



**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**Programa de Posgrados**

**PREDADACIÓN OVINA EN URUGUAY**

**Factores que influyen en la presencia de predadores y  
respuestas comportamentales y fisiológicas de sus presas**

**NOELIA PAOLA ZAMBRA MÁRQUEZ**

**TESIS DE DOCTORADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**URUGUAY**

**2022**





**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**Programa de Posgrados**

**PREDADACIÓN OVINA EN URUGUAY**

**Factores que influyen en la presencia de predadores y  
respuestas comportamentales y fisiológicas de sus presas**

**NOELIA PAOLA ZAMBRA MÁRQUEZ**

Dr. Rodolfo Ungerfeld Morón  
Director de Tesis

Dr. Agustín Orihuela Trujillo  
Co-director de Tesis

**2022**

## **INTEGRACIÓN DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS**

**Ignacio de Barbieri; Ing. Agr., PhD.**

Programa Nacional de Investigación en Producción de Carne y Lana  
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - Uruguay

**Diego Queirolo; Lic. Biol., MSc., PhD.**

Centro Universitario Regional Noreste  
Universidad de la República - Uruguay

**Selene Siqueira da Cunha Nogueira; Lic. Biol., MSc., PhD.**

Departamento de Ciências Biológicas  
Universidade Estadual de Santa Cruz - Brasil





Facultad de Veterinaria  
Universidad de la República  
Uruguay



17/13/22

### ACTA DE TESIS DE DOCTORADO

**ORIENTACIÓN:** Producción animal

**LUGAR Y FECHA DE LA DEFENSA:** Aula 05, 11/07/2022

**TRIBUNAL:** Ignacio De Barbieri, Diego Queirolo, Selene Nogueira

CI	NOMBRE	CALIFICACIÓN	NOTA
4147741-4	ZAMBRA MARQUEZ, NOELIA PAOLA	Sobresaliente	12

**NOTA:** La calificación mínima para aprobar la defensa es B.B.B (6)

El día 11 de julio de 2022, nos reunimos para la defensa de la tesis de Noelia Zambra Marqués sobre el tema: PREDACIÓN OVINA EN URUGUAY, Factores que influyen en la presencia de predadores y respuestas comportamentales y fisiológicas de sus presas. El documento escrito presentado, se considera bien redactado, de forma comprensible y legible. Este documento cumple con los requisitos solicitados por el programa de posgrados de Facultad de Veterinaria. La candidata realizó una presentación oral en el tiempo previsto, de una forma muy clara, objetiva, explicativa. Después de la presentación, los miembros del tribunal realizaron sus respectivas intervenciones con preguntas y comentarios en relación al trabajo realizado. La candidata respondió a todas las preguntas de forma segura y con confianza, demostrando profundo conocimiento del tema.

Por tal motivo, el tribunal decide otorgarle la máxima calificación y nota (sobresaliente y 12).

#### TRIBUNAL

Ignacio De Barbieri

Diego Queirolo

Selene Nogueira

#### FIRMA

*A la persona quien con amor incondicional y mucha paciencia me acompañó en todos mis procesos de crecimiento personal y profesional. Como prometí cuando planifiqué mis tres tesis: “La última es para mamá”*

*- ¿Qué es lo que te iba a decir?  
- Que me querés mucho*

## AGRADECIMIENTOS

Gracias Rodolfo por aceptar ser mi director de tesis. Sin dudarlo un segundo confiaste en mi propuesta, en mi entusiasmo, mis ideas locas y aceptaste embarcarte en esta nueva temática para todos.

Gracias Agustín por co-dirigir esta tesis, sin conocerme confiaste en mi propuesta y aceptaste también formar parte de este equipo.

Gracias Ignacio, Selene, Diego y Raquel por su participación en los diferentes tribunales. Sus aportes han sido de gran ayuda para mejorar mi trabajo.

Gracias a todos y cada uno de los productores que colaboraron respondiendo las encuestas. Sin ellos no hubiera sido posible gran parte de esta tesis.

Gracias Lorena Lacuesta, Stephanie Lara, Juan Pedro Bottino, Sol Lafourcade, Andrea Morales, Ana Leivas y Mariana Casanova por su colaboración en los diferentes trabajos de campo.

Gracias Patricia Silveira y Camila Crosa por su gran ayuda en los análisis de laboratorio.

Gracias José Piaggio y Pablo Menese por ayudarme en los análisis estadísticos.

Gracias al SUL por colaborar en el estudio piloto del primer estudio de esta tesis, así como también al MGAP por la colaboración en las entrevistas y datos complementarios del segundo estudio. Martín Altuna gracias por tu inigualable colaboración con la inmensidad de datos, y Gabriel Mautone gracias por tu tiempo y paciencia al trabajar en el diseño de los mapas.

Gracias al equipo del Campo Experimental N° 1 de la Facultad de Veterinaria por ayudar con el manejo de los animales.

Gracias a la Reserva Mauricio López Lomba, a su Director Dr. Aquiles Chaér y a los funcionarios que me ayudaron en todos los detalles logísticos de mi trabajo en la Reserva. Un apoyo inigualable sin el cuál no habría podido llevar a cabo el estudio.

Gracias a todos y cada uno de los integrantes de Fisiología de Facultad de Veterinaria que desde un comienzo me integraron como una más del equipo. Me llevo lindo corazones de allí.

Gracias al CENUR Noreste por ayudarme de muchas formas a continuar con mi formación, y gracias a la CCI por otorgarme el subsidio para la formación de docentes radicados en el interior y que cursan un programa de posgrado en la Udelar.

Gracias amigas por el aguante en todo este proceso... las quiero.

Gracias familia por estar ahí... siempre están ahí para mí.

Y gracias Universo por darme fuerza, en repetidas oportunidades, para seguir adelante y no abandonar este proceso en el camino. Gracias, gracias, gracias.

*“Yo hago lo que tú no puedes y tú haces lo que yo no puedo.  
Juntos podemos hacer grandes cosas”*

*Madre Teresa de Calcuta*

## ESTRUCTURA DE LA TESIS Y PUBLICACIONES

La estructura de esta tesis se configuró en cuatro estudios, agrupados en tres etapas. La información obtenida permitió generar hasta el momento tres publicaciones científicas originales, una ya publicada a nivel internacional, otra publicada a nivel regional, y una tercera que se encuentra en etapa final de redacción. Asimismo, resta completar el análisis y redacción de una cuarta publicación sobre aprendizaje social de las presas a la presencia de un predador, pero resultados parciales preliminares se incluyen en la presente tesis. Los dos manuscritos ya publicados se encuentran a disposición en la sección Anexos.

Publicación I: Zambra N, Piaggio J, Ungerfeld R. 2022. Characteristics of sheep farms and livestock practices that influence sheep predation in Uruguay. *Mastozool Neotrop* 29(1):e0566. <https://doi.org/saremMN.22.29.1.05.e0569>

Publicación II: Zambra N, Ungerfeld R. 2022. Factors affecting wild boar (*Sus scrofa*) distribution in Uruguay.  
En redacción.

Publicación III: Zambra N, Lacuesta L, Orihuela A, Ungerfeld U. 2021. Ewes behavioural and physiological reactions to the odour of fox (*Lycalopex gymnocercus*) and wild boar (*Sus scrofa*) faeces. *Appl Anim Behav Sci* 237, 105290. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105290>

## TABLA DE CONTENIDOS

ESTRUCTURA DE LA TESIS Y PUBLICACIONES.....	iv
RESUMEN.....	x
SUMMARY .....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
Interacción predador-presa .....	1
Predadores ovinos .....	2
Comportamiento de las presas .....	5
ANTECEDENTES ESPECÍFICOS .....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
HIPÓTESIS .....	10
OBJETIVOS .....	11
Objetivos generales.....	11
Objetivos específicos .....	11
ESTRATEGIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	12
ETAPA 1 – Estudios de percepción de los productores ganaderos.....	13
Características de los establecimientos ovinos y prácticas de manejo que influyen en la predación de las majadas .....	13
Objetivo .....	13
Materiales y métodos .....	13
Resultados .....	14
Factores que afectan la relación espacial entre la presencia de jabalíes y los predios ganaderos .....	17
Objetivo .....	17
Materiales y métodos .....	17
Resultados .....	18
ETAPA 2 - Respuesta de los ovinos ante estímulos odoríferos de predadores....	24
Respuestas conductuales y fisiológicas de las ovejas al olor de las heces de zorro ( <i>Lycalopex gymnocercus</i> ) y jabalí ( <i>Sus scrofa</i> ) .....	24
Objetivo .....	24
Materiales y métodos .....	24
Resultados .....	27

ETAPA 3 - Facilitación social de las presas a la presencia de un predador .....	33
Objetivo .....	33
Materiales y métodos .....	33
Resultados preliminares.....	36
DISCUSIÓN GENERAL .....	38
CONCLUSIONES.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
ANEXO 1 .....	57
ANEXO 2 .....	58
ANEXO 3 .....	59

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro I.</b> Parámetros de los modelos de regresión lineal y regresión logística utilizados para evaluar factores asociados con la incidencia de ataques, la especie de predador y la proporción de ovejas muertas por predadores en establecimientos ovinos del Uruguay.....	16
<b>Cuadro II.</b> Categorización, por tamaño, de los predios ganaderos de Uruguay encuestados sobre de la presencia de jabalíes (n = 2.102 <sup>a</sup> ).....	18
<b>Cuadro III.</b> Resultados del modelo de regresión logística utilizado para evaluar los factores que inciden en la presencia de jabalíes en los predios ganaderos, según los reportes de los productores. ....	20
<b>Cuadro IV.</b> Pautas comportamentales de los ovinos registradas en respuesta al olor de heces de zorro y jabalí. ....	26
<b>Cuadro V.</b> Frecuencia y duración de los comportamientos ovinos registrados en respuesta al olor de heces de zorros (FFO), sin olor (NOC) y olor a lana de ovejas desconocidas (SWOC). ....	28
<b>Cuadro VI.</b> Frecuencia y duración de los comportamientos ovinos registrados en respuesta al olor de heces de jabalí (WBFO), sin olor (NOC) y olor a lana de ovejas desconocidas (SWOC). ....	31



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribución de los ataques de predadores ovinos en Uruguay, a lo largo del día, según la percepción de los productores ovinos..... 15
- Figura 2.** (a) Regiones del Uruguay (ROU) y (b) distribución de los predios ganaderos donde se reportó la presencia de jabalíes (n = 2.360). ..... 19
- Figura 3.** Distribución de los predios ganaderos que reportaron presencia de jabalí con relación al tipo de cobertura vegetal presente: (a) bosque de abrigo, (b) bosque nativo, (c) plantación de pino, y (d) plantación de eucalipto..... 21
- Figura 4.** Probabilidad de reportar jabalíes entre regiones en relación con el tipo de cobertura vegetal dominante y el tamaño del predio ganadero. Regiones: noreste (●), norte (▲), centro-sur (■). Cobertura vegetal: (a) monte de abrigo, (b) bosque nativo, (c) plantación de pinos, (d) bosque nativo y plantación de pino. Categoría de tamaños (ha): 1: ≤50; 2: >50 a ≤100; 3: >100 a ≤200; 4: >200 a ≤500; 5: >500 a ≤1.000; 6: >1.000 a ≤3.000; 7: >3.000 a ≤5.000 y 8: >5.000. Diferentes letras entre regiones indican  $p \leq 0,05$ . ..... 22
- Figura 5.** Probabilidad de reportar la presencia de jabalíes según el tamaño del predio ganadero, con relación al tipo de cobertura vegetal dominante en cada región. Regiones: noreste (●), norte (▲), centro-sur (■). Cobertura vegetal: (a) monte de abrigo, (b) bosque nativo, (c) plantación de pinos, (d) bosque nativo y plantación de pino. Categoría de tamaños (ha): 1: ≤50; 2: >50 a ≤100; 3: >100 a ≤200; 4: >200 a ≤500; 5: >500 a ≤1.000; 6: >1.000 a ≤3.000; 7: >3.000 a ≤5.000 y 8: >5.000. Diferentes letras dentro de la misma región indican  $p \leq 0,05$ . ..... 23
- Figura 6.** Prueba de reactividad comportamental en ovejas expuestas a heces de predadores. Pautas comportamentales: (a) mover la cabeza, (b) girar la cabeza, (c) patear el suelo, y (d) quietud. .... 25
- Figura 7.** (a) Temperatura rectal, (b) cortisol, (c) glucemia, (d) proteínas totales, (e) albúmina y (f) globulina en ovejas expuestas durante cinco minutos al olor de heces de zorro (□), olor a lana de oveja desconocida (Δ) y sin olor (○). Las áreas sombreadas muestran el período de la prueba de comportamiento. Letras diferentes indican que estos puntos difirieron en el tiempo ( $p \leq 0,05$ ) (media ± EEM). ..... 29
- Figura 8.** (a) Temperatura rectal, (b) cortisol, (c) glucemia, (d) proteínas totales, (e) albúmina y (f) globulina en ovejas expuestas durante cinco minutos al olor de heces de jabalí (□), olor a lana de oveja desconocida (Δ) y sin olor (○). Las áreas sombreadas muestran el período de la prueba de comportamiento. Letras diferentes indican que estos puntos difirieron en el tiempo ( $p \leq 0,05$ ) (media ± EEM). ..... 32
- Figura 9.** Sitio para períodos nocturnos de habituación a la presencia de jabalíes. .... 34

**Figura 10.** Áreas donde se realizaron las pruebas comportamentales de ovejas expuestas a la presencia de jabalíes en cautiverio. (a) Etapa 1; (b) Etapa 2. .... 35

## RESUMEN

Actualmente existe un reclamo de los productores ovinos de Uruguay sobre el impacto de los predadores en sus majadas, provocando en muchos casos el abandono o disminución del rubro. Esta tesis propone: 1) recopilar la visión de los productores acerca del impacto de diferentes predadores en las majadas de Uruguay; 2) determinar las características ambientales y las prácticas de manejo de los predios, que favorecen la presencia de predadores; 3) determinar los principales cambios comportamentales y fisiológicos de ovejas expuestas al olor de predadores y 4) evaluar si existe aprendizaje social en la adaptación de los ovinos a la presencia de jabalíes. Para los dos primeros objetivos se realizaron dos encuestas: la primera focalizada en la percepción sobre la mortandad ovina causada por predadores, aplicada a 91 productores ovinos y la segunda focalizada en la distribución espacial del jabalí y su asociación con factores ambientales, aplicada a 2.360 productores ganaderos. Para el tercer objetivo se evaluó la respuesta comportamental de 48 ovejas expuestas a heces de zorro y jabalí, lana de oveja desconocida y sin olor; se midió temperatura rectal y tomaron muestras sanguíneas para determinar la concentración de cortisol, glucemia, proteína total, albúmina y globulina. Por último, para el cuarto objetivo, se midió el comportamiento y las respuestas fisiológicas, hematológicas y bioquímicas de ovejas expuestas a la presencia de jabalíes en cautiverio, agrupadas y no agrupadas con ovejas habituadas a este predador. Las especies reportadas como predadoras de ovinos fueron *Caracara plancus* (carancho), *Lycalopex gymnocercus* (zorro), *Canis lupus familiaris* (perros de vida libre) y *Sus scrofa* (jabalí). Más del 85 % de los productores ovinos reportaron ataques de predadores, los cuales fueron 8,3 veces menores cuando los predios tenían cercas eléctricas en todos los potreros. Asimismo, la proporción de predación fue mayor en el norte del país y menor cuando los potreros se recorrían frecuentemente. Específicamente, la probabilidad de reportar presencia de jabalíes fue mayor en establecimientos de la región noreste, con bosques nativos y/o plantaciones de pino, mayores a 500 ha. Respecto a la reactividad de los ovinos testeados con heces de zorros, el tratamiento afectó el número de veces que las ovejas patearon el suelo, giraron la cabeza, retrocedieron y permanecieron quietas. Para los ovinos testeados con heces de jabalí, se vió afectada la frecuencia de patear el suelo, girar la cabeza, permanecer quietas, retroceder y caminar. En ningún caso la temperatura rectal y las variables hematológicas fueron afectadas por los tratamientos. La presente tesis contribuye a la actualización de información sobre las especies predadoras de ovinos y proporciona más información sobre las características de los predios productivos, y sus prácticas de manejo, que podrían estar asociadas con el riesgo de predación, ayudando a mitigar el conflicto entre humanos-fauna silvestre. Asimismo, si bien esta tesis no tuvo como objetivo desarrollar herramientas para reducir la mortalidad por predadores, comprender mejor la relación predador-presa en estas especies es importante para identificar señales que podrían facilitar la detección de la presencia de predadores considerando el comportamiento de las presas.

## SUMMARY

Nowadays, there is a claim from the Uruguayan sheep farmer's due to the impact that predators have on their flocks, which may lead in many cases to the abandonment of the enterprise or production decrease. This thesis proposes: 1) to collect the farmers' vision about the impact of different sheep predators in the farms of Uruguay; 2) determine the environmental characteristics and livestock management practices, which favor the presence of predators; 3) determine the main behavioral and physiological changes of sheep exposed to predators' odors and 4) evaluate possible social learning in the adaptation of sheep to the presence of wild boars. For the first two aims, two surveys were carried out: the first was applied to 91 sheep farmers and focused on the perception of sheep mortality induced by predators, and the second was applied to 2,360 livestock farmer and focused on the spatial distribution of wild boars and its association with environmental factors. For the third aim, the behavioral response of 48 sheep exposed to fox and wild boar feces, unknown sheep wool and no odor, was evaluated for 5 min. Rectal temperature was measured, and blood samples were obtained to determine cortisol concentration, glycaemia, total protein, albumin, and globulin. Finally, for the fourth aim, the behavioral, physiological, hematological and biochemical responses of sheep grouped with companions accustomed or not to the presence of wild boars were measured after being exposed to captive wild boars. The species reported as sheep's predators were *Caracara plancus* (caracara), *Lycalopex gymnocercus* (fox), *Canis lupus familiaris* (free-ranging dog), and *Sus scrofa* (wild boar). More than 85 % of the sheep farmers reported predator attacks, that were 8.3 times less when the farms had electric fences in all their paddocks. Likewise, predation proportion was greater in the north of the country and lower when the paddocks were visited frequently. Specifically, the probability of reporting the presence of wild boar was higher in farms in the northeast region, with native forests and/or pine plantations, and larger than 500 ha. Regarding the reactivity of the sheep evaluated with fox feces, the treatment affected the number of times that each ewe kicked the ground, turned the head, went back, and remained still. For sheep tested with wild boar feces, the frequencies of kicked the ground, turned the head, remained still, backing up and walking were also affected. Rectal temperature and hematological variables were not affected by treatments. This thesis contributes to update information on predatory species of sheep and provides more information about the characteristics of the productive farms, and their management practices, which could be associated with predation risk, helping to mitigate the humans-wildlife conflict. Also, although this thesis did not aim to develop tools to reduce predator mortality, better understanding of the predator-prey relationship in these species is important to identify signals that could facilitate the detection of the presence of predators by considering the behavior of the prey.

# INTRODUCCIÓN

En los sistemas de cría extensiva, las principales causas de mortandad de corderos son los partos distócicos, la inanición, la hipotermia, las enfermedades infecciosas y la predación (Dwyer, 2008; Holmøy et al., 2014; Smith et al., 2015). Específicamente en lo que respecta a predación, éste es uno de los principales problemas en la producción animal con un importante impacto en varios países (Treves & Karanth, 2003; Berger, 2006; van Eeden et al., 2017; Gordon, 2018), ya que los ataques a ganado doméstico tienen altos costos de manera directa, debido a la pérdida del animal propiamente dicha, e indirecta dada la inversión necesaria en medidas preventivas (Bonacic et al., 2007). Sin embargo, se debe tener en cuenta que la percepción de la predación en animales de producción está fuertemente influenciada por experiencias sociales y culturales de los productores, así como también por el daño directo que los predadores han generado en los animales que posee cada productor (Sillero-Zubiri et al., 2007; Ramalho et al., 2015).

En Uruguay hay 11,9 millones de bovinos y 6,3 millones de ovinos (DIEA, 2021). Anualmente se producen 1.133 mil toneladas de carne bovina, 48 mil toneladas de carne ovina y 26,6 mil toneladas de lana (base sucia), por lo que la ganadería ovina es uno de los componentes principales de la economía del país (DIEA, 2021). Sin embargo, uno de los factores que repercute negativamente en la economía del rubro, según los productores ovinos, es justamente la incidencia de predadores en las majadas, derivando en muchos casos en el abandono o disminución del rubro (Frade, 2015).

## Interacción predador-presa

En la interacción predador-presa, tanto el predador como la presa se encuentran bajo una presión de selección continua para maximizar el éxito de captura y las estrategias de supervivencia, respectivamente. Esto se conoce como *carrera armamentista co-evolutiva*, en la cuál la especie predatora no podrá persistir a menos que la frecuencia de éxitos en su estrategia de predación permita a los individuos obtener suficiente alimento, pero a su vez dejar que sobrevivan también presas jóvenes. Si las estrategias de caza se hicieran demasiado exitosas, los predadores podrían llevar a las presas a su extinción, lo que resultaría negativo para ambos (Redondo, 1994; White, 2013).

Cuando se habla de predadores silvestres y presas domésticas la adaptación pasa a ser unidireccional, ya que el predador mejora sus estrategias para alcanzar de forma más eficiente a su presa, pero la "habilidad" del animal doméstico de escapar del predador dependerá en gran medida del productor y del tipo de manejo que éste realice (Cravino, 1992). Factores como las características del paisaje

(topografía, tipo y estructura de la vegetación, y condiciones climáticas), la abundancia y ecología de los predadores (Wilkinson et al., 2020), la cantidad y distribución de animales domésticos en el área (Kovarík et al., 2014), la modificación del hábitat natural debido a perturbaciones antropogénicas (Graham et al., 2005; Miller & Schmitz, 2019) y la presencia/ausencia de métodos de mitigación (Andelt, 2004; Scasta et al., 2017), deben tenerse en consideración a la hora de evaluar la probabilidad de una interacción depredador-silvestre-presadoméstica, y sus posibles resultados. Asimismo, reducir el tamaño de los rebaños, mantener los ovinos cerca de las viviendas o instalaciones de los establecimientos, recolectar los cadáveres de ovinos muertos y mejorar la construcción de los recintos, son algunas de las recomendaciones que pueden contribuir a disminuir las probabilidades de ataques y las consecuencias de este tipo de interacciones (Sillero-Zubiri et al., 2007).

## Predadores ovinos

En el cono sur de Sudamérica, las principales especies depredadoras de ganado son el zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*, Travaini et al., 2000), el puma (*Puma concolor*, Rodríguez et al., 2019; Balbuena-Serrano et al., 2021; Guerisoli et al., 2021), el jaguar (*Panthera onca*, Cunha de Paula & Pires, 2015; Caruso et al., 2020), el zorro chilla (*Lycalopex griseus*, Silva-Rodríguez et al., 2009) y el jabalí (*Sus scrofa*, Pavlov & Hone, 1982; Medina Filho et al., 2015). En el caso específico de Uruguay algunos reportes consideran que los zorros y los jabalíes son los principales responsables de atacar y consumir los ovinos (Cravino, 1992; Frade, 2015; MGAP, 2018a), menos frecuentemente se mencionan a las aves rapaces, perros y algunas especies de felinos silvestres de pequeño a mediano porte (Achaval et al., 2007; Frade, 2015; MGAP, 2018a).

### Lycalopex gymnocercus

El zorro gris o de campo (*Lycalopex gymnocercus*), especie autóctona (Decreto N° 565/981 de 1981) y prioritaria para la conservación en Uruguay (Soutullo et al., 2013), es un carnívoro de mediano porte con comportamiento nocturno-crepuscular. Habita principalmente áreas de campo abierto, pajonales y chircas (Queirolo et al., 2013). Es una especie solitaria, aunque llega a verse en pequeños grupos, y pueden formar parejas monógamas (Lucherini & Luengos Vidal, 2008).

Se aparean desde junio a setiembre, la gestación dura de 53 a 60 días y las hembras pueden tener una camada de hasta cinco crías. Los partos ocurren en el interior de una madriguera subterránea donde los cachorros permanecen hasta los dos meses. El cuidado es biparental, las parejas permanecen juntas hasta que las

crías abandonan la madriguera y el amamantamiento se extiende hasta los cuatro o cinco meses de edad. La madurez sexual se alcanza al año (Canevari & Vaccaro, 2007; Lucherini & Luengos Vidal, 2008).

Su hábito alimenticio es omnívoro, incluyendo en su dieta ratones, aves, anfibios y reptiles, carroña, insectos y otros artrópodos, moluscos terrestres y frutos (González & Martínez-Lanfranco, 2012). En general, los zorros sólo matan animales jóvenes y pequeños, atacándolos en la garganta, aunque pueden producirse ataques con múltiples mordeduras en el cuello y espalda. Prefieren las vísceras y comienzan a alimentarse a través de una entrada detrás de las costillas; algunos también parecen preferir la nariz y la lengua llegando a poder consumir toda la cabeza de la presa. Muy rara vez el zorro causa daño óseo severo (Biosecurity Queensland, 2013).

### Sus scrofa

El jabalí (*Sus scrofa*) es una especie exótica en Uruguay (Decreto N° 565/981 de 1981), declarada oficialmente como invasora en el año 1982 y sus poblaciones emergen de la hibridación introgresiva con cerdos domésticos (García et al., 2011). Genera daños medioambientales en espacios urbanos y suburbanos, alterando la diversidad de suelos, vegetación y fauna (Barasona et al., 2021; Cuevas et al., 2021; Greco et al., 2021). Asimismo, genera repercusiones indirectas a nivel socioeconómico que incluyen daños a la tierra, cultivos y animales productivos (Marcos et al., 2020; Cuevas et al., 2021), y riesgos para la salud de la vida silvestre, el ganado e incluso los humanos (Barasona et al., 2021; Cuevas et al., 2021). Es de hábitos nocturnos, y vive en piaras de 20 a 100 individuos. Su estructura social es matriarcal, compuesta por una hembra o jabalina más vieja (líder), crías o jabatos, otras hembras reproductivas y machos jóvenes; los machos adultos son solitarios (Canevari & Vaccaro, 2007; Medina Filho et al., 2015).

Los partos ocurren frecuentemente en primavera y las jabalinas pueden tener dos pariciones por año, con una gestación media de 115 días y camadas de cuatro a 12 jabatos. Los partos ocurren en nidos formados por vegetación, donde los jabatos permanecen durante una semana y luego empiezan a seguir a la madre a cortas distancias. La lactancia es de tres a cuatro meses, pero en la segunda semana de vida ya comienzan a ingerir alimentos sólidos. Los machos se alejan del grupo a los tres años de edad (Medina Filho et al., 2015).

En general, los hábitats abiertos y campos agrícolas cercanos a remanentes de bosques naturales tienen características ambientales que favorecen la presencia de jabalíes. (Caruso et al., 2018). Sin embargo, debido a su alta tasa reproductiva, baja tasa de predación, dieta amplia y plasticidad ecológica (Barrios-García & Ballari, 2012; Johann et al., 2020), la especie tiene un gran potencial

adaptativo para vivir en diversas zonas climáticas y ambientes sujetos al impacto antropogénico (Garza et al., 2018; Johann et al., 2020).

Su dieta es omnívora consumiendo raíces, larvas de insectos, carroña, ranas, reptiles, aves, corderos y otros mamíferos. Los grandes jabalíes pueden matar y comer corderos poco después de su nacimiento, incluyendo corderos sanos hasta una semana de edad, corderos débiles o nacidos muertos y animales mayores. Ellos corren a sus presas hasta lograr desestabilizarlas provocando su caída y consumiendo principalmente la región del pecho (Biosecurity Queensland, 2013).

### Caracara plancus

El carancho (*Caracara plancus*), especie autóctona (Decreto N° 565/981 de 1981) y de preocupación menor según los criterios de UICN categoría Regional (Azpiroz et al., 2012), es un ave rapaz diurna, no migratoria, de la familia Falconidae (Narosky & Yzurieta, 2013; Aves Uruguay, 2017). Habita principalmente praderas naturales y cultivadas, bañados y serranías, aunque puede encontrarse incluso en zonas suburbanas. Se los puede ver solos, en parejas o en pequeños grupos (Arballo & Cravino, 1999).

La nidificación puede ocurrir en campos de cultivos, bosques y arboledas exóticas y su altura se adapta a la vegetación presente en el lugar (Arballo & Cravino, 1999; Salvador, 2013). En ocasiones pueden utilizar nidos abandonados de otras rapaces y nidos activos de cotorras (*Myiopsitta monachus*). Las nidadas son en promedio de tres huevos, con un período aproximado de incubación de 30 días. Las crías son nidícolas y el cuidado es biparental (Salvador, 2013).

Son omívoros y oportunistas y los ítems alimenticios frecuentemente reportados son la carroña, roedores, insectos, ungulados, reptiles, anfibios, artrópodos, aves y frutas (Travaini et al., 2001; Idoeta & Roester, 2012; Guilherme, 2019).

### Canis lupus familiaris

Los perros domésticos (*Canis lupus familiaris*) son generalistas oportunistas, cuya socioecología, dieta, comportamiento, tasa de fertilidad y supervivencia varían según su grado de dependencia con los humanos (Vanak & Gompper, 2009; Hughes et al., 2017; Macdonald & Carr, 2017). Se catalogan como perros de vida libre aquellos que no tienen una movilidad restringida y no dependen exclusivamente del hombre (Jensen, 2007). Actualmente, cumplen el rol de predadores, competidores y reservorios o transmisores de enfermedades para la fauna silvestre (Vanak & Gompper, 2009).



Pasan a considerarse “perros salvajes” cuando viven de forma libre donde el alimento directo, el refugio, la reproducción y la formación de poblaciones ocurren sin intervención del hombre (Jensen, 2007; Vanak & Gompper, 2009). Expresan una marcada evitación al contacto con humanos y restringen su vida casi exclusivamente a los ambientes naturales (Boitani et al., 2017).

## Comportamiento de las presas

Las estrategias de las especies presa para detectar un predador, reaccionar en consecuencia y comunicarse con otros animales del grupo, son las primeras barreras en su defensa (Hegab et al., 2015). Una de las reacciones más conocidas frente a los predadores es la respuesta de “lucha o huida”, la que depende de la distancia entre ellos (Lima & Dill, 1990; Eilam et al., 1999): si el predador se mantiene lejos, desencadena respuestas de inmovilización en las presas, si se encuentra cerca induce el escape y a distancias muy cercanas provoca respuestas defensivas de lucha (Eilam et al., 1999). Además de las respuestas comportamentales, también se generan respuestas a nivel fisiológico y bioquímico (Broom & Johnson, 2019). Como en toda respuesta de estrés se activa el sistema simpático y el eje hipotálamo-hipófiso-adrenal, y por tanto la producción de catecolaminas y glucocorticoides (Rivier & Rivest, 1991; Broom & Johnson, 2019). Esto lleva a aumentos en la concentración sérica del cortisol, lactato, ácidos grasos libres y proteínas de fase aguda, hematocrito, glucemia, y la cantidad de leucocitos y eritrocitos (Möstl & Palme, 2002; Damián & Ungerfeld, 2013). Asimismo, también se pueden presentar aumentos en la frecuencia cardíaca, respiratoria y la temperatura rectal (Marai et al., 2007).

Los alces responden al olor de sus predadores aumentando su frecuencia cardíaca y su tasa de consumo de oxígeno (Chabot et al., 1996). Los conejos también responden a los olores de los predadores aumentando su frecuencia respiratoria y los niveles séricos de corticosterona (Monclús et al., 2005; Mella et al., 2016), y los roedores expuestos a búhos aumentan su concentración de corticosterona y vocalizan con frecuencia (Cockrem & Silverin, 2002).

### Ovis aries

Los ovinos son una especie muy gregaria, con una distancia social relativamente pequeña entre individuos (Fisher & Matthews, 2001). Tienen una visión con una agudeza aceptable y una buena percepción del movimiento y la profundidad. Su audición va de 125 a 42.000 Hz, pudiendo detectar ultrasonidos. Discriminan gran cantidad de olores, pudiendo diferenciar entre olores de lana,

heces, saliva y secreciones de las glándulas infraorbitales, interdigitales e inguinales de diferentes individuos (Kendrick, 2008).

Existe escasa información sobre la respuesta específica de los ovinos domésticos a la presencia de un predador. Sin embargo, en vida silvestre las ovejas expresan un marcado comportamiento antipredador, con alta dedicación a la vigilancia y una tendencia a agruparse en majadas logrando protección en forma cooperativa (Rutter, 2002; Dwyer & Lawrence, 2008). Esta última estrategia conocida como “confusión”, mejora la detección de los predadores y facilita la huida (Vine, 1971). Las vocalizaciones cesan ante cualquier señal de peligro (Dwyer & Lawrence, 2008), y la postura de alarma incluye patear el suelo con las patas delanteras, mantener la cabeza erguida, la postura general del cuerpo en forma rígida, y caminar con pasos cortos y rápidos (Rutter, 2002; Beausoleil et al., 2005; Nowak et al., 2008).

Si bien se han mantenido muchos de los comportamientos naturales de la especie, la selección artificial y la protección por parte del hombre pudieron debilitar su comportamiento antipredador y otros rasgos de supervivencia en la naturaleza. Hay que tener en cuenta que la capacidad de supervivencia de una presa va a depender en gran medida de su capacidad de reconocer al predador y su velocidad de respuesta, tanto para defenderse como para huir del mismo (Hansen et al., 2001).

## ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

Los únicos estudios accesibles hasta la fecha, que indican la incidencia de predadores en la mortandad de ovinos de Uruguay, datan de los años 1979, 1985, 2000, 2003 y 2018.

Mari (1979) analizó las diferentes causas de mortandad de 500 corderos en cinco establecimientos e indicó que el 3% de las muertes ocurrían por predación. Fernández-Abella (1985) estudió la mortandad neonatal de corderos de la Estación Experimental San Antonio (Salto) desde 1978 a 1981 y reportó que, de 1.658 corderos nacidos, 265 murieron dentro de las primeras 168 h de vida y el 18,2 % de estas muertes fueron causadas por predadores. Cravino et al. (2000) concluyeron en un estudio de caso que la mortandad de corderos por predación primaria, sin distinguir el predador actuante, fue 16 veces menor que el promedio nacional de muertes por inanición-exposición. A su vez, Herrero & Fernández de Luco (2003) plantearon que el Secretariado Uruguayo de la Lana realizó una encuesta al 45 % de los productores ovinos del país encontrando que el jabalí causó en forma directa la muerte de 180.000 corderos por año, sin embargo no se logró acceder al trabajo original. Por último, el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca en el contexto de la Encuesta Ganadera Nacional del año 2016, reportó que entre julio 2015 y junio 2016, el 71,3 % de los productores tuvo problemas con predadores, y dentro de las opciones jabalí, zorros (sin especificar especie), perros y otros, el zorro y el perro fueron reportados como los más problemáticos (MGAP, 2018a).

En este contexto y considerando que las especies presa pueden utilizar las señales químicas de los predadores para identificar el riesgo de predación (Kats & Dill, 1998; Blanchard et al., 2003; Apfelbach et al., 2005), conocer cómo reaccionan las ovejas puede ser útil para comprender la relación predador-presa y desarrollar herramientas efectivas para controlar la predación. La detección de cambios de comportamiento ante las señales de un predador podría ser el punto de partida para futuros estudios aplicados, donde la presencia de un predador pueda ser alertada en función del comportamiento de su presa.

Una herramienta para estudiar la reactividad de las presas es exponerlas a olores de predadores (heces, orina, piel, etc.) (Blanchard et al., 2003; Hegab et al., 2015), ya que éste puede provocar comportamientos defensivos en animales de laboratorio, domésticos y salvajes, similares a los que se utilizan para responder a la presencia real del predador (Hansen et al., 2001; Blanchard et al., 2003). Las presas pueden utilizar el olor como fuente de información sobre la presencia del predador, su identidad y el riesgo de un posible encuentro (Anson & Dickman, 2012; Hegab et al., 2015). Algunos modelos utilizados para abordar la temática incluyen animales vivos, olores sintéticos (como el trimethylthiazoline: compuesto aislado a

partir de las heces de zorro), secreciones (orinas, heces, secreciones de la glándula anal), piel de animales, animales disecados y materiales colectados de cuevas o madrigueras (Hegab et al., 2015).

Lee et al. (2016) demostraron que las ovejas quedan inmobilizadas (comportamiento de *freezing*) y permanecen vigilantes cuando se enfrentan a perros desconocidos, mirando permanentemente al perro. De igual forma, las ovejas aumentan su tiempo de recuperación ante estímulos aversivos (tiempo transcurrido desde la respuesta hasta la falta de interés en el estímulo), así como las distancias de huida y la duración del comportamiento de rebaño, o agrupamiento, respecto a estímulos neutros si están expuestos a predadores taxidermizados (Hansen et al., 2001). También responden a las señales aisladas de los predadores, reduciendo su tiempo para comer, o incluso dejan de comer en presencia de olores de las heces de perros domésticos o lobos (Arnould & Signoret, 1993; Arnould et al., 1998); y al igual que las cabras y las vacas, reducen su tiempo de alimentación y comen menos si su alimento está asociado a compuestos fecales aislados de diferentes especies de predadores (Pfister et al., 1990; Weldon et al., 1993). Sin embargo, también se ha demostrado que algunos animales de producción no sólo repelen el olor a predadores, si no también repelen el olor de otros animales de producción; las ovejas rechazan más intensamente las heces de vacunos que las de cerdos, gallinas y otros ovinos (Suárez & Orihuela, 2002).

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Aunque en general se asume que los zorros, jabalíes, perros de vida libre y caranchos son los principales responsables de atacar y consumir ovinos en Uruguay, no existen estudios que determinen la importancia relativa de cada una de estas especies en los eventos de predación en nuestro país, ni cuáles son las prácticas de manejo en los predios productivos que influyen en su comportamiento y distribución. A su vez, la información disponible sobre la relación/interacción entre estos predadores y las ovejas también es escasa a nula.

Conocer el uso del hábitat por parte de los predadores ovinos en Uruguay, su distribución actual y los factores que influyen en su comportamiento, así como conocer si existen respuestas específicas en las presas que indiquen presencia de predadores, servirá como punto de partida para nuevas estrategias de manejo en los predios ovejeros y la creación de nuevas herramientas de detección, evasión, disuasión y/o control de predadores en base tanto al comportamiento de la presa como al del predador. Esta información, sumada a componentes políticos para la protección de la fauna silvestre y el control de especies exóticas invasoras, así como a enfoques multi e interdisciplinarios de la predación ovina, permitiría proyectar un manejo integrado de los predadores, con el objetivo de disminuir el conflicto humano-vida silvestre en nuestro país.

## HIPÓTESIS

Los zorros y los perros de vida libre son las especies mayormente reportadas como causantes de la muerte de los ovinos en Uruguay.

Factores como la presencia de bosques nativos, forestación de pinos y eucaliptus, ovinos muertos en los potreros y la ocurrencia de partos ovinos en potreros alejados de los cascos de los predios favorecen la presencia de predadores y los eventos de predación.

Las ovejas muestran comportamientos aversivos y respuestas fisiológicas de estrés cuando se exponen a las heces de zorro o jabalí.

Las respuestas comportamentales y fisiológicas indicadoras de estrés son menores cuando ovejas sin experiencia a la presencia de jabalíes entran en contacto con éstos estando acompañadas de ovejas habituadas a su presencia, que cuando ovejas sin experiencia a la presencia de jabalíes entran en contacto con jabalíes, pero sin la compañía de ovejas habituadas a este predador. Además, estas respuestas disminuyen más rápido en el tiempo en el primer conjunto de ovejas.

# OBJETIVOS

## Objetivos generales

Conocer la percepción del impacto de los predadores ovinos en las majadas de Uruguay y las características ambientales y prácticas de manejo que favorecen su presencia, así como determinar si la exposición de ovejas al olor o presencia de predadores desencadena respuestas comportamentales y fisiológicas indicadoras de estrés, y si éstas son diferentes dependiendo de la presencia de congéneres habituados al predador.

## Objetivos específicos

1. Caracterizar los predadores ovinos presentes en los predios ganaderos del país y la mortandad de ovinos causadas por estos, mediante encuestas de percepción de los productores.
2. Relacionar la cobertura vegetal y las prácticas de manejo de los predios, con los reportes de presencia e incidencia de jabalíes.
3. Estudiar la respuesta aversiva comportamental y fisiológica de los ovinos al olor de fecas de zorros y jabalíes.
4. Comparar la respuesta conductual y fisiológica de ovejas sin experiencia al contacto con jabalíes, agrupadas y no agrupadas con ovejas habituadas a la presencia de jabalíes en condiciones de cautiverio.

## **ESTRATEGIA DE LA INVESTIGACIÓN**

Para cumplir con los objetivos de esta tesis doctoral, se optó como estrategia trabajar en tres etapas abarcando la problemática de predación ovina tanto con un enfoque social como con un enfoque científico-tecnológico.

La primer etapa se centró en dos estudios de percepción de los productores ganaderos, la segunda en un estudio sobre la respuesta de los ovinos ante estímulos olfativos de predadores, y la tercera en un estudio sobre la habituación de las presas a la presencia de una especie predadora en cautiverio. Dentro de cada etapa se presentan los objetivos, la metodología y los resultados obtenidos, culminando con las secciones de discusión general y conclusiones para el conjunto de los trabajos realizados.



## **ETAPA 1 – Estudios de percepción de los productores ganaderos**

### *Características de los establecimientos ovinos y prácticas de manejo que influyen en la predación de las majadas*

#### **PUBLICACIÓN I**

##### **Objetivo**

Determinar las características de los predios ovinos y las prácticas de manejo que influyen en la predación ovina según la percepción de los productores ovinos de Uruguay.

##### **Materiales y métodos**

Entre noviembre de 2016 y marzo de 2017 se realizaron 91 encuestas electrónicas a productores ovinos, mediante un cuestionario estructurado de 30 preguntas cerradas. En él se recopiló información sobre características de los establecimientos, el manejo general de los animales, antecedentes sobre predación ovina, y datos sociodemográficos. En total, el 56 % de las respuestas se obtuvo de productores ubicados en la región norte del país (norte del río Negro) y el 44 % de productores ubicados en la región sur (sur del río Negro). Los cuestionarios fueron respondidos principalmente por los propietarios de los predios, familiares del propietario, técnicos profesionales y administradores de campo, entre 30 y 60 años.

##### **Análisis estadístico**

La ocurrencia de ataques por predadores (ataques entendidos como ocurrencia de ovejas heridas o muertas por predadores) y los factores que intervenían en la presencia de los predadores reportados como responsables de ataques, fueron analizadas con regresión logística. Para la ocurrencia de ataques por predadores, los factores incluidos en el modelo fueron: región donde se ubica el predio, presencia de plantaciones forestales cercanas, uso de alambrados eléctricos en todos los potreros, recolección de ovinos muertos, y lugar donde ocurrieron los nacimientos de los ovinos. Para analizar los reportes de zorro de campo (*Lycalopex gymnocercus*) y perros de vida libre como responsables de ataques, los factores incluidos fueron: región donde se ubica el predio, presencia de plantaciones forestales cercanas, uso de alambrados eléctricos en todos los potreros, recolección de carcasas de ovinos, frecuencia de recorridas al potrero y reportes de ataques por felinos silvestres y jabalíes. Para el análisis de reportes de

zorro también se incluyó el reporte de ataques por perros, y en el caso del análisis del perro como responsable de los ataques se incorporó presencia de zorros como otro factor. Para los reportes de jabalíes como responsables de los ataques, los factores fueron los mismos que para el zorro y los perros, pero sin incluir el uso de alambrados eléctricos en todos los potreros y los reportes de ataques por felinos silvestres. Asimismo, se incluyeron reportes de ataques por zorros o por perros. El modelo para la incidencia de ataques de caranchos (*Caracara plancus*) incluyó: presencia de plantaciones forestales cercanas, recolección de ovejas muertas, frecuencia de recorridas al potrero y reportes de ataques de jabalíes, zorros o perros.

La proporción de predación (número de ovejas muertas por predadores/número total de ovejas en el predio) se analizó mediante regresión lineal después de normalizar los datos con Bliss [ $\arcsen(\sqrt{\%})$ ]. Las variables independientes fueron la región donde se ubica el predio, el tamaño de los potreros destinados a las ovejas, la presencia de plantaciones forestales cercanas, el uso de alambrados eléctricos en todos los potreros, la recolección de ovinos muertos, la frecuencia de recorridas al potrero y el lugar donde ocurrieron los nacimientos de las ovejas. Todos los análisis estadísticos se realizaron con STATA15 (StataCorp, Texas, EE. UU.).

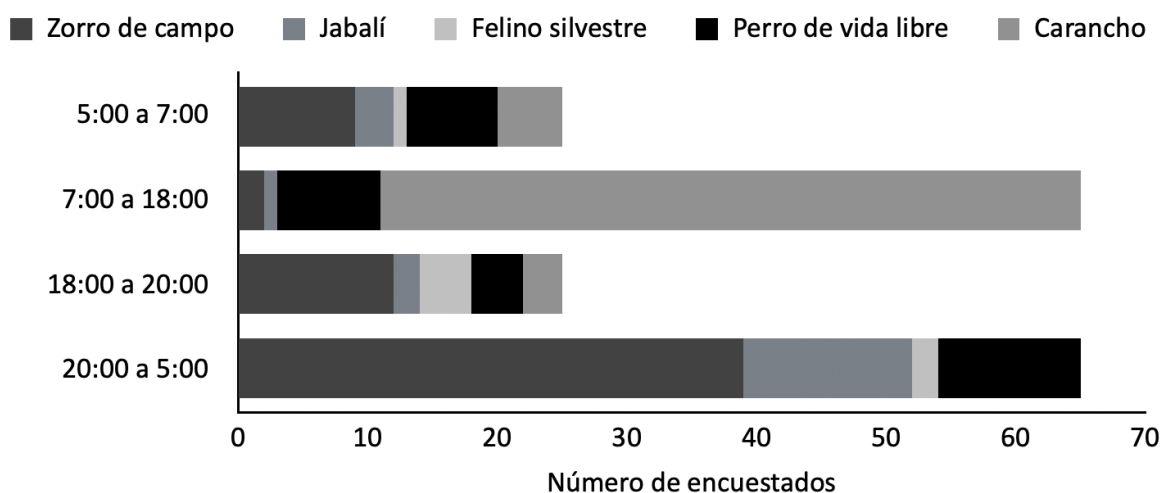
## Resultados

La mayoría de los predios tenían un área entre  $>1.000$  y  $\leq 3.000$  ha, solo menos del 5% eran mayores a 5.000 ha y el número de ovejas/predio osciló entre 40 y 10.000. Como características del manejo realizadas en los predios, se destaca que los nacimientos ovinos se concentraban principalmente en primavera (85,6 %), pudiendo ocurrir en los mismos potreros donde vivían los animales (73,6 %), en recintos cercanos a la casa y galpones (14,3 %), o en ambos lugares indistintamente (12,1 %). Mayormente la frecuencia de recorridas a los potreros era de más de una vez al día (47,3 %), seguido por una vez al día (33 %), cada dos días (16,5 %) o una vez a la semana (3,2 %). El 52,7 % de los encuestados indicó recolectar los ovinos muertos que encontraban en los potreros y solo el 10,6 % de los predios tenían alambrados eléctricos en todos sus potreros. Los ambientes predominantes eran bosque nativo, barrancos, arroyos y ríos (77,9 %), y las plantaciones forestales se reportaron sólo en el 33,7 % de los casos.

### Ocurrencia de ataques

En total, el 85,7 % de los productores tuvieron al menos un incidente de predación en sus majadas (60,3 % en la región norte y 39,7 % en la región sur) en el año 2016. Las especies predatoras reportadas con mayor frecuencia fueron los

caranchos (37,6 %), zorros (34,8 %) y perros de vida libre (16,3 %), seguidos por los jabalíes y felinos silvestres (9,6 % y 1,7 % respectivamente). El carancho atacaba a los ovinos principalmente durante el día (7:00 a 18:00 h), los zorros y jabalíes principalmente durante la noche (20:00 a 5:00 h), y los perros de vida libre no tenían un momento predominante para atacar a los rebaños (Figura 1). Las estaciones con más informes de ataques de predadores fueron el invierno y la primavera (41,2 % cada una), seguidas del otoño (10,1 %) y el verano (7,6 %).



**Figura 1.** Distribución de los ataques de predadores ovinos en Uruguay, a lo largo del día, según la percepción de los productores ovinos.

#### Proporción de predación y factores que intervienen en la presencia de los predadores

El uso de alambrados eléctricos en todos los potreros fue la única práctica que disminuyó el número de ataques y lo hizo 8,3 veces (OR = 0,12;  $p = 0,04$ ; EE = 0,13) (Cuadro I). La proporción de predación fue diferente según la región del país ( $p = 0,03$ ) y la frecuencia de recorridas a los potreros ( $p = 0,03$ ), siendo mayor en la región norte (M = 0,05; DE = 0,08) que en la región sur (M = 0,04; DE = 0,04), y menor cuando los productores recorrían el potrero más de una vez al día (M = 0,03; DE = 0,02) que cuando lo recorrían una vez al día (M = 0,07; DE = 0,10). Los informes de ataques de zorros disminuyeron 3,8 veces cuando el productor informó ataques de perros (OR = 0,26;  $p = 0,04$ ; EE = 0,17; Cuadro I). A la inversa, los informes de ataques de perros disminuyeron 3,7 veces cuando el productor informó ataques de zorros (OR = 0,27;  $p = 0,05$ ; EE = 0,18, Cuadro I). Los ataques por caranchos disminuyeron 5,3 veces si había plantaciones forestales cerca de los predios (OR = 0,19;  $p = 0,02$ ; EE = 0,14) y no se encontraron factores relacionados con los ataques por jabalíes (Cuadro I).

**Cuadro I.** Parámetros de los modelos de regresión lineal y regresión logística utilizados para evaluar factores asociados con la incidencia de ataques, la especie de predador y la proporción de ovejas muertas por predadores en establecimientos ovinos del Uruguay.

	Proporción de predación			Ocurrencia de ataques			Predador											
							Zorro de campo			Perro de vida libre			Jabalí			Carancho		
	Coef.	EE	p	OR	EE	p	OR	EE	p	OR	EE	p	OR	EE	p	OR	EE	p
Región	+0,08	0,04	0,03	1,54	1,74	0,70	1,36	0,99	0,67	1,57	1,00	0,48	3,04	2,24	0,13			
Forestación	-0,02	0,04	0,56	1,23	1,37	0,85	1,26	0,95	0,76	0,82	0,55	0,77	1,58	1,16	0,53	0,19	0,14	0,02
Alambrado eléctrico	-0,04	0,04	0,40	0,12	0,13	0,04	0,53	0,54	0,54	2,07	2,06	0,46						
Colecta de carcasas	-0,02	0,03	0,63	0,29	0,36	0,32	1,30	0,88	0,69	1,71	1,06	0,39	1,32	0,90	0,69	0,64	0,49	0,56
Nacimiento en potreros	-0,04	0,05	0,37	2,44	2,78	0,43												
Frecuencia de recorrida																		
Más de una vez/día	-0,08	0,03	0,03				0,51	0,39	0,38	0,75	0,48	0,66	0,81	0,57	0,76	0,86	0,68	0,85
Cada dos días	-0,08	0,05	0,11				0,51	0,50	0,49	0,66	0,59	0,64	0,87	0,78	0,88	0,74	0,83	0,79
Zorro de campo										0,27	0,18	0,05	0,48	0,36	0,32	1,70	1,42	0,52
Perro de vida libre							0,26	0,17	0,04				0,33	0,25	0,14	0,23	0,18	0,06
Jabalí							0,44	0,34	0,29	0,39	0,30	0,22				1,32	1,22	0,76
Felino silvestre							0,43	0,60	0,54	0,89	1,24	0,93						
Superficie para ovinos (ha)																		
≤500	+0,07	0,05	0,17															
>500 a 1.000	+0,01	0,05	0,77															
>1.000 a 2.000	-0,02	0,05	0,73															
>2.000 a 3.500	-0,04	0,05	0,47															
>3.500	-0,02	0,09	0,09															

EE = error estándar, p = valor de P, OR = razón de probabilidades (odds ratio)

## Factores que afectan la relación espacial entre la presencia de jabalíes y los predios ganaderos

### **PUBLICACIÓN II**

#### Objetivo

Describir la distribución espacial del jabalí en Uruguay y determinar su asociación con factores ambientales relacionados a la producción ganadera, a partir de una encuesta aplicada a productores ganaderos.

#### Materiales y métodos

En marzo de 2018, en colaboración con el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), se aplicó una encuesta sobre jabalíes y su relación con la producción ganadera a 2.360 productores ganaderos ubicados en nueve departamentos del país. El cuestionario constaba de cinco preguntas cerradas: 1) ¿ha visto jabalíes, zorros y/o perros de vida libre en su predio?; 2) ¿ha visto jabalíes en predios vecinos o zonas cercanas?; 3) ¿utiliza algún método para controlar jabalíes?; 4) ¿considera que los jabalíes causan daños económicos en su predio (muerte de animales, cultivos, daños a la infraestructura)?, y 5) ¿permitiría la entrada a su predio a cazadores de jabalíes autorizados, aunque actualmente no utilicen ningún métodos para su control?.

Adicionalmente, el MGAP proporcionó datos sobre superficie, número de ovinos y tipo de vegetación presente, además de los pastizales (bosques nativos, montes de abrigo, plantaciones de pinos y plantaciones de eucaliptos) de cada predio encuestado. Para un mejor análisis, el país se dividió en tres regiones (norte, noreste y centro-sur; Figura 2a) considerando los sistemas productivos presentes, la ubicación de la mayor cantidad de predios ganaderos y la cobertura del suelo. Además, los predios se clasificaron en ocho categorías según su tamaño (Cuadro II).

#### Análisis estadístico

La presencia/ausencia de reportes de jabalíes se analizó como una variable binomial con regresiones logísticas, incluyendo en el modelo la región, el tamaño del predio y el tipo de cobertura predominante. Como variables binomiales se consideraron la presencia/ausencia de ovejas, la presencia de jabalíes en predios vecinos, y la presencia de zorros o perros de vida libre en el propio predio. Los

valores de predicción para casos hipotéticos de presencia de jabalí se estimaron considerando únicamente las variables que tenían efecto en el análisis previo de presencia/ausencia de jabalí.

Los análisis estadísticos y de predicciones se realizaron con STATA15, y los mapas de puntos de interpretación gráfica con informes de presencia de jabalí se realizaron con el software ArcView, versión 10.6 (Environmental Systems Research Institute, Inc., ESRI, California, Estados Unidos).

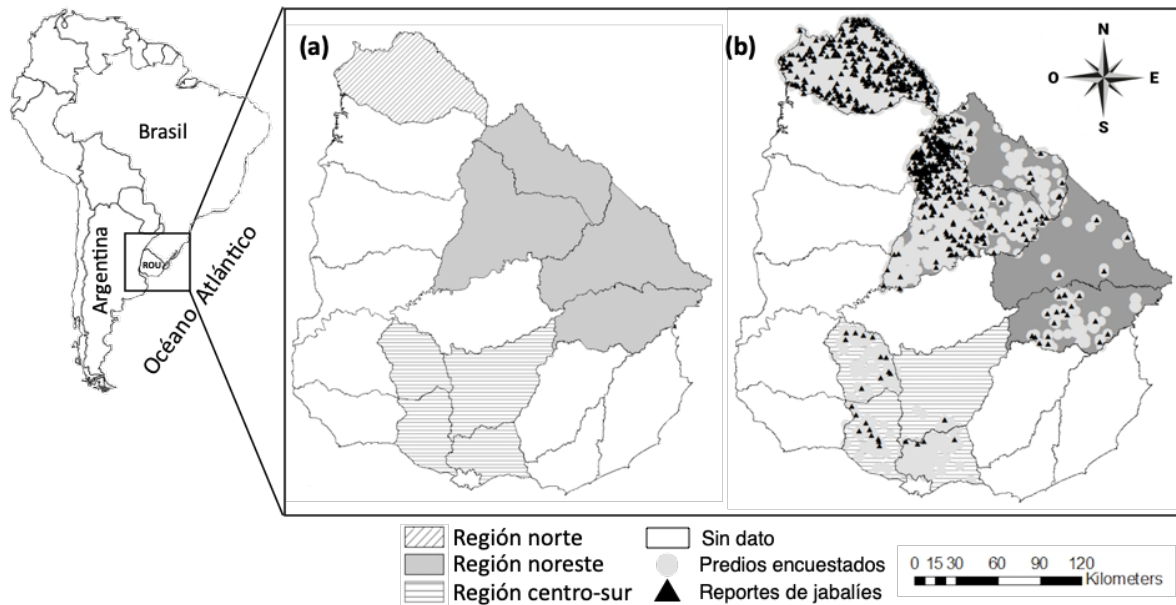
**Cuadro II.** Categorización, por tamaño, de los predios ganaderos de Uruguay encuestados sobre de la presencia de jabalíes (n = 2.102<sup>a</sup>).

Categoría	Tamaño del predio (ha)	Predios totales (%)
1	≤50	468 (22,3)
2	>50 a 100	206 (9,8)
3	>100 a 200	230 (10,9)
4	>200 a 500	454 (21,6)
5	>500 a 1.000	376 (17,9)
6	>1.000 a 3.000	311 (14,8)
7	>3.000 a 5.000	36 (1,7)
8	>5.000	21 (1,0)

<sup>a</sup> En 258 establecimientos ganaderos no se obtuvo el valor del tamaño del predio

## Resultados

De todos los productores encuestados, el 32,5 % informó la presencia de jabalíes en sus predios (Figura 2b). De estos, el 69,7 % consideró que el jabalí genera daños económicos en sus propiedades y el 24,1 % informó lo contrario (6 % no respondió a esta pregunta). Asimismo, de todos los productores que declararon tener jabalíes, el 26,6 % utiliza métodos de control para su eliminación y el 70,3 % no los utiliza. De estos últimos, el 75,4 % permitiría la entrada de cazadores de jabalíes autorizados y el 20,4 % no lo permitiría (4,2 % no respondieron esta pregunta).



**Figura 2.** (a) Regiones del Uruguay (ROU) y (b) distribución de los predios ganaderos donde se reportó la presencia de jabalíes (n = 2.360).

### Características de los predios ganaderos e informes de presencia de jabalíes

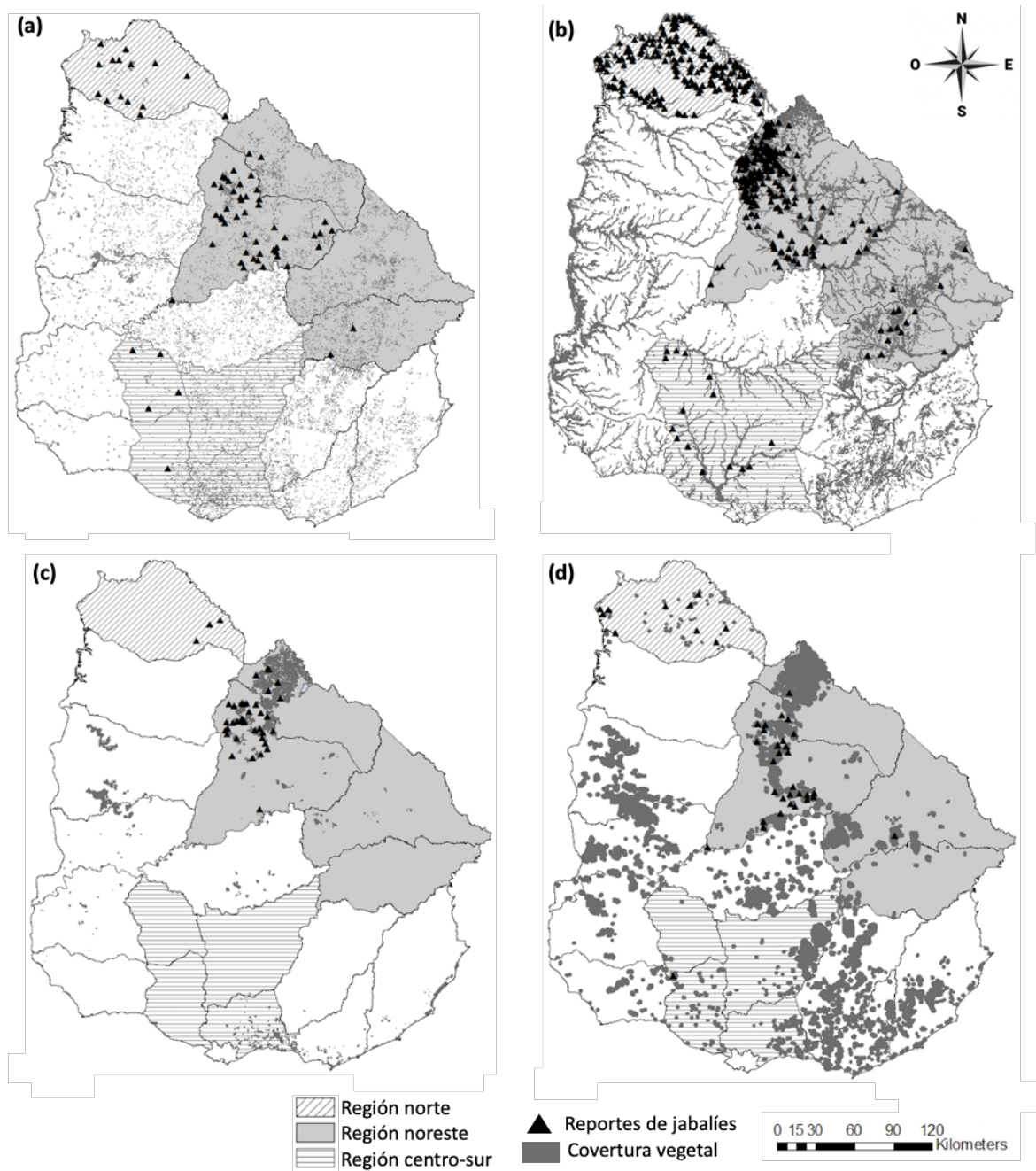
Tanto la región en la que se encontraban los predios como el tipo de vegetación presente afectaron la probabilidad de presencia de jabalíes. Los predios localizados en el noreste tuvieron 8,5 veces más reportes de presencia de jabalíes que los ubicados en la región norte (OR = 8,49; EE = 1,86;  $p < 0,001$ ) (Cuadro III), y los ubicados en la región centro-sur disminuyen los reportes 2,9 veces en relación a la misma región (OR = 0,35; EE = 0,13;  $p = 0,003$ , Cuadro III). La presencia de montes de abrigo disminuyó los reportes de presencia de jabalí (OR = 0,45; EE = 0,12;  $p = 0,003$ , Cuadro III, Figura 3a). Por el contrario, los bosques nativos o plantaciones de pinos favorecieron su ocurrencia (OR = 4,54; EE = 0,65;  $p < 0,001$  y OR = 2,81; EE = 1,42;  $p = 0,04$  respectivamente, Cuadro III, Figura 3b, 3c). No se encontró un efecto de las plantaciones de eucalipto en los reportes de presencia de jabalíes (Cuadro III, Figura 3d) y respecto al tamaño de los predios, aquellos que tenían más 500 ha tenían mayor probabilidad de presentar jabalíes (Cuadro III). En cuanto al efecto de los zorros de campo, su presencia se asoció con un aumento de reportes de jabalíes (OR = 11,03; EE = 3,24;  $p < 0,001$ ) (Cuadro III). Ni la presencia de ovejas en los predios ganaderos, ni de perros de vida libre, así como de jabalíes en predios vecinos modificaron la probabilidad de reporte de jabalíes en los establecimientos estudiados (Cuadro III).

**Cuadro III.** Resultados del modelo de regresión logística utilizado para evaluar los factores que inciden en la presencia de jabalíes en los predios ganaderos, según los reportes de los productores.

	Reportes de jabalí		
	OR	EE	IC 95 %
Región (ref: Norte)			
Noreste	8,49***	1,86	5,52 - 13,04
Centro-sur	0,35**	0,13	0,17 - 0,71
Cobertura vegetal			
Monte de abrigo	0,45**	0,12	0,27 - 0,76
Bosque nativo	4,54***	0,65	3,43 - 6,01
Plantación de pino	2,81*	1,42	1,04 - 7,55
Plantación de eucaliptus	0,73	0,26	0,35 - 1,48
Tamaño (ref: ≤50 ha)			
>50 a 100	1,44	0,47	0,75 - 2,75
>100 a 200	1,20	0,38	0,64 - 2,22
>200 a 500	1,65	0,44	0,98 - 2,79
>500 a 1.000	2,69***	0,74	1,57 - 4,60
>1.000 a 3.000	3,69***	1,08	2,08 - 6,54
>3.000 a 5.000	2,94*	1,50	1,08 - 7,99
>5.000	19,08***	13,93	4,56 - 79,77
Otros animales			
Oveja	0,95	0,14	0,71 - 1,27
Zorro de campo	11,03***	3,24	6,20 - 19,61
Perro de vida libre	1,01	0,15	0,75 - 1,36
WBNF	0,99	0,18	0,01 - 0,02

OR = razón de probabilidades (odds ratio), EE = error estándar, IC = intervalo de confianza del 95 %, WBNF = jabalí en predios vecinos, valor de P \* ≤0,05 \*\* ≤0,01 \*\*\* ≤0,001



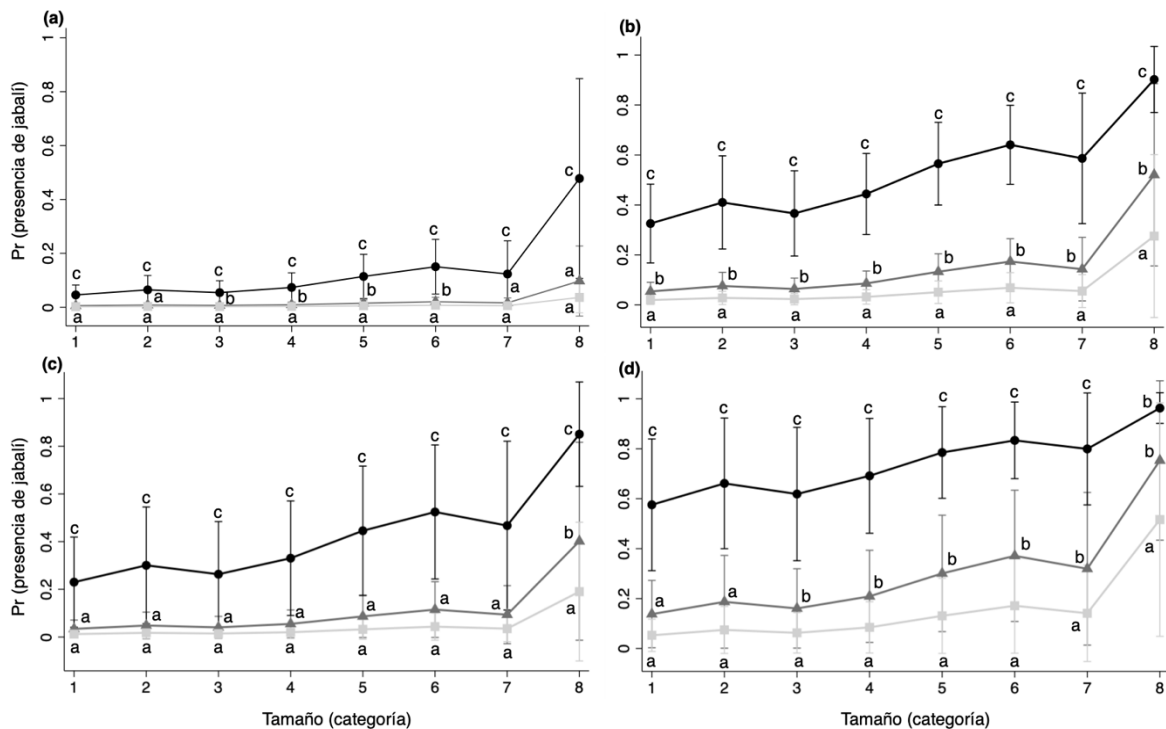


**Figura 3.** Distribución de los predios ganaderos que reportaron presencia de jabalí con relación al tipo de cobertura vegetal presente: (a) bosque de abrigo, (b) bosque nativo, (c) plantación de pino, y (d) plantación de eucalipto.

Predicciones para la presencia de jabalí – comparación entre regiones por tamaño de predio con igual cobertura vegetal

Para todos los tipos de cobertura vegetal y tamaños de los predios, la probabilidad de reportar jabalíes en la región noreste fué siempre más alta que en las regiones norte y centro-sur del país (Figura 4a, 4b, 4c), excepto en predios

mayores a 5.000 ha y con bosques nativos más plantaciones de pinos de las regiones noreste vs norte (Figura 4d). Sin embargo, los predios ubicados en la región norte con bosque de abrigo y tamaños entre 101 y 3.000 ha (Figura 4a), o con bosques nativos independientemente del tamaño del predio (Figura 4b), o plantaciones de pinos con tamaños prediales mayores a 5.000 ha (Figura 4c), o bosques nativos más plantaciones de pinos y tamaños mayores a 100 ha (Figura 4d), fueron más propensos a informar la presencia de jabalíes que los predios ubicados en la región centro-sur.

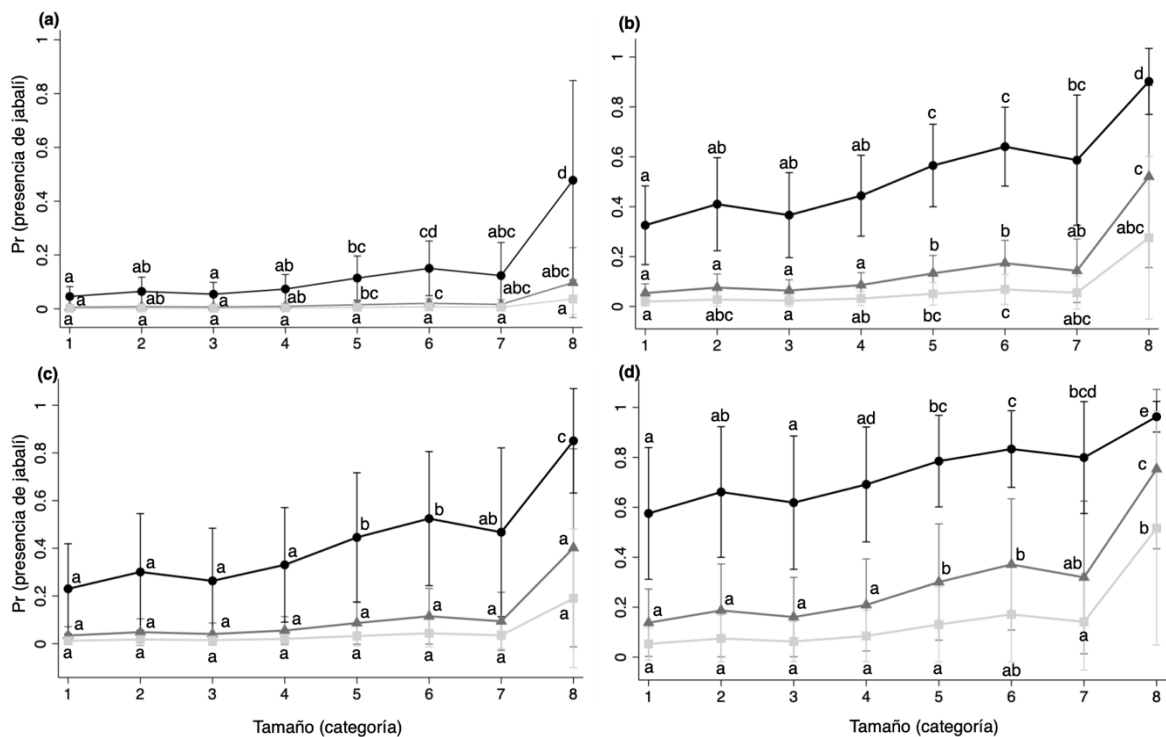


**Figura 4.** Probabilidad de reportar jabalíes entre regiones en relación con el tipo de cobertura vegetal dominante y el tamaño del predio ganadero. Regiones: noreste (●), norte (▲), centro-sur (■). Cobertura vegetal: (a) monte de abrigo, (b) bosque nativo, (c) plantación de pinos, (d) bosque nativo y plantación de pino. Categoría de tamaños (ha): 1: ≤50; 2: >50 a ≤100; 3: >100 a ≤200; 4: >200 a ≤500; 5: >500 a ≤1.000; 6: >1.000 a ≤3.000; 7: >3.000 a ≤5.000 y 8: >5.000. Diferentes letras entre regiones indican  $p \leq 0,05$ .

Predicciones para la presencia de jabalí – comparación entre tamaño de predios dentro de la misma región y tipo de cobertura vegetal

En la región noreste, en los predios con montes de abrigo, la probabilidad de reportar presencia de jabalíes incrementó significativamente cuando el tamaño aumentó de 3.000-5.000 ha a >5.000 ha (Figura 5a). En los predios que tenían bosque nativo, pinos, o ambos tipos de cobertura vegetal, la probabilidad de reportar jabalíes aumentó significativamente al pasar de 200-500 ha a 500-1.000

ha, o de 3.000-5.000 a >5.000 ha de tamaño predial (Figura 5b, 5c, 5d). Los predios ubicados en la región norte aumentaron su probabilidad de reportar jabalíes si presentaban bosque nativo o bosque nativo más plantaciones de pino, y cuando su tamaño aumentó de 200-500 ha a 501-1.000 ha o de 3.000-5.000 ha a >5.000 ha (Figura 5b, 5d). Los predios con monte de abrigo o plantaciones de pinos no tuvieron diferencias en la probabilidad de presentar jabalíes, independientemente del tamaño del predio (Figura 5a, 5c). En los predios de la región centro-sur, solo aumentó la probabilidad de reportar jabalíes cuando sus superficies pasaban de 3.000-5.000 ha a >5.000 ha (Figura 5d) y tenían bosques nativos y pinos simultáneamente.



**Figura 5.** Probabilidad de reportar la presencia de jabalíes según el tamaño del predio ganadero, con relación al tipo de cobertura vegetal dominante en cada región. Regiones: noreste (●), norte (▲), centro-sur (■). Cobertura vegetal: (a) monte de abrigo, (b) bosque nativo, (c) plantación de pinos, (d) bosque nativo y plantación de pino. Categoría de tamaños (ha): 1: ≤50; 2: >50 a ≤100; 3: >100 a ≤200; 4: >200 a ≤500; 5: >500 a ≤1.000; 6: >1.000 a ≤3.000; 7: >3.000 a ≤5.000 y 8: >5.000. Diferentes letras dentro de la misma región indican  $p \leq 0,05$ .

## ETAPA 2 - Respuesta de los ovinos ante estímulos odoríferos de predadores

### Respuestas conductuales y fisiológicas de las ovejas al olor de las heces de zorro (*Lycalopex gymnocercus*) y jabalí (*Sus scrofa*)

#### PUBLICACIÓN III

##### Objetivo

Caracterizar las principales respuestas conductuales y fisiológicas de ovejas expuestas al olor de las heces de zorro *Lycalopex gymnocercus* y jabalí *Sus scrofa*.

##### Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Campo Experimental N° 1 de la Facultad de Veterinaria con 144 ovejas Corriedale. De ellas, 48 ovejas se utilizaron como animales experimentales y las otras 96 se utilizaron como “acompañantes” (no evaluadas), pero manejadas en conjunto para evitar el estrés del aislamiento de las ovejas experimentales durante los tests. Se aplicaron aleatoriamente cuatro tratamientos experimentales a 12 ovejas cada uno: olor a heces de zorro (grupo FFO), olor a heces de jabalí (grupo WBFO), olor a lana de oveja desconocida (control con olor a compañero desconocido, grupo SWOC) y sin olor (control sin olor, grupo NOC). Las heces frescas de zorro y jabalí se colectaron en la Reserva Municipal Dr. Mauricio López Lomba (Tacuarembó-Uruguay) y se congelaron a - 20 °C hasta 4 h antes de las pruebas.

##### Pruebas comportamentales

El comportamiento de las 48 ovejas se determinó individualmente, pero manteniendo a la oveja junto con dos ovejas “acompañantes” para evitar las respuestas de estrés provocadas por el aislamiento social. Al momento de la prueba, 50 g de heces de jabalí o de zorro, o 5 g de lana se colocaron en máscaras que cubrían el hocico de las ovejas. Todos los animales tuvieron un período previo de acostumbramiento al uso de las máscaras y los observadores, para reducir los efectos de una respuesta neofóbica a las manipulaciones. Las pruebas comportamentales comenzaron inmediatamente después de la colocación de las máscaras (t-5) y duraron 5 min (t0) (Figura 6). Cada oveja se evaluó una sola vez y con un único tratamiento, los cuales fueron intercalados para minimizar la

influencia del orden. Los comportamientos (Cuadro IV) se registraron mediante grabaciones de video y se codificaron manualmente mediante el software de código abierto BORIS (Friard & Gamba, 2016).



**Figura 6.** Prueba de reactividad comportamental en ovejas expuestas a heces de predadores. Pautas comportamentales: (a) mover la cabeza, (b) girar la cabeza, (c) patear el suelo, y (d) quietud.

#### Registros fisiológicos y bioquímicos

Se midió la temperatura rectal en todos los animales evaluados, en t-5 y t0, así como a los 20, 40 y 60 min siguientes (t20, t40 y t60, respectivamente). Además, se colectaron muestras sanguíneas por venopunción yugular en t-5, t0, t20, t40, t60, t90 y t120 para determinar la concentración sérica de cortisol, proteínas totales, albúmina y glucosa. La concentración de globulina se estimó restando la concentración de albúmina de la concentración de proteína total.

**Cuadro IV.** Pautas comportamentales de los ovinos registradas en respuesta al olor de heces de zorro y jabalí.

Comportamiento	Definición
Acercarse a un compañero <sup>A</sup>	Caminar en dirección hacia sus compañeros de grupo. Puede haber contacto físico.
Cabeza hacia abajo <sup>A</sup>	La cabeza y el cuello hacia abajo y las orejas hacia atrás. Puede estar caminando o retrocediendo.
Caminar <sup>A</sup>	De pie con las cuatro extremidades apoyadas en el suelo y avanzando hacia adelante.
Eliminación <sup>B</sup>	Defecar u orinar.
Girar la cabeza <sup>A</sup>	Mover la cabeza de manera circular más de dos veces seguidas.
Mover la cabeza <sup>B</sup>	Mover la cabeza hacia los lados más de dos veces seguidas.
Patear el suelo <sup>B</sup>	Golpear el suelo, o intentar golpearlo, con las patas delanteras.
Quietud <sup>A</sup>	De pie con las cuatro extremidades apoyadas en el suelo, sin avanzar ni retroceder. La cabeza y las orejas pueden estar en posición relajada.
Retroceder <sup>A</sup>	Caminar hacia atrás.
Topar <sup>B</sup>	Golpear con la cabeza cualquier parte del cuerpo de otra oveja.

<sup>A</sup> Comportamientos considerados estados; <sup>B</sup> Comportamientos considerados eventos.

### Análisis estadístico

Dado que en el Campo Experimental sólo se han avistado zorros, para evitar efectos de confusión (diferentes especies y experiencia previa con cada una de ellas) no se compararon las respuestas entre zorros y jabalíes. Por lo tanto, se realizaron dos comparaciones independientes, incluyendo los datos de los tratamientos FFO, SWOC y NOC, o los datos de los tratamientos WBFO, SWOC y NOC, respectivamente. Las pruebas SWOC y NOC se incluyeron como controles en ambas comparaciones.

La frecuencia de cada comportamiento y su duración a lo largo de la prueba se compararon con un modelo mixto utilizando el proc mixed de SAS University Edition (SAS Institute Inc., Cary, NC, EE.UU.). El modelo incluyó el tratamiento como efecto fijo y el animal, día y periodo del día como efectos aleatorios. La temperatura rectal, el cortisol, las concentraciones de proteína total, albúmina y globulina, y la glucemia se compararon como medidas repetidas en el tiempo, también utilizando un modelo mixto que incluía el tratamiento, el tiempo y la

interacción entre el tratamiento y el tiempo como efectos fijos y el animal, el día y el momento del día como efectos aleatorios. Se consideraron diferencias significativas cuando  $p \leq 0,05$ , y como tendencias cuando  $0,05 < p < 0,1$ .

## Resultados

### Ovinos testeados con heces de zorro

Los tratamientos afectaron el número de veces que cada oveja pateó el suelo, giró la cabeza, retrocedió y permaneció quieta entre tratamientos, pero no afectaron la frecuencia con que se acercaron a las ovejas acompañantes, toparon, defecaron u orinaron (eliminación), movieron la cabeza y caminaron (Cuadro V). Las frecuencias de los dos primeros comportamientos fueron mayores en los grupos FFO que en los grupos NOC y SWOC (patear el suelo:  $p = 0,01$  y  $p = 0,03$ ; girar la cabeza:  $p < 0,0001$  y  $p < 0,001$  respectivamente; Cuadro V). Las frecuencias de retroceder y quietud fueron mayores en las ovejas del grupo FFO que en las NOC ( $p = 0,005$  y  $p = 0,002$  respectivamente), y tendieron a ser mayores que las de grupo SWOC ( $p = 0,07$  y  $p = 0,06$  respectivamente; Cuadro V). No se observó diferencia entre los grupos NOC y SWOC (Cuadro V). Respecto a la duración total de los comportamientos, las ovejas en el tratamiento FFO pasaron más tiempo girando la cabeza y retrocediendo que las ovejas NOC y SWOC (girando la cabeza:  $p < 0,001$  y  $p = 0,002$ ; retroceder:  $p = 0,01$  y  $p = 0,05$ ; Cuadro V). Caminar y estar con la cabeza gacha no difirió entre tratamientos, así como tampoco se encontraron diferencias entre NOC y SWOC (Cuadro V).

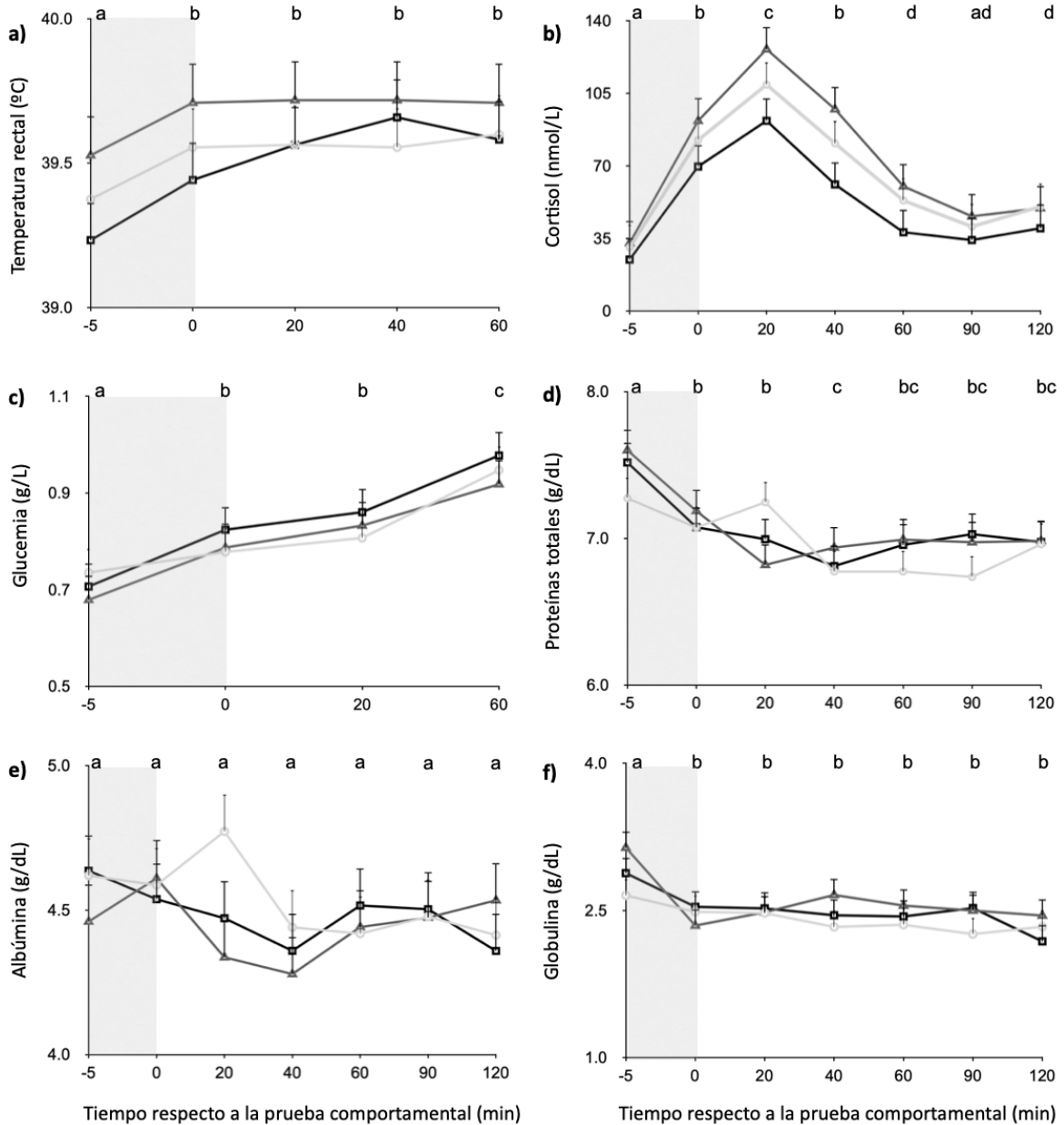
La temperatura rectal varió con el tiempo ( $p = 0,0001$ ), sin efecto de los tratamientos o interacción entre los tratamientos y el tiempo (Figura 7a). La concentración de cortisol varió con el tiempo ( $p < 0,0001$ ), tendió a variar con los tratamientos ( $p = 0,07$ ) y no varió con la interacción entre los tratamientos y el tiempo (Figura 7b). Las concentraciones de glucemia, proteínas totales y globulina variaron con el tiempo ( $p < 0,0001$ ;  $p < 0,0001$  y  $p = 0,0003$ , respectivamente), sin embargo, no hubo efecto de los tratamientos e interacción tratamiento  $\times$  tiempo (Figura 7c, 7d, 7f). La concentración de albúmina no se vio afectada por los tratamientos, el tiempo, ni la interacción tratamiento y tiempo (Figura 7e).

**Cuadro V.** Frecuencia y duración de los comportamientos ovinos registrados en respuesta al olor de heces de zorros (FFO), sin olor (NOC) y olor a lana de ovejas desconocidas (SWOC).

Comportamiento	FFO	NOC	SWOC	F	df	p	
Frecuencia	Acercarse a un compañero	2,00 ± 0,53 <sup>a</sup>	1,83 ± 0,53 <sup>a</sup>	1,58 ± 0,53 <sup>a</sup>	0,15	2	0,86
	Topar	0,08 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,08 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,08 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,00	2	1,00
	Eliminación	0,50 ± 0,20 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,20 <sup>a</sup>	0,67 ± 0,20 <sup>a</sup>	0,22	2	0,80
	Retroceder	1,08 ± 0,25 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,25 <sup>b</sup>	0,42 ± 0,25 <sup>ab</sup>	4,58	2	0,02
	Cabeza hacia abajo	0,50 ± 0,32 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,32 <sup>a</sup>	1,25 ± 0,32 <sup>a</sup>	2,72	2	0,08
	Patear el suelo	3,58 ± 0,91 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,91 <sup>b</sup>	0,67 ± 0,91 <sup>b</sup>	3,98	2	0,03
	Mover la cabeza	0,75 ± 0,30 <sup>a</sup>	0,58 ± 0,30 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,30 <sup>a</sup>	1,75	2	0,19
	Quietud	4,67 ± 0,55 <sup>a</sup>	2,08 ± 0,55 <sup>b</sup>	3,17 ± 0,55 <sup>ab</sup>	5,59	2	0,008
	Girar la cabeza	3,42 ± 0,53 <sup>a</sup>	0,08 ± 0,53 <sup>b</sup>	0,42 ± 0,53 <sup>b</sup>	12,05	2	<0,001
	Caminar	0,58 ± 0,22 <sup>a</sup>	0,58 ± 0,22 <sup>a</sup>	0,42 ± 0,22 <sup>a</sup>	0,20	2	0,82
Duración	Retroceder	4,16 ± 1,01 <sup>a</sup>	0,00 ± 1,01 <sup>b</sup>	1,29 ± 1,01 <sup>b</sup>	4,43	2	0,02
	Cabeza hacia abajo	5,06 ± 8,29 <sup>a</sup>	2,23 ± 8,29 <sup>a</sup>	24,74 ± 8,29 <sup>a</sup>	2,19	2	0,13
	Quietud	252,37 ± 11,22 <sup>a</sup>	289,83 ± 11,22 <sup>a</sup>	261,24 ± 11,22 <sup>a</sup>	3,02	2	0,06
	Girar la cabeza	27,54 ± 4,96 <sup>a</sup>	0,23 ± 4,96 <sup>b</sup>	4,15 ± 4,96 <sup>b</sup>	8,87	2	<0,001
	Caminar	1,26 ± 0,86 <sup>a</sup>	3,11 ± 0,86 <sup>a</sup>	1,55 ± 0,86 <sup>a</sup>	1,33	2	0,28

Media de mínimos cuadrados ± EEM, <sup>a, b</sup> Diferentes letras en la misma fila =  $p \leq 0,05$ .





**Figura 7.** (a) Temperatura rectal, (b) cortisol, (c) glucemia, (d) proteínas totales, (e) albúmina y (f) globulina en ovejas expuestas durante cinco minutos al olor de heces de zorro (□), olor a lana de oveja desconocida (Δ) y sin olor (○). Las áreas sombreadas muestran el período de la prueba de comportamiento. Letras diferentes indican que estos puntos difirieron en el tiempo ( $p \leq 0,05$ ) (media  $\pm$  EEM).

### Ovinos testeados con heces de jabalí

Las frecuencias con las que las ovejas patearon el suelo, giraron la cabeza, permanecieron quietas, retrocedieron y caminaron difirió entre tratamientos (Cuadro VI), pero no en el número de veces que se acercaban a las ovejas acompañantes, topaban, mantenían la cabeza hacia abajo, movían la cabeza y

defecaron u orinaron (Cuadro VI). Las ovejas en el tratamiento WBFO patearon el suelo, giraron la cabeza y permanecieron quietas más veces que las ovejas de los grupos NOC y SWOC (patear el suelo:  $p = 0,008$  y  $p = 0,02$  respectivamente; girar la cabeza:  $p = 0,005$  y  $p = 0,02$ ; quietud:  $p = 0,003$  y  $p = 0,05$ ; Cuadro VI). En lo que respecta a las frecuencias, el comportamiento retroceder se manifestó más frecuentemente en el grupo WBFO que en el NOC ( $p = 0,01$ ), y el comportamiento caminar fue más frecuente en el grupo WBFO que en el SWOC ( $p = 0,02$ ), y también tendió a serlo más frecuente en comparación al NOC ( $p = 0,06$ ) (Cuadro VI).

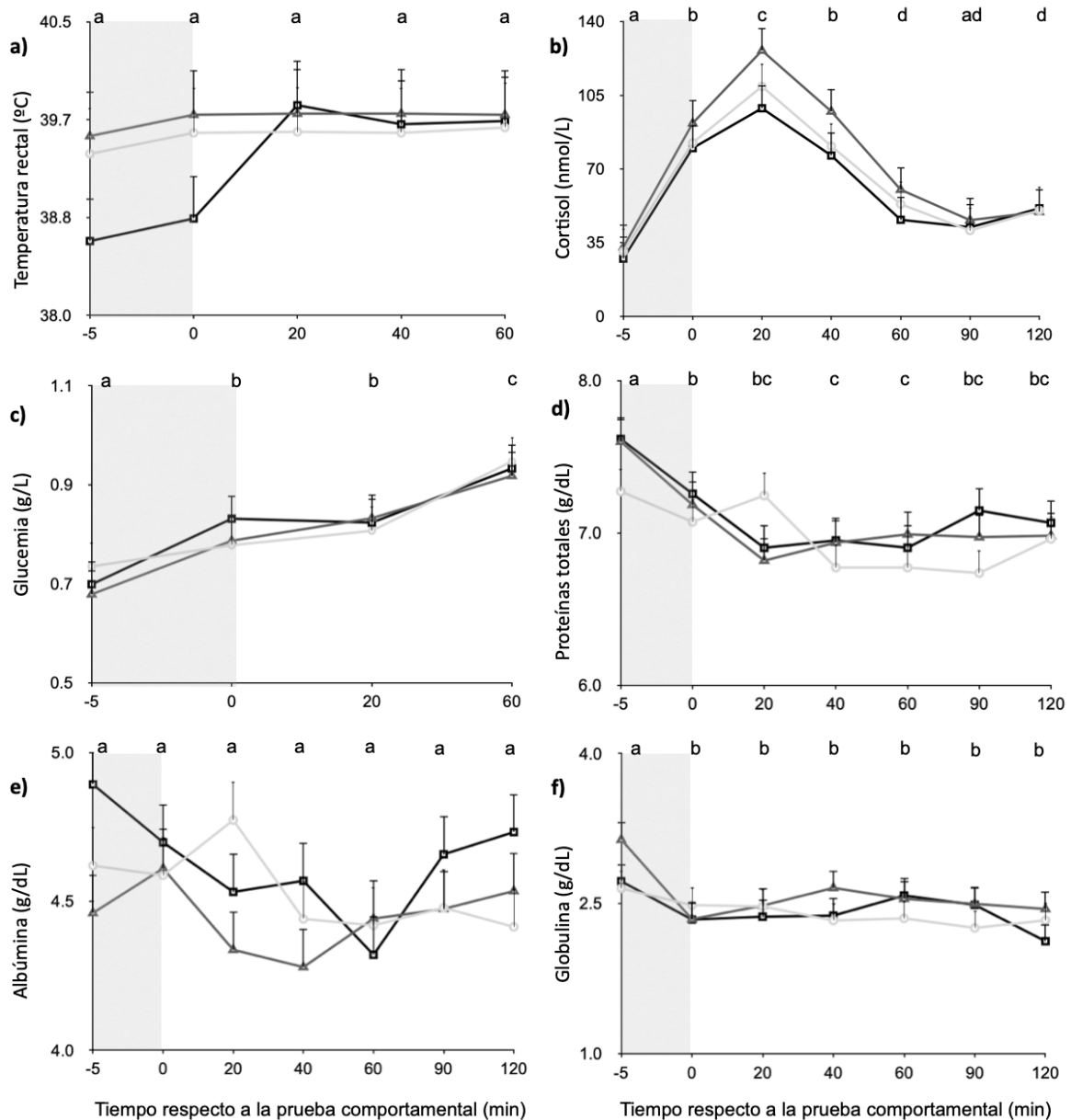
Los tratamientos influyeron en el tiempo total que las ovejas giraron la cabeza, retrocedieron y permanecieron quietas (Cuadro VI). Las ovejas con tratamiento WBFO pasaron más tiempo girando la cabeza que las ovejas de los grupos NOC y SWOC ( $p = 0,001$  y  $p = 0,006$  respectivamente), y más tiempo retrocediendo y menos tiempo quietas que las ovejas del grupo NOC ( $p = 0,02$  y  $p = 0,01$ ; Cuadro VI). No se obtuvieron diferencias entre NOC y SWOC ni para la frecuencia ni para la duración de los comportamientos (Cuadro VI).

La temperatura rectal no varió con los tratamientos, el tiempo o la interacción entre el tratamiento y el tiempo (Figura 8a). Las concentraciones de cortisol, proteínas totales y globulina, así como la glucemia variaron con el tiempo ( $p < 0,0001$ ;  $p < 0,0001$ ,  $p = 0,002$  y  $p < 0,0001$  respectivamente, Figura 8b, 8c, 8d, 8f), aunque no hubo efectos del tratamiento ni de la interacción entre el tratamiento y el tiempo. La concentración de albúmina no varió con ningún factor incluido en el modelo, pero tendió a haber una interacción entre los tratamientos y el tiempo ( $p = 0,06$ ; Figura 8e).

**Cuadro VI.** Frecuencia y duración de los comportamientos ovinos registrados en respuesta al olor de heces de jabalí (WBFO), sin olor (NOC) y olor a lana de ovejas desconocidas (SWOC).

Comportamiento	WBFO	NOC	SWOC	F	df	p	
Acercarse a un compañero	3,17 ± 0,54 <sup>a</sup>	1,83 ± 0,54 <sup>a</sup>	1,58 ± 0,54 <sup>a</sup>	2,51	2	0,10	
Topar	0,00 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,08 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,08 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,50	2	0,61	
Eliminación	0,75 ± 0,22 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,22 <sup>a</sup>	0,67 ± 0,22 <sup>a</sup>	0,32	2	0,73	
Retroceder	1,17 ± 0,32 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,32 <sup>b</sup>	0,42 ± 0,32 <sup>ab</sup>	3,41	2	0,04	
Frecuencia	Cabeza hacia abajo	0,58 ± 0,35 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,35 <sup>a</sup>	1,25 ± 0,35 <sup>a</sup>	2,08	2	0,14
	Patear el suelo	2,92 ± 0,67 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,67 <sup>b</sup>	0,67 ± 0,67 <sup>b</sup>	4,63	2	0,02
	Mover la cabeza	0,58 ± 0,28 <sup>a</sup>	0,58 ± 0,28 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,28 <sup>a</sup>	1,41	2	0,26
	Quietud	5,00 ± 0,64 <sup>a</sup>	2,08 ± 0,64 <sup>b</sup>	3,17 ± 0,64 <sup>b</sup>	5,23	2	0,01
	Girar la cabeza	2,08 ± 0,47 <sup>a</sup>	0,08 ± 0,47 <sup>b</sup>	0,42 ± 0,47 <sup>b</sup>	5,12	2	0,01
	Caminar	1,25 ± 0,25 <sup>a</sup>	0,58 ± 0,25 <sup>ab</sup>	0,42 ± 0,25 <sup>b</sup>	3,20	2	0,05
	Retroceder	3,26 ± 0,91 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,91 <sup>b</sup>	1,30 ± 0,91 <sup>ab</sup>	3,22	2	0,05
Duración	Cabeza hacia abajo	5,43 ± 8,30 <sup>a</sup>	2,23 ± 8,30 <sup>a</sup>	24,74 ± 8,30 <sup>a</sup>	2,15	2	0,13
	Quietud	237,56 ± 14,16 <sup>a</sup>	289,80 ± 14,16 <sup>b</sup>	261,26 ± 14,16 <sup>ab</sup>	3,41	2	0,04
	Girar la cabeza	20,95 ± 4,02 <sup>a</sup>	0,23 ± 4,02 <sup>b</sup>	4,15 ± 4,02 <sup>b</sup>	7,50	2	0,002
	Caminar	5,64 ± 1,30 <sup>a</sup>	3,11 ± 1,30 <sup>a</sup>	1,55 ± 1,30 <sup>a</sup>	2,53	2	0,09

Media de mínimos cuadrados ± EEM, <sup>a, b</sup> Diferentes letras en la misma fila =  $p \leq 0,05$ .



**Figura 8.** (a) Temperatura rectal, (b) cortisol, (c) glucemia, (d) proteínas totales, (e) albúmina y (f) globulina en ovejas expuestas durante cinco minutos al olor de heces de jabalí (□), olor a lana de oveja desconocida (Δ) y sin olor (○). Las áreas sombreadas muestran el período de la prueba de comportamiento. Letras diferentes indican que estos puntos difirieron en el tiempo ( $p \leq 0,05$ ) (media  $\pm$  EEM).

## **ETAPA 3 - Facilitación social de las presas ante la presencia de un predador**

### Objetivo

Determinar si ovejas no habituadas al contacto con jabalíes se adaptan a su presencia más rápidamente mediante el contacto estrecho con ovejas habituadas en condiciones de cautiverio.

### Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Reserva Municipal Dr. Mauricio López Lomba en el departamento de Tacuarembó. El periodo experimental fue de 35 días, el cual se dividió en dos etapas. La primera duró 34 días y la segunda, realizada dos semanas después que la primera, con un solo día de duración.

Se utilizaron seis ovejas Criollas pertenecientes a la Reserva, habituadas a la presencia y contacto estrecho con jabalíes, y 30 ovejas Corriedale adultas provenientes de un predio particular sin registros de jabalíes y por tanto sin experiencia a su presencia. Las ovejas Criollas estaban habituadas al contacto con jabalíes, lo que permitía que incluso comieran juntos en los mismos comederos, y en ocasiones hasta quedaban alojadas durante la noche en un recinto lindero al de estos predadores (Figura 9). Las ovejas Corriedale se dividieron aleatoriamente en seis grupos ( $n = 5$  cada uno), de los cuales tres grupos se evaluaron en compañía de los seis ovinos Criollos (grupos CC1, CC2 y CC3) y los otros tres se evaluaron sin la compañía de los Criollos (grupos SC1, SC2 y SC3). Todos los grupos CC se reunieron con los ovinos Criollos durante 15 días, en un mismo potrero, como periodo previo de adaptación para permitir la cohesión de los animales como grupo. Durante todo el período experimental los animales disponían de pastura natural, agua *ad libitum* y fueron suplementadas con fardos y concentrado proteico. Por otra parte, se utilizaron dos jabalinas criadas durante cinco años en condiciones de cautiverio, y habituadas al contacto con las ovejas.

#### Etapa 1

Las pruebas comportamentales se llevaron a cabo en un corral de 84 m<sup>2</sup>, donde las ovejas se encontraban separadas de una jabalina mediante una valla de madera que impedía el contacto físico total oveja-jabalí, pero posibilitaba el contacto visual, así como la estimulación química y auditiva. La jabalina se encontraba del otro lado de la valla, en un área restringida de 9 m<sup>2</sup>, techada y con acceso a agua. La “zona de contacto” entre las ovejas y la jabalina fue de 3,9 m de

largo, y las ovejas contaban con ración y agua a un metro de distancia de la valla de separación (Figura 10a). Cada grupo se evaluó un día por semana, durante cuatro semanas, y dentro de cada semana se evaluó solamente un grupo CC y un grupo SC por día. El método de registro fué continuo durante 90 min, alternando entre filmaciones y observación directa. Del grupo CC sólo se tomaron registros de las ovejas Corriedale, no de las Criollas.



**Figura 9.** Sitio para períodos nocturnos de habituación a la presencia de jabalíes.

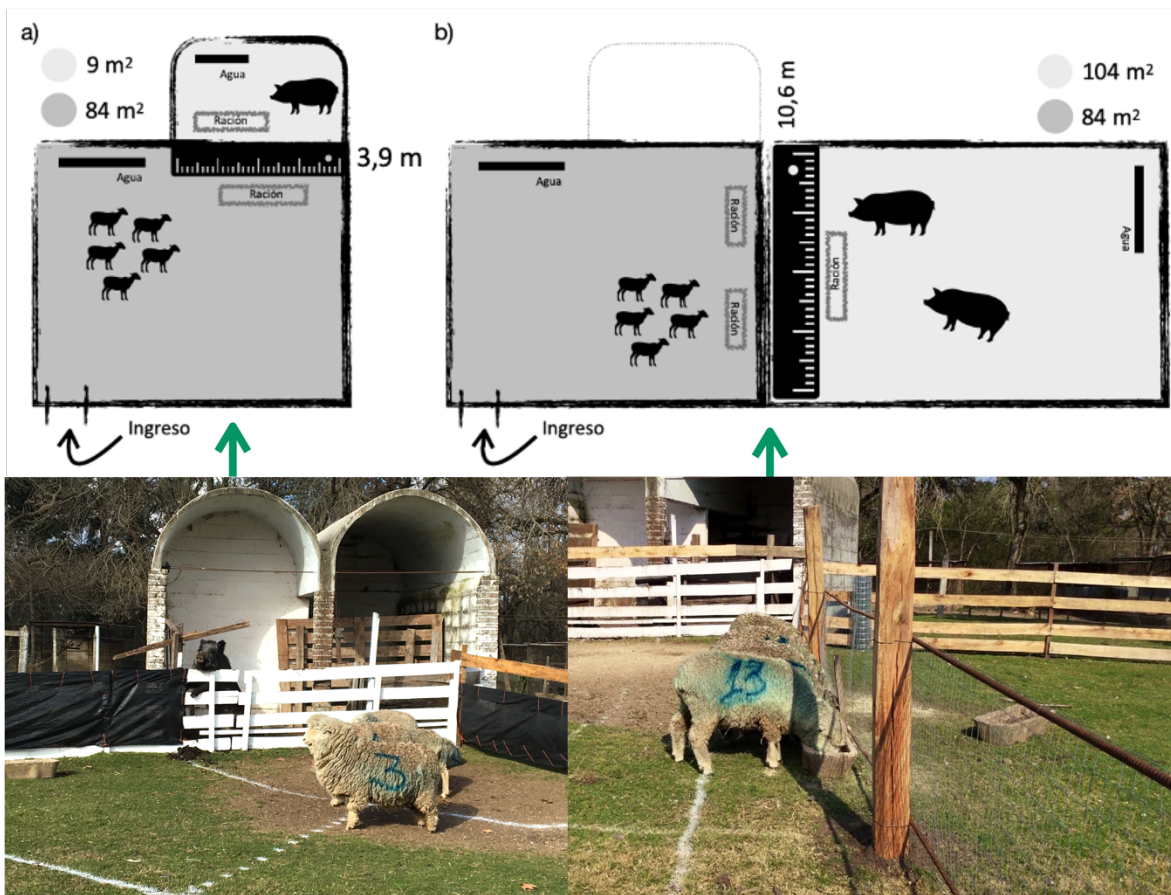
Las variables comportamentales que se analizaron serán: vocalizar, olfatear, topar, patear, golpear el suelo, agruparse, echarse, defecar y orinar, tiempo en actividad e inactividad y tiempo de permanencia en cada zona del corral de prueba. Las mismas se codificarán manualmente con el software de código abierto BORIS (Friard & Gamba, 2016).

Antes y después del ingreso de las ovejas a la prueba de reactividad, se registró individualmente la temperatura rectal de todos los individuos. En cuatro de los seis grupos (dos CC y dos SC) también se obtuvieron 5 mL de sangre por venopunción yugular, antes e inmediatamente después de las pruebas, para la medición de glucemia, proteínas totales, albúmina, hematocrito, hemoglobina y determinación de la fórmula blanca. Todos los análisis bioquímicos y hematológicos se analizaron en el Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Veterinaria, UdelaR.

## Etapa 2

En esta etapa se trabajó con los mismos grupos de ovinos y el mismo corral de prueba que en la etapa anterior. Sin embargo, se aumentó a dos el número jabalinas y el área donde se ubicaban pasó a tener 104 m<sup>2</sup>, aumentando de esta

forma la zona de contacto ovino-jabalí a 10,6 m de largo (Figura 10b). También se cambió la valla de madera por una malla de alambre electrosoldado, permitiendo un mayor contacto entre los individuos de ambas especies.



**Figura 10.** Áreas donde se realizaron las pruebas comportamentales de ovejas expuestas a la presencia de jabalíes en cautiverio. (a) Etapa 1; (b) Etapa 2.

La respuesta conductual de los ovinos ante la presencia de ambos jabalíes se registró durante 20 min, mediante dos filmaciones simultáneas con diferentes ángulos de posición para poder cubrir toda la extensión de la zona de contacto. Los comportamientos a evaluar serán los mismos que en la etapa anterior y se analizarán con el software BORIS (Friard & Gamba, 2016).

En esta etapa también se obtuvieron medidas de temperatura rectal y muestras sanguíneas por venopunción yugular, antes y después de la evaluación comportamental, para la medición de los mismos parámetros fisiológicos, bioquímicos y hematológicos que en la etapa 1.

## Análisis estadísticos

En la etapa 1 la frecuencia y duración de cada comportamiento, a lo largo de cada prueba, están pendientes de análisis. Las comparaciones comportamentales se realizarán utilizando un modelo mixto con medidas repetidas en el tiempo de SAS University Edition y el modelo incluirá el tratamiento, la semana y la interacción tratamiento x semana como efectos fijos, y el animal y el momento de la semana como efectos aleatorios. La semana se incluirá como dato repetido y se utilizará la estructura AR(1) de la covarianza. La temperatura rectal, glucemia, proteínas totales, albúmina, hematocrito, hemoglobina y línea blanca (datos ya analizados) se compararon mediante un modelo mixto con medidas repetidas en el tiempo. En este caso el modelo incluyó el tratamiento (con ovejas habituadas o sin ovejas habituadas), la semana (de la primera a la cuarta), el tiempo (antes y después de la exposición al jabalí), y las interacciones entre tratamiento x semana y tratamiento x tiempo como efectos fijos y el animal y el momento de la semana como efectos aleatorios. La semana y el tiempo se incluyeron como datos repetidos y se utilizó la estructura UN@AR(1) de la covarianza.

La etapa 2, pendiente de análisis, se comparará con la última semana de la etapa 1 mediante un modelo mixto con medidas repetidas en el tiempo. Los factores para comparar la frecuencia y duración de los comportamientos serán los mismos que en la etapa 1 (estructura de covarianza: AR(1)), así como los factores para el análisis de temperatura rectal, glucemia, proteínas totales, albúmina, hematocrito, hemoglobina y línea blanca (estructura de covarianza: UN@AR(1)).

En todos los casos analizados, y por analizar, se asumió y asumirá diferencias significativas cuando  $p \leq 0,05$ , y como tendencias cuando  $0,05 < p < 0,1$ .

## Resultados preliminares

### Etapa 1

La temperatura rectal de las ovejas varió entre semanas ( $p = 0,004$ ) y hubo una interacción entre semana y tratamiento ( $p = 0,002$ ); sin efecto del tratamiento, del tiempo, ni de la interacción entre ambos. La temperatura de las ovejas fue mayor en la segunda semana de evaluación ( $39,7 \pm 0,1$  °C), y a su vez dentro de esta semana fue mayor en las ovejas SC que en las CC ( $39,8 \pm 0,1$  °C y  $39,7 \pm 0,1$  °C). Solo el tratamiento afectó la glucemia y la concentración de leucocitos, donde las ovejas CC tuvieron valores mayores que las ovejas SC (glucemia:  $0,79 \pm 0,03$  g/L vs  $0,70 \pm 0,03$  g/L,  $p = 0,04$  respectivamente; leucocitos:  $12,21 \pm 1,13 \times 10^9/L$  vs  $7,51 \pm 1,07 \times 10^9/L$ ,  $p = 0,01$  respectivamente).



El tratamiento y la semana de su aplicación afectó la cantidad de granulocitos ( $p = 0,02$  y  $p = 0,005$  respectivamente) y linfocitos ( $p = 0,01$  y  $p = 0,002$  respectivamente). El porcentaje de granulocitos fue mayor en las ovejas CC que en las SC ( $48,5 \pm 3,1$  % vs  $37,3 \pm 3,0$  %); y mayor en la segunda semana del experimento ( $50,2 \pm 3,1$  %) seguida por la cuarta, la primera y la tercera ( $41,9 \pm 3,6$  %;  $39,7 \pm 3,3$  % y  $39,6 \pm 3,1$  % respectivamente). Lo contrario ocurrió con los linfocitos, los cuales tuvieron mayor porcentaje en las ovejas SC que en las CC ( $56,0 \pm 2,5$  % vs  $45,5 \pm 2,7$  % respectivamente). La semana de evaluación con mayor registro fue la tercera ( $54,2 \pm 2,7$  %) seguida de la primera, la cuarta y la segunda ( $53,9 \pm 2,9$  %;  $51,1 \pm 3,2$  % y  $43,6 \pm 2,7$  % respectivamente).

La interacción entre semana y tratamiento tendió a ser significativa en las concentraciones de albúmina y hemoglobina ( $p = 0,06$  y  $p = 0,08$  respectivamente), sin efecto de la semana, el tratamiento, el tiempo o la interacción entre tratamiento y tiempo; y las concentraciones de proteínas totales, células blancas menores (monocitos, eosinófilos, basófilos), el recuento de glóbulos rojos y el hematocrito no se vieron afectadas por ningún factor.

## DISCUSIÓN GENERAL

La ejecución de esta tesis permitió profundizar en una problemática poco estudiada que enfrenta actualmente el sector ovino del país, considerando las ciencias básicas (etología, ecología y fisiología) y las ciencias sociales. El conocimiento generado es la base inicial para proseguir con futuros proyectos dentro de esta línea de investigación. Los estudios realizados permitieron generar información especie-específica tanto de las presas como los predadores, así como caracterizar posibles herramientas paliativas para reducir la incidencia de predación en las majadas. Particularmente se logró actualizar el conocimiento sobre la predación ovina en el país, brindando información acerca de las especies predatoras y las características de los predios y prácticas de manejo que se asocian con su presencia (Publicaciones I y II – Anexo 1 y 2), así como también conocer la respuesta de las ovejas ante la exposición a señales de algunos predadores (Publicación III – Anexo 3).

La ubicación geográfica de los predios y algunas prácticas de manejo, como la frecuencia de recorrida de los potreros y el uso de alambrado eléctrico, son factores que tuvieron un efecto significativo en la proporción de predación ovina en los predios evaluados (Estudio 1). Asimismo, la composición del paisaje modificó - de forma positiva o negativa, de acuerdo a la especie- la presencia de algunas especies predatoras en estos sitios (Estudio 1 y 2). Sin embargo, se debe tener presente que existe un gran número de factores no considerados en estos estudios y que podrían tener un efecto considerable en la presencia e impacto de los predadores en cada región/establecimiento, tales como la estructura del paisaje (tamaño, composición y distribución), la diversidad de alimento para los predadores y los aportes nutricionales, la cercanía a centros poblados, la presencia de cazadores o las características de las plantaciones arbóreas de especies exóticas para la forestación (edad, áreas y densidad de plantación).

La mayor proporción de predación registrada al norte del río Negro de acuerdo con las declaraciones de los productores (Estudio 1) podría estar relacionada con el gran número de establecimientos que crían ovinos en esta zona del país y con el gran tamaño de las majadas allí presentes (DIEA, 2021). En esta zona los predadores podrían optar, en época de parición ovina, por una estrategia alimenticia basada en la selección de alimentos dependiente de la frecuencia - probablemente permutación de presas- en la cual un predador prefiere capturar presas que son relativamente más abundantes en la zona (Murdoch, 1969; Greenwood, 1984). Sin embargo, al menos para el jabalí, la presencia de ovinos *per se* no sería un factor determinante para su registro en los predios (Estudio 2). Esto complementarí la literatura sobre la dieta del jabalí, donde se indica que no sólo la disponibilidad del recurso en sí mismo modula su selección de alimento, sino que también hay otros factores que intervienen en su selección, incluyendo los

requerimientos energéticos, la estación del año y la ubicación geográfica (Ballari & Barrios-García, 2014). A su vez, la materia animal se representa en muy baja proporción en su dieta (Cuevas et al., 2010; Ballari & Barrios-García, 2014), y dentro de ésta, la proporción de mamíferos es la menor en el consumo (Hernández et al., 2017).

De acuerdo a los reportes de los productores, incorporar como práctica de manejo la recorrida de los potreros/majadas al menos dos veces al día disminuye la proporción de ovinos predados (Estudio 1). Este resultado es esperable, ya que cuanto mayor control se realice en las majadas, mayor será la probabilidad de encontrar animales abandonados, enfermos o heridos, que son más vulnerables a ser atacados por predadores (Stone et al., 2016; Macon et al., 2018), además de atraerlos al lugar. Por otro lado, la presencia de humanos disuade a los animales silvestres (Macon et al. 2018), ya que podrían considerarlos como potenciales predadores. Esta práctica de control no letal también es eficaz para disminuir los ataques de lobos, coyotes, osos negros y pumas hacia el ganado (Stone et al., 2016; Eklund et al., 2017; Moreira-Arce et al., 2018). Sumado a esto, los diferentes patrones de actividad de los predadores reportados en esta tesis concuerdan con reportes previos en Uruguay (González & Martínez-Lanfranco, 2012; Lombardi et al., 2015), Brasil (Carvalho & Marini, 2007), Argentina (Caruso et al., 2018) y Bolivia (Maffei et al., 2007). Por ello, sería importante que los productores tengan presente el patrón de actividad de la/s especie/s predadora/s que predominan en su área para poder ser más eficientes al programar el horario de recorrida a los potreros. De esta forma aumentarían la probabilidad de localizar diferentes especies predatoras (nocturnas, diurnas, crepusculares y catemerales), optimizando los esfuerzos y bajando los costos de manejo.

El uso de alambrado eléctrico en todos los potreros se presenta como otra estrategia recomendable de control no letal para disminuir el riesgo de ataques de predadores terrestres a las majadas (Estudio 1). Este manejo, así como el uso de mallas eléctricas, también es efectivo contra ataques de coyotes (Linhart et al., 1982), lince ibérico (Garrote et al., 2015), leopardo de las nieves (Samelius et al., 2020), lobos (Musiani et al., 2004; Samelius et al., 2020), pumas y jaguares (Cavalcanti et al., 2012). Sin embargo, se debe considerar que en este trabajo no se estudió la efectividad de la herramienta según su diseño (dos/tres hilos o cercas/mallas), sino que se evaluó la presencia/ausencia en todos los potreros del establecimiento. Por otra parte, antes de utilizar esta herramienta, se recomienda evaluar las características del predio en su conjunto, ya que su efectividad también podría depender de la topografía del lugar, el tipo de hábitat (Macon et al., 2018), y la época del año (según la especie de predador presente). Quizás para controlar los jabalíes y perros sería recomendable aplicar la herramienta durante todo el año, y para el caso de zorros focalizar su uso en la época de partos.

Si se analiza la problemática de la predación ovina en base a cada una de las especies predatoras reportadas, se puede ver que existen varios factores que afectan de diferente manera el comportamiento de cada uno de ellos. Para el caso del jabalí, la ubicación geográfica del predio, su tamaño y el tipo de cobertura vegetal presente influyen sobre la probabilidad de reportar su presencia (Estudio 2). Los reportes de estos predadores exóticos invasores fueron mayores en los establecimientos ubicados al noreste del Uruguay, con más de 500 ha y con presencia de bosques nativos y/o forestación de pinos y, por el contrario, disminuyeron en predios ubicados en el centro-sur del país, con pocas hectáreas y montes de abrigo. La región noreste del país cuenta con la mayor superficie cubierta por bosque nativo (MGAP, 2018b), grandes plantaciones industriales (DGF, 2021), y densidades poblacionales urbanas bajas y suburbanas altas (OTU, 2021). Estas características -zonas con mayor cobertura forestal, menor influencia antrópica y explotaciones agrícolas próximas a remanentes de bosques nativos- generan sitios propicios para la presencia de la especie (Stillfried et al., 2017; Morais et al., 2019). En lo que respecta a los bosques nativos, dada su diversidad de estratos, cobertura y composición arbórea, podrían proporcionarle al jabalí gran abundancia y diversidad de alimentos, lugares variados para el descanso y protección, refugio contra la caza, predación o perturbación por otros jabalíes (principalmente para la supervivencia de los jabatos), confort térmico y fácil acceso al agua (Choquenot & Ruscoe, 2003; Wesson, 2008; Morais et al., 2019). Los jabalíes consumen y mastican las grandes raíces laterales del pino (Wesson, 2008), por lo que podría elegir sus plantaciones como zonas de alimentación. Además, las utilizan para frotarse (Wesson, 2008), probablemente como una forma de señal intra-específica. Asimismo, al ser una especie exótica sería más tolerante a la fragmentación del hábitat y la transformación agrícola (Virgós, 2002; Cravino & Brazeiro, 2021), pudiendo utilizar estos sitios modificados con plantaciones de pinos como lugar de paso hacia hábitats naturales o refugios (Andrade-Núñez & Aide, 2010). Específicamente, la densidad y el color del mantillo del pino (pinocha) podrían generar un ambiente propicio para la protección de las jabalinas y sus jabatos, permitiendo un camuflaje disruptivo con el medio y evitando así la caza o la predación.

Las plantaciones forestales estuvieron asociadas con una reducción en la presencia de caranchos (Estudio 1), rapaces diurnos de hábitats principalmente abiertos (Saggeese et al., 2021). Si bien se desconocen las principales respuestas de estas aves a la perturbación del hábitat (Carvalho & Marini, 2007), los resultados obtenidos podrían estar relacionados a una evasión de estos ambientes, por parte del carancho, debido a una obstrucción visual causada por las diferentes alturas de los rodales y el sotobosque más oscuro (Reino et al., 2009; Phifer et al., 2017). Kilpp et al. (2021) reportaron resultados similares, con menos registros de esta especie en áreas forestales (áreas originalmente cubiertas por campos y ahora cubiertas por bosques exóticos) que en pastizales con ganadería extensiva.

Los reportes de zorros de campo y perros de vida libre revelaron una relación inversa en la probabilidad de que ataquen a las majadas (Estudio 1). Esto puede deberse a la ausencia de uno de ellos originalmente en el área, o a un cambio en el uso espacial y temporal del hábitat por parte del zorro de campo cuando los perros están presentes, reduciendo las probabilidades de superposición (Kronfeld-Schor & Dayan, 2003; Malhotra et al., 2021). Aunque no existe mucha información sobre el impacto de la presencia de perros en la estructura de las comunidades de otros carnívoros simpátricos, los perros excluyen a los carnívoros nativos a través del acoso y la predación intragremial (Mitchell & Banks, 2005; Vanak et al., 2014). Esto es coincidente con reportes de diferentes especies y regiones, incluyendo *Vulpes bengalensis* (India, Vanak & Gompper, 2010), *Lycalopex griseus* (Chile, Silva-Rodríguez et al., 2010) y *Cerdocyon thous* (Brasil, Paschoal et al., 2012). Asimismo, hay reportes que indican que los carnívoros nativos modifican su comportamiento para reducir el riesgo de encuentros agonísticos con perros, en función de la diferencia del tamaño corporal (Donadio & Buskirk, 2006; Malhotra et al., 2021).

El zorro y el jabalí tienen una aparente superposición espacial -aumento de la presencia de jabalíes en predios con zorros- lo que podría indicar una coexistencia entre ellos debido a posibles factores antrópicos que repercutan en ambas especies simultáneamente (Estudio 2). A su vez, considerando que las dos especies son generalistas y se adaptan rápidamente al medio (modificando el uso del hábitat y la dieta a la disponibilidad de recursos presentes; Caruso et al., 2016; 2018), se podría pensar que factores como el tipo de vegetación, el paisaje o la composición del paisaje influyen de forma similar en el zorro y en el jabalí, favoreciendo así la presencia de ambos en una misma zona y en un mismo momento. Caruso et al. (2018) también reportaron que existe superposición espaciotemporal entre estas especies en Argentina.

A partir del Estudio 3, se puede afirmar que las ovejas muestran claras respuestas aversivas al olor de heces de zorros y jabalíes. Sin embargo, al evaluar los parámetros fisiológicos, bioquímicos y hematológicos ante señales de olor o presencia/contacto de predadores, los resultados obtenidos no permitieron afirmar una clara respuesta frente a estos estímulos. Muchos mamíferos pueden detectar a sus predadores a través de sus olores, y así interpretar la presencia de éstos como indicadores de posible riesgo de predación, modificando su comportamiento incluso en ausencia del predador (Lima & Dill, 1990, Blumstein et al., 2002; Monclús et al., 2006; Mella et al., 2016). Estas respuestas conductuales antipredadoras son fundamentales para su supervivencia, ya que anticiparse a la presencia del predador es básico para defenderse y/o huir de él (Hansen et al., 2001; Apfelbach et al., 2005; Conover, 2007). La intensa exhibición de comportamientos claramente identificables también puede funcionar como una señal de alarma para el rebaño, ya que las ovejas son muy gregarias (Fisher & Matthews, 2001) y, por lo tanto, estos cambios agudos en su comportamiento pueden indicar a los otros miembros del

grupo que aumenten su cohesión, sincronicen sus comportamientos y desplieguen respuestas protectoras en conjunto.

Los comportamientos específicos que expresaron las ovejas evaluadas al exponerse al olor de las heces de zorro y jabalí (patear el suelo y girar la cabeza - Estudio 3) se consideran componentes principales del repertorio antipredador en animales de granja, estando asociados a situaciones de amenaza (Beausoleil et al., 2005; Abdul Mateen et al., 2017). Asimismo, la diferencia conductual frente a los olores controles y los olores de las heces permite plantear que las ovejas expresaron una reacción aversiva al considerarlos olores novedosos y/o desagradables (Suárez & Orihuela, 2002; Hegab et al., 2015), pero no permite asegurar que también los consideraron amenazantes, o necesariamente asociados a predadores (olor aversivo, poco común y amenazante). De hecho, el jabalí no está presente en la región del estudio, por lo que los resultados apoyarían a Monclús et al. (2005) y Adcock & Tucker (2020), quienes propusieron que la respuesta de las presas a las señales del predador es independiente de la experiencia previa con el predador (posible reacción innata). Es importante mencionar que aún no finalizó el análisis de las respuestas comportamentales de las ovejas ante la presencia de jabalíes (Estudio 4), cuyos resultados brindarán más información para poder continuar evaluando estas hipótesis.

Las respuestas fisiológicas y bioquímicas de estrés expresadas ante el olor de las heces de zorro y jabalí indican que éstas no están relacionadas con los tratamientos evaluados, o que las variables registradas no son las principales indicadoras de estos cambios (Estudio 3). Algunos estudios, atribuyen la diferencia entre las respuestas fisiológicas y conductuales al contexto social de los animales (Boissy, 1995; DeVries et al., 2003; Kikusui et al., 2006; Hennessy et al., 2009). Por ejemplo, la presencia de congéneres, independientemente de que exista una interacción directa entre ellos, puede ser suficiente para amortiguar la respuesta fisiológica de estrés en situaciones novedosas o amenazantes (fenómeno conocido como *buffer social*) (DeVries et al., 2003; Kikusui et al., 2006; Hennessy et al., 2009). Sin embargo, independientemente del tratamiento evaluado, las ovejas mostraron respuestas estando acompañadas. Quizás, si bien las ovejas se habrían acostumbrado a las máscaras antes de comenzar este ensayo, el período de adaptación pudo no haber sido suficiente para bloquear una respuesta neofóbica, desencadenando respuestas fisiológicas y bioquímicas *per se*, enmascarando posibles diferencias debido a los tratamientos en sí.

Por último, la ausencia de cambios significativos a nivel fisiológico, hematológico y bioquímico en las ovejas después de la exposición a la presencia/contacto con un jabalí, independientemente de si se encontraban acompañadas de congéneres habitados o no, podría indicar que las ovejas no asociaron al jabalí como un estímulo estresor y/o amenazante de forma innata (Estudio 4). Estos resultados preliminares apoyarían la idea que en el Estudio 3, las

reacciones fueron debidas fundamentalmente a que las ovejas consideraran el olor de las heces de jabalí como desagradable más que como amenazante, indicando que la respuesta de las ovejas ante el estímulo de un jabalí no sería innata. Sin embargo, las ovejas acompañadas de ovejas habituadas mostraron cambios en algunos parámetros hematológicos y bioquímicos indicadores de estrés (aumento de glucemia, granulocitos y recuento de glóbulos blancos, y disminución de linfocitos; Davis et al., 2008). Pese a que las ovejas Corriedale del grupo CC tuvieron un período previo de adaptación a la vida en grupo con las ovejas Criollas (adaptadas al jabalí), quizás este período no fue suficiente para lograr una fusión total entre ambos grupos de ovinos. Por lo tanto, podría no haberse logrado bloquear el estrés que se genera al mezclar diferentes grupos sociales, sin considerar otros factores que también repercuten en una cohesión y no han sido evaluados, como ser la estación del año, la disponibilidad de alimento y la composición del grupo (van Lier & Zambra, 2012).

## CONCLUSIONES

Se caracterizaron prácticas de manejo con un posible impacto positivo en la disminución de los riesgos de predación de las majadas, así como diferentes composiciones del paisaje que podrían considerarse para disminuir la presencia de jabalíes y caranchos en los predios. El uso de alambrados eléctricos en todos los potreros y un control frecuente de las majadas fueron las principales estrategias que disminuyeron los riesgos de predación y previnieron la ocurrencia de ataques de algunas especies predatoras de ovinos. En predios con forestación cercana se reportaron menos ataques por caranchos, y al sur del país y en predios con montes de abrigo, menos ataques por jabalíes. La presencia de jabalíes aumentó en predios ganaderos ubicados en la región noreste de Uruguay, con bosques nativos y/o plantaciones de pinos, independientemente de la presencia de eucaliptus y ovinos.

Por otra parte, si bien las ovejas respondieron de forma específica al olor de las heces de sus predadores, en principio la presencia física de jabalíes no estaría generando una respuesta innata en ellas. Algunos comportamientos aversivos específicos como retroceder, patear el suelo, quietud, girar la cabeza y caminar, han sido expresados como respuesta ante el olor de heces de zorros y jabalíes, independientemente de que estos predadores estuvieran presentes en la región. Sin embargo, la exposición ante un jabalí *ex situ*, independientemente de si las ovejas se encontraban acompañadas o no de congéneres habituados a la presencia de este predador, no generó cambios a nivel fisiológico, hematológico o bioquímico, lo que indicaría que los ovinos evaluados no asociaron de manera innata a este predador como un estímulo estresor y/o amenazante.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdul Mateen KW, Uday K, Mahadevappa DG, Anil GK, Narasimhamurthy HN, Rajeshwari YB. (2017). Ethogram in bannur sheep under farm condition. *Int J Curr Res* 9:47704-47708.

Achaval F, Clara M, Olmos A. (2007). Mamíferos de la República Oriental del Uruguay. Ed. Zonalibro Industria Gráfica 2ª ed. Montevideo.

Adcock SJJ, Tucker CB. (2020). Naïve domestic *Bos taurus* calves recognize the scent of a canine predator. *Anim Behav* 164:173-180.

Andelt, WF. (2004). Use of livestock guarding animals to reduce predation on livestock. *Sheep & Goat Res J* 19:72-75.

Andrade-Núñez MJ, Aide TM. (2010). Effects of habitat and landscape characteristics on medium and large mammal species richness and composition in northern Uruguay. *Zoologia (Curitiba)* 27:909-917.

Anson JR, Dickman CR. (2012). Behavioral responses of native prey to disparate predators: naivete´ and predator recognition. *Oecologia* 171:367-377.

Apfelbach R, Blanchard CD, Blanchard RJ, Hayes RA, McGregor IS. (2005). The effects of predator odors in mammalian prey species: a review of field and laboratory studies. *Neurosci Biobehav Rev* 29:1123-44.

Arballo E, Cravino JL. (1999). Aves del Uruguay. Manual ornitológico. Ed. Hemisferio Sur. Vol 1. Montevideo.

Arnould C, Malosse C, Signoret JP, Descoins C. (1998). Which chemical constituents from dog feces are involved in its food repellent effect in sheep? *J Chem Ecol* 24:559-576.

Arnould C, Signoret JP. (1993). Sheep food repellents: Efficacy of various products, habituation, and social facilitation. *J Chem Ecol* 19:225-236.

Aves Uruguay. (2017). Guía de aves. Carancho. Disponible en: <https://www.avesuruguay.org.uy/category/guia-de-aves/>. Último acceso: 31 marzo 2022.

Azpiroz A, Alfaro M, Jiménez S. (2012). Lista roja de las aves del Uruguay. Una evaluación del estado de conservación de la avifauna nacional con base en los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Ed. Dirección Nacional de Medio Ambiente. Montevideo.

Balbuena-Serrano A, Zarco-González MM, Monroy-Vilchis O, Morato RG, De Paula RC. (2021). Hotspots of livestock depredation by pumas and jaguars in Brazil: a biome-scale analysis. *Anim Conserv* 24:181-193.

Ballari SA, Barrios-García MN. (2014). A review of wild boar *Sus scrofa* diet and factors affecting food selection in native and introduced ranges. *Mammal Rev* 44:124-134.

Barasona JA, Carpio A, Boadella M, Gortazar C, Piñeiro X, Zumalacárregui C, Vicente J, Viñuela J. (2021). Expansion of native wild boar populations is a new threat for semi-arid wetland areas. *Ecol Indic* 125:107563.

Barrios-Garcia MN, Ballari SA. (2012). Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: a review. *Biol Invasions* 14:2283-2300.

Beausoleil JN, Stafford KJ, Mellor DJ. (2005). Sheep show more aversion to a dog than to a human in an arena test. *Appl Anim Behav Sci* 91:219-232.

Berger KM. (2006). Carnivore-livestock conflicts: effects of subsidized predator control and economic correlates on the sheep industry. *Conserv Biol* 20:751-761.

Biosecurity Queensland. (2013). Predation of livestock. Recognising the signs. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. Fact Sheet.

Blanchard DC, Griebel G, Blanchard RJ. (2003). Conditioning and residual emotionality effects of predator stimuli: some reflections on stress and emotion. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 27:1177-1185.

Blumstein DT, Mari M, Daniel JC, Ardron JG, Griffin AS, Evans CS. (2002). Olfactory predator recognition: wallabies may have to learn to be wary. *Anim Conserv* 5:87-93.

Boissy A. (1995). Fear and fearfulness in animals. *Q Rev Biol* 70:165-191.

Boitani L, Francisci F, Ciucci P, Andreoli G. (2017). The ecology and behavior of feral dogs: A case study from central Italy. In: Serpell J (ed.). *The domestic dog. Its evolution, behavior and interactions with people*. Second Edition. Ed. Cambridge University Press. United Kingdom. pp.342-368.

Bonacic C, Ibarra T, Amar MF, Sanhueza D, Guarda N, Gálvez N, Murphy T. (2007). Informe técnico final proyecto "Evaluación del conflicto entre carnívoros silvestres y ganadería". Report. Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago, Chile.

Broom DM, Johnson KG. (2019). Stress and animal welfare. Key issues in the biology of humans and other animals. Second Edition. Ed. Springer Nature. Switzerland.

Canevari M, Vaccaro O. (2007). Guía de mamíferos del sur de América del Sur. Ed. Literature of Latin América. Buenos Aires.

Caruso N, Lucherini M, Fortin D, Casanave EB. (2016). Species-specific responses of carnivores to human-induced landscape changes in Central Argentina. PLoS one 11:e0150488.

Caruso F, Perovic P, Tálamo A, Trigo C, Andrade-Díaz M, Marás G, Saravia D, Sillero-Zubiri C, Altrichter M. (2020). People and jaguars: new insights into the role of social factors in an old conflict. Oryx 54:678-686.

Caruso NS, Valenzuela AEJ, Burdett CL, Luengos Vidal EM, Birochio D, Casanave EB. (2018). Summer habitat use and activity patterns of wild boar *Sus scrofa* in rangelands of central Argentina. PLoS one 13:e0206513.

Carvalho CEA, Marini MA. (2007). Distribution patterns of diurnal raptors in open and forested habitats in south-eastern Brazil and the effects of urbanization. Bird Conserv Int 17:367-380.

Cavalcanti CMS, Crawshaw PG, Tortato FR. (2012). Use of electric fencing and associated measures as deterrents to jaguar predation on cattle in the Pantanal of Brazil. In: Somers MJ, Hayward M (eds.). Fencing for Conservation. Ed. Springer. New York, Ch. 16, pp.295-309.

Chabot D, Gagnon P, Dixon EA. (1996). Effect of predator odors on heart rate and metabolic rate of wapiti (*Cervus elaphus canadensis*). J Chem Ecol 22:839-68.

Choquenot D, Ruscoe WA. (2003). Landscape complementation and food limitation of large herbivores: habitat-related constraints on the foraging efficiency of wild pigs. J Anim Ecol 72:14-26.

Cockrem JF, Silverin B. (2002). Sight of a predator can stimulate a corticosterone response in the Great Tit (*Parus major*). Gen Comp Endocr 125:248-255.

Conover NR. (2007). Predator-Prey Dynamics. The Role of Olfaction. Ed. CRC Press, Florida.

Cravino A, Brazeiro A. (2021). Grassland afforestation in South America: Local scale impacts of eucalyptus plantations on Uruguayan mammals. Forest Ecol Manag 484:118937.

Cravino JL, Calvar ME, Poetti JC, Berrutti MA, Fontana NA, Brando ME, Fernández JA. (2000). Análisis holístico de la predación en corderos un estudio de caso, con énfasis en la acción de "Zorros" (Mammalia: Canidae). Veterinaria 35:24-42.

Cravino JL. (1992). Los predadores de la ganadería. Rev Agropecu 10:67-85.

Cuevas MF, Ballari SA, Ojeda RA, Skewes O. (2021). Wild boar invasion in Argentina and Chile: Ecology, impacts, and distribution. In: Jaksic S, Castro S. (eds.). Biological invasions in the south American anthropocene. Ed. Springer. Suiza, pp 203-229.

Cuevas MF, Novillo A, Campos C, Dacar MA, Ojeda RA. (2010). Food habits and impact of rooting behaviour of the invasive wild boar, *Sus scrofa*, in a protected area of the Monte Desert, Argentina. *J Arid Environ* 74:1582-1585.

Cunha de Paula R, Pires R. (2015). Caracterização dos conflitos: Aspectos socioculturais e impactos econômicos. Em: Cavalcanti S, Cunha de Paula R, Gasparini-Morato R. (eds.). Conflito com mamíferos carnívoros: uma referência para o manejo e a convivência. Ed. ICMBio. São Paulo, Cap.1, pp.11-14.

Damián JP, Ungerfeld R. (2013). Farm animal welfare indicators: a critical review. *Arch Latinoam Prod Anim* 21:103-113.

Davis AK, Maney DL, Maerz JC. (2008). The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. *Funct Ecol* 22:760-772.

Derecto N° 565/981. (1981). Artículo 2. Disponible en: <http://www.impo.com.uy/bases/decretos-originales/565-1981>. Último acceso: 05 de abril de 2022.

DeVries AC, Glasper ER, Detillion CE. (2003). Social modulation of stress responses. *Physiol Behav* 79:399-407.

DGF. (2021). Cartografía Nacional Forestal 2021. Dirección General Forestal. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/cartografia-nacional-forestal-2021>. Último acceso: 21 de enero de 2022.

DIEA. (2021). Anuario Estadístico Agropecuario. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Ed. Gráfica Mosca. Montevideo.

Donadio E, Buskirk SW. (2006). Diet, morphology, and interspecific killing in carnivora. *Amer Naturalist* 167:524-536.

Dwyer CM, Lawrence AB. (2008). Introduction to animal welfare and the sheep. In: Dwyer CM. (ed.). *The Welfare of Sheep*. Ed. Springer. Edinburgh, pp.1-40.

Dwyer CM. (2008). The welfare of the neonatal lamb. *Small Rumin Res* 76:31-41.

Eilam D, Dayan T, Ben-Eliyahu S, Schulman I, Shefer G, Hendrie CA. (1999). Differential behavioural and hormonal responses of voles and spiny mice to owl calls. *Anim Behav* 58: 1085-1093.

Eklund A, López-Bao JV, Tourani M, Chapron G, Frank J. (2017). Limited evidence on the effectiveness of interventions to reduce livestock predation by large carnivores. *Sci Rep* 7:1-9.

Fernández-Abella D. (1985). Mortalidad neonatal de corderos. I. Causas de la mortalidad neonatal. *Avances en Alimentación y Melhora Animal* 26:311-316.

Fisher A, Matthews L. (2001). The social behaviour of sheep. In: Keeling LJ, Gonyou HW. (eds.) *Social behaviour in farm animals*. Ed. CAB International. Wallingford, Ch.9, pp.211-245.

Frade J. (2015). Experiencias exitosas en el control de predadores. *Lana Noticias - SUL* 169:21-25.

Friard O, Gamba M. (2016). BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. *Methods Ecol Evol* 7:1325-1330.

García G, Vergara J, Lombardi R. (2011). Genetic characterization and phylogeography of the wild boar *Sus scrofa* introduced into Uruguay. *Genet Mol Biol* 34:329-337.

Garrote G, López G, Ruiz M, de Lillo S, Bueno JF, Simón MA. (2015). Effectiveness of electric fences as a means to prevent Iberian lynx (*Lynx pardinus*) predation on lambs. *Hystrix It J Mamm* 26:61-62.

Garza SJ, Tabak MA, Miller RS, Farnsworth ML, Burdett CL. (2018). Abiotic and biotic influences on home-range size of wild pigs (*Sus scrofa*). *J Mammal* 99:97-107.

González E, Martínez-Lanfranco JA. (2012). *Mamíferos de Uruguay: guía de campo e introducción a su estudio y conservación*. Ed. Banda Oriental 2ª ed. Montevideo.

Gordon IJ. (2018). Review: Livestock production increasingly influences wildlife across the globe. *Animal* 12:1-11.

Graham K, Beckerman AP, Thirgood S. (2005). Human–predator–prey conflicts: ecological correlates, prey losses and patterns of management. *Biol Conserv* 122:159-171.

Greco I, Fedele E, Salvatori M, Rustichelli MG, Mercuri F, Santini G, Rovero F, Lazzaro L, Foggi B, Massolo A, De Pietro F, Zaccaroni M. (2021). Guest or pest? Spatio-temporal occurrence and effects on soil and vegetation of the wild boar on Elba Island. *Mamm Biol* 101:193-206.

Greenwood JJD. (1984). The functional basis of frequency-dependent food selection. *Biol J Linn Soc* 23:177-199.

- Guerisoli M de las M, Vidal EL, Caruso N, Giordano AJ, Lucherini M. (2021). Puma-livestock conflicts in the Americas: a review of the evidence. *Mamm Rev* 51:228-246.
- Guilherme E. (2019). *Bactris gasipaes* fruits consumption by *Caracara plancus* in the municipality of Brasiléia, southwestern Amazon, Brazil. *Rev Peru Biol* 26:251-254.
- Hansen I, Christiansen F, Hansen HS, Braastad B, Bakken M. (2001). Variation in behavioural responses of ewes towards predator-related stimuli. *Appl Anim Behav Sci* 70:227-237.
- Hegab IM, Kong S, Yang S, Mohamaden WI, Wei W. (2015). The ethological relevance of predator odors to induce changes in prey species. *Acta ethol* 18,1-9.
- Hennessy MB, Kaiser S, Sachser N. (2009). Social buffering of the stress response: diversity, mechanisms, and functions. *Front Neuroendocrinol* 30:470-482.
- Hernández C, Sade S, Rau J. (2017). Dieta del jabalí (*Sus scrofa*), invasor biológico reciente del Parque Nacional Puyehue, sur de Chile. *Mastozool Neotrop* 24:467-473.
- Herrero J, Fernández de Luco D. (2003). Wild boars (*Sus scrofa L.*) in Uruguay: scavengers or predators? *Mammalia* 67:485-491.
- Holmøy I, Waage S, Gröhn Y. (2014). Ewe characteristics associated with neonatal loss in Norwegian sheep. *Prev Vet Med* 114:267-275.
- Hughes J, Macdonald DW, Boitani L. (2017). Roaming free in the rural idyll: Dogs and their connections with wildlife. In: Serpell J (ed.). *The domestic dog. Its evolution, behavior and interactions with people*. Second Edition. Ed. Cambridge University Press. United Kingdom. pp.369-384.
- Idoeta FM, Roester I. (2012). Presas consumidas por el carancho (*Caracara plancus*) durante el periodo reproductivo, en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. *Nuestras Aves* 57:80-83.
- Jensen P. (2007). Mechanisms and function in dog behaviour. In: Jensen P (ed.). *The behavioural biology of dogs*. Ed. CAB International. United Kingdom. pp.61-75.
- Johann F, Handschuh M, Linderoth P, Dormann CF, Arnold J. (2020). Adaptation of wild boar (*Sus scrofa*) activity in a human-dominated landscape. *BMC Ecol* 20:4.
- Kats LB, Dill LM. (1998). The scent of death: Chemosensory assessment of predation risk by prey animals. *Écoscience* 5:361-394.

- Kendrick K. (2008). Sheep senses, social cognition and capacity for consciousness. In: Dwyer CM. (ed.). *The Welfare of Sheep*. Ed. Springer. Edinburgh, pp.135-157.
- Kikusui T, Winslow JT, Mori Y. (2006). Social buffering: relief from stress and anxiety. *Philos Trans R Soc B* 361:2215-2228.
- Kilpp JC, Sander M, Dal Pizzol GE, Chneider-Costa E. (2021). Comparison of diurnal birds of prey community between natural and anthropized environments in highland grasslands of Rio Grande do Sul, Brazil. *Oecologia Aust* 25:69-79.
- Kovarík P, Kutal M, Machar I. (2014). Sheep and wolves: is the occurrence of large predators a limiting factor for sheep grazing in the Czech Carpathians? *J Nat Conserv* 22:479-486.
- Kronfeld-Schor N, Dayan T. (2003). Partitioning of time as an ecological resource. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 34:153-181.
- Lee C, Verbeek E, Doyle R, Bateson M. (2016). Attention bias to threat indicates anxiety differences in sheep. *Biol Lett* 12:20150977.
- Lima SL, Dill LM. (1990). Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Can J Zool* 68:619-640.
- Linhart SB, Roberts JD, Dasch GJ. (1982). Electric fencing reduces coyote predation on pastured sheep. *J Range Manag* 35:276-281.
- Lombardi R, Geymonat G, Berrini R. (2015). *El jabalí en el Uruguay. Problema, desafío y oportunidad*. Ed. Mastergraf. Montevideo.
- Lucherini M, Luengos Vidal EM. (2008). *Lycalopex gymnocercus* (Carnivora: Canidae). *Mammalian Species*, 820:1-9.
- Macdonald DW, Carr GM. (2017). Variation in dog society: between resource dispersion and social flux. In: Serpell J (ed.). *The domestic dog. Its evolution, behavior and interactions with people*. Second Edition. Ed. Cambridge University Press. United Kingdom. pp.319-341.
- Macon D, Baldwin R, Lile D, Stackhouse J, Koopmann C, Saitone T, Schohr T, Snell L, Harper J, Ingram R, Rodrigues K, Macaulay L, Roche L. (2018). *Livestock protection tools for California ranchers*. Ed. ANR Publications. California.
- Maffei L, Reinaldo P, Segundo A, Noss A. (2007). Home range and activity of two sympatric fox species in the Bolivian Dry Chaco. *Canid News* 10.4 [online].
- Malhotra R, Jimenez JE, Harris NC. (2021). Patch characteristics and domestic dogs differentially affect carnivore space use in fragmented landscapes in southern Chile. *Divers Distrib* 27:2190-2203.

- Marai IFM, El-Darawany AA, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM. (2007). Physiological traits as affected by heat stress in sheep - A review. *Small Rumin Res* 71:1-12.
- Marcos A, Carpinetti B, Ferro N, Arnowicz T, Dassa L. (2020). Percepción del impacto de cerdos cimarrones (jabalíes) sobre la producción agropecuaria de Argentina. *Revista Vet* 31:131-136.
- Medina Filho LH, Osório M, Xavier T. (2015). O javali no Pampa: contexto, biologia e manejo. Ed. Do Autor. Santana do Livramento.
- Mella VSA, Cooper CE, Davies SJJF. (2016). Effects of historically familiar and novel predator odors on the physiology of an introduced prey. *Curr Zool* 62:53-59.
- MGAP. (2018a). Resultados de la Encuesta Ganadera Nacional 2016. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/resultados-encuesta-ganadera-nacional-2016>. Último acceso: 14 de diciembre de 2021.
- MGAP. (2018b). Superficie en hectáreas de bosque nativo por departamento (2016). Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-01/Datos%20de%20superficie%20forestal%20al%202018.pdf>. Último acceso: 28 de enero de 2022.
- Miller JRB, Schmitz OJ. (2019). Landscape of fear and human-predator coexistence: applying spatial predator-prey interaction theory to understand and reduce carnivore-livestock conflict. *Biol Conserv* 236:464-473.
- Mitchell BD, Banks PB. (2005). Do wild dogs exclude foxes? Evidence for competition from dietary and spatial overlaps. *Austral Ecol* 30:581-591.
- Monclús R, Rödel HG, von Holst D. (2006). Fox odour increases vigilance in European Rabbits: a study under semi-natural conditions. *Ethology* 112:1186-1193.
- Monclús R, Rödel HG, Von Holst D, De Miguel J. (2005). Behavioural and physiological responses of naive European rabbits to predator odour. *Anim Behav* 70:753-761.
- Morais TA, Rosa CA, Azevedo CS, Viana-Junior AB, Santos P, Passamani M. (2019). Factors affecting space use by wild boars (*Sus scrofa*) in high-elevation tropical forests. *Can J Zool* 97,971-978.
- Moreira-Arce D, Ugarte CS, Zorondo-Rodríguez F, Simonetti JA. (2018). Management tools to reduce carnivore-livestock conflicts: current gap and future challenges. *Rangel Ecol Manag* 71:389-394.



Möstl E, Palme R. (2002). Hormones as indicators of stress. *Domest Anim Endocrinol* 23:67-74.

Murdoch WW. (1969). Switching in general predators: experiments on predator specificity and stability of prey populations. *Ecol Monogr* 39:335-354.

Musiani M, Muhly T, Callaghan C, Gates CC, Smith ME, Stone S, Tosoni E. (2004). Wolves in rural agricultural areas of Western North America: Conflict and conservation. In: Fascione N, Delach A, Smith M (eds.). *People and predators. From conflict to coexistence*. Ed. Island Press. Washington, Ch. 3, pp.51-80.

Narosky T, Yzurieta D. (2003). *Guía para la identificación de las aves de Argentina y Uruguay*. Edición de Oro. Vazquez Mazzini Editores. Buenos Aires.

Nowak R., Porter R, Blache D, Dwyer C. (2008). Behaviour and the welfare of the sheep. In: Dwyer CM (ed.). *The Welfare of Sheep*. Ed. Springer. Edinburgh, Ch. 3, pp.81-134.

OTU. (2021). Indicadores. Observatorio Territorio Uruguay. Disponible en: [https://otu.opp.gub.uy/filtros/buscar\\_indicadores](https://otu.opp.gub.uy/filtros/buscar_indicadores). Último acceso: 28 de enero de 2022.

Paschoal AMO, Massara RL, Santos JL, Chiarello AG. (2012). Is the domestic dog becoming an abundant species in the Atlantic forest? A study case in southeastern Brazil. *Mammalia* 76:67-76.

Pavlov P, Hone J. (1982). The behaviour of feral pigs, *Sus scrofa*, in flocks of lambing ewes. *Aust Wildl Res* 9:101-109.

Pfister J, Müller-Schwarze D, Balph D. (1990). Effects of predator fecal odors on feed selection by sheep and cattle. *J Chem Ecol* 16:573-583.

Phifer CC, Knowlton JL, Webster CR, Flaspohler DJ, Licata JA. (2017). Bird community responses to afforested eucalyptus plantations in the Argentine pampas. *Biodivers Conserv* 26:3073-3101.

Queirolo D, Benhur Kasper C, de Mello Beisiegel B. (2013). Avaliação do risco de extinção do Graxaim-do-campo *Lycalopex gymnocercus* (G. Fischer, 1814) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira* 3:172-178.

Ramalho EE, Carvalho Jr EAR, Main MB. (2015). Considerações conflitos entre homens e mamíferos carnívoros na Amazônia brasileira. Em: Cavalcanti S, Cunha de Paula R, Gasparini-Morato R. (eds.). *Conflito com mamíferos carnívoros: uma referência para o manejo e a convivência*. Ed. ICMBio. São Paulo, Cap. 12, pp.109-113.

- Redondo T. (1994). Coevolución y carreras de armamentos. En: Carranza J. (ed.). Etología: introducción a la ciencia del comportamiento. Ed. Universidad de Extremadura. Cáceres, Cap. 11, pp.235-253.
- Reino L, Beja P, Osborne PE, Morgado R, Fabião A, Rotenberry JT. (2009). Distance to edges, edge contrast and landscape fragmentation: Interactions affecting farmland birds around forest plantations. *Biol Conserv* 142:824-838.
- Rivier C, Rivest S. (1991). Effect of stress on the activity of the hypothalamic-pituitary-gonadal axis: Peripheral and central mechanisms. *Biol Reprod* 45:523-532.
- Rodriguez V, Poo-Muñoz DA, Escobar LE, Astorga F, Medina-Vogel G. (2019). Carnivore-livestock conflicts in Chile: evidence and methods for mitigation. *Hum-Wildl Interact* 13:50-62.
- Rutter SM. (2002). Behaviour of Sheep and Goats. In: Jensen, P. (ed.). The ethology of domestic animals. An introductory text. Ed. CABI Publishing. Wallingford, Ch. 14, pp.199-213.
- Saggese MD, Morrison JL, Quaglia AIE, Ellis DH, Ellis CH, Wayne R, Amorós MB, Amorós CD, Cadierno SA. (2021). Breeding Ecology of Southern Caracaras (*Caracara plancus*) in Southern Continental Patagonia, Santa Cruz Province, Argentina. *J Raptor Res* 55:190-20.
- Salvador SA. (2013). Reproducción del carancho (*Caracara plancus*) en Villa María, Córdoba, Argentina. (Aves, Falconidae). *Xolmis* 27:1-5.
- Samelius G, Suryawanshi K, Bayarjargal JF, Tserennadmid EB, Ikhagvasumberel OJ, Mishra C. (2020). Keeping predators out: testing fences to reduce livestock depredation at night-time corrals. *Oryx* 55:466-472.
- Scasta JD, Stam B, Windh JL. (2017). Rancher-reported efficacy of lethal and non-lethal livestock predation mitigation strategies for a suite of carnivores. *Sci Rep* 7:14105.
- Sillero-Zubiri C, Sukumar R, Treves A. (2007). Living with wildlife: the roots of conflict and the solutions. In: MacDonald D, Service C. (eds.). Key topics in conservation biology. Ed. Blackwell Publishing. Oxford, Ch.17, pp.255-272.
- Silva-Rodríguez EA, Soto-Gamboa M, Ortega-Solís GR, Jimenez JE. (2009). Foxes, people and hens: human dimensions of a conflict in a rural area of southern Chile. *Rev Chil Hist Nat* 82:375-386.
- Silva-Rodríguez EA, Ortega-Solís G, Jiménez JE. (2010). Conservation and ecological implications of the use of space by chilla foxes and free-ranging dogs in a human-dominated landscape in southern Chile. *Austral Ecol* 35:765-777.

Smith J, Grovenburg T, Monteith K, Jenks J. (2015). Survival of female bighorn sheep (*Ovis canadensis*) in the black hills, South Dakota. *Am Midl Nat* 174:290-301.

Soutullo A, Clavijo C, Martínez-Lanfranco JA. (2013). Especies prioritarias para la conservación en Uruguay. Vertebrados, moluscos continentales y plantas vasculares. Ed. Dirección Nacional de Medio Ambiente. Montevideo.

Stillfried M, Gras P, Busch M, Börner K, Kramer-Schadt S, Ortmann S. (2017). Wild inside: Urban wild boar select natural, not anthropogenic food resources. *PLoS one* 12:e0175127.

Stone SA, Edge E, Fascione N, Miller C, Weaver C. (2016). Livestock and wolves: A guide to nonlethal tools and methods to reduce conflicts. Ed. Defenders of Wildlife 2<sup>nd</sup> ed. Washington.

Suárez E, Orihuela A. (2002). The effect of exposure to feces from four farm species on the avoidance behaviour and feed consumption of sheep. *Livest Prod Sci* 77:119-125.

Travaini A, Donázar JA, Ceballos O, Hiraldo F. (2001). Food habits of the Crested Caracara (*Caracara plancus*) in the Andean Patagonia: the role of breeding constraints. *J Arid Environ* 48(2):211-219.

Travaini A, Zapata SC, Martínez-Peck R, Delibes M. (2000). Percepción y actitud humanas hacia la predación de ganado ovino por el zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*) en Santa Cruz, Patagonia Argentina. *Mastozool Neotrop* 7:117-129.

Treves A, Karanth KU. 2003. Human-carnivore conflict and perspectives on carnivore management worldwide. *Conserv Biol* 17:1491-1499.

Van Eeden LM, Crowther MS, Dickman CR, Macdonald DW, Ripple WJ, Ritchie EG, Newsome TM. (2017). Managing conflict between large carnivores and livestock. *Conserv Biol* 32:26-34.

Van Lier E, Zambra N. (2012). El ovino: ¿es tonto o se hace? XL Jornadas Uruguayas de Buiatría. 14-15 Junio, Paysandú, Uruguay. pp. 11-18.

Vanak AT, Gompper ME. (2009). Dogs *Canis familiaris* as carnivores: their role and function in intraguild competition. *Mammal Rev* 39:265-283.

Vanak AT, Gompper ME. (2010). Interference competition at the landscape level: the effect of free-ranging dogs on a native mesocarnivore. *J Appl Ecol* 47:1225-1232.

Vanak AT, Dickman CR, Silva-Rodriguez EA, Butler J, Ritchie EG. (2014). Top-dogs and under-dogs: competition between dogs and sympatric carnivores. In: Gompper

ME (ed.). Free-ranging dogs and wildlife conservation. Ed. Oxford University Press. Oxford, pp.69-93.

Vine I. (1971). Risk of visual detection and pursuit by a predator and the selective advantage of flocking behaviour. *J Theor Biol* 30:405-422.

Virgós E. (2002). Factors affecting wild boar (*Sus scrofa*) occurrence in highly fragmented Mediterranean landscapes. *Can J Zool* 80:430-435.

Weldon PJ, Graham DP, Mears LP. (1993). Carnivore fecal chemicals suppress feeding by Alpine goats (*Capra hircus*). *J Chem Ecol* 19:2947-52.

Wesson G. (2008). Feral pig (*Sus scrofa*) survival, home range, and habitat use at lowndes county wildlife management area, Alabama. Tesis Master en Ciencias, Auburn University, Alabama, Estados Unidos.

White TCR. (2013). Experimental and observational evidence reveals that predators in natural environments do not regulate their prey: they are passengers, not drivers. *Acta Oecol* 53:73-87.

Wilkinson CE, Mcinturff A, Miller JRB, Yovovich V, Gaynor KM, Calhoun K. (2020). An ecological framework for contextualizing carnivore-livestock conflict. *Conserv Biol* 34:854-867.

## ANEXO 1

### Publicación I

Zambra N, Piaggio J, Ungerfeld R. 2022. Characteristics of sheep farms and livestock practices that influence sheep predation in Uruguay. *Mastozool Neotrop* 29, e0566. <https://doi.org/saremMN.22.29.1.05.e0569>

Incluida en esta tesis con el aval de Mastozoología Neotropical.

Article



Sociedade  
Brasileira de  
Mastozoologia



# CHARACTERISTICS OF SHEEP FARMS AND LIVESTOCK PRACTICES THAT INFLUENCE SHEEP PREDATION IN URUGUAY

Noelia Zambra<sup>1,3</sup>, José Piaggio<sup>2</sup> & Rodolfo Ungerfeld<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario Regional Noreste, PDU Instituto Superior de la Carne, Universidad de la República, Tacuarembó, Uruguay. [Correspondence: Noelia Zambra <[noelia.zambra@cut.edu.uy](mailto:noelia.zambra@cut.edu.uy)>].

<sup>2</sup>Facultad de Veterinaria, Departamento de Bioestadística e Informática, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

<sup>3</sup>Facultad de Veterinaria, Departamento de Fisiología, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

**ABSTRACT.** Animal predation is a main problem in sheep production with an important impact on animal production. Factors such as the size of the herd, animals location, and decisions on livestock practices influence the probability of predator attacks. The aim was to determine the characteristic of the sheep farms and factors related with the sheep husbandry associated with the risk of predation, according to the perception of Uruguayan sheep farmers. A virtual structured survey with 30 closed questions was applied to 91 sheep farmers. The survey provided information about social aspects of farmers surveyed, farm characterization, management of the animals, the occurrence of attacks by predators and the predator species. More than 85% of the farmers reported predator attacks, but attacks were 8.3 times less when the farms had electric fences in all paddocks. The proportion of predation was greater in the northern region of the country, and lower when the paddock was visited more than once per day. In general, attacks from pampas foxes and free-ranging dogs had an inverse relationship. The principal predator species reported as responsible for sheep attacks were the southern caracaras, pampas foxes, free-ranging dogs and wild boars. We consider that there may be a probable spatial and temporal avoidance by the pampas fox when free-ranging dogs are present. The high impact of occurrence of predators' attacks indicates the need and the importance of collecting more information and developing management programs that can help to mitigate human-livestock predators conflict.

**RESUMEN. CARACTERÍSTICAS DE LAS EXPLOTACIONES OVINAS Y LAS PRÁCTICAS GANADERAS QUE INFLUYEN EN LA DEPREDACIÓN OVINA EN URUGUAY.** La depredación es un problema principal en la producción ovina con un impacto importante en la producción animal. Factores como el número y ubicación de los animales y las decisiones sobre prácticas ganaderas influyen en la probabilidad de ataques por predadores. El objetivo fue determinar las características de los predios ovejeros y los factores relacionados con el manejo ovino asociados con el riesgo de depredación, según la percepción de los productores ovinos de Uruguay. Se aplicó una encuesta electrónica estructurada con 30 preguntas cerradas a 91 productores ovinos. La encuesta proporcionó información sobre aspectos sociales de los productores, caracterización del predio, manejo de los animales, presencia de ataques y especie de predador. Más del 85% de los productores reportaron ataques de predadores, pero estos fueron 8.3 veces menores cuando los predios tenían cercas eléctricas en todos los potreros. La proporción de depredación fue mayor en la región norte del país y menor cuando se visitó el potrero más de una vez al día. En general, los ataques de zorros y perros tuvieron una relación inversa. Las principales especies reportadas como responsables de los ataques a los ovinos fueron los caranchos, zorros, perros y jabalíes. Consideramos que puede existir una posible evitación espacial y temporal por parte del zorro cuando los perros están presentes. El alto impacto de la ocurrencia de ataques de predadores indica la necesidad e importancia de recopilar más información y desarrollar programas de manejo que puedan ayudar a mitigar el conflicto entre humanos y predadores.

**Key words:** Behavior, Carnivora, livestock depredation, sheep losses, ungulates.

**Palabras clave:** Carnivora, comportamiento, depredación de ganado, pérdidas ovinas, ungulados.

**Cite as:** Zambra, N., J. Piaggio & R. Ungerfeld. 2022. Characteristics of sheep farms and livestock practices that influence sheep predation in Uruguay. *Mastozoología Neotropical*, 29(1):e0569. <https://doi.org/saremMN.22.29.1.05.e0569>

## INTRODUCTION

Predation of farm animals is a main problem in animal production, with an important impact in several countries (Treves & Karanth 2003; Berger 2006; Van Eeden et al. 2017; Gordon 2018). In the Southern Cone of South America, main livestock predator species are the red fox (*Pseudalopex culpaeus*, Travaini et al. 2000), the puma (*Puma concolor*, Rodriguez et al. 2019; Balbuena-Serrano et al. 2021; Guerisoli et al. 2021), the jaguar (*Panthera onca*, Cunha De Paula & Pires 2015; Caruso et al. 2020), the chilla fox (*Lycalopex griseus*, Silva-Rodríguez et al. 2009) and the wild boar (*Sus scrofa*, Lombardi et al. 2015). The probability of a wild predator-domestic prey interaction, and its result, depends on the landscape characteristic (as topography, vegetation type and structure, weather conditions) (Wilkinson et al. 2020), the modification of the natural habitat of predators by anthropogenic disturbances (Miller & Schmitz 2019), the predator's abundance and ecology (Wilkinson et al. 2020), the quantity and distribution of domestic animals in the area (Kovarík et al. 2014) and the presence/absence of mitigation methods (Andelt 2004; Scasta et al. 2017).

On the other hand, the perception of the predator-prey interaction is strongly influenced by the social and cultural experiences of the farmer, but also by the damage produced in their farm animals (Sillero-Zubiri et al. 2007; Ramalho et al. 2015). The factors related with farmers and their livestock that influence the probability of predator's attacks are the size of the flock, how close are the animals from the properties, and the livestock management. Reducing the flock size, keeping them close to people and buildings, collecting the carcasses of dead animals and improving the construction of enclosures, are some of the recommendations that can contribute to reduce the probabilities of predator attacks to livestock (Sillero-Zubiri et al. 2007). Besides, the relative impact of predation depends largely on the farm size (USDA 2002). In this sense, small farms are more vulnerable, as the consequences of predation are proportionally greater than in big farms (USDA 2002; Ramalho et al. 2015).

In Uruguay, there are 11.4 million cattle and 6.6 million sheep (DIEA 2020). Per year 1 108 thousand tons of meat beef, 67 thousand tons of sheep meat and 26.6 thousand tons of wool (dirty basis) are produced, so sheep husbandry is a main component of the economy of the country (DIEA 2020). In general, sheep husbandry is based in extensive grazing, with animals remaining in native pastures as the main source of food (Ruggia et al. 2021). In extensive breeding systems, the main causes of lamb mortality are births traumas, lamb's starvation and hypothermia, infectious disease and predation, in minor proportion (Dwyer et al. 2016). In Uruguay, predation is one of the main causes of lamb deaths, with a strong negative impact in sheep breeders, being in many cases the main cause of abandonment or reduction of the sheep production (Frade 2015). In general, it is assumed that pampas fox (*Lycalopex gymnocercus*), free-ranging dogs (*Canis lupus familiaris*), wild boars (*Sus scrofa*) and southern caracara (*Caracara plancus*) are the most important sheep predators in Uruguay (Fernández-Abella 1985; Herrero & Fernández De Luco 2003), although there are no studies determining the relative importance of these species.

Considering the predators reported in Uruguay and the lack of updated studies on sheep predation in the country, the aim of this study was to determine the characteristics of the farms and the sheep husbandry practices associated with a greater risk of predation, according to the perception of Uruguayan sheep farmers. The work includes farms from all the country, considering the southern caracara, pampas foxes, free-ranging dogs and wild boars as potential main sheep predators.

## MATERIALS AND METHODS

The study covered the República Oriental del Uruguay, located in the Southern Cone of South America (30° to 35° S, and 53° to 58° W), with an area of 176 215 km<sup>2</sup> (Fig. 1). The climate is temperate (with a Koppen climate classification type 'Cfa', INUMET 2021) with a mean annual temperature ranging between 19 °C at the NW and 16 °C at the SE (INUMET 2021), with a mean annual rainfall between 1100 and 1400 mm/y (Brazeiro et al. 2020). The main land cover are natural grasslands (approximately 52%, Petraglia et al.



2019). Native woodlands areas correspond to 4.7% of the country (Petraglia et al. 2019) and forest plantations to 5.9% (Boscana & Arriaga 2019).

An online structured survey was applied between November 2016 and March 2017, concerning the occurrence of attacks during 2016 (see survey included as Supplement 1). The targeted population were owners of sheep farms, and the sample was selected by snowball sampling. This is a nonprobability method to select the sample surveyed. It implies the identification of an initial set of the population to be interviewed and who, in turn, are asked to share the survey with other interested people having similar characteristics to those interviewed for the initial sample (Johnson 2005; Voicu & Babonea 2011). The survey was sent directly to 157 farmers and 29 institutions related to the productive sector of the country (farmers' associations, research institutions). In most cases, there was an initial phone contact to explain the request, and then, the questionnaires were electronically applied through Google Form (Google LLC, California, USA). The questionnaire was initially tested with other farmers ( $n = 20$ ), and refined, defining a structured survey with 30 closed questions distributed in four sections: 1) Characteristics of the farm, 2) General management of the animals, 3) Previous information on sheep predation, and 4) Socio-demographic data (survey included as Supplement 1). Considering that in the north of the country there is the greater number of sheep farms, mainly based in different productive systems than those located in the southern region (DIEA 2020), the country was divided in two regions (northern and southern regions, Fig. 1) and farms were assigned into each region according to their geographical location.

## Sample characteristics

We received responses from 91 farmers, from which 56% corresponded to farms located in the northern region and 44% in the southern region of the country. The questionnaires were answered by owners (61.5%), family members of the owner (9.9%), professional technicians (veterinarian, agronomist or other; 20.9%) and field administrators (6.6%); 1.1% of the 91 farmers did not respond this question. Age categories were younger than 30 years (6.6%), between 30 and 60 years (78.0%), and older than 60 years (12.1%); 3.3% did not respond their age. In relation to the last education level of the interviewed, 61.5% were university professionals, 7.7% studied in technical or agricultural schools, 16.5% finished high school, and 2.2% only the elementary school; other 7.7% acceded to another type of education (4.4% did not answer this question). For analyzing the moments of the day when the attacks from different predators occurred, the day was divided in four periods, considering ranges that cover only daytime hours, only nighttime hours, sunrise and sunset times

## Statistical analysis

According to the type of variable, the data were analyzed using logistic regression or lineal regressions. The responding variables "attacks by predators" (attacks understood as occurrence of sheep injured or killed by predators), and "species of predator reported by the farmers as responsible for attacks" were analyzed with logistic regressions. For the occurrence of attacks by predators, the factors included in the model were: region of the farm (northern or southern),

presence of forest plantations close to the farm (yes or no), use of electric fences in all paddocks (yes or no), collection of dead sheep carcasses (yes or no), and place where births of sheep occurred (if they were in the paddocks or not). To analyze the reports of pampas fox and free-ranging dogs as responsible for attacks, the factors included were: region of the farm, presence of forest plantations close to the farm, use of electric fences in all paddocks, collection of dead sheep carcasses, frequency of visits to the paddock (more than once per day, once per day, or every two days) and reports of attacks by wild felids and wild boar. Attacks by pampas foxes and by free-ranging dogs were also included as factors in the models to study associations with reports of attacks by free-ranging dogs and pampas foxes, respectively. For the reports of wild boars as responsible for attacks, the factors were the same that for pampas fox and free-ranging dogs, but without including the use of electric fences in all paddocks and reports of attacks by wild felids. Reports of attacks by pampas foxes or free-ranging dogs were also included. The model for the incidence of attacks by southern caracaras included: presence of forest plantations close to the farm, collection of carcasses of dead sheep, frequency of visits to the paddock and reports of attacks by wild boar, pampas foxes or free-ranging dogs.

The responding variable "proportions of predation" (number of sheep killed by predators / total number of sheep in the farm) were analyzed with lineal regressions after normalizing the data with the Bliss transformation [ $\arccos(\sqrt{\%})$ ]. The independent variables were the regions of the farm, size of paddocks used for sheep, presence of forest plantations close to the farm, use of electric fences in all the paddocks, collection of carcasses of dead sheep, frequency of visits to the paddock and the place where births of sheep occurred.

All statistical analyses were performed with STATA15 (StataCorp, Texas, USA). The factors included in each model were selected according to the species of predator analyzed (terrestrial or aerial), the number of responses received for each factor and responding variable analyzed simultaneously. The reports of visits to the paddock once per week were not considered in any analysis due to the low number of data ( $n = 3$ ) and all the results of effects were considered significantly different when  $p \leq 0.05$ .

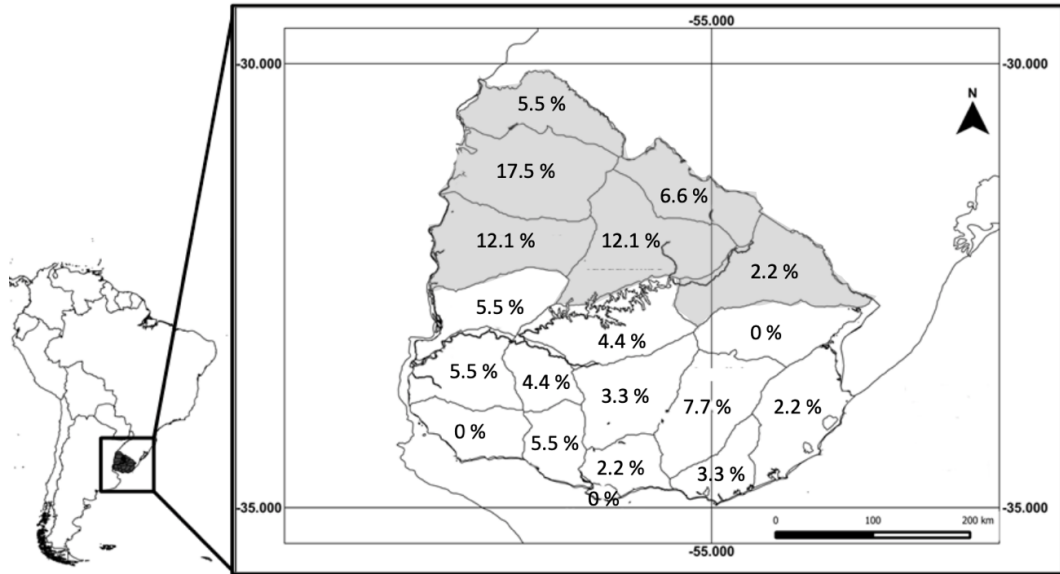
## RESULTS

### Description of productive characteristics of the sampled farms

Most farms had an area between 1 001 and 3 000 ha, and only less than 5% were farms bigger than 5 000 ha (Table 1). All farms breed sheep, and 93% of them also breed cattle. The number of sheep/farms is presented in Table 2, and ranged between 40 and 10 000 sheep/farm.

Births of sheep occurred mostly during spring (85.6% farms,  $n = 77$ ), in the same paddocks where the animals lived (73.6% farms,  $n = 67$ ), in enclosures close to the house and sheds (14.3% farms,  $n = 13$ ), or in both places indistinctly (12.1% farms,  $n = 11$ ). The paddocks where the sheep were allocated were





**Fig. 1.** Geographical location of República Oriental del Uruguay and percent of surveys made in each state of the northern region (grey) and southern region (white) of the country (N = 91).

visited more than once per day (47.3%, n = 43), once/day (33%, n = 30), every two days (16.5%, n = 15) or once per week (3.2%, n = 3), and the carcasses of dead animal were collected in 52.7%, (n = 48) of the farms. The natural environments predominant in the proprieties were native forest, ravine, streams and rivers (77.9%, n = 67; from these, 22.4%, also had hills), followed by forest plantations (33.7%, n = 29). Only 9 of 85 farms (10.6%) had electric fences in all of their paddocks.

**Table 1**

Size of the surveyed sheep farms in Uruguay (n = 89).

Size (ha)	Number of Farms (%)
Less than 200	8 (9.0)
200 to 500	14 (15.7)
501 to 1 000	17 (19.1)
1 001 to 3 000	32 (36.0)
3 001 to 5 000	14 (15.7)
More than 5 000	4 (4.5)

**General characterization of the attacks**

From the total, the southern caracaras were mentioned as responsible for attacks by 37.6% of the farmers, the pampas foxes by 34.8%, free-ranging dogs by

**Table 2**

Number of sheep per farm surveyed in Uruguay (n = 90).

Sheep number	Number of Farms (%)
Less than 200	10 (11.1)
200 to 500	17 (18.9)
501 to 1 000	18 (20.0)
1 001 to 2 000	19 (21.1)
2 001 to 3 500	15 (16.7)
More than 3 500	11 (12.2)

16.3%, followed by wild boars and wild felids (9.6% and 1.7% respectively). Overall, in 2016, 78 farmers (85.7%) reported at least one incident of predation in their flock (60.3% with their farms in the northern region and 39.7% in the southern region). Winter and spring were the seasons with more reports of occurrence of predators' attacks (41.2% each), followed by autumn (10.1%) and summer (7.6%); the distribution of attacks from different predators along the day is presented in **Fig. 2**. According to the farmers, the southern caracara attacked the sheep mainly during the daytime (7:00 to 18:00 h), the pampa fox and wild boar attacks occurred mainly at night (20:00 to 5:00 h), and the free-ranging dogs do not have a clear

predominant moment of the day to attack the flocks (similar frequency during the day and the night).

### Farm practices and occurrence of predators' attacks

The use of electric fences in all paddocks was the only practice significantly associated with fewer attacks, decreasing them 8.3 times (odds ratio, *p*-value, standard error; OR = 0.12, *p* = 0.04, SE = 0.13) (Table 3). In relation to the proportion of predation, these were associated with the region of the country (*p* = 0.03) and with the frequency of visits to the paddock (*p* = 0.03). The proportion of predation (mean, standard deviation) was greater in farms located in the northern region (*M* = 0.05, *SD* = 0.08) than in the southern region (*M* = 0.04, *SD* = 0.04), and was lower when farmers visited the paddock more than once per day (*M* = 0.03, *SD* = 0.02) than when they visited it once daily (*M* = 0.07, *SD* = 0.10). The other factors evaluated did not have a significant association with the proportions of predation in the farms (Table 3).

### Species of predators

The reports of pampas fox as responsible for sheep attacks were 3.8 times lower when the rancher reported attacks by free-ranging dogs (OR = 0.26, *p* = 0.04, SE = 0.17) (Table 3). Inversely, reports of attacks by free-ranging dogs were 3.7 times less frequent when the rancher reported attacks by pampas foxes (OR = 0.27, *p* = 0.05, SE = 0.18) (Table 3). The reports of southern caracara as responsible for sheep attacks were 5.3 times lower if there were forest plantations close to the farm (OR = 0.19, *p* = 0.02, SE = 0.14), and there were no factors significantly associated with attacks by wild boars (Table 3). The presence of different terrestrial predators did not differ between northern or southern areas of the country (Table 3).

## DISCUSSION

More than 85% of the farmers reported attacks to their flocks. However, is important to be cautious before assuming that this may represent a general pattern, as it is possible that farmers whose flocks were attacked by predators were more motivated to respond to the survey. Therefore, the most important new inputs are the farm practices associated with the risk of receiving attacks and the conditions related to the presence of each species of predator. In this sense, among the practices employed by farm owners that responded the survey, the use of electric fences

seems to be the most effective physical tool associated with a lower risk of attacks by terrestrial predators. This coincides with reports on the effectiveness of electric fences toward other terrestrial predators, as coyotes (Linhart et al. 1982), Iberian lynx (Garrote et al. 2015), snow leopards (Samelius et al. 2020), wolves (Musiani et al. 2004; Samelius et al. 2020), puma and jaguars (Cavalcanti et al. 2012). In any case, considering that the effectiveness of electric fences is influenced by the topography of the place and type of habitat, and that implies additional costs (Macon et al. 2018), it is recommended to evaluate all the factors together before applying it in any farm.

According to the farmers, the proportion of predation was greater in the northern region of the country, and was lower when the paddock was more frequently visited. The difference between the northern and the southern regions may be at least partially explained by the greater flock size in the northern region (DIEA 2020), where predators could have a frequency-dependent food selection, probably switching (Murdoch 1969) as a foraging strategy. Switching refers to a predator's preference for capturing preys that are relatively more abundant in the zone, strategy also known as negative frequency-dependence (Murdoch 1969; Greenwood 1984). The increase in the frequency of visits to the paddock by farmers would increase the likelihood of finding abandoned, sick or injured animals, which are more vulnerable to be attacked by predators, as well as caring about animals lost from the flock (Stone et al. 2016; Macon et al. 2018). Moreover, it may be easier to detect abnormal movements in the flock, as acute changes in the behavioral activity can be related to the presence of predators in the area (Stone et al. 2016). On the other hand, the presence of humans deters the wild animals (Macon et al. 2018), perhaps by an innate aversion of them to humans, which may be considered by wild animals as potential predators. This type of non-lethal protection was also recently reported as an effective tool against other livestock predators (e.g., wolves, coyote, black bear and puma; Stone et al. 2016; Eklund et al. 2017; Moreira-Arce et al. 2018).

According to the distribution of attacks of predators along the day, the pampas foxes and wild boars are considered as predominantly nocturnal-crepuscular, the southern caracaras as diurnal, and the free-ranging dogs do not seem to have a clear pattern, being similarly active at any moment of the day. These results agree with previous reports on the activity patterns of these species in Uruguay (González & Martínez 2012; Lombardi et al. 2015),



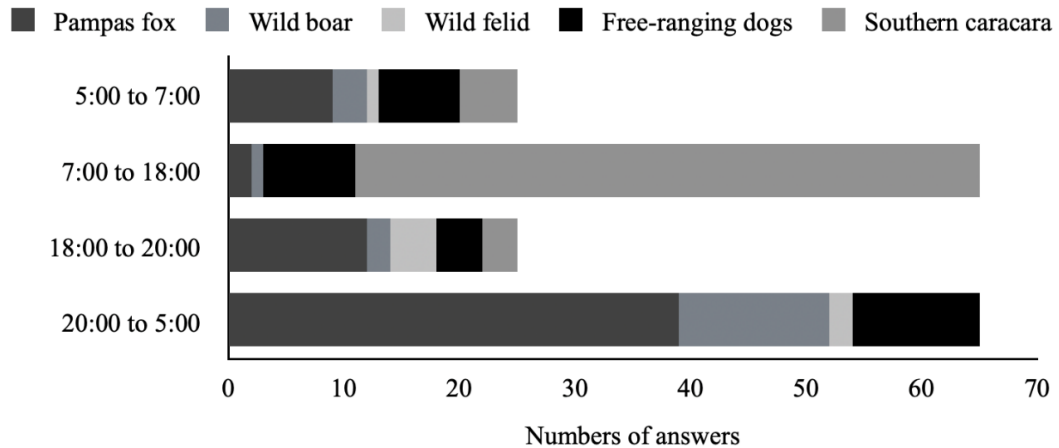


Fig. 2. Distribution of predator attacks along the day in Uruguay according to farmers' perception.

Brazil (Carvalho & Marini 2007), Argentina (Caruso et al. 2018) and Bolivia (Maffei et al. 2007). Therefore, it should be recommended to the farmers to visit the paddock in the moment of the day when predator attacks are most frequent according to the predator present.

The inverse relationship between attacks by pampas fox and by free-ranging dogs may be due to the scarce presence of each one of these predators originally in the area, or might be explained by a spatial and temporal avoidance by the pampas fox when free-ranging dogs are present, reducing the probabilities to overlapping (Kronfeld-Schor & Dayan 2003; Malhotra et al. 2021). In agreement with the latter, native carnivores have been reported to modify their behavior to reduce the risk of agonistic encounters with free-ranging dogs, based on the body size difference (Donadio & Buskirk 2006; Malhotra et al. 2021). Although the impact of free-ranging dogs on the structure of the communities of other sympatric carnivores is scarcely reported, free-ranging dogs interfere negatively with the activity of other native carnivores, excluding them through harassment and intraguild predation (Mitchell & Banks 2005; Vanak et al. 2014), as happens with the *Vulpes bengalensis* (India, Vanak & Gompper 2010), *Lycalopex griseus* (Chile, Silva-Rodríguez et al. 2010) and *Cerdocyon thous* (Brazil, Paschoal et al. 2012).

The presence of the southern caracara was lower when there was forest plantations close to the farm. Similar findings were presented by Kilpp et al. (2021), they found less registers of *Caracara plancus* in forestry areas (areas originally covered by fields, now covered by exotic forests) than in grassland

with extensive livestock and catalogued this specie as “very common” in open semi-natural habitat and as “uncommon” in forested semi-natural habitat. Although the response of these raptors to habitat disturbance is not clearly known (Carvalho & Marini 2007), one possible reason of the result of our study—considering that the southern caracaras is a diurnal raptor (Falconiformes) of primarily open habitats (Saggese et al. 2021)—could be related with a possible visual obstruction of southern caracaras caused by the trees and darker understory (Phifer et al. 2017).

To the best of our knowledge there are no studies relating the presence of Southern Caracara with forest plantations, but habitat transformation is known to negatively affect the abundance and diversity of diurnal raptors (Carvalho & Marini 2007; Carrete et al. 2009). The southern caracaras can be found in a variety of primarily open habitats, as prairies, grasslands, agro-ecosystems, crop fields, and urban areas (Saggese et al. 2021), and surely the presence of this species of diurnal raptors could be affected by the anthropogenic disturbances such as the forestry. Considering that forestry areas in Uruguay increased during the last decade, and probably will continue increasing (Boscana & Borgano 2018), there is an important opportunity to develop longitudinal studies on the relationship of forestry, presence of southern caracara and incidence of attacks in farms close to new forest plantations.

In summary, this study showed that the use of electrical fences in the paddocks and a frequent control of the animals are main strategies to decrease the risks of predation and might prevent the occur-

rence of attacks of some predators. Besides, there would be an inverse relationship between reports of fox and feral dog attacks. Therefore, the present study helps to update the topic providing more information about predatory species of sheep that were scarcely studied in the region. Also, it provides more information about the characteristics of the sheep farms and their management practices that could be associated with the risk of predation and that could help to mitigate human-livestock predators' conflict, opening the possibility of developing new research and solutions for specific problems.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Patricia Román Reyes for reviewing the questionnaire; the Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL, Uruguay) for collaborating with the pilot test; the institutions related to the productive sector that helped us contacting the farmers, and especially those farmers that responded to our request. This research did not receive any specific funding.

## LITERATURE CITED

- ANDELT, W. F. 2004. Use of livestock guarding animals to reduce predation on livestock. *Sheep & Goat Research Journal* 19:72-75.
- BALBUENA-SERRANO, Á., M. M. ZARCO-GONZÁLEZ, O. MONROY-VILCHIS, R. G. MORATO, & R. C. DE PAULA. 2021. Hotspots of livestock depredation by pumas and jaguars in Brazil: a biome-scale analysis. *Animal Conservation*, 24:181-193. <https://doi.org/10.1111/acv.12619>
- BERGER, K. M. 2006. Carnivore-livestock conflicts: effects of subsidized predator control and economic correlates on the sheep industry. *Conservation Biology* 20:751-761. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00336.x>
- BOSCAN, M., & E. ARRIAGA. 2019. Cartografía forestal nacional de bosques plantados. Anuario de la Oficina de Programación y Política Agropecuaria. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Montevideo.
- BOSCAN, M., & L. BORGANO. 2018. Actualidad del sector forestal. Análisis sectorial y cadenas productivas. Anuario de la Oficina de Programación y Política Agropecuaria. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Montevideo.
- BRAZEIRO, A., M. ACHKAR, C. TORANZA, & L. BARTESAGHI. 2020. Agricultural expansion in Uruguayan grasslands and priority areas for vertebrate and woody plant conservation. *Ecology and Society* 25:15. <https://doi.org/10.5751/es-11360-250115>
- CAIN, J. W., R. C. KARSCH, E. J. GOLDSTEIN, E. M. ROMINGER, & W. R. GOULD. 2019. Survival and cause-speci-U+FB01>c mortality of desert bighorn sheep lambs. *The Journal of Wildlife Management* 83:245-505. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21597>
- CARRETE, M., J. L. TELLA, G. BLANCO, & M. BERTELLOTTI. 2009. Effects of habitat degradation on the abundance, richness and diversity of raptors across Neotropical biomes. *Biological Conservation* 142:2002-2011. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.012>
- CARUSO, N., A. E. J. VALENZUELA, C. L. BURDETT, E. M. LUENGOS VIDAL, D. BIRROCHIO, & E. B. CASANAVE. 2018. Summer habitat use and activity patterns of wild boar *Sus scrofa* in rangelands of central Argentina. *PLOS ONE* 13:e0206513. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206513>
- CARUSO, F. ET AL. 2020. People and jaguars: new insights into the role of social factors in an old conflict. *Oryx* 54:678-686. <https://doi.org/10.1017/s00306053180011552>
- CARVALHO, C. E. A., & M. A. MARINI. 2007. Distribution patterns of diurnal raptors in open and forested habitats in southeastern Brazil and the effects of urbanization. *Bird Conservation International* 17:367-380. <https://doi.org/10.1017/s0959270907000822>
- CAVALCANTI, C. M. S., P. G. CRAWSHAW, & F. R. TORTATO. 2012. Use of Electric Fencing and Associated Measures as Deterrents to Jaguar Predation on Cattle in the Pantanal of Brazil. *Fencing for Conservation* (M. J. Somers & M. Hayward, eds.). Springer, New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0902-1\\_16](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0902-1_16)
- CUNHA DE PAULA, R., & R. PIRES. 2015. Caracterização dos conflitos: Aspectos Socioculturais e Impactos Econômicos. *Conflitos com mamíferos carnívoros: uma referência para o manejo e a convivência* (S. Cavalcanti, R. Cunha de Paula & R. Gasparini-Morato, eds.). ICMBio, Sao Paulo.
- DIEA. 2020. Anuario Estadístico Agropecuario. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Gráfica Mosca, Montevideo.
- DONADIO, E., & S. W. BUSKIRK. 2006. Diet, morphology, and interspecific killing in carnivora. *The American Naturalist* 167:524-536. <https://doi.org/10.1086/501033>
- DWYER, C. M. ET AL. 2016. Invited review: Improving neonatal survival in small ruminants: science into practice. *Animal* 10:449-459. <https://doi.org/10.1017/s1757131115001974>
- EKLUND, A., J. V. LÓPEZ-BAO, M. TOURANI, G. CHAPRON, & J. FRANK. 2017. Limited evidence on the effectiveness of interventions to reduce livestock predation by large carnivores. *Scientific Reports* 7:1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02323-w>
- FERNÁNDEZ-ABELLA, D. 1985. Mortalidad neonatal de corderos. I. Causas de la mortalidad neonatal. *Avances en Alimentación y Melhora Animal* 26:311-316.
- FRADE, J. 2015. Experiencias exitosas en el control de predadores. *Lana Noticias* 169:21-25.
- GARROTE, G., G. LÓPEZ, M. RUIZ, S. DE LILLO, J. F. BUENO, & M. A. SIMÓN. 2015. Effectiveness of electric fences as a means to prevent Iberian lynx (*Lynx pardinus*) predation on lambs. *Hystrix the Italian Journal of Mammalogy* 26:61-62. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2015-0124>
- GONZÁLEZ, E., & J. A. MARTÍNEZ. 2012. Mamíferos de Uruguay: guía de campo e introducción a su estudio y conservación. Banda Oriental, Montevideo.
- GORDON, I. J. 2018. Review: Livestock production increasingly influences wildlife across the globe. *Animal* 12:1-11. <https://doi.org/10.1017/s1757131118001349>
- GREENWOOD, J. J. D. 1984. The functional basis of frequency-dependent food selection. *Biological Journal of the Linnean Society* 23:177-199. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1984.tb00137.x>
- GUERISOLI, M. DE LAS M., E. L. VIDAL, N. CARUSO, A. J. GIORDANO, & M. LUCHERINI. 2021. Puma-livestock conflicts in the Americas: a review of the evidence. *Mammal Review* 51:228-246. <https://doi.org/10.1111/mam.12224>
- HERRERO, J., & D. FERNÁNDEZ DE LUCCO. 2003. Wild boars (*Sus scrofa* L.) in Uruguay: scavengers or predators? *Mammalia* 67:485-491. <https://doi.org/10.1515/mamm-2003-0402>
- INUMET. 2021. Instituto Uruguayo de Meteorología. Estadísticas climatológicas. URL <https://www.inumet.gub.uy>.
- JOHNSON, T. P. 2005. Snowball sampling. *Encyclopedia of Biostatistics* (P. Armitage & T. Colton, eds.). Wiley InterScience, Hoboken.
- KILPP, J. C., M. SANDER, G. E. DAL PIZZOL, & E. SCHNEIDER-COSTA. 2021. Comparison of diurnal birds of prey community between natural and anthropized environments in highland grasslands of Rio Grande do Sul, Brazil. *Oecologia Australis* 25:69-79. <https://doi.org/10.4257/oeco.2021.2501.07>
- KOVARÍK, P., M. KUTAL, & I. MACHAR. 2014. Sheep and wolves: Is the occurrence of large predators a limiting factor for sheep grazing in the Czech Carpathians? *Journal for Nature Conservation* 22:479-486. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.06.001>



- KRONFELD-SCHOR, N., & T. DAYAN. 2003. Partitioning of time as an ecological resource. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:153-181. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132435>
- LINHART, S. B., J. D. ROBERTS, & G. J. DASCH. 1982. Electric fencing reduces coyote predation on pastured sheep. *Journal of Range Management* 35:276-281. <https://doi.org/10.2307/3898301>
- LOMBARDI, R., G. GEYMONAT, & R. BERRINI. 2015. El jabalí en el Uruguay. Problema, desafío y oportunidad. Mastergraf, Montevideo.
- MACON, D. ET AL. 2018. Livestock protection tools for California ranchers. ANR Publications, California.
- MAFFEL, L., P. REINALDO, A. SEGUNDO, & A. NOSS. 2007. Home range and activity of two sympatric fox species in the Bolivian Dry Chaco. *Canid News* 10.4 [online].
- MALHOTRA, R., J. E. JIMÉNEZ, & N. C. HARRIS. 2021. Patch characteristics and domestic dogs differentially affect carnivore space use in fragmented landscapes in southern Chile. *Diversity and Distributions* - <https://doi.org/10.1111/ddi.13391>
- MILLER, J. R. B., & O. J. SCHMITZ. 2019. Landscape of fear and human-predator coexistence: applying spatial predator-prey interaction theory to understand and reduce carnivore-livestock conflict. *Biological Conservation* 236:464-473. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.009>
- MITCHELL, B. D., & P. B. BANKS. 2005. Do wild dogs exclude foxes? Evidence for competition from dietary and spatial overlaps. *Austral Ecology* 30:581-591. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2005.01473.x>
- MOREIRA-ARCE, D., C. S. UGARTE, F. ZORONDO-RODRÍGUEZ, & J. A. SIMONETTI. 2018. Management tools to reduce carnivore-livestock conflicts: current gap and future challenges. *Rangeland Ecology & Management* 71:389-394. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2018.02.005>
- MURDOCH, W. W. 1969. Switching in general predators: experiments on predator specificity and stability of prey populations. *Ecological Monographs* 39:335-354. <https://doi.org/10.2307/1942352>
- MUSIANI, M. ET AL. 2004. Wolves in rural agricultural areas of Western North America: Conflict and conservation. People and predators. From conflict to coexistence (N. Fascione, A. Delach, & M. Smith, eds.). Island Press, Washington.
- PASCHOAL, A. M. O., R. L. MASSARA, J. L. SANTOS, & A. G. CHIARELLO. 2012. Is the domestic dog becoming an abundant species in the Atlantic forest? A study case in southeastern Brazil. *Mammalia* 76:67-76. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2012-0501>
- PEÑA-MONDRAGÓN, J. L., & A. CASTILLO. 2013. Livestock predation by jaguars and other carnivores in Northeastern Mexico. *Therya* 4:431-446.
- PETRAGLIA, C., M. DELL'ACQUA, G. PEREIRA, & E. YUSSIM. 2019. Mapa integrado de cobertura/uso del suelo del Uruguay año 2018. Anuario de la Oficina de Programación y Política Agropecuaria. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Montevideo. <https://doi.org/10.4067/s0365-28072007000100010>
- PHIFER, C. C., J. L. KNOWLTON, C. R. WEBSTER, D. J. FLASPOHLER, & J. A. LICATA. 2017. Bird community responses to afforested eucalyptus plantations in the Argentine pampas. *Biodiversity and Conservation* 26:3073-3101. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1126-6>
- PIMENTA, V., I. BARROS, L. BOITANI, & P. BEJA. 2017. Wolf predation on cattle in Portugal: assessing the effects of husbandry systems. *Biological Conservation* 207:17-26. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.01.008>
- RAMALHO, E., E. A. R. CARVALHO JR, & M. B. MAIN. 2015. Considerações sobre conflitos entre homens e mamíferos carnívoros na Amazônia brasileira. Conflitos com mamíferos carnívoros: uma referência para o manejo e a convivência (S. Cavalcanti, R. Cunha de Paula, & R. Gasparini-Morato, eds.). ICMBio, Sao Paulo. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6502028055>
- RODRIGUEZ, V., D. A. POO-MUÑOZ, L. E. ESCOBAR, F. ASTORGA, & G. MEDINA-VOGEL. 2019. Carnivore-livestock conflicts in Chile: evidence and methods for mitigation. *Human-Wildlife Interactions* 13:50-62.
- RUGGIA, A. ET AL. 2021. The application of ecologically intensive principles to the systemic redesign of livestock farms on native grasslands: A case of co-innovation in Rocha, Uruguay. *Agricultural Systems* 191:103148. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2021.103148>
- SAGGESE, M. D. ET AL. 2021. Breeding Ecology of Southern Caracaras (*Caracara plancus*) in Southern Continental Patagonia, Santa Cruz Province, Argentina. *Journal of Raptor Research* 55:190-20. <https://doi.org/10.3356/jrr-20-78>
- SAMELIUS, G. ET AL. 2020. Keeping predators out: testing fences to reduce livestock depredation at night-time corrals. *Oryx* 55:466-472. <https://doi.org/10.1017/s0030605319000565>
- SCASTA, J. D., B. STAM, & J. L. WINDH. 2017. Rancher-reported efficacy of lethal and non-lethal livestock predation mitigation strategies for a suite of carnivores. *Scientific Reports* 7:14105. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14462-1>
- SILLERO-ZUBIRI, C., R. SUKUMAR, & A. TREVES. 2007. Living with wildlife: the roots of conflict and the solutions. Key topics in conservation biology (D. MacDonald & C. Service, eds.). Blackwell Publishing, Oxford.
- SILVA-RODRÍGUEZ, E. A., G. ORTEGA-SOLÍS, & J. E. JIMÉNEZ. 2010. Conservation and ecological implications of the use of space by chilla foxes and free-ranging dogs in a human-dominated landscape in southern Chile. *Austral Ecology* 35:765-777. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2009.02083.x>
- SILVA-RODRÍGUEZ, E. A., M. SOTO-GAMBOA, G. R. ORTEGA-SOLÍS, & J. E. JIMÉNEZ. 2009. Foxes, people and hens: human dimensions of a conflict in a rural area of southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 82:375-386. <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2009000300005>
- STONE, S. A., E. EDGE, N. FASCIONE, C. MILLER, & C. WEAVER. 2016. Livestock and wolves: A guide to nonlethal tools and methods to reduce conflicts. *Defenders of Wildlife*, Washington.
- TRAVAINI, A., S. C. ZAPATA, R. MARTÍNEZ-PECK, & M. DELIBES. 2000. Percepción y actitud humanas hacia la predación de ganado ovino por el zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*) en Santa Cruz, Patagonia Argentina. *Mastozoología Neotropical* 7:117-129.
- TREVES, A., & K. U. KARANTH. 2003. Human-Carnivore Conflict and Perspectives on Carnivore Management Worldwide. *Conservation Biology* 17:1491-1499. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2003.00059.x>
- USDA. 2002. Wildlife Services: Helping Producers Manage Predation. United States Department of Agriculture, Washington.
- VAN EEDEN, L. M. ET AL. 2017. Managing conflict between large carnivores and livestock. *Conservation Biology* 32:26-34. <https://doi.org/10.1111/cobi.12959>
- VANAK, A. T., & M. E. GOMPPER. 2010. Interference competition at the landscape level: the effect of free-ranging dogs on a native mesocarnivore. *Journal of Applied Ecology* 47:1225-1232. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01870.x>
- VANAK, A. T., C. R. DICKMAN, E. A. SILVA-RODRIGUEZ, J. BUTLER, & E. G. RITCHIE. 2014. Top-dogs and under-dogs: competition between dogs and sympatric carnivores. Free-ranging dogs and wildlife conservation (M. E. Gompper, ed.). Oxford University Press, Oxford. <https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199663217.003.0003>
- VOICU, M. C., & A. M. BABONEA. 2011. Using the snowball method in marketing research on hidden populations. *Challenges of the Knowledge Society* 1341-1351.
- WILKINSON C. E., A. MCINTURFF, J. R. B. MILLER, V. YOVOVICH, K. M. GAYNOR, & K. CALHOUN. 2020. An ecological framework for contextualizing carnivore-livestock conflict. *Conservation Biology* 34:854-867. <https://doi.org/10.1111/cobi.13469>

**SURVEY ON SHEEP MORTALITY CAUSED BY PREDATORS IN FARMS OF URUGUAY**

I am a researcher in Ethology and Animal Welfare at the Universidad de la República (Sede Tacuarembó). I am currently doing a study to know the situation of sheep mortality due to predators in Uruguay. I would like you to answer some questions. The information you provide is confidential and will be used only for statistical purposes. Your opinion is very important to us. Thank you.

\*Required

1. E-mail address\*
2. Farm name
3. Location of the farm\*
4. Informant name\*
5. Role of the informant on the farm\*:

*Select all that correspond.*

- Owner
- Member of the family
- Foreman
- Professional technicians
- Field administrator
- Another person

**FARM CHARACTERIZATION**

6. Which of the following farm animals are bred on the farm?

*Select all that correspond.*

- Cattle
- Sheep
- Other

7. Indicate the number of sheep present
8. What is the total area of the farm? (Hectares)
9. How many hectares do you allocate for sheep?

10. Are the sheep allocated with other species in the same paddock?

Yes

No

11. Your farm, or bordering farms, present:

*Select all that correspond.*

Native forest

Ravines

Saws

Forestry areas

Streams and rivers

### MANAGEMENT OF THE ANIMALS

12. Do you use electric fences in the paddocks?

*Mark only one.*

Yes, in all

Yes, in some

No, in none

13. Where do your sheep drink water?

*Select all that correspond.*

Drinking fountains

Cutwater

Streams

None of the above

14. In what month or months births occur more frequently on your farm?

*Select all that correspond.*

January

February

March

April

May

June

July

August

September

October



November

December

15. In 2016, how many ewes did you bred?

16. In 2016, how many ewes lambed?

17. Where the sheep births occurred?

*Select all that correspond.*

Paddocks where the animals lived

Sheds

Enclosures close to the sheds (less than 100 meters)

Enclosures close to the house (less than 100 meters)

Other

18. How often do you visit to the paddock?

*Mark only one.*

Once a day

More than once a day

Every two days

Once a week

19. Do you collect the carcasses of the dead sheep?

*Mark only one.*

Yes

No

Sometimes

20. In 2016, how many lambs were weaned?

21. In what month did you weaned the lambs?

ANTECEDENTS OF PREDATION IN THE FLOCKS

22. Have you had predator attacks on your flock last year?\*

*Mark only one.*

Yes

No

23. What predators do you think have attacked your flock in 2016?

*Select all that correspond.*

Pampa fox

Wild boar

Wild felid

Free-ranging dogs

Southern caracara

Other

24. How many sheep do you think were killed by predators in 2016?

*Reply with numbers*

25. In which season of the year attacks by predators were more frequent?

*Select all that correspond.*

Autumn

Winter

Spring

Summer

26. How do you know that the sheep were attacked by predators?

*Select all that correspond.*

Saw the predator at the time of the attack

Found wounds in the upper part of the neck or head of the dead sheep

Found bites in the neck and back of the dead sheep

Found bites in any part of the body, along with hanging skin or torn flesh

Found blood near the dead sheep

Found predator trail near the sheep flock (tracks, feces)

Known person told you about the attack

Not knows

27. If in the previous question you answered "Saw the predator at the time of the attack", indicate which predator was observed.

28. At what time of the day attacks were more frequent?

*Mark only one per row.*

	5:00 to 7:00 h	7:00 to 18:00 h	18:00 to 20:00 h	20:00 to 5:00 h
Pampa fox				
Wild boar				
Wild felid				
Free-ranging dogs				
Southern caracara				
Other				

SOCIO-DEMOGRAPHIC DATA

29. How old are you?

30. What is your last education level?

*Mark only one.*

- Incomplete elementary school
- Complete elementary school
- Incomplete high school
- Complete high school
- Technical or agricultural school
- University
- Another type of education

## ANEXO 2

### Publicación II

Zambra N, Ungerfeld R. 2022. Factors affecting wild boar (*Sus scrofa*) distribution in Uruguay.

En etapa final de redacción.

1 **FACTORS AFFECTING WILD PIGS (*Sus scrofa*) DISTRIBUTION IN URUGUAY**

2 Zambra N <sup>a,b,\*</sup> and Ungerfeld R <sup>b</sup>

3 <sup>a</sup> Centro Universitario Regional Noreste, Universidad de la República, Tacuarembó, Uruguay

4 <sup>b</sup> Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

5

6 \*Corresponding author: [noelia.zambra@cut.edu.uy](mailto:noelia.zambra@cut.edu.uy)

7 Noelia Zambra ORCID number 0000-0002-4484-5676

8 Rodolfo Ungerfeld ORCID number: 0000-0003-4685-2105

9 **Abstract**

10 *Sus scrofa* is a species that adapt easily to diverse environments and climatic zones. Its presence in urban and  
11 suburban spaces generates a negative impact on the land, crops, and productive animals, and produces health  
12 risks for other animals and even humans. In Uruguay, it was declared a national pest and is one of the main  
13 sheep predators. For developing a good program to control its' populations is required a deeper knowledge of its'  
14 habitat, current distribution, and the environmental factors that influence its locations, so the aim of the study to  
15 determine the spatial distribution of wild pigs in Uruguay and its' association to environmental factors  
16 concerning livestock production based on a survey applied to farmers. The survey was completed by 2,360  
17 farmers, collecting information related to the presence of wild pigs and other wildlife animals in their farms, the  
18 methods used to control wild pig' population, the economic damages produced by the species in the farm, the  
19 number of sheep, and type of land-cover besides grassland. Farms located in the Northeast region, with native  
20 woodlands and/or pine plantations, and greater than 500 ha were more likely to have the presence of wild pigs.  
21 Sheep and free-ranging dogs on the farms, and wild pigs on neighboring farms did not affect the presence of  
22 wild pigs into the farms. Its presence increased associated with the presence of pampas foxes.

23 **Keywords:** exotic species, invasive species, omnivore, sheep predator.

24  
25 **Resumen**

26 El jabalí (*Sus scrofa*) es una especie que se adapta fácilmente a diversos ambientes y zonas climáticas. Su  
27 presencia en espacios urbanos y suburbanos genera un impacto negativo en la tierra, los cultivos y los animales  
28 productivos, y produce riesgos para la salud de otros animales, incluyendo al humano. En Uruguay fue declarado  
29 plaga nacional y es uno de los principales predadores de ovinos. Para desarrollar un buen programa de su control  
30 poblacional se requiere un conocimiento más profundo de su hábitat, distribución actual y los factores  
31 ambientales que influyen en su ubicación, por lo que el objetivo de este estudio fue determinar la distribución  
32 espacial del jabalí en Uruguay y su asociación con factores ambientales relacionados con la producción  
33 ganadera, a partir de una encuesta aplicada a productores. La encuesta se aplicó a 2.360 productores, obteniendo  
34 información relacionada con la presencia de jabalíes y otros animales silvestres en sus establecimientos, los  
35 métodos utilizados para el control poblacional de los jabalíes, la presencia de daños económicos producidos por  
36 el jabalí en los establecimientos, número de ovejas y tipo de cobertura del suelo. La probabilidad de reportar la  
37 presencia de jabalíes fue mayor en los establecimientos ubicados en la región Noreste, con bosques nativos y/o  
38 plantaciones de pino, y mayores de 500 ha. Las ovejas y los perros dentro de los establecimientos y la presencia

39 de jabalíes en establecimientos vecinos no afectaron la probabilidad de reportar jabalíes dentro de los  
40 establecimientos. Su presencia aumentó asociada a la presencia de zorro pampeano.

41 **Palabras clave:** especie exótica, especie invasora, omnívoro, predador ovino.

42

### 43 **Acknowledgements**

44 The authors thank the technicians from the Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP) of Uruguay  
45 and their authorities that collaborated with the application of the survey. We also acknowledge Gabriel Mautone  
46 (MGAP), who provided additional data on the farms, and the maps presented in this manuscript. Martín Altuna  
47 helped with handling the big database and Pablo Menese helped with the predicting analysis. This research did  
48 not receive any specific funding.

49 **Introduction**

50 The wild pig (*Sus scrofa*) is a wild mammal, distributed in all the continents except Antarctica and some oceanic  
51 islands (Barrios-Garcia and Ballari 2012; Marcos et al. 2020). It is native to Eurasia and North Africa (Oliver et  
52 al. 1993) but was introduced throughout the world, mainly for sports hunting purposes (Morais et al. 2019).  
53 However, due to its high reproductive rate, low predation rate, wide diet, and ecological plasticity (Barrios-  
54 Garcia and Ballari 2012; Johann et al. 2020) the species has a great adaptative potential to live in diverse  
55 climatic zones and environments subjected to anthropogenic impact (Garza et al. 2018; Johann et al. 2020). In  
56 general, the open habitats and agricultural fields close to natural forest remnants have environmental  
57 characteristics that favor the presence of wild pigs, both in or out from their native range (Caruso et al. 2018;  
58 Morais et al. 2019). It is listed as one of the 100 most dangerous invasive species (Lowe et al. 2000), with  
59 presence in the South American southern cone (Argentina: Cuevas et al. 2021, Brazil: da Rosa et al. 2017, Chile:  
60 Skewes and Jaksic 2015, Uruguay: Garcia et al. 2011). In Uruguay, *S. scrofa* was officially declared as a national  
61 pest in 1982, the actual populations evolved from introgressive hybridization with domestic pigs (García et al.  
62 2011), and are considered as one of the main sheep predators (Zambra et al. 2021; MGAP 2018a).  
63 This species harms the environment in urban and suburban spaces, altering the soil, vegetation, and fauna  
64 diversity (Barasona et al. 2021; Cuevas et al. 2021; Greco et al. 2021). Likewise, it generates indirect  
65 repercussions at the socio-economic level including damage to land, crops, and productive animals (Cuevas et al.  
66 2021; Marcos et al. 2020), and health risks for wildlife, livestock, and even humans (Barasona et al. 2021;  
67 Cuevas et al. 2021). The development of effective programs to control wild pig populations, it is required a  
68 deeper knowledge of its' habitat use, current distribution, and the environmental factors that influence their  
69 presence. Therefore, the aim of this study was to describe the spatial distribution of wild pig in Uruguay and to  
70 determine its' association to environmental factors concerning livestock production, based on a survey applied at  
71 farmers.



## 72 **Materials and methods**

### 73 Study area

74 The study was carried out in the República Oriental del Uruguay, located in the southern cone of South America  
75 (30° to 35° S, 53° to 58° W), with a surface of 176,215 km<sup>2</sup>, politically organized into 19 states (Fig. 1). The  
76 climate is temperate (Koppen climate classification type 'Cfa'; INUMET 2021) with a mean annual temperature  
77 ranging between 19 °C at the NW and 16 °C at the SE (INUMET 2021), and mean annual rainfall between 1,100  
78 and 1,400 mm/y-1n (Brazeiro et al. 2020). The main land-cover are natural grasslands (around 70 %, Brazeiro  
79 2015); native woodlands occupy 4.8 % of the country, and 6.2 % are artificially forested, being the *Eucalyptus*  
80 and *Pinus* the most planted species in afforestation systems (DGF 2021).

81

### 82 Data collection

83 In March 2018, a survey about wild pigs and their relationship with livestock production was applied to 2,360  
84 farmers located in nine states of the country with the collaboration of the Ministerio de Ganadería Agricultura y  
85 Pesca (MGAP). The questionnaire had five closed questions: 1) have you seen wild pigs, pampas fox, or/and  
86 free-ranging dogs in your livestock farm?; 2) have you seen wild pigs in neighboring farms or nearby zones?; 3)  
87 do you use any methods to control wild pigs?; 4) do you consider that wild pigs cause economic damage on your  
88 farm (death of animals, crops, damage to infrastructure)?, and 5) would you allow authorized wild pig hunters to  
89 entrance your farm, even if currently they do not use any methods to control wild pigs?. The MGAP also  
90 provided information from each farm, including its' size, number of sheep, and type of land cover besides  
91 grassland (native woodlands, shelter forest, pine plantation, and eucalyptus plantation).

92 For the analysis, the country was divided into three regions (Fig. 1a, b) considering the productive systems  
93 present, the location of the greater number of livestock farms and the land cover. In the North region were  
94 distributed 1,162 surveys, in the Northeast 946 surveys and in the South-central 252 surveys. The livestock  
95 farms were classified into eight categories according to their size (Table 1).

96

### 97 Statistical analysis

98 The presence/absence of reports of wild pigs' presences was analyzed as a binomial variable with logistic  
99 regressions, including in the model the region, farm' size (category), dominant land-cover type (native  
100 woodlands, shelter forest, pine plantation, and/or eucalyptus plantation), and as binomial variables, the  
101 presence/absence of sheep, the use of methods to control the presence of wild pigs, presence of wild pigs in

102 neighboring farms, and the presence of pampas foxes or free-ranging dogs in the farm.

103 The statistical analysis was performed with STATA15 (StataCorp, Texas, USA). The best models were selected

104 based on the Akaike's Information Criteria (AIC, Burnham and Anderson 2002). The results were considered

105 significant when  $p \leq 0.05$ , and the maps for graphical interpretation points with reports of the wild pig presence

106 were performed with the ArcView software, version 10.6 (Environmental Systems Research Institute, Inc.,

107 ESRI, California, United States). Prediction values for hypothetical cases of wild pig presence were estimated

108 considering only the variables that had an effect in the prior presence/absence of wild pigs' analysis. For the

109 prediction analysis, the STATA margins and marginsplot commands were used.

## 110 **Results**

### 111 Livestock farms' characteristics and reports of wild pigs' presence

112 Of all the surveyed livestock farmers, 32.5 % (n = 768) reported the presences of wild pigs on their farms (Table  
113 2, Fig. 1b). From these, 69.7 % (n = 535) considered that the wild pig generates economic damages to their  
114 properties, and 24.1 % (n = 185) reported otherwise (6 %, n = 48, did not answer this question). Likewise, of all  
115 livestock farmers who reported wild pigs on their farms, 26.6 % control their presence by removing them, but  
116 70.3 % do not use this. Of this latter's, the 75.4 % (n = 407) allow the entrance of wild pig' hunters, and 20.4 %  
117 (n = 110) does not allow them (4.2 %, n = 23, did not respond this question). The occurrence of other sheep  
118 predators on the farms, by region and species, is presented in Table 2.

119 Both, the region in which the farm was located, and the land-cover type affected the probability of the presence  
120 of wild pigs. The farms from the northeastern region had 8.5 greater probability than those located in the north  
121 region (OR = 8.49; SE = 1.86;  $p < 0.001$ ) (Table 3), and those located in the south-central region decreased the  
122 reports 2.9 times in relation to the same region (OR = 0.35; SE = 0.13;  $p = 0.003$ , Table 3). The presence of  
123 shelter forest in farms decreased the reports of wild pigs (OR = 0.45; SE = 0.12;  $p = 0.003$ , Table 2, Fig. 2a), and  
124 on the contrary, the native woodlands or pine plantation favored its presence (OR = 4.54; SE = 0.65;  $p < 0.001$   
125 and OR = 2.81; SE = 1.42;  $p = 0.04$  respectively, Table 3, Fig. 2b, c). There was no effect of the presence of  
126 eucalyptus plantations in the reports of wild pigs (Table 3, Fig. 2d). The size of the livestock farms also affected  
127 the probability of presence of wild pigs, which was greater in farms greater than 500 ha (Table 3). Regarding the  
128 effect of pampas foxes', its' presence was associated with an increase of presence of wild pigs (OR = 11.03; SE  
129 = 3.24;  $p < 0.001$ ) (Table 3). Neither the presence of sheep on the livestock farms, the presence of free-ranging  
130 dogs, nor the presence of wild pigs on neighboring farms modified the probability of presence of wild pigs in the  
131 farms (Table 3).

132

### 133 Prediction of wild pig occurrences

#### 134 *Influence of regions, by livestock farm size within the same land-cover type*

135 For all land-cover type and farm' sizes, the probability of reporting wild pigs in the Northeast region was greater  
136 than in the North and South-central regions, except for farms greater than 5,000 ha and farms with native  
137 woodlands plus pines plantations (Fig. 3a, b, c, d; Online Resource 1) from the Northeast vs North regions.  
138 Farms located in the North region with shelter forest and sizes between 101 and 3,000 ha (Fig. 3a), or with native  
139 woodlands independently of the size (Fig. 3b), pine plantation with sizes greater than 5,000 ha (Fig. 3c), or

140 native woodlands plus pines plantations and a size greater than 100 ha (Fig. 3d) were more likely to report the  
141 presence of wild pigs than farms located in the South-central region (Online Resource 1).

142

143 *Influence of farm size, within the same region and land-cover type*

144 For the Northeast region, the farms with shelter forest, the probability to report the presence of wild pig  
145 increased significantly when the size increased from 3,000-5,000 ha to more than 5,000 (Fig. 4a; Online  
146 Resource 2a). If the farms had native woodland, pine plantations, or both types of land-cover, the probability of  
147 presenting wild pigs increased significantly when the size increased from 200-500 ha to 501-1,000 ha, and from  
148 3,000-5,000 to more than 5,000 ha (Fig. 4b, c, d; Online Resource 2b, c, d). Farms located in the North region  
149 increased the probability of presence of wild pigs if presented native woodland or native woodland plus pine,  
150 and when its sizes increased from 200-500 ha to 501-1,000 ha or from 3,000-5,000 to 5,000 or more ha (Fig. 4b,  
151 d; Online Resource 2b, d). When the lands-cover types were shelter forest or pine plantations, there were no  
152 differences of probabilities of reporting the presence of wild pigs, independently of the size of the farm (Fig. 4a,  
153 c; Online Resource 2a, c). For livestock farms that were in Central-South region, the probability of reports of  
154 presence of wild pig did not differ according to farms' sizes with land-cover of shelter forest, woodlands, or pine  
155 plantation (Fig. 4a, b, c; Online Resource 2a, b, c). It only increased when the farms had a land-cover of native  
156 woodland plus pine plantation and its size increased from 3,000-5,000 ha to <5,000 ha (Fig. 4d; Online Resource  
157 2d).

158 **Discussion**

159 The wide number of farmers surveyed allowed us to have a broad view of the main factors that modify the  
160 probability of having wild pigs on the farms. In general, the reports of wild pigs' presence were related to the  
161 geographical region, the farm size, and the land-cover type. The probability of reporting the presence of wild  
162 pigs in the farm increased in farms located in the Northeast region and/or having native woodlands, pine  
163 plantations, or both. On the other hand, the farms located in the Center-South of the country, with smaller size  
164 and sheltered forests, had the lower probabilities of reporting the presence of wild pigs. Nevertheless, it should  
165 be considered that there may be a great number of factors that could not be controlled in this study, and  
166 therefore, might influence in the presence of wild pigs in each region and each farm. For example, this includes  
167 how close and big are the human populations, presence of hunters, landscape structure (size, composition, and  
168 distribution), ages of the pine and eucalyptus plantations, or diversity of foods and their nutritional contributions.  
169 The risk of having wild pigs was greater in the Northeast region of the country, which is the area studied with a  
170 greater surface covered by native woodland (MGAP 2018b), high industrial plantations (DGF 2021), and low  
171 urban and high sub-urban density population (OTU 2021), all factors probably related with the presence of wild  
172 pigs. In this sense, areas with more forest cover, agricultural farms close to natural forest remnants, and areas  
173 with less anthropic influences have a higher number of wild pigs (Morais et al. 2019; Stillfried et al. 2017), so  
174 the probability of them getting into livestock farms is greater. Native woodlands could provide great abundance  
175 and diversity of food, different composition trees and vegetation cover for wild pig' rest and protection, refuge  
176 against hunting, predation or disturbance of other wild pigs (mainly for the survival of offspring),  
177 thermoregulation, and easy access to water (Choquenot and Ruscoe 2003; Morais et al. 2019; Wesson 2008).  
178 On the other hand, in this study, more farmers with pine plantations reported the presence of wild pigs,  
179 supporting studies where the presence of wild pigs was more frequently reported in habitats with pine plantations  
180 (Lantschner et al. 2012), or with greater soil degradation in pine plantation due to a greater intensity of rooting  
181 activity by wild pig (Greco et al. 2021). Likewise, they also can consume and chew the large lateral roots and rub  
182 on them (Wesson 2008), probably as a form of intraspecific signal. Since the wild pig is an exotic species, it  
183 would be more tolerant to habitat fragmentation and agricultural transformation (Cravino and Brazeiro 2021;  
184 Virgós 2002) and could use these modified habitats not only as a source of food but also as passageways to  
185 natural habitats or shelter (Andrade-Núñez and Aide 2010). The density and color of the needles generated by  
186 the pine plantations might also protect females with offspring from hunting or predation, camouflaging them  
187 against predators, especially protecting the piglets from predation.

188 Reports of the presence of wild pigs increased in farms greater than 500 ha, which just due to their size have a  
189 greater probability of having wild pigs, but also bigger farms present more fragmented landscape (understood as  
190 a mosaic of habitat patches; Dunning et al. 1992), more heterogeneity in the composition of the landscape  
191 (understood as the relative amount of each habitat within a landscape; Dunning et al. 1992) and/or more  
192 vegetation heterogeneity than smaller farms. Anyway, is important to remind that the survey asked about the  
193 presence of the animals, but not the size of its' population, therefore skewing this point.

194 The increase in presence of wild pigs in farms in which pampas foxes were also reported, could indicate a  
195 possible coexistence between them, where both species could be similarly affected by anthropic factors.

196 Although there is little information about wild pig-pampas fox spatial interactions, these results support the  
197 scarce information about a spatial-temporal overlap between these species reported by Caruso et al (2018). Both  
198 pampas fox and wild pigs are generalist species that adapt to the environment quickly, modifying the use of  
199 habitat and diet to the availability of resources presents (Caruso et al. 2016, 2018). Therefore, the type of  
200 vegetation, the landscape, or the composition of the landscape - all of which are modified by the anthropic  
201 activities- might influence similarly to both species, thus, favoring the presence of both in the same area at the  
202 same moment. However, if it is considered that in this study the farmers only reported the presence of species,  
203 which could be not necessarily in superimposed areas, it would be important to determine whether there is a real  
204 overlap and whether the presence of each species favors the presence of the other, to expand this interpretation.

205 Finally, although the wild pig is reported as one of the main sheep predators in the country (Zambra et al. 2021;  
206 MGAP 2018a), apparently the presence of sheep per se does not affect the probability of being wild pigs on the  
207 farm. This would support the idea that there are other factors, such as energy requirements, season, and  
208 geographical location, which can also modulate the food selection by the wild pig, and not only the availability  
209 of the resource (Ballari and Barrios-García 2014). It is also important to consider that animals can be a food  
210 source for wild pigs, but it is represented in a very low proportion in relation to plant matter (Ballari and Barrios-  
211 García 2014; Cuevas et al. 2010), and that it includes different animal groups (eg. insects, annelids, mammals,  
212 arthropods), being the mammalian intake the lowest (Hernández et al. 2017).

213 **Conclusion**

214 This study provides valuable information relative to the current distribution of wild pigs in Uruguay (invasive  
215 exotic ungulate), and the influence of some environmental factors about the probability of report its' presence.  
216 Livestock farms located in the Northeast region of Uruguay, with native woodlands and/or pine plantations,  
217 would be more likely to have the presence of wild boars. Likewise, its presence increases associated with the  
218 presence of pampas foxes but appears as unrelated to the presence of sheep in the farms. This information will  
219 serve as a starting point for future research that analyzes more ecological and farm characteristics, as well as  
220 management strategies in sheep farms, which allow the detection, evasion, dissuasion and/or control of this  
221 predatory species based on its behavior and environmental preferences. Moreover, added to political components  
222 for the protection of wildlife and the control of invasive exotic species, as well as multi and interdisciplinary  
223 approaches to sheep predation, would allow projecting an integrated management of the farms with the objective  
224 of reducing the human-wildlife conflict in our country.

225 **References**

- 226 Andrade-Núñez MJ, Aide TM (2010) Effects of habitat and landscape characteristics on medium and large  
227 mammal species richness and composition in northern Uruguay. *Zoologia Curitiba* 27:909–917.  
228 <https://doi.org/10.1590/s1984-46702010000600012>
- 229 Ballari SA, Barrios-García MN (2014) A review of wild boar *Sus scrofa* diet and factors affecting food selection in  
230 native and introduced ranges. *Mammal Rev* 44:124-134. <https://doi.org/10.1111/mam.12015>
- 231 Barasona JA, Carpio A, Boadella M, et al (2021) Expansion of native wild boar populations is a new threat for  
232 semi-arid wetland areas. *Ecol Indic* 125:107563. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107563>
- 233 Barrios-Garcia MN, Ballari SA (2012) Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: a  
234 review. *Biol Invasions* 14:2283-2300. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0229-6>
- 235 Brazeiro A (2015): Biodiversidad, conservación y desarrollo en Uruguay. In: Brazeiro A (ed) *Eco-Regiones de*  
236 *Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad.* Facul-  
237 *tad de Ciencias, CIEDUR, VS-Uruguay, SZU, Montevideo, pp 10-15.*
- 238 Brazeiro A, Achkar M, Toranza C, Bartesaghi L (2020). Agricultural expansion in Uruguayan grasslands and  
239 priority areas for vertebrate and woody plant conservation. *Ecol. Soc.* 25, 15. [https://doi.org/10.5751/ES-11360-](https://doi.org/10.5751/ES-11360-250115)  
240 [250115](https://doi.org/10.5751/ES-11360-250115)
- 241 Burnham K, Anderson D (2002) Information theory and log-likelihood models: a basis for model selection and  
242 inference. In: Burnham K, Anderson D (eds) *Model selection and inference: a practical information-theoretic*  
243 *approach.* Springer, New York, pp 49-97.
- 244 Caruso N, Lucherini M, Fortin D, Casanave EB (2016) Species-Specific Responses of Carnivores to Human-  
245 Induced Landscape Changes in Central Argentina. *Plos One* 11:e0150488.  
246 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150488>
- 247 Caruso N, Valenzuela AEJ, Burdett CL, et al (2018) Summer habitat use and activity patterns of wild boar *Sus*  
248 *scrofa* in rangelands of central Argentina. *Plos One* 13:e0206513. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206513>
- 249 Choquenot D, Ruscoe WA (2003) Landscape complementation and food limitation of large herbivores:  
250 habitat-related constraints on the foraging efficiency of wild pigs. *J Anim Ecol* 72:14-26.  
251 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2003.00676.x>
- 252 Cravino A, Brazeiro A (2021) Grassland afforestation in South America: Local scale impacts of eucalyptus  
253 plantations on Uruguayan mammals. *Forest Ecol Manag* 484:118937.  
254 <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118937>



255 Cuevas MF, Novillo A, Campos C, et al (2010) Food habits and impact of rooting behaviour of the invasive wild  
256 boar, *Sus scrofa*, in a protected area of the Monte Desert, Argentina. *J Arid Environ* 74:1582-1585.  
257 <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.05.002>

258 Cuevas MF, Ballari SA, Ojeda RA, Skewes O (2021) Wild Boar Invasion in Argentina and Chile: Ecology,  
259 Impacts, and Distribution. In: Jaksic S, Castro S (eds) *Biological Invasions in the South American*  
260 *Anthropocene*. Springer, Cham, pp 203-229.

261 da Rosa CA, Curi NH de A, Puertas F, Passamani M (2017) Alien terrestrial mammals in Brazil: current status and  
262 management. *Biol Invasions* 19:2101-2123. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1423-3>

263 DGF (2021) Cartografía Nacional Forestal 2021. Dirección General Forestal. [https://www.gub.uy/ministerio-](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/cartografia-nacional-forestal-2021)  
264 [ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/cartografia-nacional-forestal-2021](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/cartografia-nacional-forestal-2021). Accessed 21  
265 January 2022.

266 Dunning JB, Danielson BJ, Pulliam HR (1992) Ecological processes that affect populations in complex landscapes.  
267 *Oikos* 65:169. <https://doi.org/10.2307/3544901>

268 García G, Vergara J, Lombardi R (2011) Genetic characterization and phylogeography of the wild boar *Sus scrofa*  
269 introduced into Uruguay. *Genet Mol Biol* 34:329-337. <https://doi.org/10.1590/s1415-47572011005000015>

270 Garza SJ, Tabak MA, Miller RS, et al (2018) Abiotic and biotic influences on home-range size of wild pigs (*Sus*  
271 *scrofa*). *J Mammal* 99:97-107. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyx154>

272 Greco I, Fedele E, Salvatori M, et al (2021) Guest or pest? Spatio-temporal occurrence and effects on soil and  
273 vegetation of the wild boar on Elba island. *Mamm Biol* 101:193-206. [https://doi.org/10.1007/s42991-020-](https://doi.org/10.1007/s42991-020-00083-1)  
274 [00083-1](https://doi.org/10.1007/s42991-020-00083-1)

275 Hernández C, Sade S, Rau J (2017). Dieta del jabalí (*Sus scrofa*), invasor biológico reciente del parque nacional  
276 puyehue, sur de Chile. *Mastozool Neotrop* 24:467-473

277 INUMET (2021) Características climáticas. Instituto Uruguayo de Meteorología.  
278 <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/caracteristicas-climaticas>. Accessed 14 December  
279 2021.

280 Johann F, Handschuh M, Linderoth P, et al (2020) Adaptation of wild boar (*Sus scrofa*) activity in a human-  
281 dominated landscape. *Bmc Ecol* 20:4. <https://doi.org/10.1186/s12898-019-0271-7>

282 Lantschner M, Rusch V, Hayes JP (2012) Do exotic pine plantations favour the spread of invasive herbivorous  
283 mammals in Patagonia? *Austral Ecol* 38:338-345. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2012.02411.x>

284 Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De Poorter M (2000) 100 of the World's worst invasive alien species: a selection  
285 from the Global Invasive Species Database. IUCN, Auckland.

286 Marcos A, Carpinetti B, Ferro N, et al (2020) Percepción del impacto de cerdos cimarrones (jabalíes) sobre la  
287 producción agropecuaria de Argentina. Revista Vet 31:131-136. <https://doi.org/10.30972/vet.3124731>

288 MGAP (2018a) Resultados de la Encuesta Ganadera Nacional 2016. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca  
289 [https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/resultados-](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/resultados-encuesta-ganadera-nacional-2016)  
290 [encuesta-ganadera-nacional-2016](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/resultados-encuesta-ganadera-nacional-2016). Accessed 14 December 2021.

291 MGAP (2018b) Superficie en hectáreas de bosque nativo por departamento (2016). Ministerio de Ganadería  
292 Agricultura y Pesca. [https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-01/Datos%20de%20superficie%20forestal%20al%202018.pdf)  
293 [agricultura-pesca/files/2020-01/Datos%20de%20superficie%20forestal%20al%202018.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-01/Datos%20de%20superficie%20forestal%20al%202018.pdf). Accessed 28  
294 January 2022.

295 Morais TA, Rosa CA, Azevedo CS, et al (2019) Factors affecting space use by wild boars (*Sus scrofa*) in high-  
296 elevation tropical forests. Can J Zool 97:971–978. <https://doi.org/10.1139/cjz-2019-0130>

297 Oliver W, Brisbin I, Takahashi S (1993) The Eurasian Wild Boar, *Sus scrofa*. In: W.L.R. Oliver. (ed) Boars,  
298 peccaries, and hippos: status survey and conservation action plan. IUCN - The World Conservation Union,  
299 Gland, pp 112-121.

300 OTU (2021) Indicadores. Observatorio Territorio Uruguay. [https://otu.opp.gub.uy/filtros/buscar\\_indicadores](https://otu.opp.gub.uy/filtros/buscar_indicadores).  
301 Accessed 28 January 2022.

302 Skewes O, Jaksic FM (2015) History of the introduction and present distribution of the European Wild boar (*Sus*  
303 *scrofa*) in Chile. Mastozool Neotrop 22:113-124

304 Stillfried M, Gras P, Busch M, et al (2017) Wild inside: Urban wild boar select natural, not anthropogenic food  
305 resources. Plos One 12:e0175127. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175127>

306 Virgós E (2002) Factors affecting wild boar (*Sus scrofa*) occurrence in highly fragmented Mediterranean  
307 landscapes. Can J Zool 80:430-435. <https://doi.org/10.1139/z02-028>

308 Wesson G (2008) Feral pig (*Sus scrofa*) survival, home range, and habitat use at Lowndes county wildlife  
309 management area Alabama. Master of Science Thesis. Auburn, Alabama.

310 Zambra N, Piaggio J, Ungerfeld R (2021) Sheep farms' characteristics and management practices that influence in  
311 the sheep predation. Mastozool Neotrop - accepted for publication.

312 **Statements and Declarations**

313 The authors declare that no funds, grants, or other support were received during the preparation of this  
314 manuscript.

315

316 **Competing Interests**

317 The authors have no relevant financial or non-financial interests to disclose.

318

319 **Author Contributions**

320 All authors contributed to the study conception and design. Material preparation, data collection and analysis  
321 were performed by Noelia Zambra. All drafts of the manuscript were written by Noelia Zambra and Rodolfo  
322 Ungerfeld. All authors read and approved the final manuscript.

323

324 Table 1

325 Categorization, by size, of Uruguayan livestock farms surveyed about presence of wild pig (n = 2,102 <sup>a</sup>).

Category	Farm' size (ha)	Total farms (%)
1	≤50	468 (22.3)
2	>50 to ≤100	206 (9.8)
3	>100 to ≤200	230 (10.9)
4	>200 to ≤500	454 (21.6)
5	>500 to ≤1,000	376 (17.9)
6	>1,000 to ≤3,000	311 (14.8)
7	>3,000 to ≤5,000	36 (1.7)
8	>5,000	21 (1.0)

326 <sup>a</sup> In 258 livestock farms the size information was not obtained

327 Table 2

328 Percentage of farms that reported the presence of different sheep predators in each region.

Species	North	Northeast	South Central	Total farms
Wild pig	14.4	16.7	1.4	32.5
Pampas fox	39.3	28.6	8.1	76.0
Free-ranging dog	15.0	6.3	1.3	22.6
Total farms <sup>a</sup>	68.7	51.6	10.8	131.1

329 <sup>a</sup> The total of each column corresponds to the percentage of livestock farmers that reported at least one species.

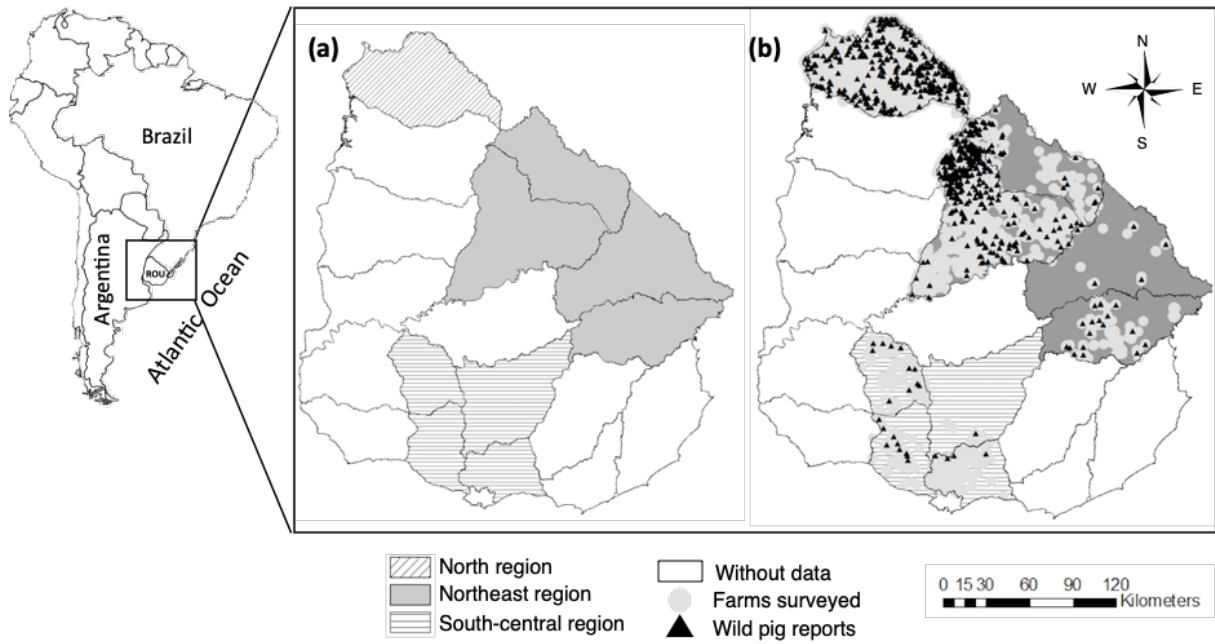
330 Some farmers reported the presence of two or more species.

331 Table 3

332 Results of the logistic regressions model were used to evaluate the factors that affect the presence of wild pigs in  
 333 livestock farms, according to farmers' reports. OR: odds ratios, SE: standard error, and CI: 95 % confidence  
 334 intervals.

Wild pig reports			
	OR	SE	95 % CI
Region (ref: North)			
Northeast	8.49***	1.86	5.52 - 13.04
South Central	0.35**	0.13	0.17 - 0.71
Land-cover type			
Shelter forest	0.45**	0.12	0.27 - 0.76
Native woodlands	4.54***	0.65	3.43 - 6.01
Pine plantation	2.81*	1.42	1.04 - 7.55
Eucalyptus plantation	0.73	0.26	0.35 - 1.48
Farm' size (ref: ≤50 ha)			
>50 to ≤100	1.44	0.47	0.75 - 2.75
>100 to ≤200	1.20	0.38	0.64 - 2.22
>200 to ≤500	1.65	0.44	0.98 - 2.79
>500 to ≤1,000	2.69***	0.74	1.57 - 4.60
>1,000 to ≤3,000	3.69***	1.08	2.08 - 6.54
>3,000 to ≤5,000	2.94*	1.50	1.08 - 7.99
>5,000	19.08***	13.93	4.56 - 79.77
Other animals			
Sheep	0.95	0.14	0.71 - 1.27
Pampas fox	11.03***	3.24	6.20 - 19.61
Free-ranging dog	1.01	0.15	0.75 - 1.36
WBNF	0.99	0.18	0.01 - 0.02

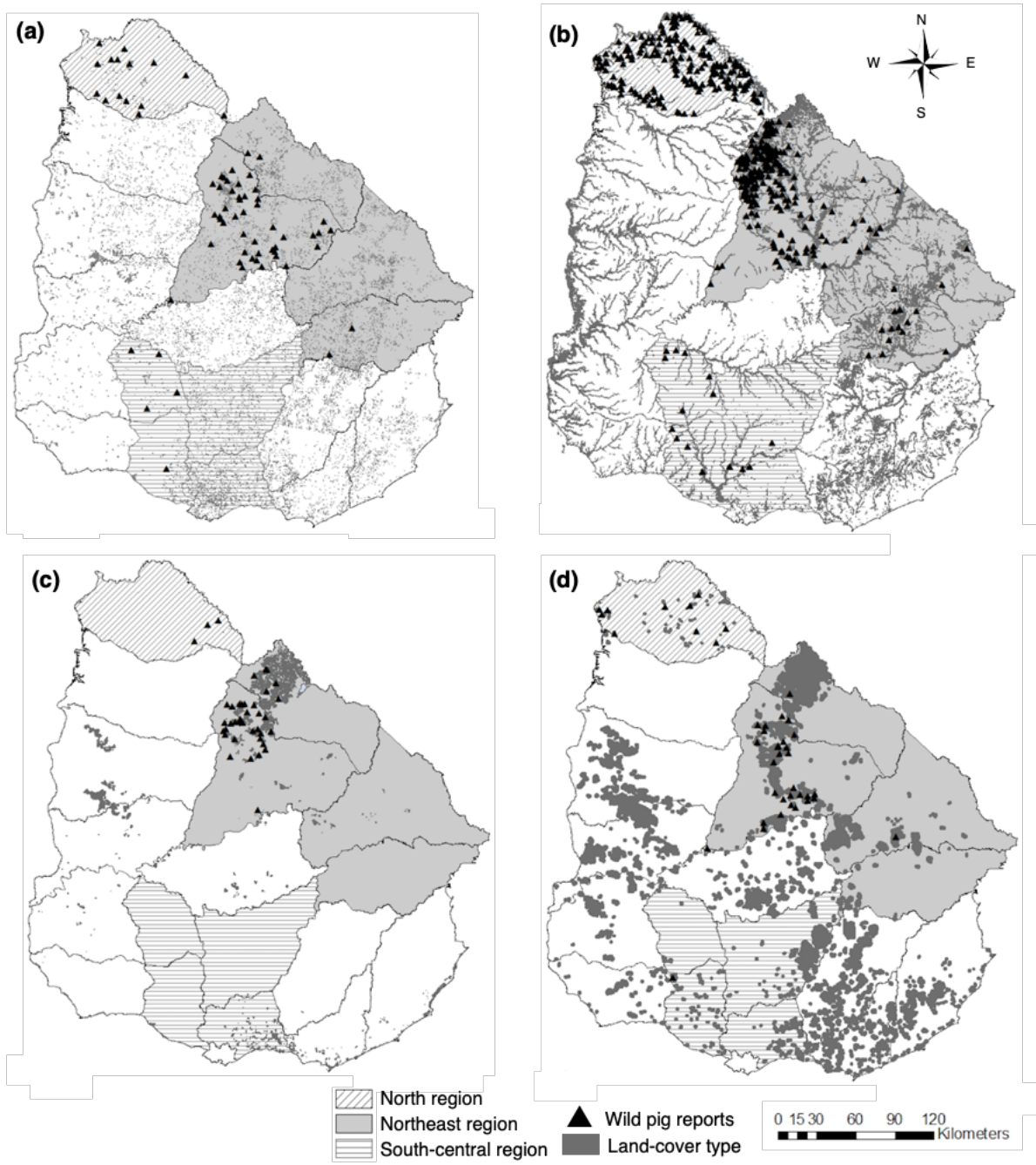
335 WBNF: wild pigs on neighboring farms; *P*-value sig \* ≤0.05 \*\* ≤0.01 \*\*\* ≤0.001



336

337 **Fig. 1** (a) Regions of the República Oriental del Uruguay (ROU) and (b) distribution of the farms where the

338 presence of wild pigs was reported (n = 2,360 farms). Blank areas correspond to states without data obtained.



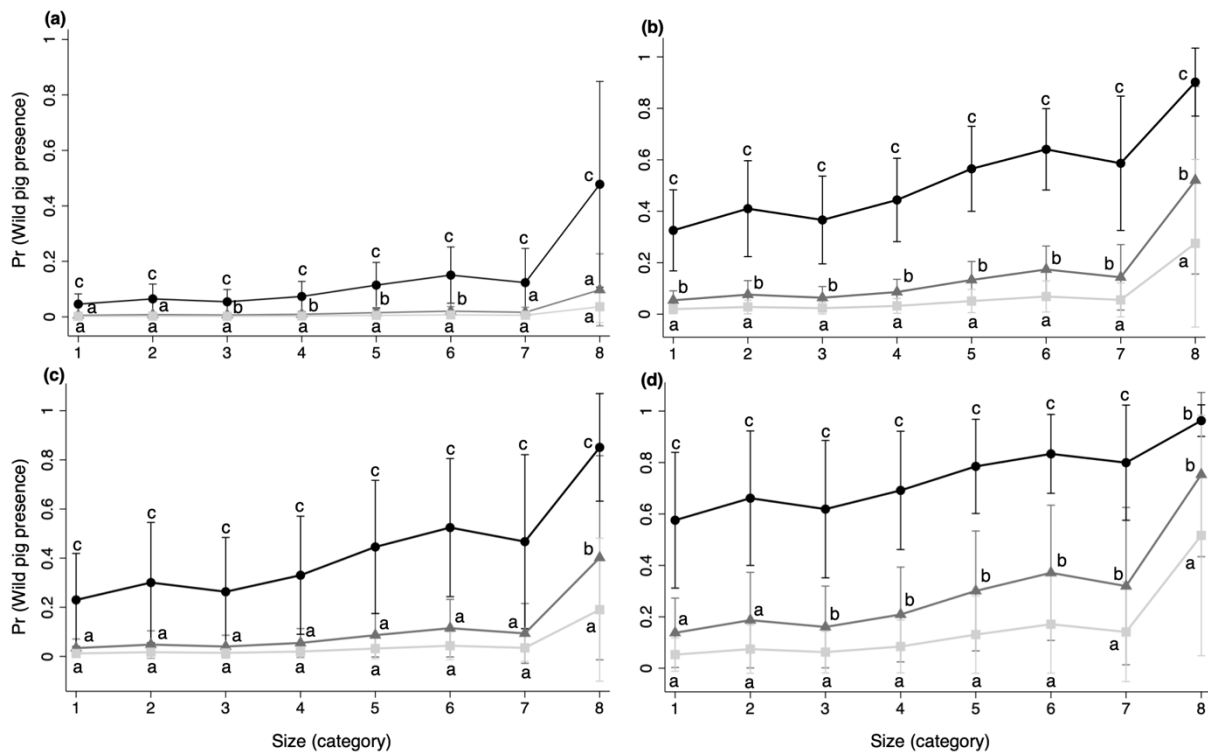
339

340

341

**Fig. 2** Distribution of farms that reported the presence of wild pigs in relation to the land-cover type present in the farms: (a) shelter forest, (b) native woodland, (c) pine plantation, and (d) eucalyptus plantation





342

343

**Fig. 3** Comparison of the probabilities of reporting wild pigs between regions in relation to the dominant land-

344

cover type and the livestock farm size category. Regions: Northeast (●) North (▲), South-Central (■). Land-

345

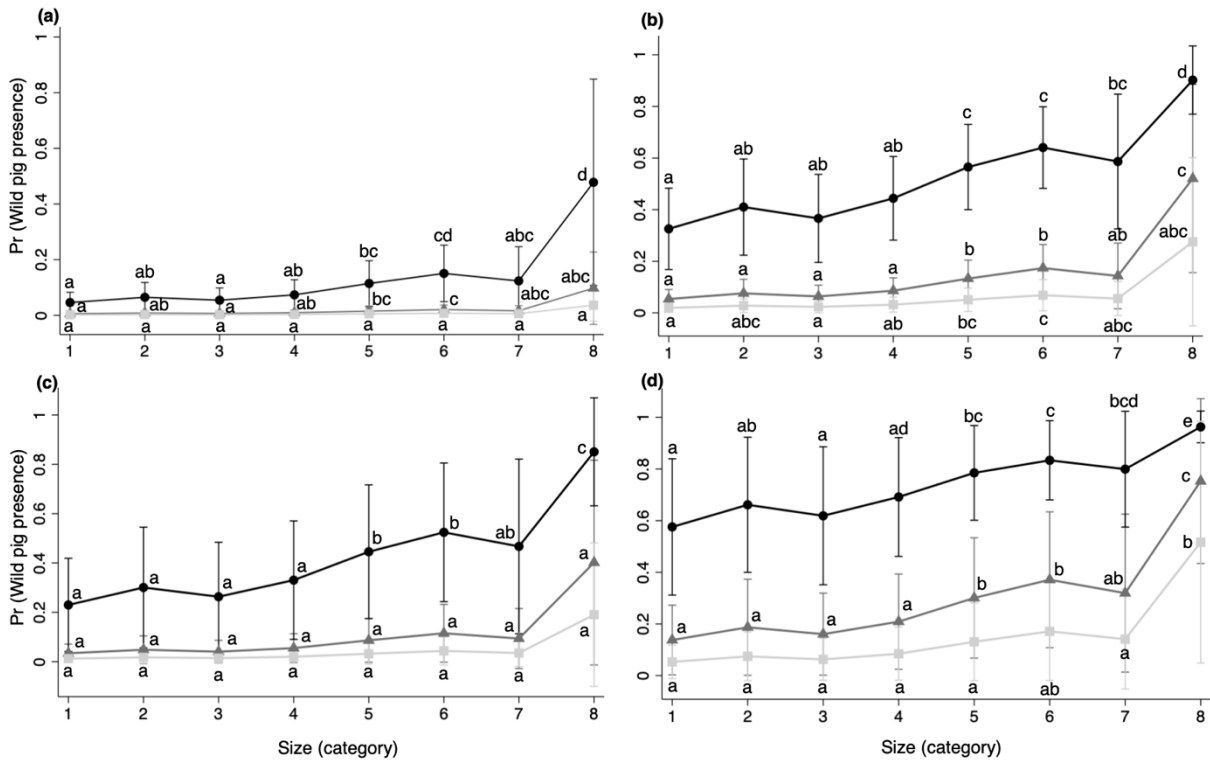
cover type: (a) shelter forest, (b) native woodland, (c) pine plantation, (d) native woodland and pine plantation.

346

Size category (ha): 1:  $\leq 50$ ; 2:  $>50$  to  $\leq 100$ ; 3:  $>100$  to  $\leq 200$ ; 4:  $>200$  to  $\leq 500$ ; 5:  $>500$  to  $\leq 1,000$ ; 6:  $>1,000$  to

347

$\leq 3,000$ ; 7:  $>3,000$  to  $\leq 5,000$  and 8:  $>5,000$ . Different letters between regions indicate  $p \leq 0.05$



348

349 **Fig. 4** Comparison of the probabilities of reporting the presence of wild pigs according to the farm size category,

350 in relation to the land-cover type in each region. Regions: Northeast (●), North (▲), South-central (■). Land-

351 cover type: (a) shelter forest, (b) native woodland, (c) pine plantation, (d) native woodland and pine plantation.

352 Size category (ha): 1: ≤50; 2: >50 to ≤100; 3: >100 to ≤200; 4: >200 to ≤500; 5: >500 to ≤1,000; 6: >1,000 to

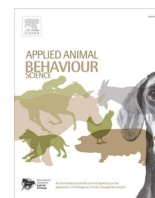
353 ≤3,000; 7: >3,000 to ≤5,000 and 8: >5,000. Different letters within the region indicate  $p \leq 0.05$

## ANEXO 3

### Publicación III

Zambra N, Lacuesta L, Orihuela A, Ungerfeld U. 2021. Ewes behavioural and physiological reactions to the odour of fox (*Lycalopex gymnocercus*) and wild boar (*Sus scrofa*) faeces. *Appl Anim Behav Sci* 237, 105290. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105290>

Incluida en esta tesis con el aval de Elsevier.



## Ewes behavioural and physiological reactions to the odour of fox (*Lycalopex gymnocercus*) and wild boar (*Sus scrofa*) faeces

Noelia Zambra<sup>a,b,\*</sup>, Lorena Lacuesta<sup>b</sup>, Agustín Orihuela<sup>c</sup>, Rodolfo Ungerfeld<sup>b</sup>

<sup>a</sup> PDU Instituto Superior de la Carne, Centro Universitario Regional Noreste, Universidad de la República, Route 5 km 386.200, Tacuarembó, 45000, Uruguay

<sup>b</sup> Departamento de Biociencias Veterinarias, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Alberto Lasplacas 1620, Montevideo, 11600, Uruguay

<sup>c</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, 62210, Mexico

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Prey  
Reactivity  
Ruminants  
Animal production  
Stress

### ABSTRACT

Predation of sheep is a production problem that deserves the studies of how this prey species detects and react to predators. In this context, this study determined the behavioural and physiological responses of ewes exposed to the odour of predators' faeces as fox (*Lycalopex gymnocercus*) and wild boar (*Sus scrofa*). Four experimental treatments were applied to 48 Corriedale sheep (12 ewes each): fox faeces (FFO), wild boar faeces (WBFO), unknown sheep wool (SWOC) and no odour (NOC). All ewes were evaluated in a behavioural test for 5 min and then rectal temperature was measured, and a series of blood samples were obtained to determine cortisol concentration, glycaemia, total protein, albumin and globulin. The frequency of kicking the ground, turning their head, going back and stillness behaviours increased significantly in FFO in comparison with NOC ( $p = 0.01$ ;  $p < 0.0001$ ;  $p = 0.005$  and  $p = 0.002$ , respectively) and kicking the ground and turning the head compared with SWOC ( $p = 0.03$  and  $p < 0.001$  respectively). The FFO group spent significantly more time turning the head and going back than NOC ( $p < 0.001$  and  $p = 0.01$  respectively) and SWOC ( $p = 0.002$  and  $p = 0.05$ ). For ewes evaluated with WBFO, kicking the ground, turning their head, going back and remaining still occurred significantly more times than with NOC ( $p = 0.008$ ;  $p = 0.005$ ;  $p = 0.01$  and  $p = 0.003$ ), and kicking the ground, turning their head and remaining still occurred significantly more times than with SWOC ( $p = 0.02$ ;  $p = 0.02$  and  $p = 0.05$ ). Furthermore, WBFO group spent significantly less time still ( $p = 0.01$ ) and more time turning their head and going back ( $p = 0.001$  and  $p = 0.02$ , respectively) than NOC, that spent significantly more time turning their head than SWOC ( $p = 0.006$ ). Rectal temperature and haematological variables were not affected by treatments. The increase in the frequency of agonistic behaviours and duration of locomotion behaviours in ewes treated with predators' faeces, allow us to conclude that ewes respond to fox and wild boar's faeces exposure with a similar aversive behavioural repertoire. Also, ewes displayed some physiological responses although these responses cannot be attributed to the odour of predators.

### 1. Introduction

Predation of sheep is an important productive problem in many regions, including Uruguay (Zambra et al., 2018). Therefore, methods to control predator's presence or activity based on their behaviour are increasing (Shivik, 2004; Cavalcanti and Perilli, 2015). On the other hand, the strategies of prey species to detect a predator, react in consequence, or signal to other animals, are the first barriers in their defence (Hegab et al., 2015). Therefore, knowing how prey species react may be useful to understand the predator-prey relationship and develop effective tools to control predation. Detecting behavioural changes to

signals from a predator could be the starting point for future applied studies where the presence of a predator can be alerted based by the behaviour of its prey.

In general, wild sheep display specific behaviours as group cohesiveness increases, kicking the ground with their front legs and adopting alarm postures (head rigid and up) while they walk quick with short steps in the possible presence of predators (Rutter, 2002; Beausoleil et al., 2005). Lee et al. (2016) showed that sheep display freezing behaviour and remain vigilant if they are exposed to unknown dogs, remaining looking at the dog. Similarly, sheep increase their recovery time to the aversive stimuli (total response/interest time in the

\* Corresponding author at: PDU Instituto Superior de la Carne, Centro Universitario Regional Noreste, Universidad de la República, Route 5 km 386.200, Tacuarembó, 45000, Uruguay.

E-mail address: [noelia.zambra@cut.edu.uy](mailto:noelia.zambra@cut.edu.uy) (N. Zambra).

<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105290>

Received 25 July 2020; Received in revised form 1 March 2021; Accepted 3 March 2021

Available online 10 March 2021

0168-1591/© 2021 Elsevier B.V. All rights reserved.

stimulus), as well as flight distances and flocking behaviour respect to neutral stimuli if they are exposed to taxidermized predators (Hansen et al., 2001). One tool that is increasingly accepted and used to study the reactivity of prey is exposing it to the odours of predators (faeces, urine, skin, etc.) (Blanchard et al., 2003; Hegab et al., 2015). Several studies showed that the odour of predators can provoke defensive behaviours in laboratory, domestic and wild animals, similar than those used to respond to the predator presence (Hansen et al., 2001; Blanchard et al., 2003). The preys can use the odour of the predator as a source of information on the presence of the predator, their identity, and the risk of a possible encounter (Anson and Dickman, 2012; Hegab et al., 2015). Sheep respond to predators' isolated signals, reducing their time eating, or even stop eating in presence of odours from domestic dogs' or wolves' faeces (Arnould and Signoret, 1993; Arnould et al., 1998). Likewise, sheep like goats and cows, reduce their time eating and eat less if their food is associated with faeces compounds isolated from different predator species (Pfister et al., 1990; Weldon et al., 1993). In the case of calves, they fed and run less if the milk is associated with urine of a predator as coyote (Adcock and Tucker, 2020).

In the wild, one of the best-known reaction to predators is the "fight or flight" response, which involves physiological and biochemical responses (Dantzer and Mormède, 1983; Möstl and Palme, 2002; Monclús et al., 2005), including increases of rectal temperature, heart and respiratory rates (Marai et al., 2007), serum cortisol, acute phase proteins, lactate, and/or glucose concentrations (Monclús et al., 2005; Damián and Ungerfeld, 2013). For example, elks respond to the predator' odour with increases in their heart rate and oxygen consumption rate (Chabot et al., 1996). Rabbits also respond to the odours of predators increasing their respiratory rate and corticosterone serum levels (Monclús et al., 2005; Mella et al., 2016), and rodents exposed to owls also increase their corticosterone concentration and vocalize frequently (Cockrem and Silverin, 2002).

In Uruguay the fox *Lycalopex gymnocercus* (native species) and the wild boar *Sus scrofa* (exotic species) are two of the most important sheep' predators (Zambra et al., 2018). However, there is scarce information about the responses of sheep to the presence of these specific species. In this context and considering that prey species may use predator' chemical signals to identify the risk of predation (Kats and Dill, 1998; Apfelbach et al., 2005), we hypothesized that ewes display aversive behaviours and stress physiological responses when exposed to fox' or wild boar' faeces. Thus, the aim of this study was to characterize the main behavioural and physiological responses of ewes exposed to the odour of fox *Lycalopex gymnocercus* and wild boar *Sus scrofa* faeces.

## 2. Materials and methods

All the procedures were approved by the Comisión de Ética en el Uso de Animales of the Facultad de Veterinaria (Montevideo-Uruguay, protocol identifying number: 610).

### 2.1. Animals and general management

The experiment was carried out in the Campo Experimental N° 1 of the Facultad de Veterinaria - Uruguay (34°29' S, 55°37' W) with 144 Corriedale ewes. From them, 48 ewes were used as experimental animals (2-years old; body weight: 49.8 ± 4.0 kg; mean ± SD), individually identified with ear tags, and the other 96 were used as fellow ewes during the tests (see Section 2.3). In the region where this farm is located, foxes have been sighted and not so the wild boar, so we assume that there is a high probability that the ewes have been in contact with some sign of *Lycalopex gymnocercus* and without contact with signs of wild boar. Due to this, and to avoid confounded effects (different species and previous experience with the species) the responses between both species (fox and wild boar) were not compared.

### 2.2. Treatments

Four experimental treatments were randomly applied to 12 ewes each: odour of fox faeces (FFO group), odour of wild boar faeces (WBFO group), odour of unknown sheep wool (control with the odour of an unknown fellow, SWOC group) and no odour (control without odour, NOC group). In this context, the term "odour" was used to refer to any volatile compound originated from the substrates used (faeces or wool). Fresh faeces from fox and wild boar were collected at the Dr. Mauricio López Lomba Zoo (31°43' S, 55° 58' W), frozen at -20 °C, and maintained at that temperature until 4 h before performing the tests, when they were thawed at room temperature and fractionated in aliquots of 50 g. The wool was collected from ewes from a private farm and divided into aliquots of 5 g (smaller mass, but similar volume due to its' lower density). The faeces and wool were placed in masks that covered the muzzle of the sheep, forcing them to breathe the air with the odour of the corresponding treatment (see Ungerfeld et al., 2008).

### 2.3. Behavioural tests

The behaviour of all ewes was tested individually in 2.5 × 3.8 m pens covered with shade mesh. Two other ewes from the same flock, that were not involved in the experiment (fellow ewes) were placed inside the pen with the tested ewe to avoid the stress responses triggered by social isolation (Carbajal and Orihuela, 2001; Kikusui et al., 2006; Freitas-de-Melo et al., 2015). Each ewe was tested only once, but the tests were conducted along three different days, considering three periods of the day: 7:00 to 10:00, 10:00 to 15:00 and 15:00 to 18:00 h; nevertheless, there were not tests from 11:00 to 14:30 h to avoid the highest temperatures of the day.

Ewes were frequently handled in the pens where the tests were performed to avoid the stress of a novel area. Ewes were also accustomed to the use of the masks and the observers to reduce the effects of a neophobic response to manipulations, including the tested and the fellow ewes, as these were from the same flock. This included the use of the masks during 10 h distributed in 5 days during the week before the study. The tests started immediately after the masks were placed in the muzzle of the ewe ( $t_{-5}$ ) and lasted for 5 min ( $t_0$ ). Only one treatment was evaluated per ewe, and the treatments were interspersed to avoid the influence of the order. Therefore, each ewe participated only in one test and the evaluation of the same experimental treatment was avoided in two following tests.

#### 2.3.1. Behavioural recordings

Data were collected by video recordings and the behaviours analysed are presented in Table 1. Audiovisual records were manually coded by the free open-source software BORIS (Friard and Gamba, 2016) and the

**Table 1**

Ewes behaviour registered in response to the odour of fox and wild boar faeces.

Behaviour	Definition
Bump <sup>B</sup>	Hitting with the head any part of the body of another sheep
Head down <sup>A</sup>	Stand with head and neck down and ears back
Kick the ground <sup>B</sup>	Hitting the soil, or attempting to hit him, with their front legs
Move the head <sup>B</sup>	Move the head from side to side more than two times in a row
Turn the head <sup>A</sup>	Move the head in a circular manner more than two times in a row
Go back <sup>A</sup>	Walk backwards
Stillness <sup>A</sup>	Standing with the four limbs resting on the soil, without advancing or retreating. The head and ears may or may not be in relax position
Walk <sup>A</sup>	Walk forward
Approach to companion <sup>A</sup>	Walk towards their group mates. There may or may not be physical contact
Elimination <sup>B</sup>	Defecate or urinate

<sup>A</sup> Behaviour considered state.

<sup>B</sup> Behaviour considered event.

behavioural scoring always performed by the same person.

#### 2.4. Rectal temperature

The rectal temperature was measured in all animals using a digital thermometer at  $t_{-5}$  and  $t_0$ , as well as 20, 40 and 60 min later ( $t_{20}$ ,  $t_{40}$  and  $t_{60}$ , respectively).

#### 2.5. Blood samples

Blood samples were collected by jugular venepuncture at  $t_{-5}$ ,  $t_0$ ,  $t_{20}$ ,  $t_{40}$ ,  $t_{60}$ ,  $t_{90}$  and  $t_{120}$ . One sample from all the collections was placed in a tube without anticoagulants and allowed to clot for 1 h at room temperature. Another sample from those collected at  $t_{-5}$ ,  $t_0$ ,  $t_{20}$  and  $t_{60}$  was placed in a tube with iodoacetate and heparin. All samples were centrifuged for 20 min at 3,000 rpm, plasma and serum were separated and frozen at  $-20$  °C until the different lab measurements were performed.

##### 2.5.1. Biochemical analysis

Plasma glycaemia, and serum total protein and albumin concentrations were automatically measured (HumaStar 300, Wiesbaden, Germany) at the lab of Fisiología, Facultad de Veterinaria (Universidad de la República, Uruguay). The globulin concentration was estimated subtracting the albumin concentration from the total protein concentration.

##### 2.5.2. Cortisol concentration

Serum cortisol concentration was measured at the lab of Endocrinología y Metabolismo Animal (Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Uruguay) using a RIA commercial kit (CORT-CT2, Cisbio Bioassays, France). The analytical sensitivity of the assay was 6.6 nmol/L and the intra-assay coefficient of variation was 15.96 %.

#### 2.6. Statistical analysis

Two independent comparisons were performed, including the data of FFO, SWOC and NOC treatments, or data from WBFO, SWOC and NOC treatments respectively. Therefore, data collected from the SWOC and NOC tests were included as controls in both comparisons.

The frequency of each behaviour, and the total time that it was displayed along the test were compared with a mixed model using the proc mixed of SAS University Edition (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). The model included the treatment as a fixed effect and the animal, day and period of the day as random effects. The variance components structure of covariance was used. Rectal temperature, cortisol, total protein, albumin and globulin concentrations, and glycaemia were compared as repeated measures, using a mixed model, including the

treatment, time and interaction between treatment and time as fixed effects and the animal, day and moment of the day as random effects. Time was included as a repeated data, and the AR(1) structure of the covariance was used. Differences were considered significant when  $p \leq 0.05$ , and as tendencies when  $0.05 < p < 0.1$ .

### 3. Results

#### 3.1. Fox faeces

##### 3.1.1. Frequency of behaviours

The treatments affected significantly the number of times that each ewe kicked the ground, turned the head, went back and remained stillness between treatments, but not the frequency of times that they approached companion ewes, bumped, defecated or urinated (eliminations), moved the head or walked (Table 2). The frequencies of the first two behaviours were significantly greater in FFO than NOC and SWOC ewes (kicking the ground:  $t = -2.59$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.01$  and  $t = -2.27$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.03$ ; turning the head:  $t = -4.46$ ,  $df = 33$ ,  $p < 0.0001$  and  $t = -4.01$ ,  $df = 33$ ,  $p < 0.001$  respectively) (Table 2). The frequencies of going back and stillness were significantly greater in FFO than NOC ewes ( $t = -3.00$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.005$  and  $t = -3.33$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.002$  respectively) and tended to be significantly greater in FFO than in SWOC ewes ( $t = -1.85$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.07$  and  $t = -1.93$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.06$  respectively). The frequency in which ewes put their head down tended to be significantly affected by the treatments. No significant difference was observed between NOC and SWOC (Table 2).

##### 3.1.2. Total duration of the behaviours

The treatments modified the total length of time turning the head and going back (Table 2). Ewes in the FFO treatment spent significantly more time displaying these behaviours than NOC and SWOC ewes (turning the head:  $t = -3.90$ ,  $df = 33$ ,  $p < 0.001$  and  $t = -3.34$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.002$ ; going back:  $t = -2.91$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.01$  and  $t = -2.00$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.05$ ) (Table 2). The duration of stillness tended to vary within treatments and the duration of having the head down and walking did not vary significantly with treatments. There were no significant differences between NOC and SWOC ewes (Table 2).

##### 3.1.3. Rectal temperature, cortisol and biochemical concentrations

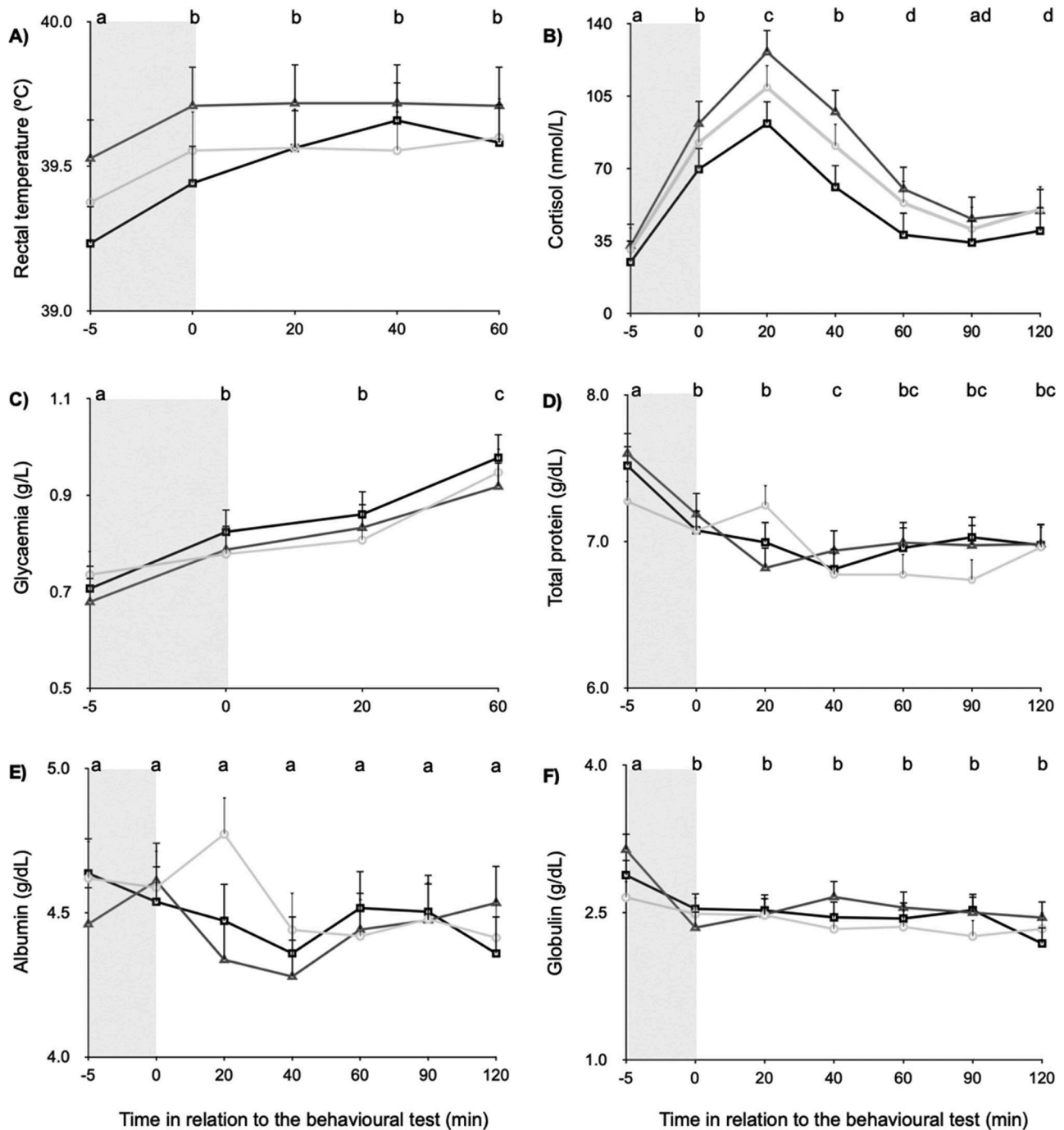
Rectal temperature varied significantly with time ( $F = 6.38$ ,  $df = 4$ ,  $p = 0.0001$ ), without effects of treatments or interaction between treatments and time. It increased significantly on  $t_0$  ( $t = -4.71$ ,  $df = 120$ ,  $p < 0.0001$ ), and remained high until  $t_{60}$  ( $t = -3.46$ ,  $df = 120$ ,  $p < 0.001$ ) (Fig. 1A). Cortisol concentration varied significantly with time ( $F = 33.78$ ,  $df = 6$ ,  $p < 0.0001$ ), tended to vary significantly with treatments ( $F = 2.88$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.07$ ), without interaction between treatments and

**Table 2**

Frequency and duration (s) of the ewe behaviours in response to odour of fox faeces (FFO), no odour (NOC) and odour of unknowns' sheep wool (SWOC).

	Behaviour	FFO	NOC	SWOC	F	df	p
Frequency	Approach to companion	2.00 ± 0.53 a	1.83 ± 0.53 a	1.58 ± 0.53 a	0.15	2	0.86
	Bump	0.08 ± 0.08 a	0.08 ± 0.08 a	0.08 ± 0.08 a	0.00	2	1.00
	Elimination	0.50 ± 0.20 a	0.50 ± 0.20 a	0.67 ± 0.20 a	0.22	2	0.80
	Go back	1.08 ± 0.25 a	0.00 ± 0.25 b	0.42 ± 0.25 ab	4.58	2	0.02
	Head down	0.50 ± 0.32 a	0.25 ± 0.32 a	1.25 ± 0.32 a	2.72	2	0.08
	Kick the ground	3.58 ± 0.91 a	0.25 ± 0.91 b	0.67 ± 0.91 b	3.98	2	0.03
	Move the head	0.75 ± 0.30 a	0.58 ± 0.30 a	0.00 ± 0.30 a	1.75	2	0.19
	Stillness	4.67 ± 0.55 a	2.08 ± 0.55 b	3.17 ± 0.55 ab	5.59	2	0.008
	Turn the head	3.42 ± 0.53 a	0.08 ± 0.53 b	0.42 ± 0.53 b	12.05	2	<0.001
	Walk	0.58 ± 0.22 a	0.58 ± 0.22 a	0.42 ± 0.22 a	0.20	2	0.82
	Go back	4.16 ± 1.01 a	0.00 ± 1.01 b	1.29 ± 1.01 b	4.43	2	0.02
	Head down	5.06 ± 8.29 a	2.23 ± 8.29 a	24.74 ± 8.29 a	2.19	2	0.13
	Stillness	252.37 ± 11.22 a	289.83 ± 11.22 a	261.24 ± 11.22 a	3.02	2	0.06
	Turn the head	27.54 ± 4.96 a	0.23 ± 4.96 b	4.15 ± 4.96 b	8.87	2	<0.001
Walk	1.26 ± 0.86 a	3.11 ± 0.86 a	1.55 ± 0.86 a	1.33	2	0.28	

Values are LSmeans ± SEM; a, b Different letters in the same row:  $p \leq 0.05$ .



**Fig. 1.** (A) Rectal temperature, (B) cortisol, (C) glycaemia, (D) total proteins, (E) albumin and (F) globulin changes in ewes exposed for five minutes to odour of fox faeces (□), odour of unknown sheep wool (△) or no odour (○). Shaded areas show the period of the behavioural test. Different letters indicate that these points differed over time ( $p \leq 0.05$ ) (mean + SEM).

time. It increased significantly on  $t_0$  and  $t_{20}$  ( $t = -8.20$ ,  $df = 177$ ,  $p < 0.0001$ ;  $t = -3.60$ ,  $df = 177$ ,  $p < 0.001$ ), decreased significantly on  $t_{40}$  ( $t = 4.62$ ,  $df = 177$ ,  $p < 0.0001$ ) and continuing decreasing to basal concentrations on  $t_{60}$  ( $t = 4.62$ ,  $df = 177$ ,  $p < 0.0001$ ) (Fig. 1B). Glycaemia, total proteins and globulin concentrations varied significantly with time ( $F = 19.19$ ,  $df = 3$ ,  $p < 0.0001$ ;  $F = 6.76$ ,  $df = 6$ ,  $p < 0.0001$  and  $F = 4.45$ ,  $df = 6$ ,  $p = 0.0003$ , respectively). However, there were no effects of treatments and interaction treatment  $\times$  time. Glycaemia increased significantly on  $t_0$  and again from  $t_{20}$  to  $t_{60}$  ( $t = -4.01$ ,  $df = 91$ ,  $p = 0.0001$  and  $t = -5.05$ ,  $df = 91$ ,  $p < 0.0001$ ), while concentration of total proteins decreased significantly on  $t_0$  and again from  $t_{20}$  to  $t_{40}$  ( $t = 4.15$ ,  $df = 177$ ,  $p < 0.0001$  and  $t = 2.11$ ,  $df = 177$ ,  $p = 0.04$ ) remaining below

basal concentration until  $t_{120}$ , and concentration of globulin decreased significantly on  $t_0$  ( $t = 4.19$ ,  $df = 181$ ,  $p < 0.0001$ ) and remained below basal concentration until final time (Fig. 1C, D and F). The albumin concentration was not affected significantly by treatments, time, nor interaction treatment and time (Fig. 1E).

### 3.2. Wild boar faeces

#### 3.2.1. Frequency of behaviours

The frequencies that ewes kicked the ground, turned the head, remained stillness, went back and walked differed significantly with treatments (Table 3), but not the numbers of time that they approached



**Table 3**

Frequency and duration (s) of the ewe behaviours in response to odour of wild boar faeces (WBFO), no odour (NOC) and odour of unknowns' sheep wool (SWOC).

	Behaviour	WBFO	NOC	SWOC	F	df	p
Frequency	Approach to companion	3.17 ± 0.54 a	1.83 ± 0.54 a	1.58 ± 0.54 a	2.51	2	0.10
	Bump	0.00 ± 0.07 a	0.08 ± 0.07 a	0.08 ± 0.07 a	0.50	2	0.61
	Elimination	0.75 ± 0.22 a	0.50 ± 0.22 a	0.67 ± 0.22 a	0.32	2	0.73
	Go back	1.17 ± 0.32 a	0.00 ± 0.32 b	0.42 ± 0.32 ab	3.41	2	0.04
	Head down	0.58 ± 0.35 a	0.25 ± 0.35 a	1.25 ± 0.35 a	2.08	2	0.14
	Kick the ground	2.92 ± 0.67 a	0.25 ± 0.67 b	0.67 ± 0.67 b	4.63	2	0.02
	Move the head	0.58 ± 0.28 a	0.58 ± 0.28 a	0.00 ± 0.28 a	1.41	2	0.26
	Stillness	5.00 ± 0.64 a	2.08 ± 0.64 b	3.17 ± 0.64 b	5.23	2	0.01
	Turn the head	2.08 ± 0.47 a	0.08 ± 0.47 b	0.42 ± 0.47 b	5.12	2	0.01
	Walk	1.25 ± 0.25 a	0.58 ± 0.25 ab	0.42 ± 0.25 b	3.20	2	0.05
	Go back	3.26 ± 0.91 a	0.00 ± 0.91 b	1.30 ± 0.91 ab	3.22	2	0.05
	Head down	5.43 ± 8.30 a	2.23 ± 8.30 a	24.74 ± 8.30 a	2.15	2	0.13
	Duration	Stillness	237.56 ± 14.16 a	289.80 ± 14.16 b	261.26 ± 14.16 ab	3.41	2
Turn the head		20.95 ± 4.02 a	0.23 ± 4.02 b	4.15 ± 4.02 b	7.50	2	0.002
Walk		5.64 ± 1.30 a	3.11 ± 1.30 a	1.55 ± 1.30 a	2.53	2	0.09

Values are LSmeans ± SEM; a, b Different letters in the same row:  $p \leq 0.05$ .

to a companion, bumped, kept their head down, moved their head and defecated or urinated (Table 3). Ewes in the WBFO treatment displayed significantly more times kicking the ground, turning de head and in stillness than NOC and SWOC ewes (kick the ground:  $t = -2.83$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.008$  and  $t = 2.39$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.02$  respectively; turn the head:  $t = -2.99$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.005$  and  $t = 2.49$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.02$ ; stillness:  $t = -3.20$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.003$  and  $t = 2.01$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.05$ ; Table 3). The frequency of going back was significantly greater in WBFO than NOC ewes ( $t = -2.58$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.01$ ), and the frequency of times walking was significantly greater in WBFO than in SWOC ewes, and tended to be significantly greater than in NOC ewes ( $t = 2.39$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.02$  and  $t = -1.91$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.06$ ). There were no significant differences between NOC and SWOC ewes (Table 3).

### 3.2.2. Total duration of the behaviours

The treatments influenced the total length of time that ewes were turning their head, going back and remained stillness (Table 3). Ewes in the WBFO treatment spent significantly more time turning their head than NOC and SWOC ewes ( $t = -3.64$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.001$  and  $t = 2.96$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.006$  respectively), and spent significantly more time going back and less time in stillness than NOC ewes ( $t = -2.52$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.02$  and  $t = 2.61$ ,  $df = 33$ ,  $p = 0.01$ ; Table 3). The duration of each session walking tended to vary significantly with treatments and the duration of maintaining the head down was not modified significantly by the treatments. There were no significant differences between NOC and SWOC ewes in any of the behaviours measured (Table 3).

### 3.2.3. Rectal temperature, cortisol and biochemical concentration

Rectal temperature did not vary significantly with treatments, time or interaction between treatment and time (Fig. 2A). The concentrations of cortisol, glycaemia, total proteins and globulin concentrations varied significantly with time ( $F = 31.08$ ,  $df = 6$ ,  $p < 0.0001$ ;  $F = 14.19$ ,  $df = 3$ ,  $p < 0.0001$ ;  $F = 5.85$ ,  $df = 6$ ,  $p < 0.0001$  and  $F = 3.60$ ,  $df = 6$ ,  $p = 0.002$ ; respectively), although there were no effects of treatment nor interaction of treatment × time. Cortisol concentration increased significantly on  $t_0$ , remained elevated until  $t_{20}$ , decreased on  $t_{40}$  and continued decreasing to basal concentrations until  $t_{60}$  ( $t = -8.08$ ,  $df = 177$ ,  $p < 0.0001$ ;  $t = -3.31$ ,  $df = 177$ ,  $p = 0.001$ ;  $t = 3.97$ ,  $df = 177$ ,  $p = 0.0001$  and  $t = 4.74$ ,  $df = 177$ ,  $p < 0.0001$ ; Fig. 2B). Glycaemia increased significantly on  $t_0$  and again from  $t_{20}$  to  $t_{60}$  ( $t = -3.50$ ,  $df = 91$ ,  $p < 0.001$  and  $t = -4.08$ ,  $df = 91$ ,  $p < 0.0001$ ), while concentration of total proteins and globulin decreased significantly on  $t_0$  and remained below basal concentration until  $t_{120}$  (total proteins:  $t = 3.70$ ,  $df = 177$ ,  $p < 0.001$ ; globulin:  $t = 3.98$ ,  $df = 181$ ,  $p = 0.0001$ ; Fig. 2C, D and F). Albumin concentration did not vary significantly with any factor included in the model but tended towards an interaction between treatments and time ( $F = 1.76$ ,  $df = 12$ ,  $p = 0.06$ ) (Fig. 2B).

## 4. Discussion

Ewes showed clear behavioural responses to the odour of fox and wild boar faeces, displaying specific behaviours as kicking the ground and turning the head, that strongly suggest an aversion of these signals.

These behaviours are considered as main components of the anti-predatory response repertory in farm animals, and are associated with threat situations (Beausoleil et al., 2005; Abdul Mateen et al., 2017). Many mammals can detect their predators through their scents, and thus, interpret the presence of these odours as indicators of possible risk of predation, modifying their behaviour even in the absence of the predator (Lima and Dill, 1990; Blumstein et al., 2002; Monclús et al., 2006; Mella et al., 2016). These anti-predatory behavioural responses are essential for their survival, as anticipating to the predator presence is basic to defend themselves and/or flee from it (Hansen et al., 2001; Apfelbach et al., 2005; Conover, 2007). The intensive display of clearly identifiable behaviours may also function as a flock alarm signal, as ewes are highly gregarious (Fisher and Matthews, 2001), and thus, these acute change in their behaviour may signal the other members of the flock to increase their physical cohesiveness, synchronize their responses and display protective flock responses.

The response of the prey to flee or confront its potential predator will depend on the distances between them (Lima and Dill, 1990; Eilam et al., 1999): while predators that remain distant trigger freezing responses, those that are close induce the flight of the prey, and very close predators elicit defensive fighting attitudes (Eilam et al., 1999). During the present study, ewes were exposed to the odour through masks located directly on their muzzle, so these responses could evoke those displayed when the predators are very nearby, although the signals may be even contradictory for the animals. In effect, ewes perceived strong odours that should indicate that the predators are very close, but never get in visual or physical contact with it. Therefore, we should be cautious on assuming these responses as a general behavioural pattern of ewes toward the effective presence of predators.

In the present study, ewes had a similar behavioural response within odour of an unknown fellow and mask without odour (control treatments) but had different behavioural responses to controls' treatments and predators' treatments (FFO or WBFO). The similar ewes' responses within control treatments suggest that ewes perceived the odour of unknown sheep wool as a non-threatening situation. The difference between the response to controls and predators odours' could suggest that ewes had an aversive reaction to novels odours, which were possibly also or unpleasant for them (Suárez and Orihuela, 2002; Hegab et al., 2015). It is also possible that ewes recognized the fox and wild boar faeces as characteristic odours from predators (aversive, uncommon or threatening odour) despite not visually identifying them. In relation to the last possibility, the wild boar was not registered in the



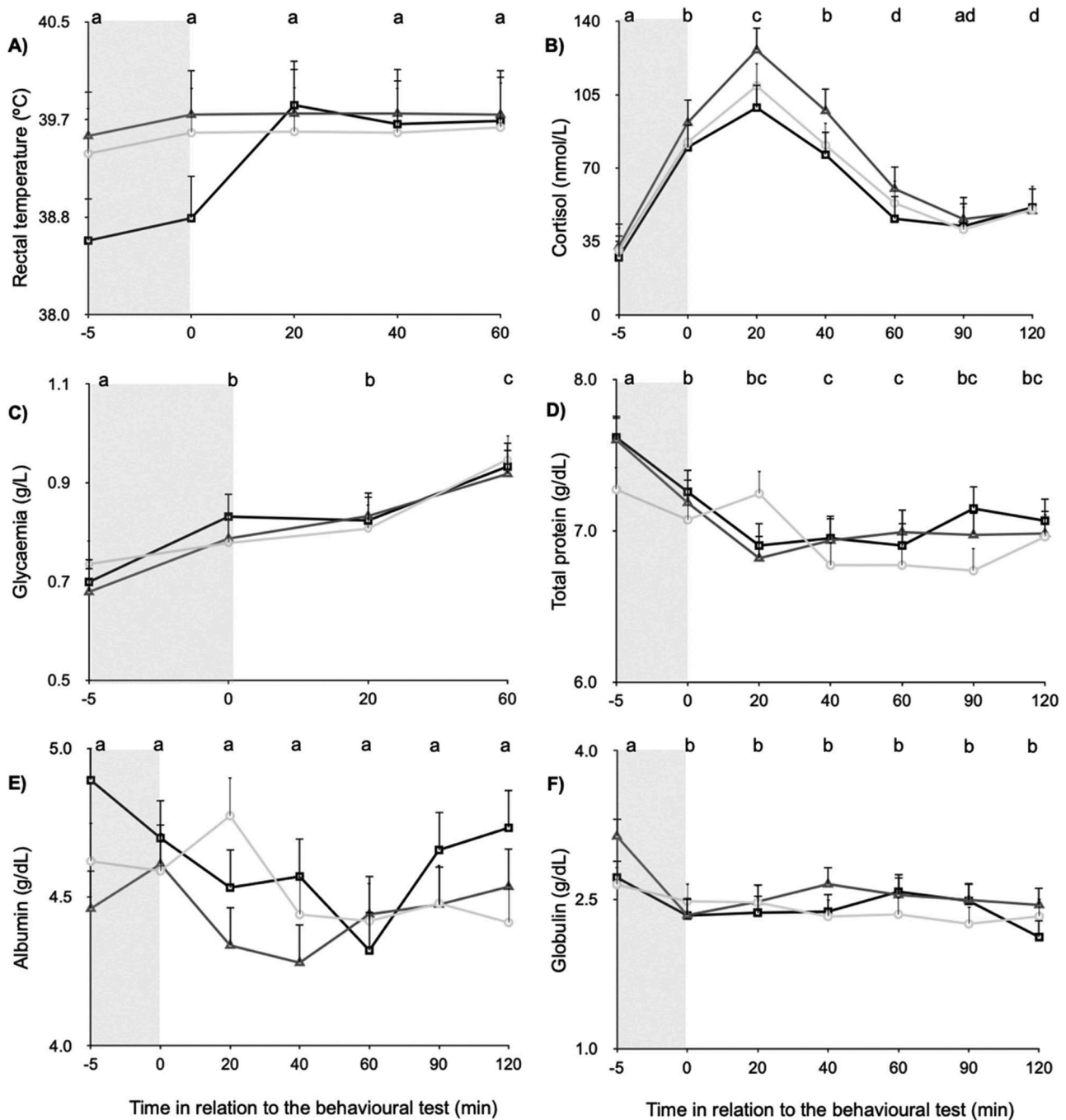


Fig. 2. (A) Rectal temperature, (B) cortisol, (C) glycaemia, (D) total proteins, (E) albumin and (F) globulin changes in ewes exposed for five minutes to odour of wild boar faeces (□), odour of unknown sheep wool (△) or no odour (○). Shaded areas show the period of the behavioural test. Different letters indicate that these points differed over time ( $p \leq 0.05$ ) (mean + SEM).

region of the study, so the results support Monclús et al. (2005) and Adcock and Tucker (2020), who proposed that the responses of preys to predator signals is independent of prior experience with the predator, as a possible innate recognition. Although the design of this experiment did not allow to compare the response to the odours of both predators, the behavioural responses to each predators' treatments separately could indicate a possible differential intensity of the response depending on the type of predator (exotic vs native, and/or the presence vs absence in the region of study; Parsons et al., 2007 and Kluever et al., 2009). The higher walking frequency in WBFO group and the trend to display the head down behaviour in FFO group, suggest that these ewes had a more intense aversive response to those predators present in that region

(foxes) than wild boars, which are an exotic species and are not present in the region of study.

Even though this study did not aimed to develop tools to reduce sheep mortality by predators, understanding better the predator-prey relationship in this species, is important for identify signals that could facilitate the detection of the presence of predators considering the ewes' reactions. The information obtained shows that ewes display specific behavioural responses to the odour of these predator species. This information would be useful for developing strategies for the control of sheep' predators, including the development of technology that record sheep activities or sheep-specific behavioural recognition devices, which require knowing with certainty that sheep react to the

odour of these species (foxes and wild boars).

While there were clear behavioural responses, physiological responses seemed to be unrelated to the treatments. It should be considered that the relationship between behavioural and physiological responses to stressful situations is not necessarily associated, and in many cases, even with clear behavioural responses the physiological responses are not so clear (Boissy, 1995; Harewood and McGowan, 2005; Monclús et al., 2006; Safryghin et al., 2019). In some studies, the difference between the physiological and the behavioural responses was attributed to the social context of animals (Boissy, 1995; DeVries et al., 2003; Kikusui et al., 2006; Hennessy et al., 2009). According to these authors, the presence of conspecifics, regardless of whether there is a direct interaction between them, can be sufficient to buffer the stress in novel or threatening situations (phenomenon known as social buffering). However, in the present study the ewes displayed physiological stress responses independently of the treatment evaluated. Therefore, although the ewes had been accustomed to the masks before beginning this trial, this may not have been enough to block a neophobic response, triggering physiological responses per se, and hiding possible differences due to the treatments itself.

## 5. Conclusions

Ewes display specific aversive behaviours -as go back, kick the ground, stillness, turn the head and walk- when exposed to fox and wild boar's faeces, regardless of whether or not there are records of these predators in the region. The ewes also display some physiological responses (rectal temperature, cortisol, glycaemia, total proteins and globulin), although these responses could not be attributed to the odour of predators due to the similarity with the responses to the control treatments.

## Declaration of Competing Interest

The authors report no declarations of interest.

## Acknowledgements

The authors thank to Juan Pedro Bottino and Sol Lafourcade for their help in data collection, to Patricia Silveira and Camila Crosa who helped with laboratory analysis, to Dr. Mauricio López Lomba Zoo (Tacuarembó-Uruguay) for the fox and wild boar faeces, and to Manuel Ibarra Zipitria and Maria Cardozo for the "control wool". We also thank to the Campo Experimental N° 1 staff of the Facultad de Veterinaria for their help with animal management.

## References

- Abdul Mateen, K.W., Uday, K., Mahadevappa, D.G., Anil Kumar, G.K., Narasimhamurthy, H.N., Rajeshwari, Y.B., 2017. Ethogram in bannur sheep under farm condition. *Int. J. Curr. Res.* 9, 47704–47708.
- Adcock, S.J.J., Tucker, C.B., 2020. Naïve domestic *Bos taurus* calves recognize the scent of a canine predator. *Anim. Behav.* 164, 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2020.04.009>.
- Anson, J.R., Dickman, C.R., 2012. Behavioral responses of native prey to disparate predators: naïveté and predator recognition. *Oecologia* 171 (2), 367–377. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2424-7>.
- Apfelbach, R., Blanchard, C.D., Blanchard, R.J., Hayes, R.A., McGregor, I.S., 2005. The effects of predator odors in mammalian prey species: a review of field and laboratory studies. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 29 (8), 1123–1144. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.05.005>.
- Arnould, C., Signoret, J.P., 1993. Sheep food repellents: efficacy of various products, habituation, and social facilitation. *J. Chem. Ecol.* 19, 225–236. <https://doi.org/10.1007/BF00993691>.
- Arnould, C., Malosse, C., Signoret, J.P., Descoins, C., 1998. Which chemical constituents from dog feces are involved in its food repellent effect in sheep? *J. Chem. Ecol.* 24, 559–576. <https://doi.org/10.1023/A:1022321104758>.
- Beausoleil, J.N., Stafford, K.J., Mellor, D.J., 2005. Sheep show more aversion to a dog than to a human in an arena test. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 91 (3–4), 219–232. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.10.008>.
- Blanchard, D.C., Griebel, G., Blanchard, R.J., 2003. Conditioning and residual emotionality effects of predator stimuli: some reflections on stress and emotion. *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry* 27 (8), 1177–1185. <https://doi.org/10.1016/j.pnpb.2003.09.012>.
- Blumstein, D.T., Mari, M., Daniel, J.C., Ardron, J.G., Griffin, A.S., Evans, C.S., 2002. Olfactory predator recognition: wallabies may have to learn to be wary. *Anim. Conserv.* 5, 87–93. <https://doi.org/10.1017/S1367943002002123>.
- Boissy, A., 1995. Fear and fearfulness in animals. *Q. Rev. Biol.* 70 (2), 165–191.
- Carbajal, S., Orihuela, A., 2001. Minimal number of conspecifics needed to minimize the stress response of isolated mature ewes. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* 4 (4), 249–255. [https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0404\\_02](https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0404_02).
- Cavalcanti, S.M.C., Perilli, M.L.L., 2015. Medidas alternativas que podem auxiliar na prevenção e controle de danos. In: Cavalcanti, S., Cunha de Paula, R., Gasparini-Morato, R. (Eds.), *Conflitos com mamíferos carnívoros: uma referência para o manejo e a convivência*. ICMBio, Sao Paulo, pp. 51–60.
- Chabot, D., Gagnon, P., Dixon, E.A., 1996. Effect of predator odors on heart rate and metabolic rate of wapiti (*Cervus elaphus canadensis*). *J. Chem. Ecol.* 22, 839–868. <https://doi.org/10.1007/BF02033590>.
- Cockrem, J.F., Silverin, B., 2002. Slight of a predator can stimulate a corticosterone response in the Great Tit (*Parus major*). *Gen. Comp. Endocr.* 125 (2), 248–255. <https://doi.org/10.1006/gcen.2001.7749>.
- Conover, N.R., 2007. *Predator-Prey Dynamics. The Role of Olfaction*. Boca raton, Florida.
- Damián, J.P., Ungerfeld, R., 2013. Farm animal welfare indicators: a critical review. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 21 (2), 103–113.
- Dantzer, R., Mormède, P., 1983. Stress in farm animals: a need for re-evaluation. *J. Anim. Sci.* 57 (1), 6–18. <https://doi.org/10.2527/jas1983.5716>.
- DeVries, A.C., Gasper, E.R., Detillion, C.E., 2003. Social modulation of stress responses. *Physiol. Behav.* 79, 399–407. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(03\)00152-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(03)00152-5).
- Eilam, D., Dayan, T., Ben-Eliyahu, S., Schulman, I., Shefer, G., Hendrie, C.A., 1999. Differential behavioural and hormonal responses of voles and spiny mice to owl calls. *Anim. Behav.* 58 (5), 1085–1093. <https://doi.org/10.1006/anbe.1999.1224>.
- Fisher, A., Matthews, L., 2001. The social behaviour of sheep. In: Keeling, L.J., Gonyou, H.W. (Eds.), *Social Behaviour in Farm Animals*. CAB International, Wallingford, pp. 211–245.
- Freitas-de-Melo, A., Damián, J.P., Hötzel, M.J., Banchero, G., Ungerfeld, R., 2015. Progesterone pretreatment increases the stress response to social isolation in ewes. *Hormones* 15 (1), 81–87. <https://doi.org/10.14310/horm.2002.1625>.
- Friard, O., Gamba, M., 2016. BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. *Methods Ecol. Evol.* 7, 1325–1330. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12584>.
- Hansen, I., Christiansen, F., Hansen, H.S., Braastad, B., Bakken, M., 2001. Variation in behavioural responses of ewes towards predator-related stimuli. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70 (3), 227–237. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00155-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00155-6).
- Harewood, E.J., McGowan, C.M., 2005. Behavioral and physiological responses to stabling in Naive Horses. *J. Equine Vet. Sci.* 25 (4), 164–170. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2005.03.008>.
- Hegab, I.M., Kong, S., Yang, S., Mohamaden, W.I., Wei, W., 2015. The ethological relevance of predator odors to induce changes in prey species. *Acta Ethol.* 18, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s10211-014-0187-3>.
- Hennessy, M.B., Kaiser, S., Sachser, N., 2009. Social buffering of the stress response: diversity, mechanisms, and functions. *Front. Neuroendocrinol.* 30, 470–482. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2009.06.001>.
- Kats, L.B., Dill, L.M., 1998. The scent of death: chemosensory assessment of predation risk by prey animals. *Écoscience* 5 (3), 361–394. <https://doi.org/10.1080/11956860.1998.11682468>.
- Kikusui, T., Winslow, J.T., Mori, Y., 2006. Social buffering: relief from stress and anxiety. *Philos. Trans. R. Soc. B* 361, 2215–2228. <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1941>.
- Kluever, B.M., Howery, L.D., Breck, S.W., Bergman, D.L., 2009. Predator and heterospecific stimuli alter behaviour in cattle. *Behav. Process.* 81 (1), 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2009.02.004>.
- Lee, C., Verbeek, E., Doyle, R., Bateson, M., 2016. Attention bias to threat indicates anxiety differences in sheep. *Biol. Lett.* 12 (6), 20150977. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0977>.
- Lima, S.L., Dill, L.M., 1990. Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Can. J. Zool.* 68 (4), 619–640. <https://doi.org/10.1139/z90-092>.
- Marai, I.F.M., El-Darawany, A.A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M.A.M., 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep - a review. *Small Rumin. Res.* 71 (1–3), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>.
- Mella, V.S.A., Cooper, C.E., Davies, S.J.J.F., 2016. Effects of historically familiar and novel predator odors on the physiology of an introduced prey. *Curr. Zool.* 62 (1), 53–59. <https://doi.org/10.1093/cz/zov005>.
- Monclús, R., Rödel, H.G., Von Holst, D., De Miguel, J., 2005. Behavioural and physiological responses of naive European rabbits to predator odour. *Anim. Behav.* 70 (4), 753–761. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.12.019>.
- Monclús, R., Rödel, H.G., von Holst, D., 2006. Fox odour increases vigilance in European Rabbits: a study under semi-natural conditions. *Ethology* 112 (12), 1186–1193. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2006.01275.x>.
- Möstl, E., Palme, R., 2002. Hormones as indicators of stress. *Domest. Anim. Endocrinol.* 23 (1–2), 67–74. [https://doi.org/10.1016/S0739-7240\(02\)00146-7](https://doi.org/10.1016/S0739-7240(02)00146-7).
- Parsons, M.H., Lamont, B.B., Kovacs, B.R., Davies, S.J.J.F., 2007. Effects of novel and historic predator urines on semi-wild Western Grey Kangaroos. *J. Wildl. Manage.* 71 (4), 1225–1228. <https://doi.org/10.2193/2006-096>.
- Pfister, J., Müller-Schwarze, D., Balph, D., 1990. Effects of predator fecal odors on feed selection by sheep and cattle. *J. Chem. Ecol.* 16, 573–583. <https://doi.org/10.1007/BF01021787>.

- Rutter, S.M., 2002. Behaviour of sheep and goats. In: Jensen, P. (Ed.), *The Ethology of Domestic Animals. An Introductory Text*. CABI Publishing, Wallingford, pp. 145–158.
- Safryghin, A., Hebesberger, D.V., Wascher, C.A.F., 2019. Testing for behavioral and physiological responses of domestic horses (*Equus caballus*) across different contexts - consistency over time and effects of context. *Front. Psychol.* 10, 849. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00849>.
- Shivik, J.A., 2004. Non-lethal alternatives for predation management. *Sheep Goat Res. J.* 19, 64–71.
- Suárez, E., Orihuela, A., 2002. The effect of exposure to feces from four farm species on the avoidance behaviour and feed consumption of sheep. *Livest. Prod. Sci.* 77 (2-3), 119–125. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00085-4](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00085-4).
- Ungerfeld, R., Ramos, M.A., González-Pensado, S.P., 2008. Ram effect: adult rams induce a greater reproductive response in anestrus ewes than yearling rams. *Anim. Reprod. Sci.* 103 (3–4), 271–277. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.12.013>.
- Weldon, P.J., Graham, D.P., Mears, L.P., 1993. Carnivore fecal chemicals suppress feeding by Alpine goats (*Capra hircus*). *J. Chem. Ecol.* 19, 2947–2952. <https://doi.org/10.1007/BF00980594>.
- Zambra, N., Piaggio, J., Ungerfeld, R., 2018. Encuesta sobre predación ovina en Uruguay. 6o Congreso Asociación Uruguaya de Producción Animal. Tacuarembó, Uruguay. p.138.