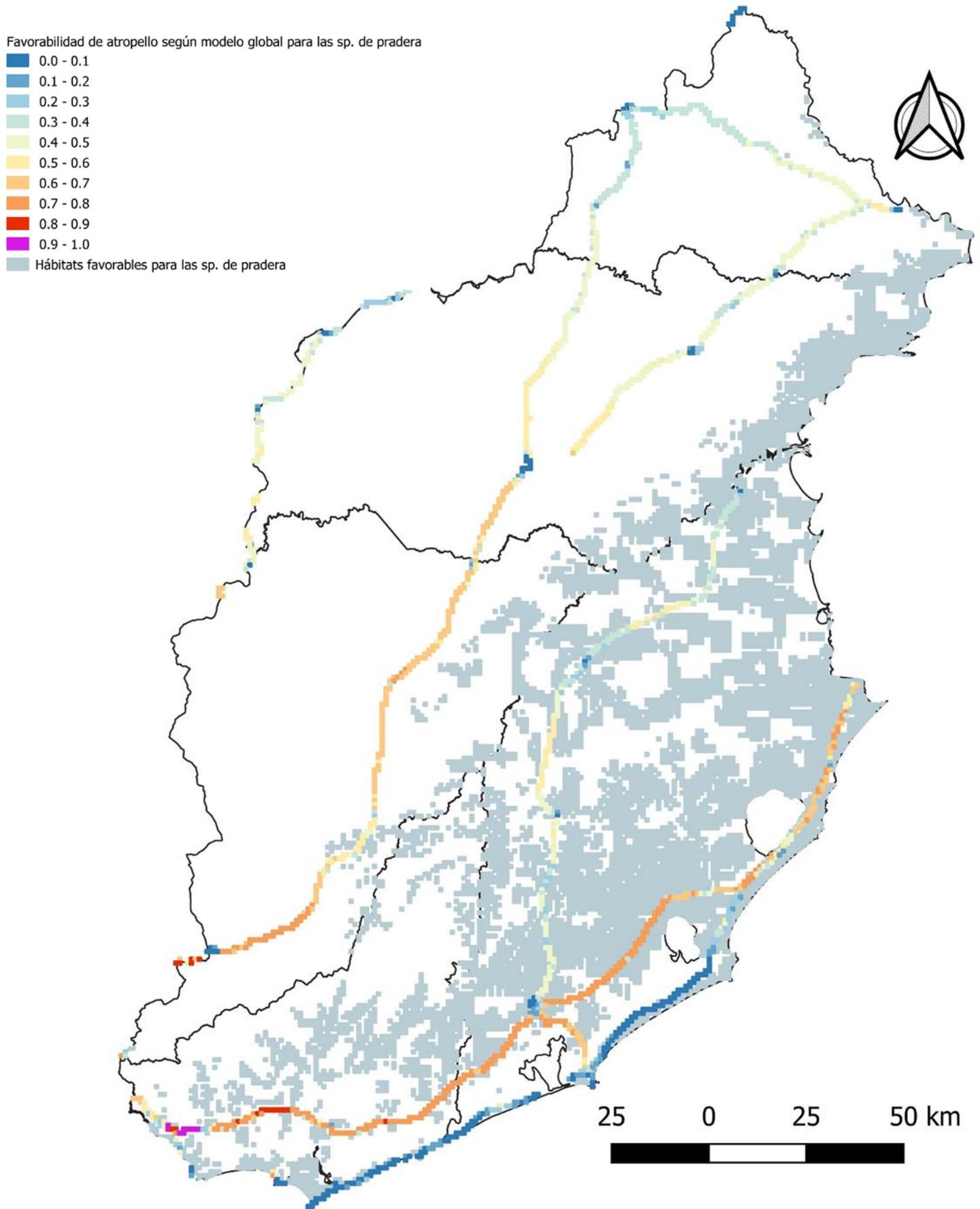
**Figura 2:** Mapa para las especies de monte en donde se muestran los hábitats favorables para dichas especies y la extrapolación obtenida para los atropellos para el modelo global.



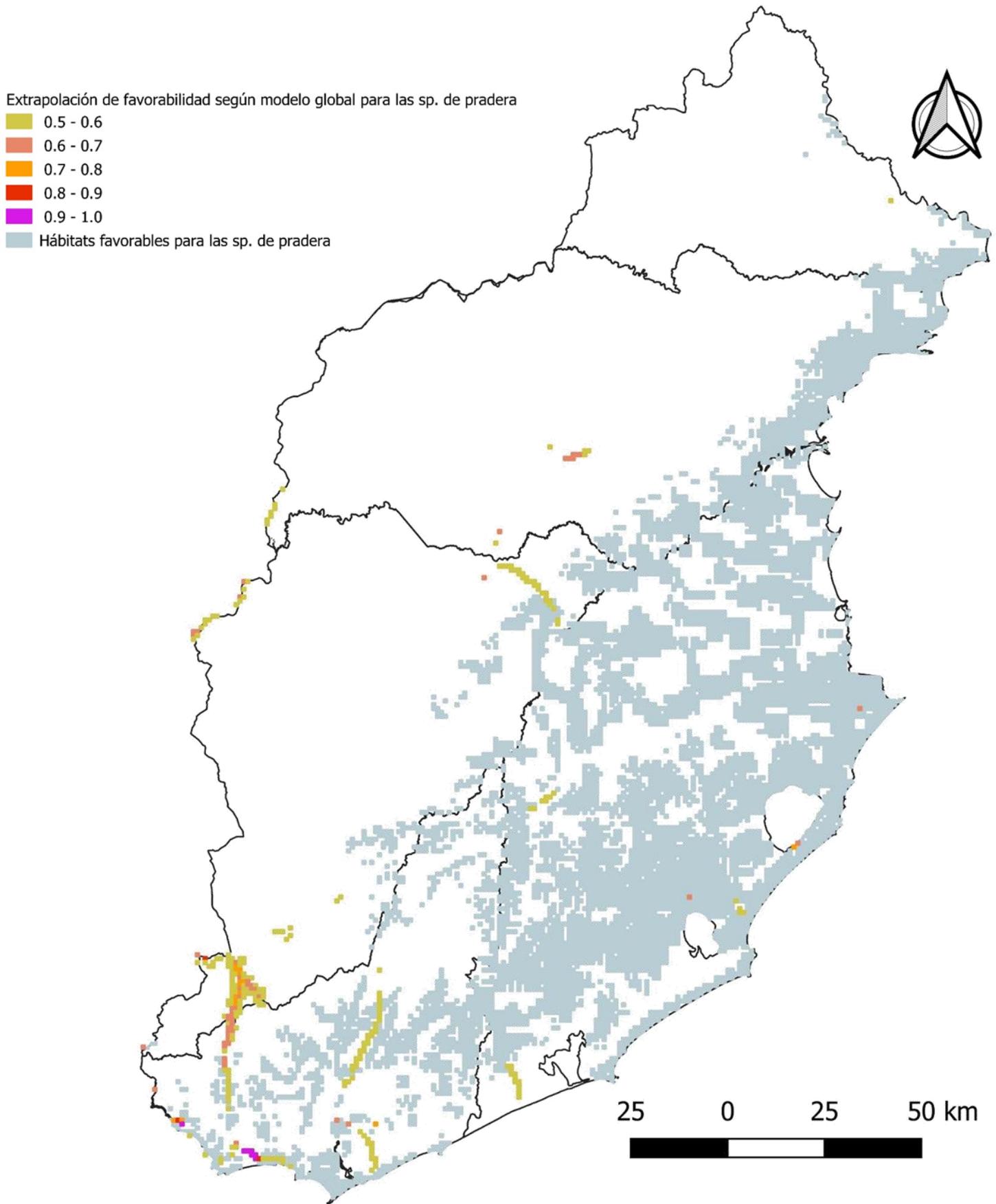
**Figura 3:** Mapa para las especies de monte en donde se muestran los sitios de conflicto entre los hábitats favorables y los sitios con alta favorabilidad de atropellos para el modelo antrópico.



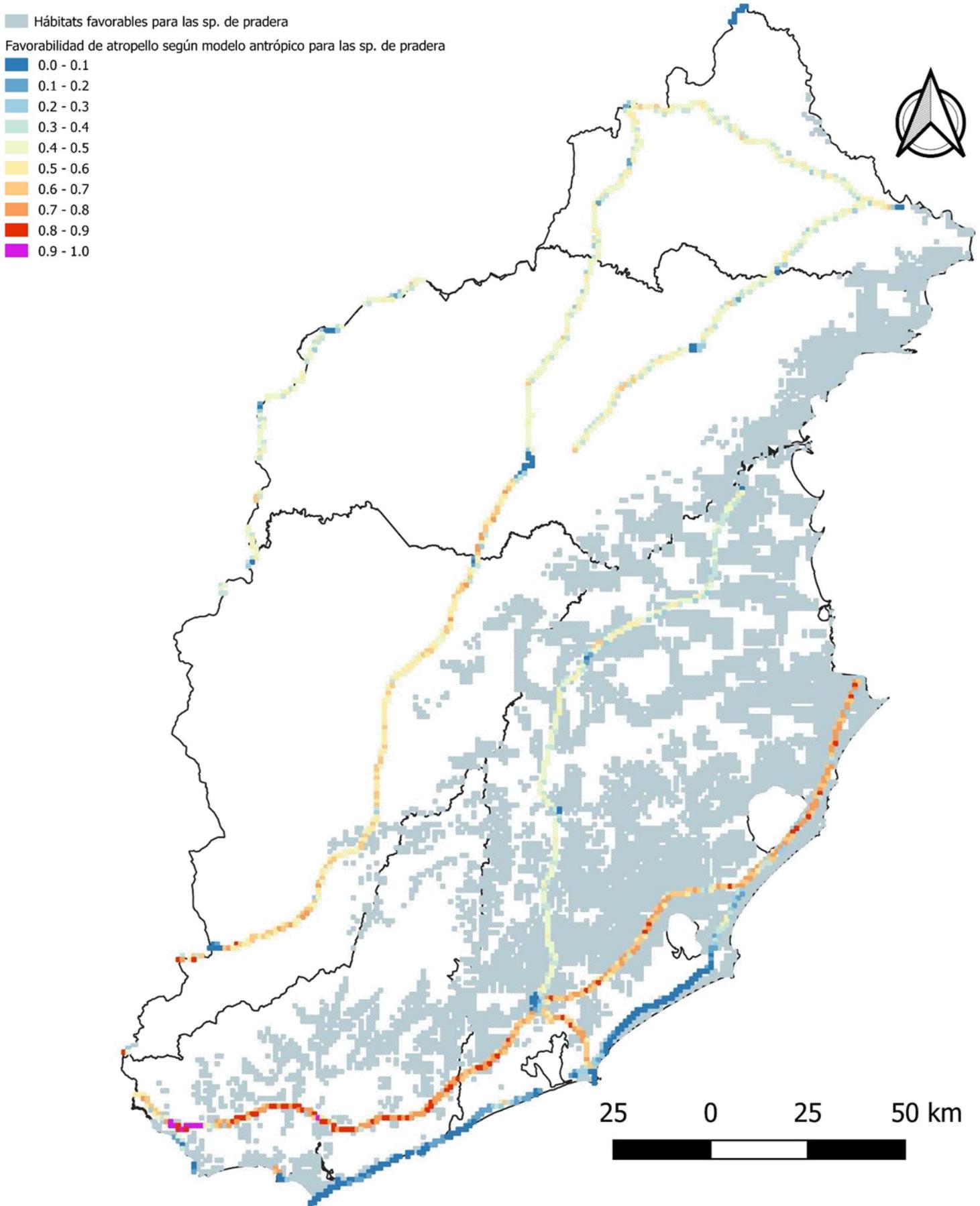
**Figura 4:** Mapa para las especies de monte en donde se muestran los hábitats favorables para dichas especies y la extrapolación obtenida para los atropellos para el modelo antrópico.



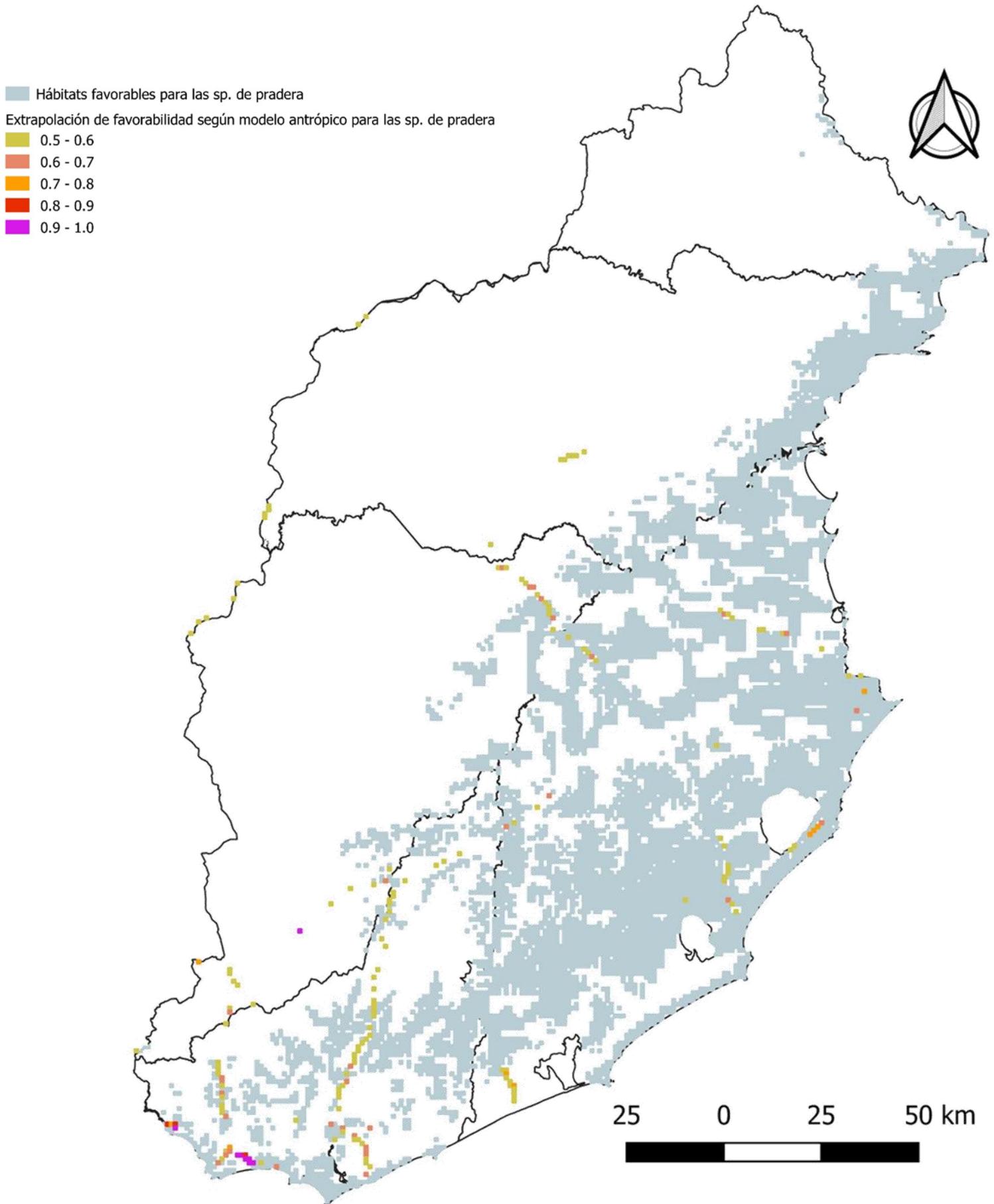
**Figura 5:** Mapa para las especies de pradera en donde se muestran los sitios de conflicto entre los hábitats favorables y los sitios con alta favorabilidad de atropellos para el modelo global.



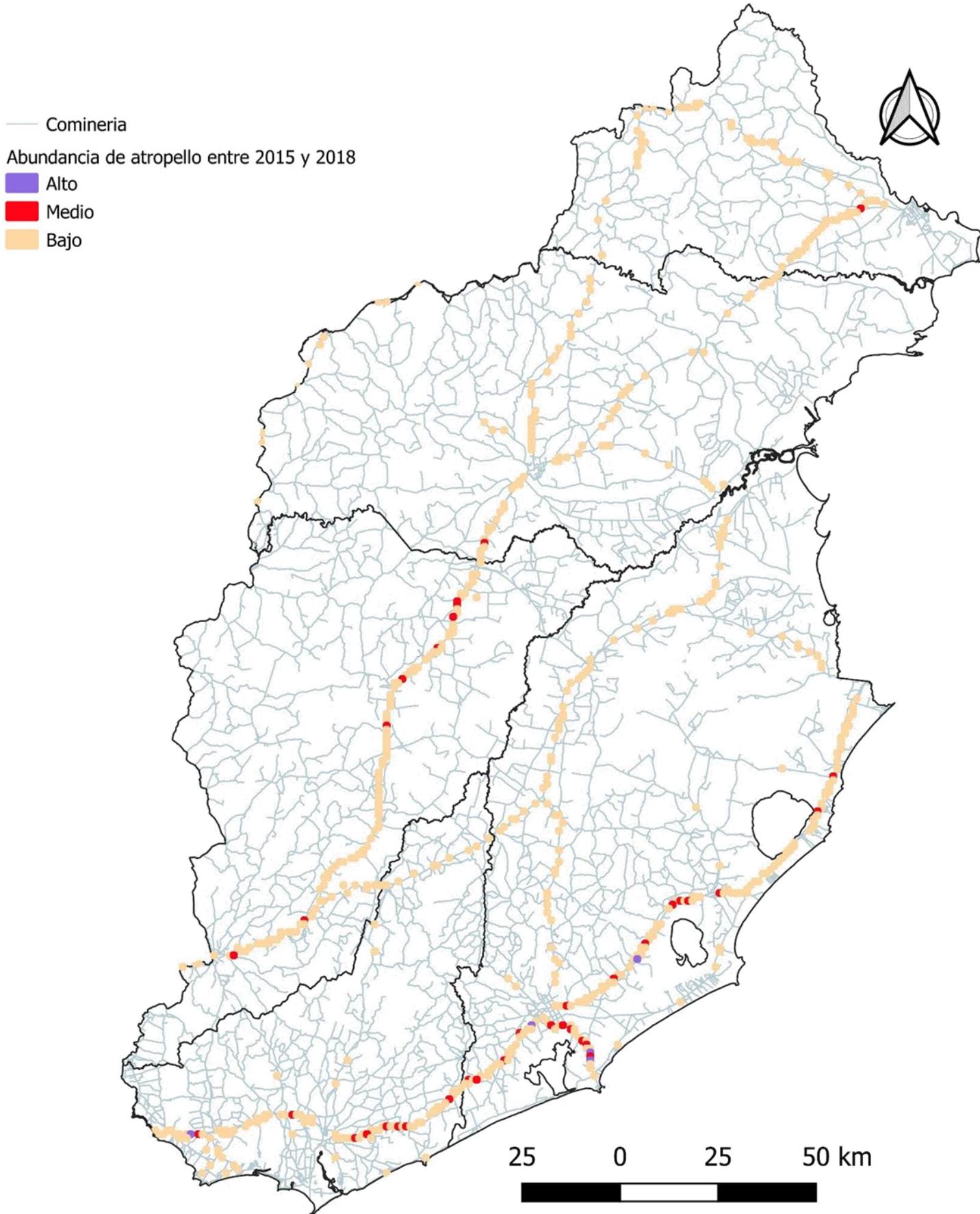
**Figura 6:** Mapa para las especies de pradera en donde se muestran los hábitats favorables para dichas especies y la extrapolación obtenida para los atropellos para el modelo global.



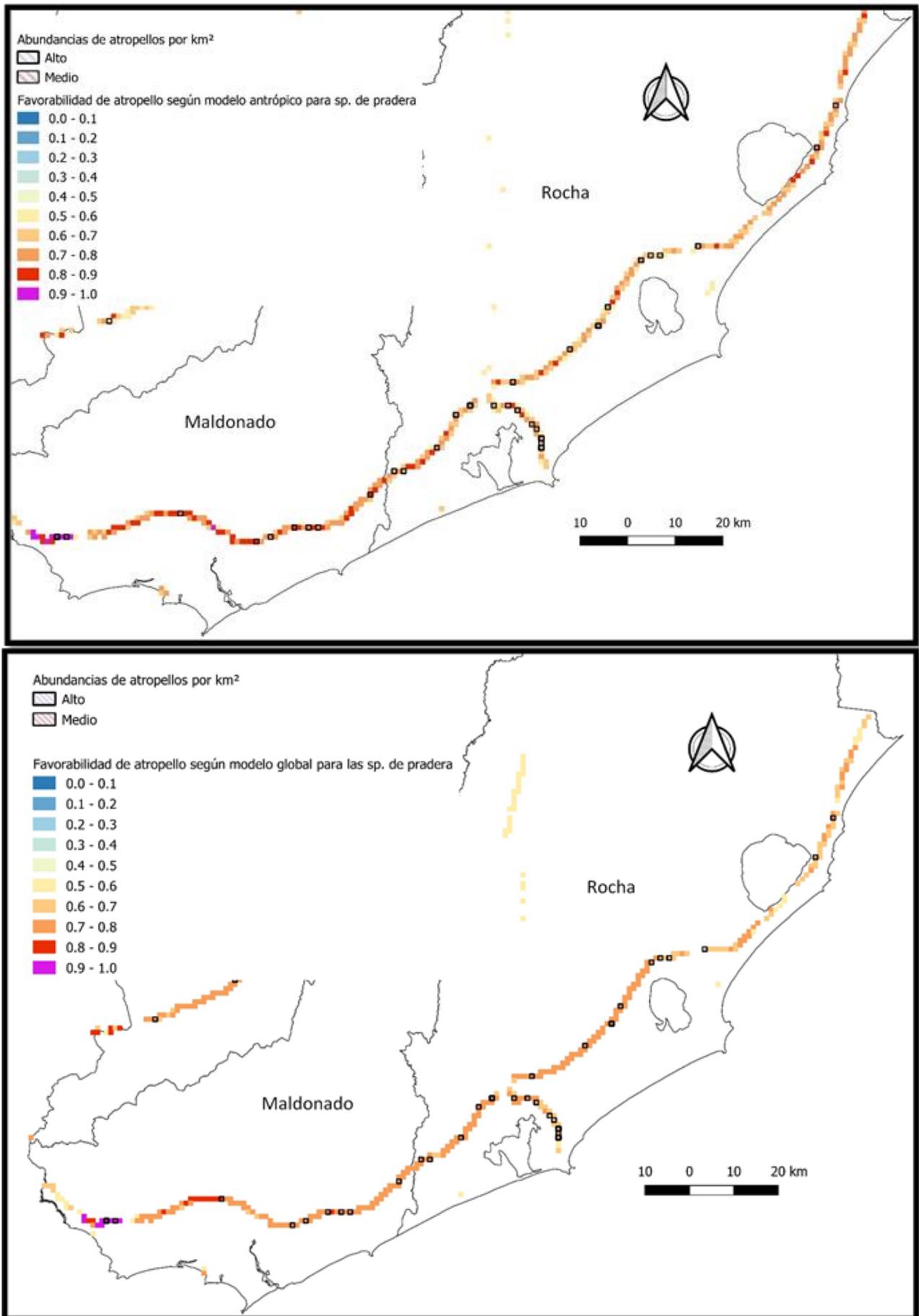
**Figura 7:** Mapa para las especies de pradera en donde se muestran los sitios de conflicto entre los hábitats favorables y los sitios con alta favorabilidad de atropellos para el modelo antrópico.



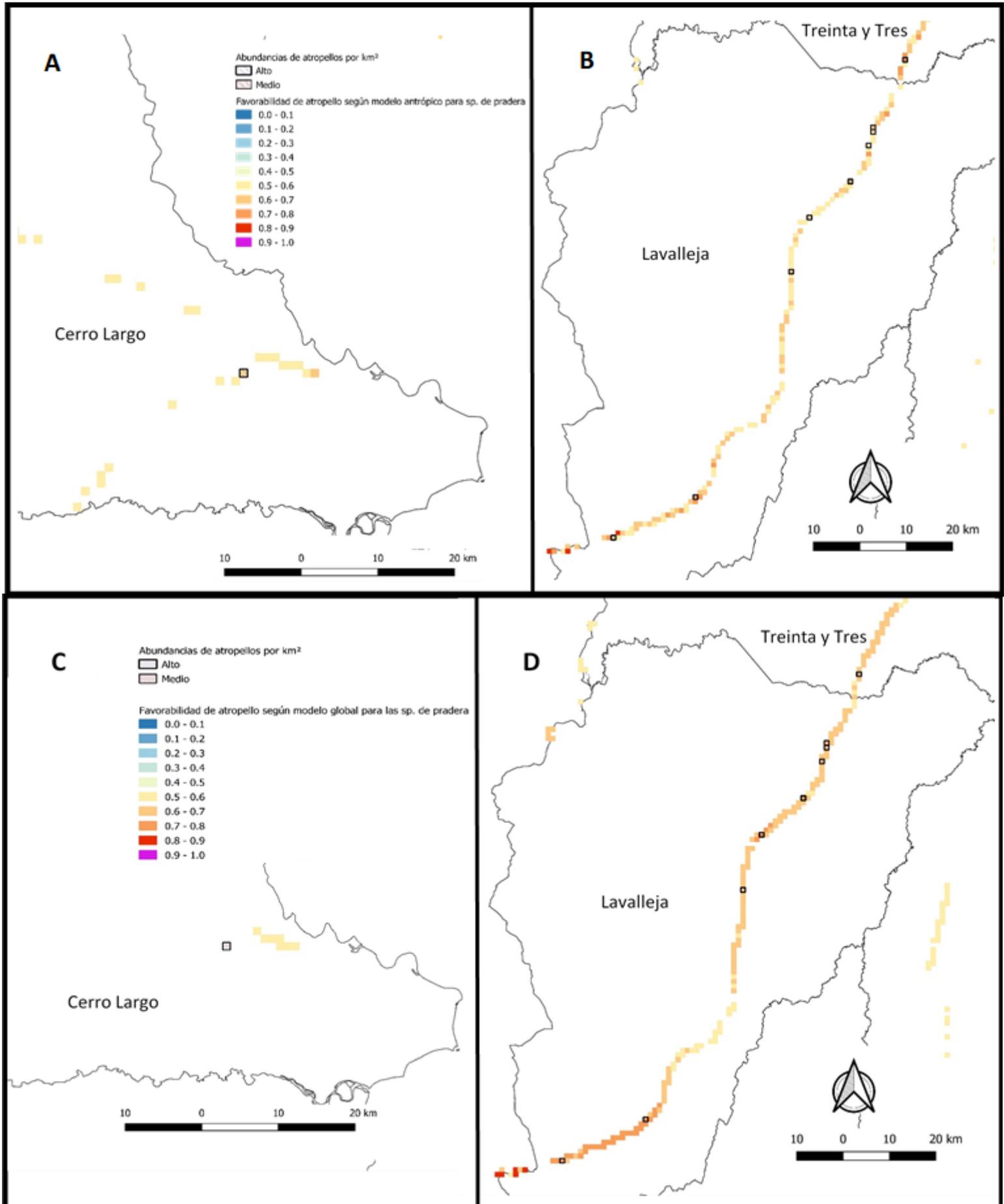
**Figura 8:** Mapa para las especies de pradera en donde se muestran los hábitats favorables para dichas especies y la extrapolación obtenida para los atropellos para el modelo antópico.



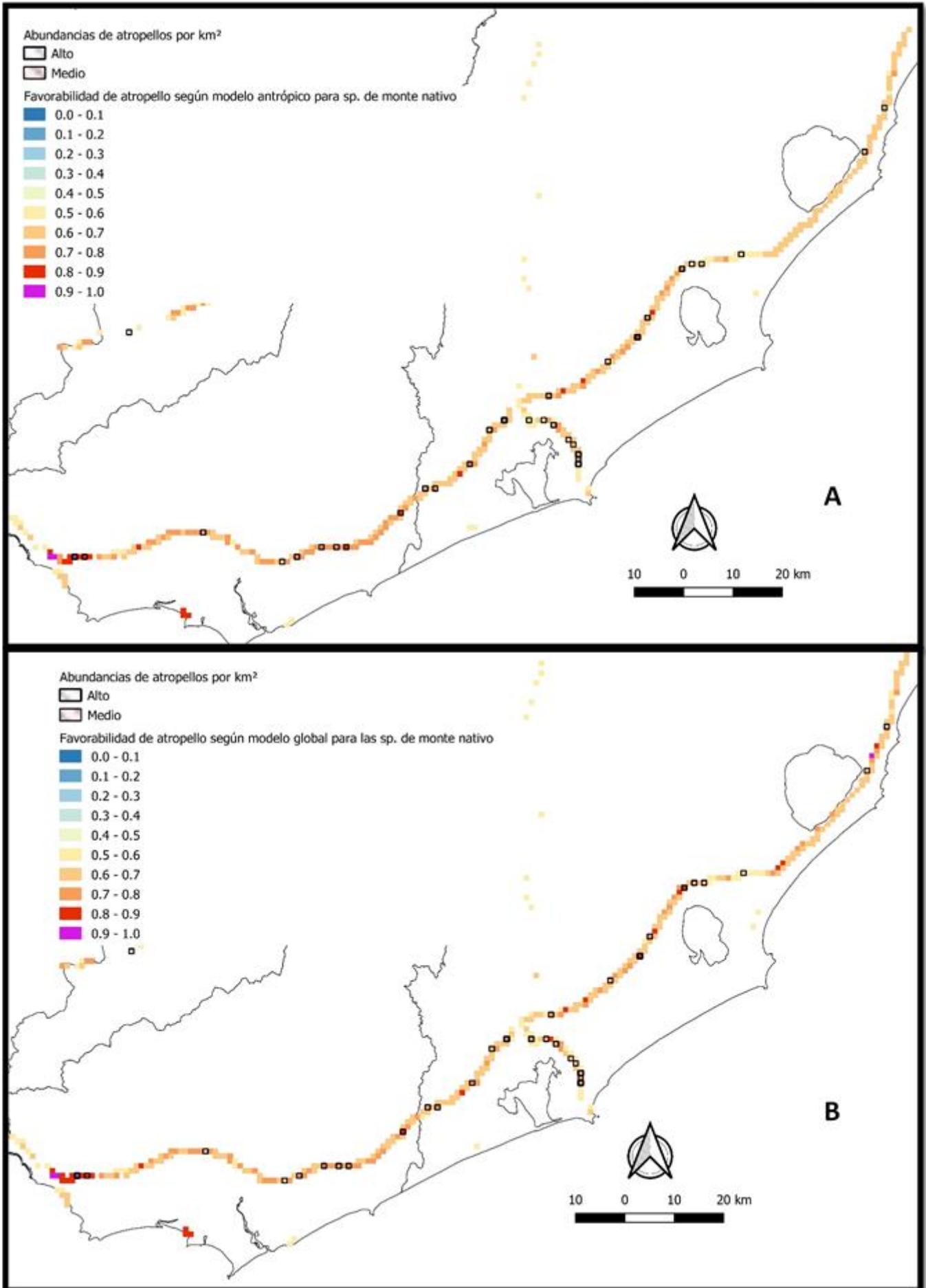
**Figura 9:** Mapa de abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> de mamíferos para la región este.



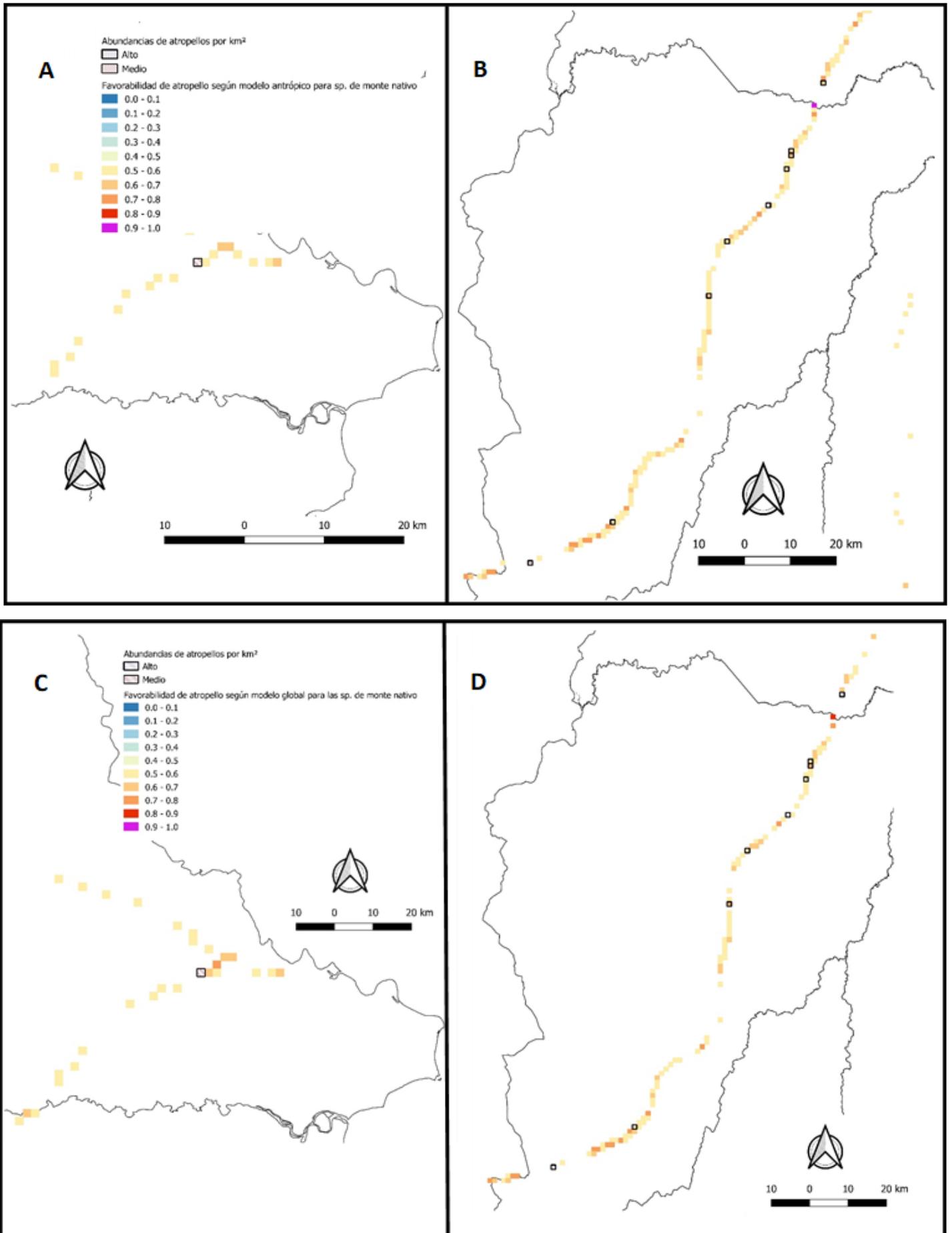
**Figura 10:** Mapa de abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> y favorabilidad de atropellos según el modelo antrópico (A) y el modelo global (B) para las especies de pradera.



**Figura 11:** Mapa de abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> y favorabilidad de atropellos según el modelo antrópico (A y B) y el modelo global (C y D) para las especies de pradera.



**Figura 12:** Mapa de abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> y favorabilidad de atropellos según el modelo antrópico (A) y el modelo global (B) para las especies de monte nativo.



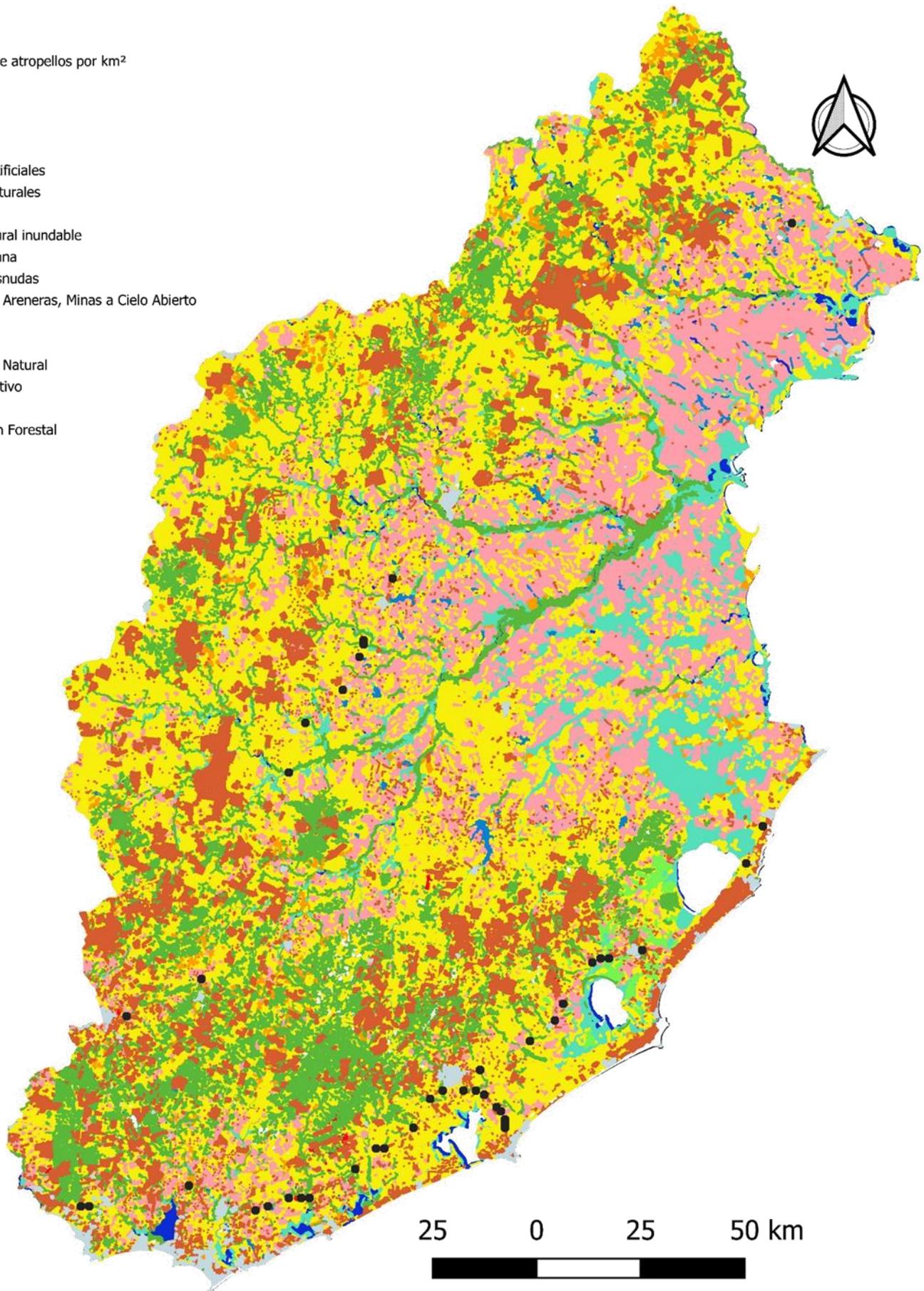
**Figura 13:** Mapa de abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> y favorabilidad de atropellos según el modelo antrópico (A y B) y el modelo global (C y D) para las especies de monte nativo.

Abundancias de atropellos por km<sup>2</sup>

- Alto
- Medio
- Bajo

Usos de suelo

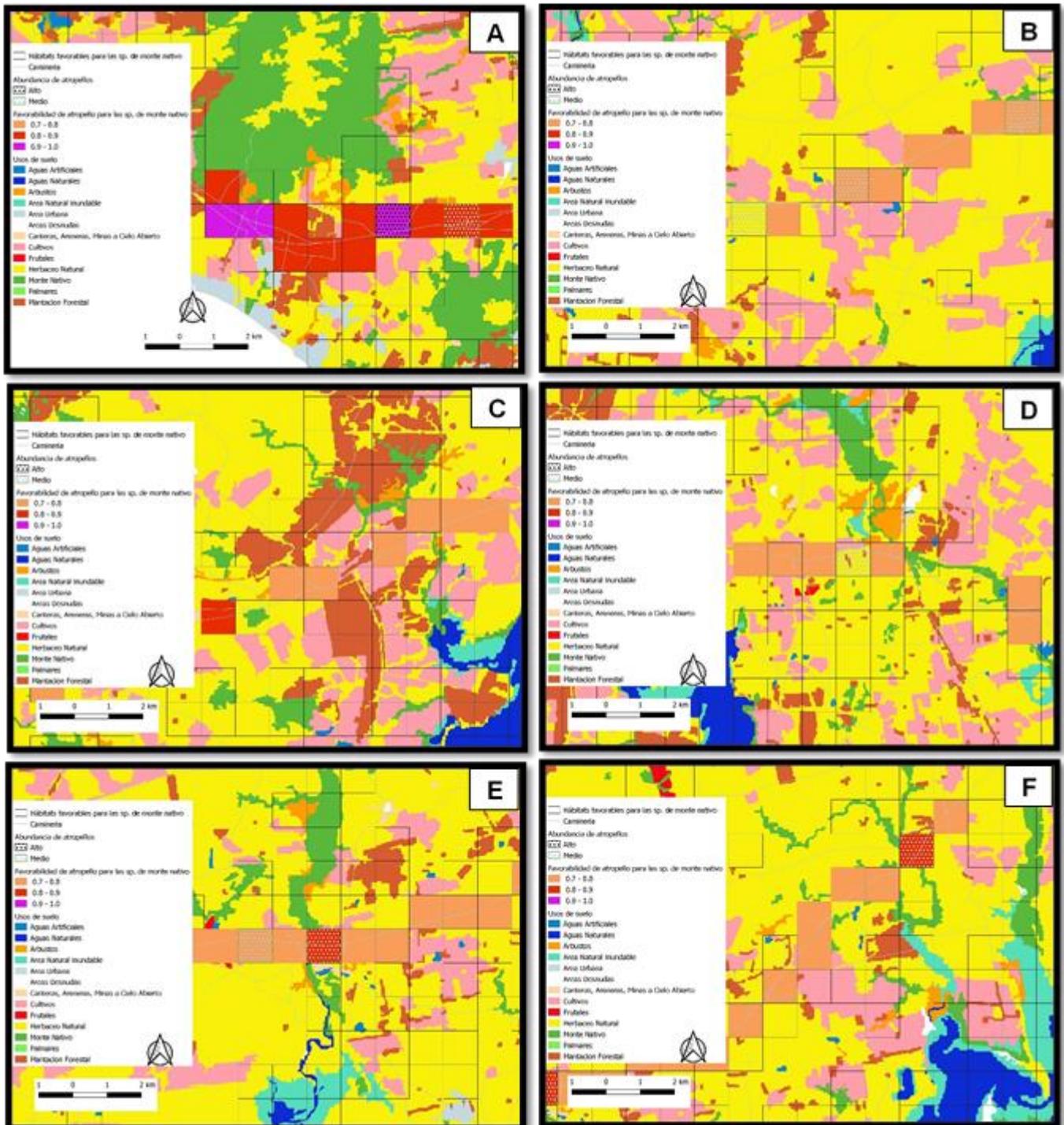
- Aguas Artificiales
- Aguas Naturales
- Arbustos
- Area Natural inundable
- Area Urbana
- Areas Desnudas
- Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto
- Cultivos
- Frutales
- Herbaceo Natural
- Monte Nativo
- Palmares
- Plantacion Forestal

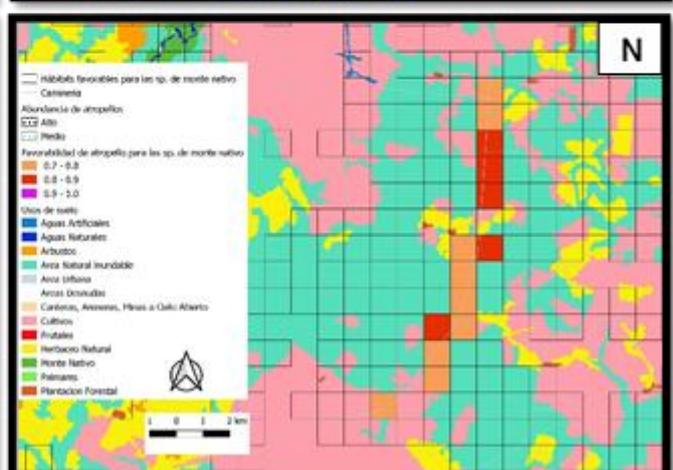
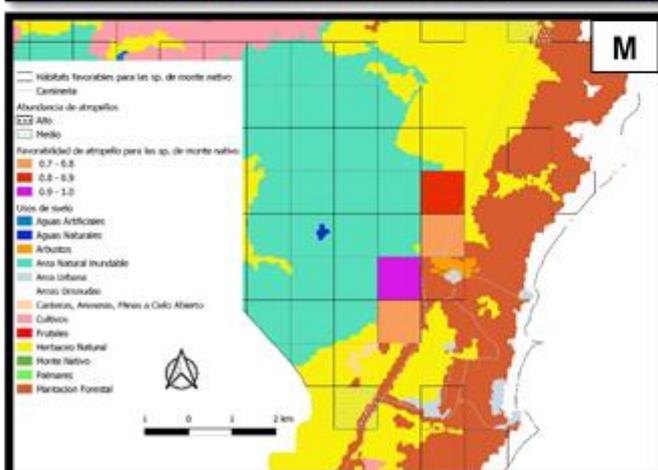
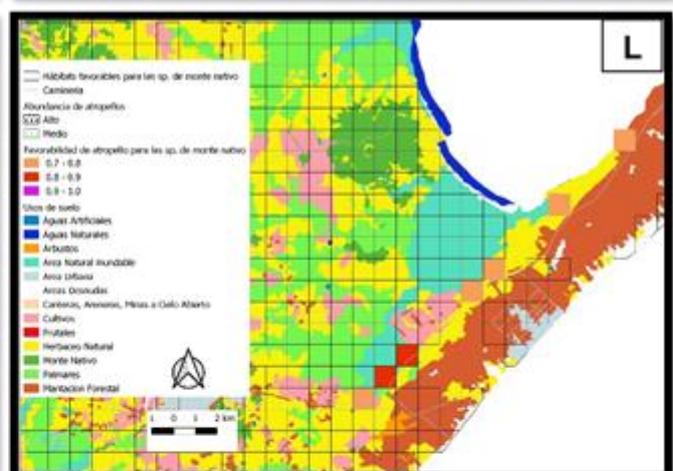
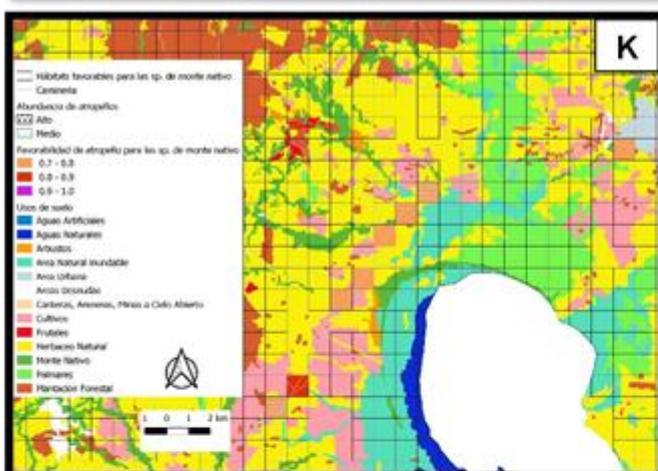
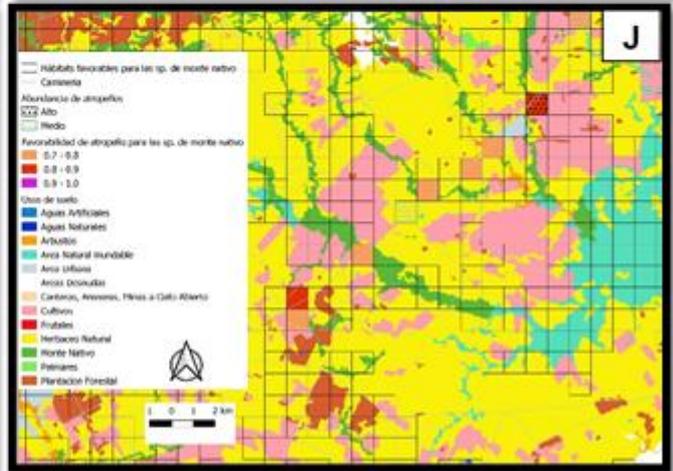
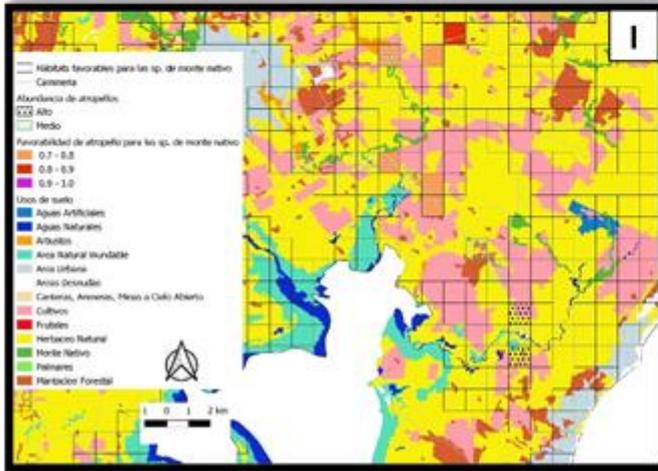
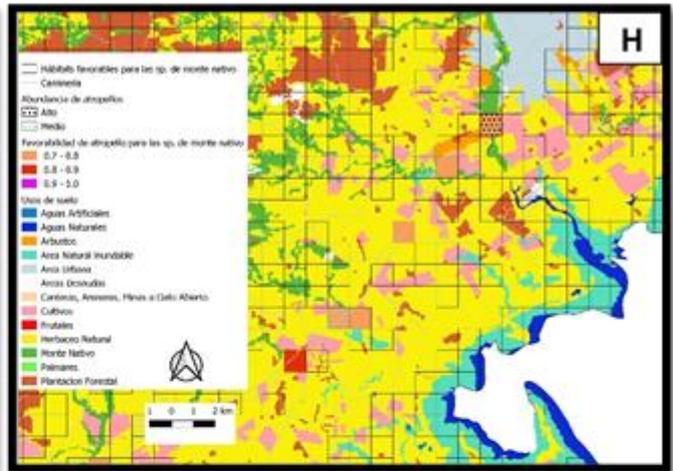
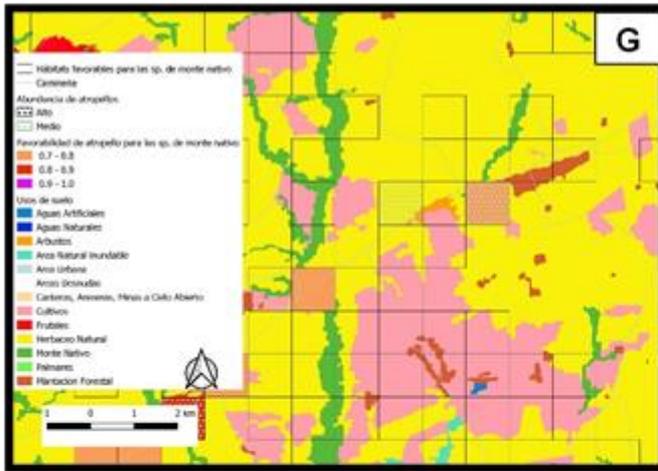


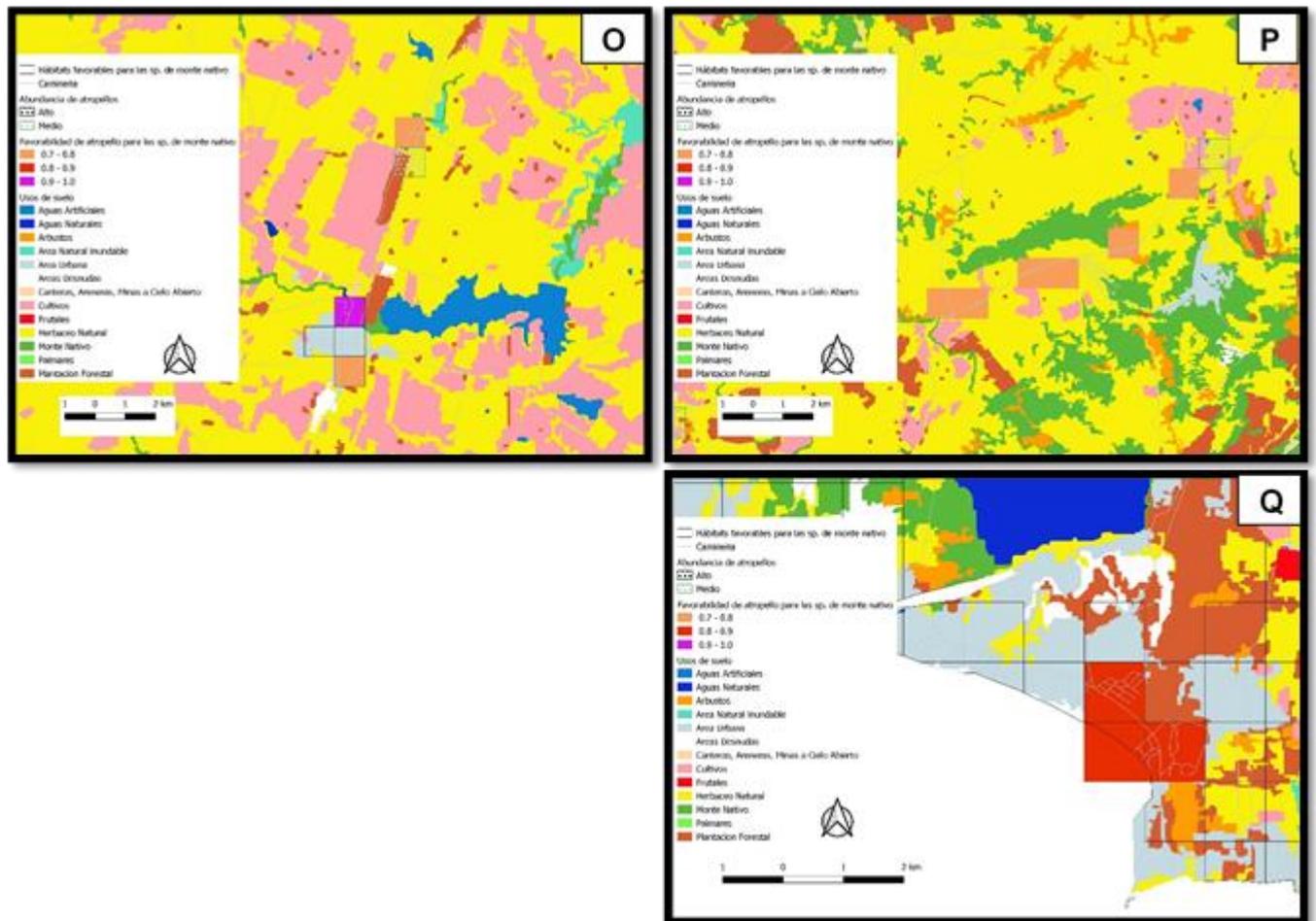
**Figura 14:** Mapa de abundancia de atropellos por km<sup>2</sup> y su relación con los usos de suelo de la región este.

### 11. ANEXO E

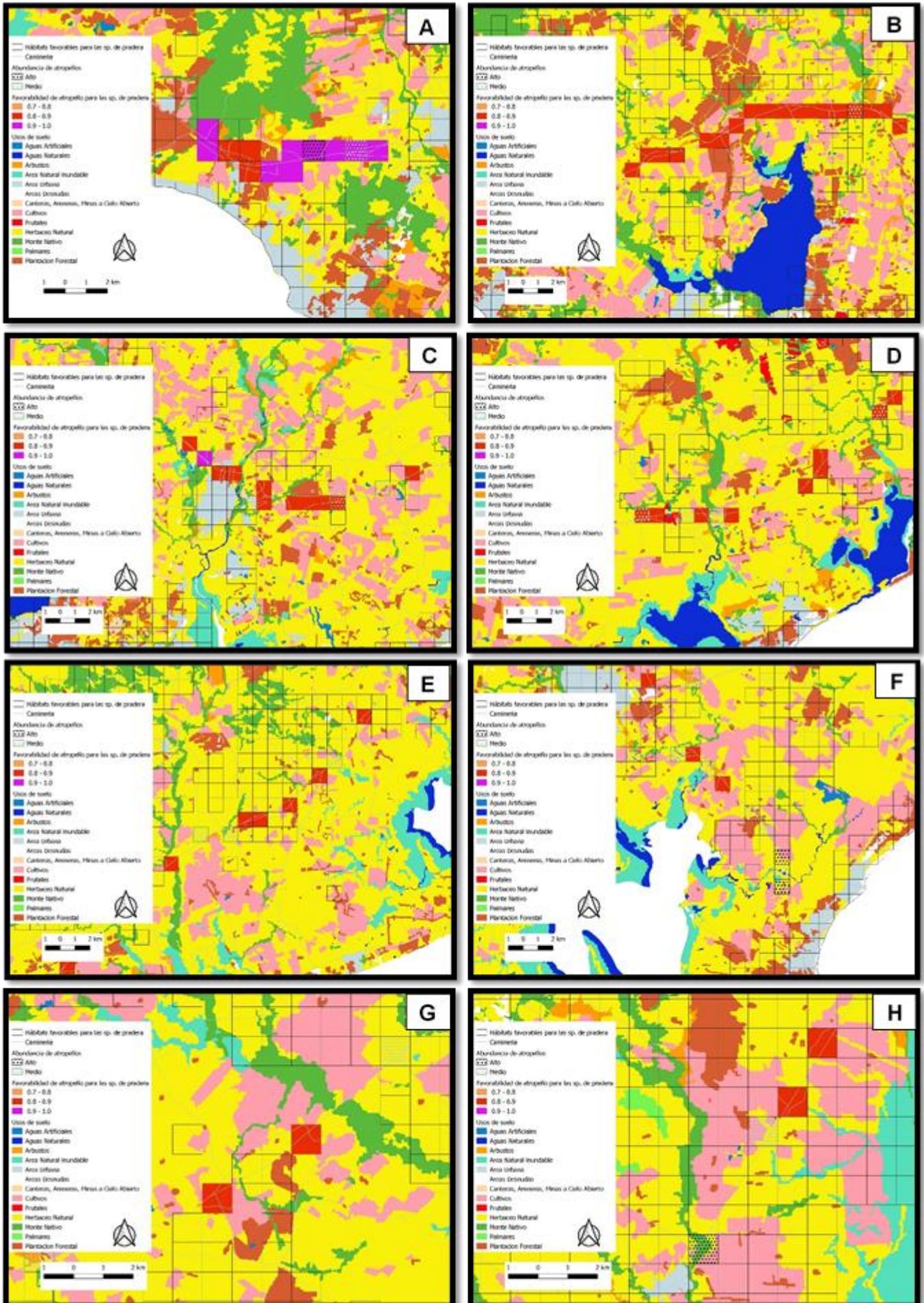
A continuación se muestran los sitios donde se da conflictividad entre las carreteras, el paisaje y la biodiversidad.

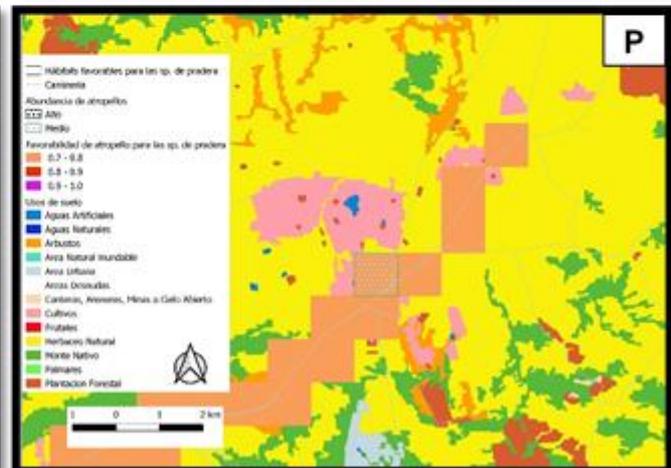
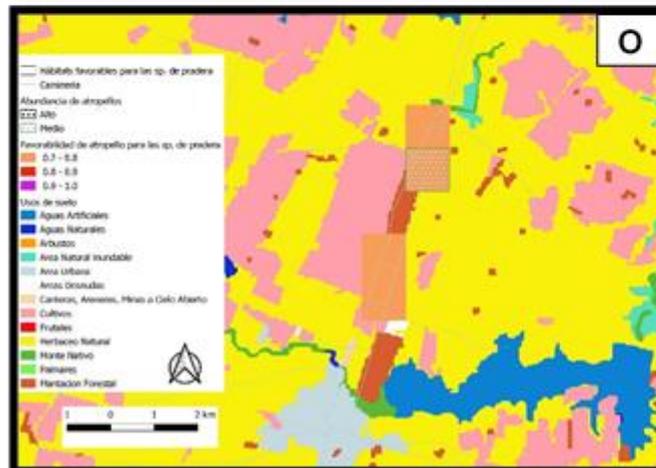
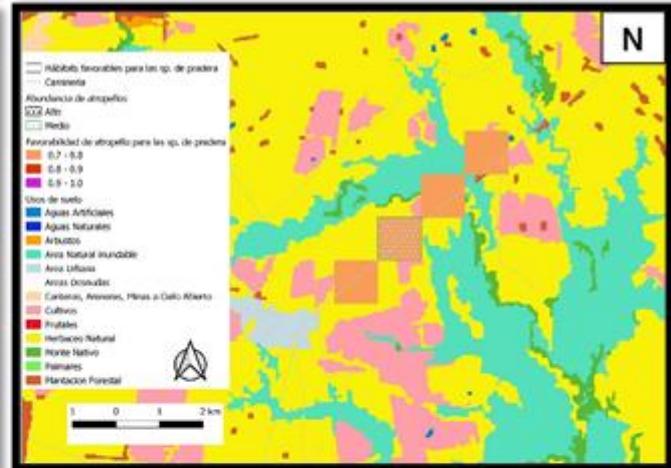
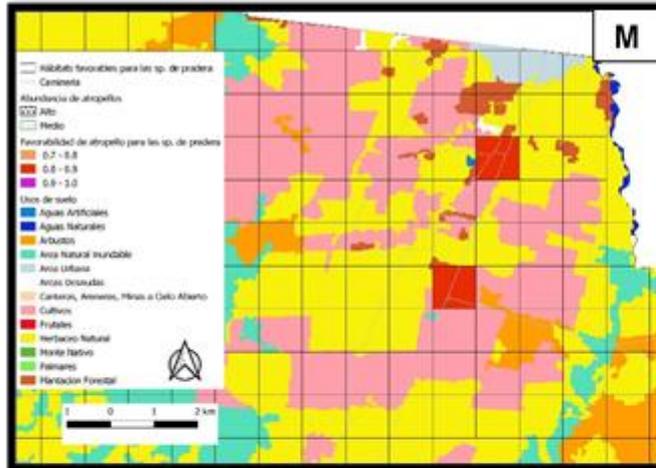
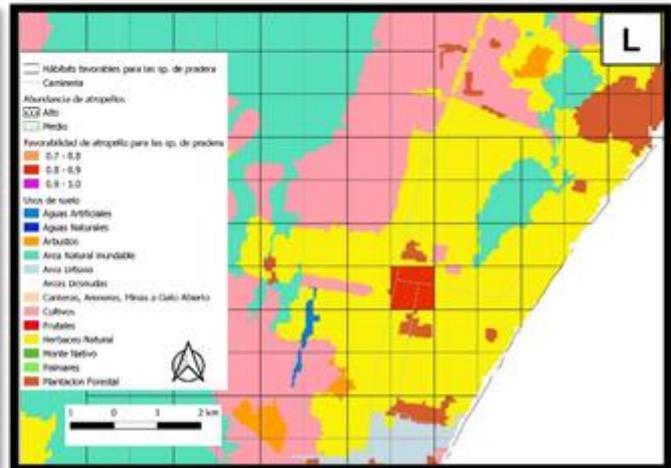
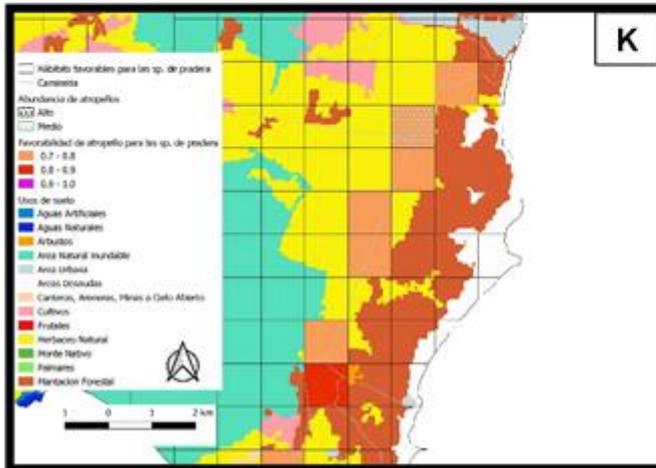
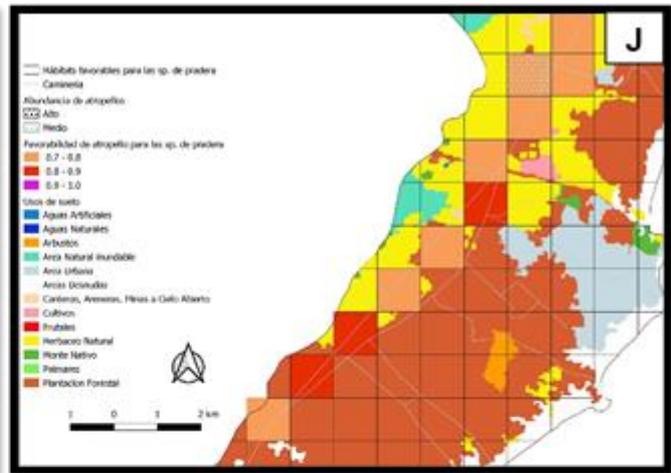
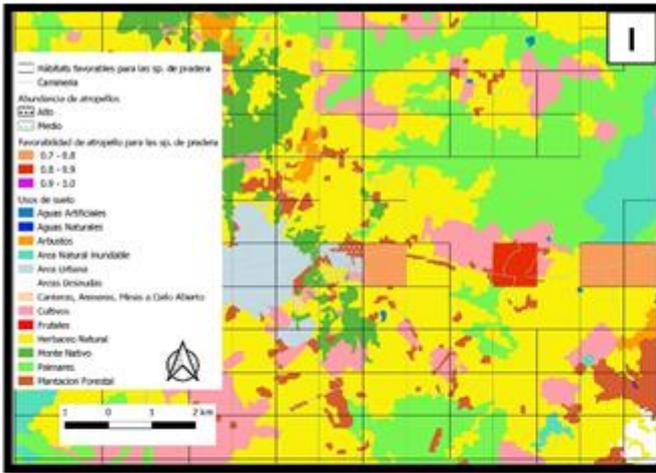


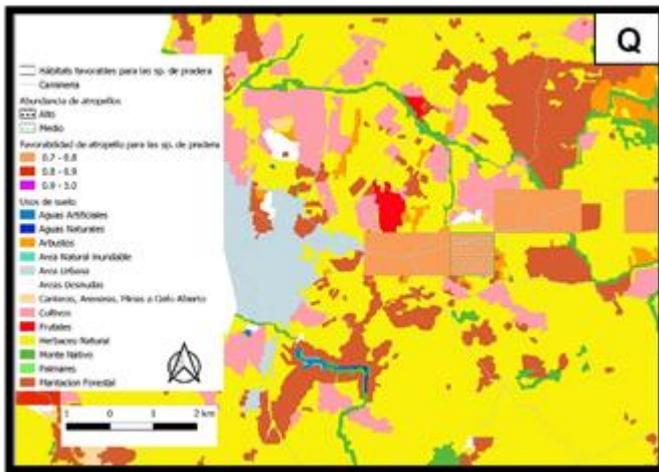




**Figura 1:** Mapas para las especies de monte nativo con los sitios en donde se observa conflictividad entre las carreteras, el paisaje y las poblaciones de mamíferos afectados por las carreteras. Los mapas que presentan sitios de alta conflictividad son A, E, F y J. Los que presentan sitios con conflictividad alta: C, I, J, K, L, M, N, O y Q. Mientras que los sitios con conflictividad media son los mapas B, D, E, G, H, I, J, K y P.

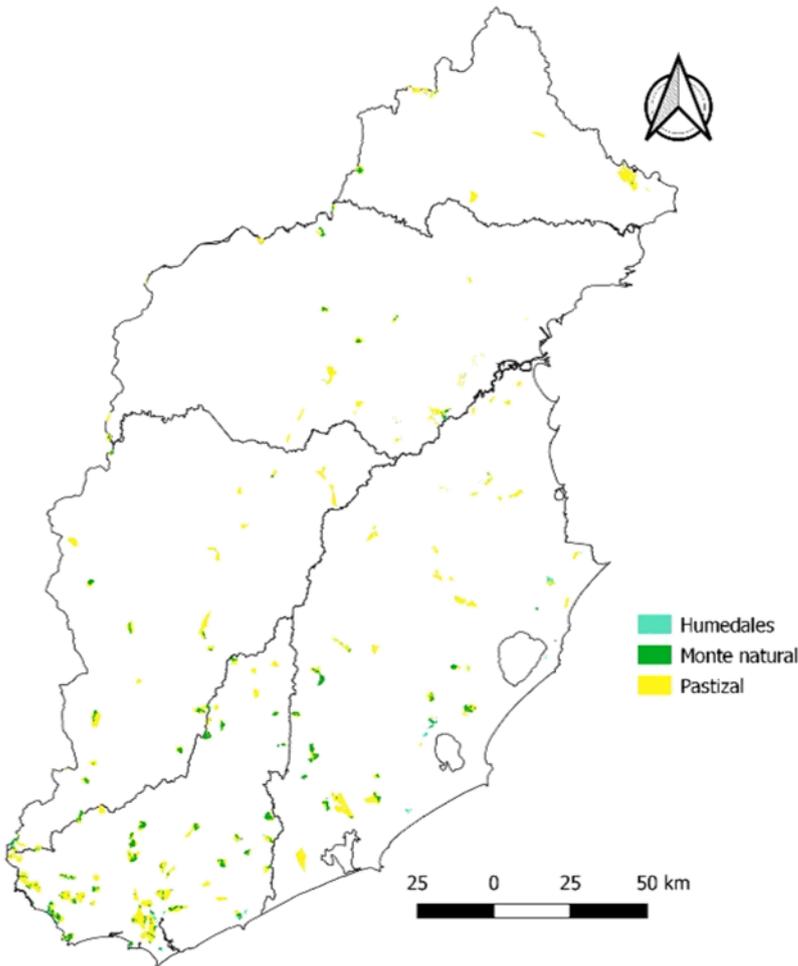






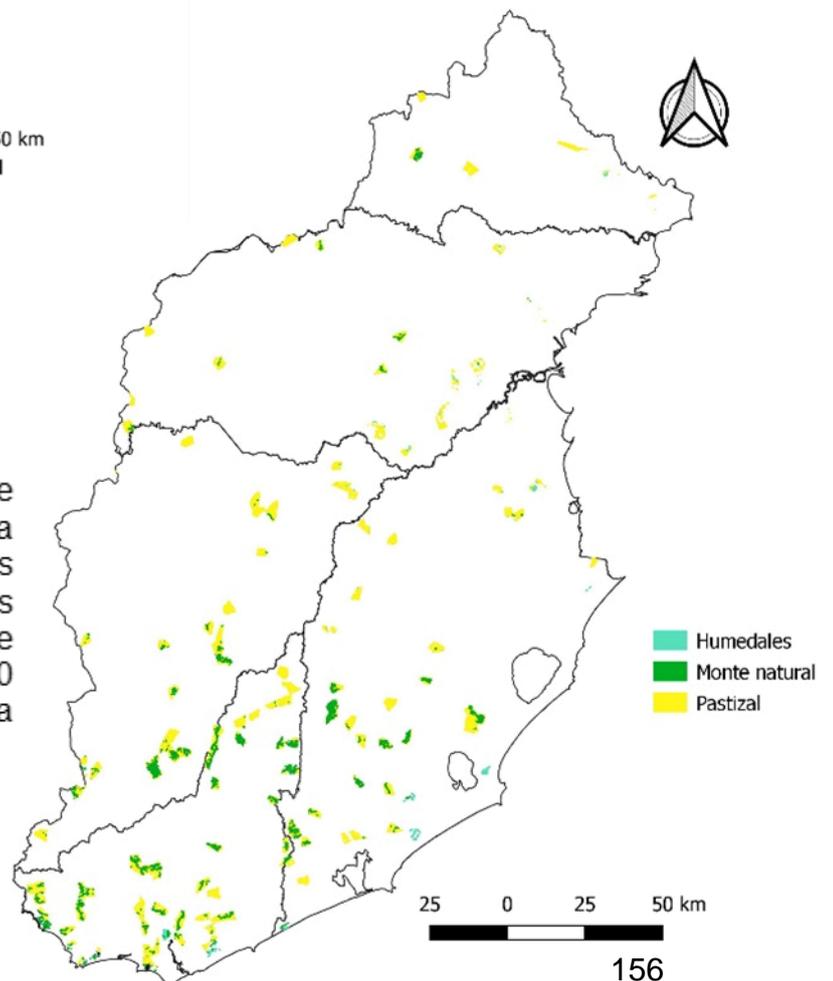
**Figura 2:** Mapas para las especies de pradera con los sitios en donde se observa conflictividad entre las carreteras, el paisaje y las poblaciones de mamíferos afectados por las carreteras. Los mapas que presentan sitios de alta conflictividad son A, B y D. Los que presentan sitios con conflictividad alta: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L y M. Mientras que los sitios con conflictividad media son los mapas E, F, H, I, K, N, O, P y Q.

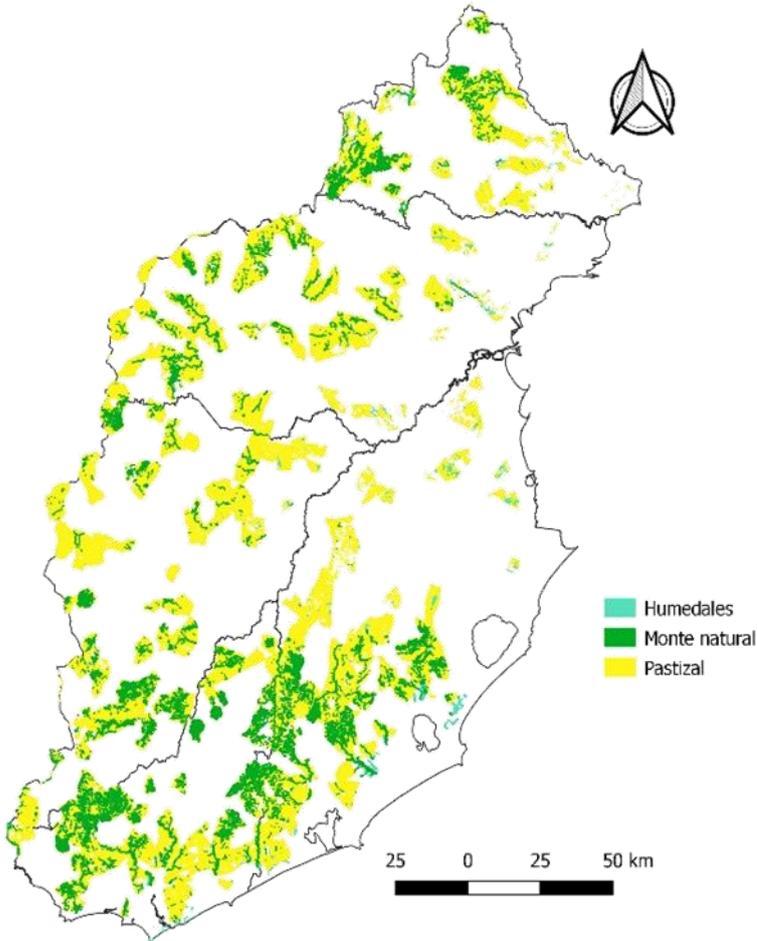
12. ANEXO F



**Figura 1:** Territorios con superficies entre 100 y 500 has generados por la fragmentación de los ambientes naturales causados con las infraestructuras viarias.

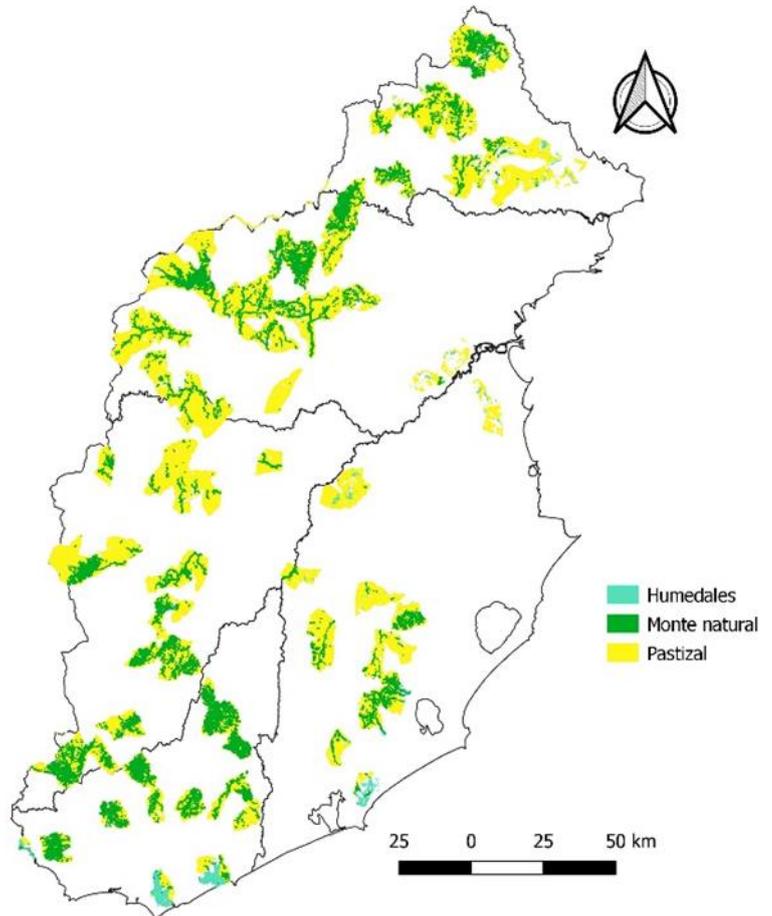
**Figura 2:** Territorios con superficies entre 500 y 1000 has generados por la fragmentación de los ambientes naturales causados con las infraestructuras viarias. C- parches entre 1000 y 5000 has, D- parches entre 5000 y 10.000 has y E- parches mayores a 10.000 has.

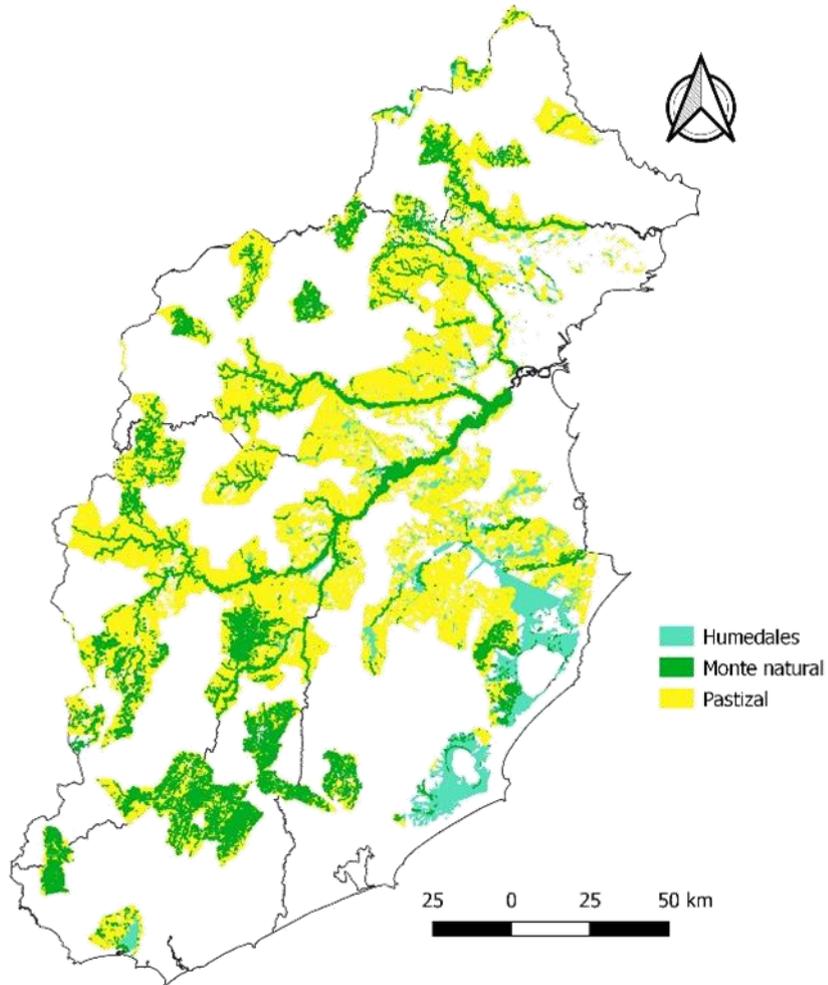




**Figura 3:** Territorios con superficies entre 1000 y 5000 has generados por la fragmentación de los ambientes naturales causados con las infraestructuras viarias.

**Figura 4:** Territorios con superficies entre 5000 y 10.000 has generados por la fragmentación de los ambientes naturales causados con las infraestructuras viarias.





**Figura 5:** Territorios con superficies mayores a 10.000 has generados por la fragmentación de los ambientes naturales causados con las infraestructuras viarias.