



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Distribución y densidad de guanacos (*Lama guanicoe*) en la Patagonia

INFORME RELEVAMIENTO 2014- 2015

ALHUE BAY GAVUZZO, PABLO GÁSPERO, JAIME BERNARDOS, JULIETA PEDRANA,
DANIEL DE LAMO, JULIETA VON THUNGEN



INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. MATERIALES Y MÉTODOS	5
a. ÁREA DE ESTUDIO	5
b. DISEÑO DE MUESTREO	6
c. MODELOS DE APTITUD DE HÁBITAT	10
i. Descripción variables ambientales (predictores)	
ii. Construcción y validación de los modelos de aptitud de hábitat	
d. GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍAS PREDICTIVAS DE DISTRIBUCIÓN DE GUANACO	19
e. ESTIMACIÓN DE DENSIDAD Y ABUNDANCIA	20
3. RESULTADOS	21
a. MAPAS DE MODELOS DE APTITUD DE HÁBITAT	21
b. CARTOGRAFÍAS PREDICTIVAS DE DISTRIBUCIÓN DE GUANACO	24
c. ESTIMACIÓN DENSIDAD DE GUANACOS	26
d. ESTIMACIÓN DE ABUNDANCIA DE GUANACOS	28
4. CONCLUSIONES	29
REFERENCIAS	33
AGRADECIMIENTOS	36
GLOSARIO	37

1- INTRODUCCIÓN

La producción ganadera es una de las actividades más importantes que se desarrolla en Patagonia Sur.

La **Ley 25.422** para la Recuperación de la Ganadería Ovina, sancionada el 4 de Abril de 2001, instituye un régimen para la recuperación de la de esta actividad. Entre sus objetivos enuncia conservar y mejorar los recursos naturales involucrados y mejorar la calidad de todos los procesos productivos. A su vez, es uno de los programas nacionales que incluye, entre otras cosas, medidas de preparación para la sequía y mitigación de sus efectos. Entre las actividades relacionadas con la ganadería ovina comprendidas en el régimen instituido por esta ley, se contempla el aprovechamiento y control de la fauna silvestre.

Como autoridad de aplicación de la Ley Ovina el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MINAGRI), preocupado por el impacto de la desertificación y la sequía en las provincias patagónicas, toma la decisión de apoyar las medidas adecuadas para luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía u otros procesos naturales (volcanes, inundaciones, etc.). Con este fin, considera necesario adoptar un enfoque integrado en el que se tengan en cuenta los aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos de esos procesos en la región.

La determinación de la carga animal en función de la receptividad del ambiente es uno de los principios en el manejo sustentable de pastizales cuando se tiene objetivos de producción ganadera (Heady y Child, 1994; Golluscio, 2009). Desde el punto de vista tecnológico, el ajuste de carga es uno de los principios en el manejo del pastoreo junto con el tiempo de pastoreo, el tipo y clase animal y su distribución espacial. Es posible afirmar que la cantidad potencial de herbívoros que puede soportar un ecosistema dependerá de la cantidad de energía fijada por los productores primarios. Al igual que el guanaco (*Lama guanicoe*), el ovino, es también generalista de selectividad intermedia. Estudios llevados a cabo en la Patagonia han mostrado que guanacos y ovinos se solapan significativamente en sus preferencias dietarias un 83% en Patagonia septentrional (Puig et al., 2001). Aunque guanacos y ovinos son capaces de consumir alrededor de 100 especies de plantas, el 80% de sus dietas está compuesto por sólo 17 especies y los pastos de los géneros *Poa* y *Jarava* (ex *Stipa*) componen hasta el 40% de sus dietas en el este y el centro de la Patagonia (Amaya, 1985; Baldi, 1999; Baldi et al., 2001).

En el año 1992 se incluyó al guanaco en el Apéndice II de la Convención para el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de la Flora y Fauna Silvestre (CITES). A partir de esa resolución las provincias patagónicas adoptan criterios restrictivos para reducir la extracción de chulengos (De Lamo, 1997). En este escenario aparece un

nuevo enfoque sobre el uso racional del recurso que contempla tanto la conservación de la especie como los potenciales aspectos productivos de la misma (De Lamo, 1997).

A su vez, para cumplir con lo requerido por la recomendación primaria del Comité de Fauna de la secretaría CITES, se elaboró y aprobó el Plan Nacional de Manejo del Guanaco y su uso sustentable **Resolución Nro: 477/2006**, cuya autoridad de aplicación es la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

Es interés de ambos organismos nacionales gestionar las poblaciones de guanacos sujetas a estos programas como un recurso ecológicamente sostenible, siempre que la conservación de la especie y su hábitat no se vea comprometida. A su vez, reducir las pérdidas económicas o daños a la naturaleza y las industrias pastoriles y agrícolas que las poblaciones de alta densidad de guanacos pueden causar. Entre los presupuestos del plan de manejo se deben contemplar las evaluaciones del estado de conservación de las poblaciones silvestres, como parte de los programas de gestión necesarios para conservar a la misma.

La población de guanacos en la Patagonia representa la mayor parte del total nacional, entre 80 y 90% (Amaya et al., 2001). Desde en 1998 se realizan esfuerzos para introducir planes de manejo y acciones que supervisen las tendencias de la población, el tamaño y la distribución tanto de la cosecha comercial como no comercial. Estos datos proporcionan la base para monitorear el estado de la población, sin embargo sólo se ha realizado un relevamiento a escala regional en el 2001 (Amaya et al., 2001). Para mantener un programa de monitoreo que dé cuenta de las fluctuaciones poblacionales aún falta información a escala regional, e implementar un sistema de monitoreo a esta escala. El monitoreo directo ha implicado reconocimientos aéreos, utilizando tanto las aeronaves de ala alta fija y helicópteros, y estudios sobre el terreno, tanto a pie como en vehículos.

Las estimaciones del tamaño, densidad y distribución de las poblaciones silvestres son esenciales para la gestión eficaz de la fauna silvestre. Con el uso de la metodología de línea-transecto, a pie o desde un helicóptero, es probable que se obtengan estimaciones de densidad de guanacos más repetibles y menos sesgadas. Los relevamientos aéreos son la mejor herramienta práctica para obtener estas estimaciones de grandes mamíferos en territorios muy extensos como la Patagonia. Los problemas asociados con ellos están ampliamente discutidos en distintos artículos como así también los diseños de muestreo (Walter & Hone, 2003; Krueger, et al.2007).

Sin embargo, los costos asociados a los métodos con helicóptero y terrestres son poco prácticos para relevamientos a gran escala. Para éstos, un avión de ala alta fija sigue siendo la plataforma que ofrece mejor relación costo beneficio. Las limitaciones del método estándar para aviones de ala alta fija con fajas a ambos lados del avión son bien conocidas (Walter & Hone, 2003; Krueger, et al.2007; Bastin, 2012).

Aún se sigue utilizando, ya que proporciona suficiente información como para establecer índices de las tendencias poblacionales. Hay estimaciones realizadas para las diferentes especies de canguros, caballos, camellos en Australia (Lundie-Jenkins et al., 1999; Pople et al., 1998) y ciervos en USA y Canadá, que así lo demuestran. Estas estimaciones se han realizado en ambientes similares y para algunas especies existen monitoreos poblacionales de 20 años.

Dado que la información disponible sobre la distribución y densidad del guanaco en la Patagonia realizada por relevamiento aéreo data del año 2001 (Amaya, et al. 2001). El objetivo de este trabajo es actualizar la información para cumplir con los presupuestos mínimos del plan de manejo y brindar una herramienta a los administradores del recurso en la región para facilitar la toma de decisiones.

La financiación del relevamiento del 2001 se realizó con fondos procedentes de GTZ. El presente relevamiento se realizó con fondos procedentes de la Ley Ovina.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

a. ÁREA DE ESTUDIO

El área de trabajo incluyó a las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz. Correspondiendo en superficie 220.959 km² a la provincia de Río Negro, 89.900 km² a la de Neuquén, 224.686 km² a la provincia de Chubut y 243.894 km² a la de Santa Cruz.

Para estratificar el muestreo en cada provincia, se utilizó el mapa de biozonas definidas por del Valle et al (1995) que divide a la Patagonia en cinco megabiozonas: Andina Húmeda (I), Subandina Subhúmeda (II), Extrandina Occidental (III), Extrandina Oriental (IV) y Extrandina Austral(V) (Fig. 1). La megabiozona Andina Húmeda no fue considerada para el cálculo de la superficie pues es un área con muy baja o nula probabilidad de encontrar guanacos y de alta dificultad para volar. Se acordó que se haría la estratificación dividiendo el esfuerzo de muestreo proporcionalmente a la extensión de cada megabiozona dentro de cada provincia.

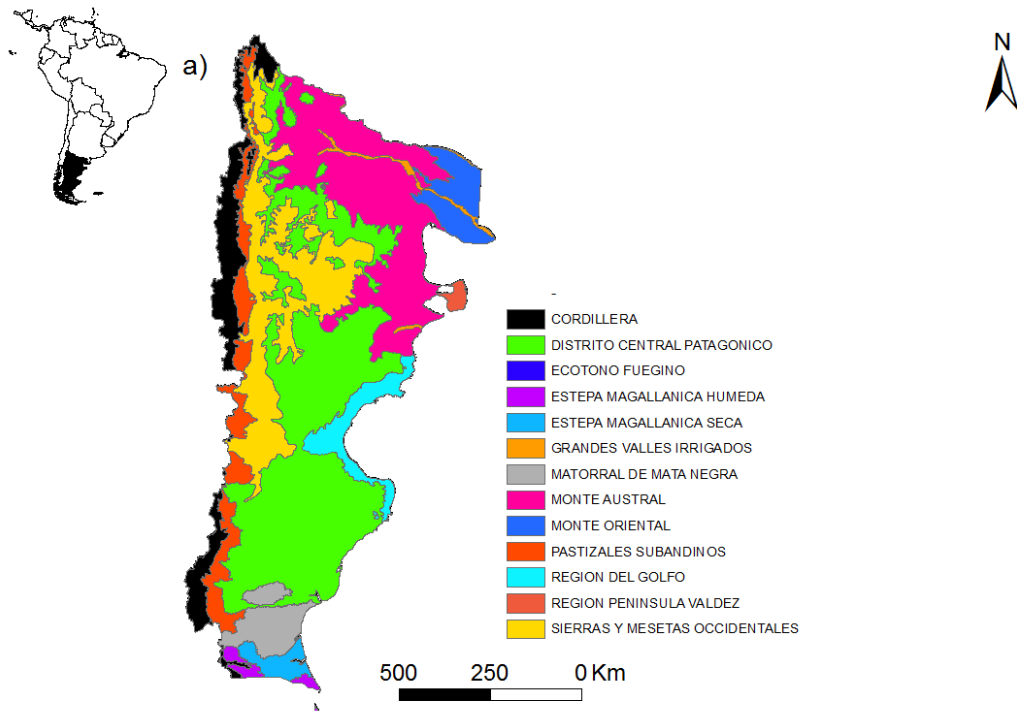


Figura 1. Biozonas según del Valle et al. 1995.

b. DISEÑO DE MUESTREO

Según los meridianos (cada 60') y la mitad de los paralelos (cada 30') (Fig. 2) se cuadrículó la superficie total del área de estudio. De este modo quedaron definidas las cuadrículas posibles de ser muestreadas para cada una de las provincias.

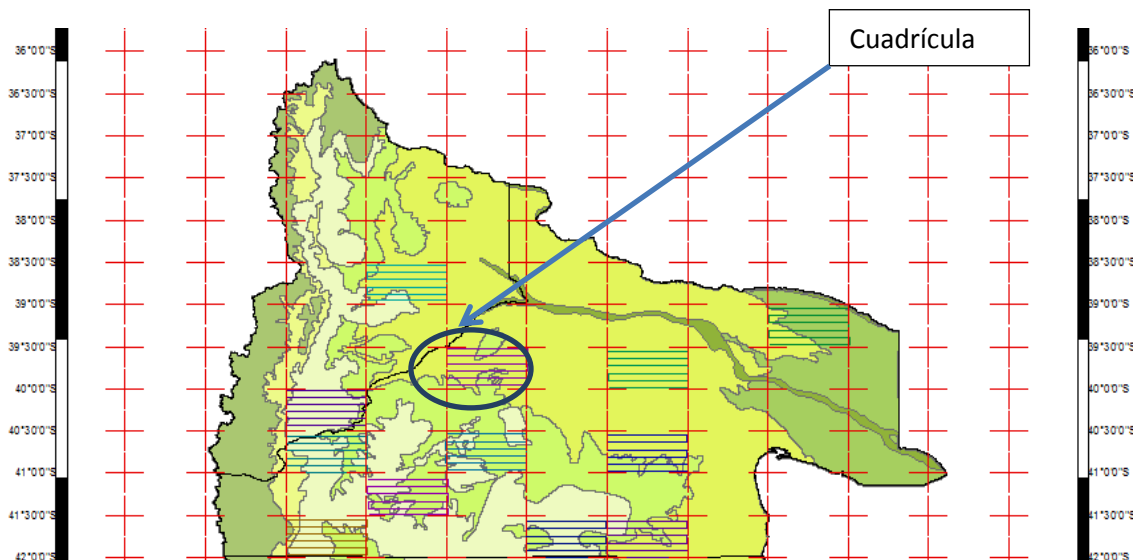


Figura 2. Esquema de cómo se realizaron las cuadrículas según latitud y longitud.

Se tuvieron en cuenta las horas de vuelo posible según la autonomía de la aeronave y que el esfuerzo de muestreo en cada provincia fuera proporcional en todas las biozonas. Se seleccionaron cuadrículas al azar, considerando 10 cuadrículas para Chubut y 10 cuadrículas para Río Negro, 3 cuadrículas para Neuquén y 4 para Santa Cruz (Tabla 1). Debido a que en Santa Cruz ya se cuenta con un relevamiento previo se consideró muestrear para posibilitar la comparación con relevamientos anteriores. Las horas de vuelo restante se utilizaron para ajustar la metodología e instrumental y para el entrenamiento de pilotos y observadores.

La autonomía de las aeronaves utilizadas permitió que en cada cuadrícula se realizaran 4-6 transectas de 80 km. de longitud con una separación de 10 Km, recorriendo un total promedio por vuelo de 500 km según el número de transectas voladas (4500km² en promedio). El ancho de faja se fijó colocando marcas en los montantes del avión y manteniendo una altura de vuelo de aproximadamente 150-200 metros de altura (Fig. 3). Esta se controló con un GPS y las referencias de altura de terreno obtenido de las imágenes satelitales y del mapa de vuelo.

Mediante el uso de GPS con software aeronáutico, que posee una base de datos de "elevación" fue posible corroborar en todo momento la altura sobre el terreno, además de la posición en latitud y longitud. A este GPS se le cargó previamente a cada vuelo la ruta de la cuadrícula. Por otra parte y al mismo tiempo se utilizó un método más básico que consiste en la navegación visual, basada en la cartografía aeronáutica escala 1:500000 a los fines técnicos e imágenes satelitales del área relevada para mayor detalle.

Como instrumental se utilizó el compás magnético (brújula) y un instrumento inercial (giroscópico) así como un altímetro barométrico para medir altitud. Este último método citado, si bien en principio no ofrece la misma precisión que el basado en el sistema satelital, permite (a la vez que auspiciar de back up) mayor eficiencia en la observación en zonas de determinados relieves por ejemplo las zonas de montaña. Esto fue corregido con los datos de modelos de elevación digital (DEM) en el laboratorio. En función de la altura de vuelo se definió a priori un ancho de faja, de 250 m, a la faja A, 250 m a la faja B a cada lado del avión, quedando 100 m debajo del avión sin observar.

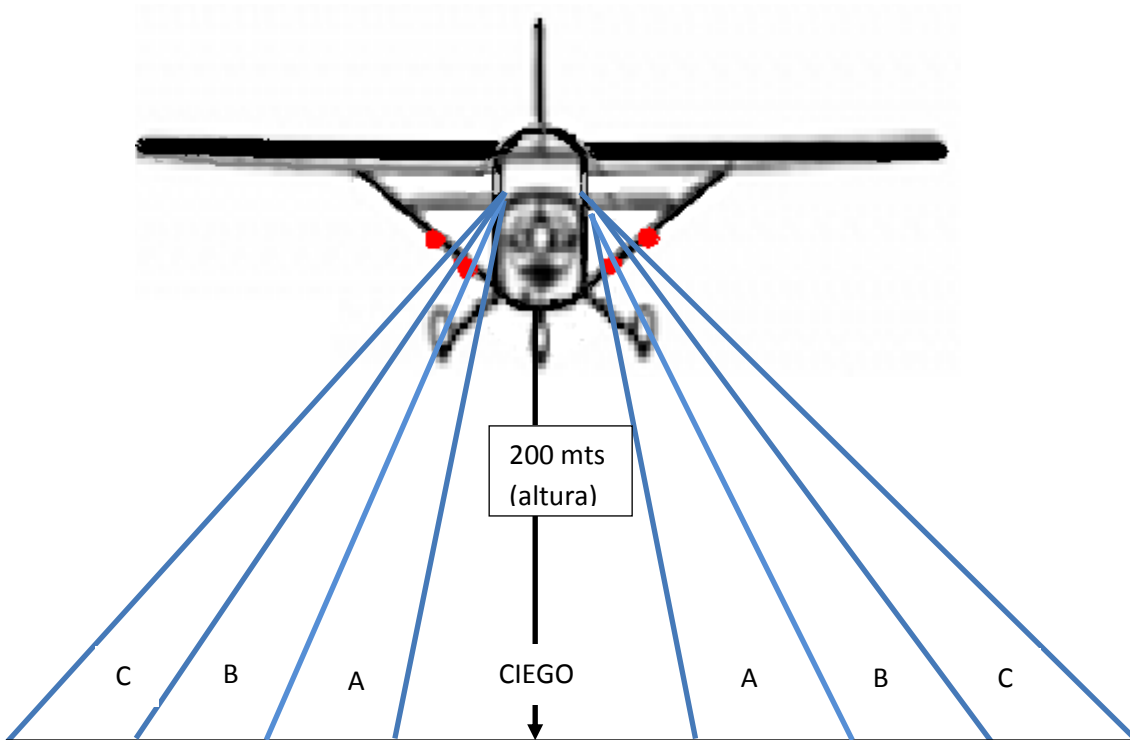


Figura 3. Delineamiento del campo visual de los límites de las transectas con marcas sobre los montantes.

Transecta: línea de vuelo de aprox. 80 km. Sobre esta línea se toman las muestras (plots) y los períodos de descanso.

Plots: segmentos donde se estima la abundancia, incluidas en las *Transectas*. El largo promedio de los mismos es de 5 km y el ancho promedio es de 250 m pero depende de la altura efectiva de vuelo. Se toman intervalos de observación (97 segundos = 5 km) y de descanso (10 segundos).

Altura efectiva de vuelo: es la altura a la que se vuela (medida en metros) sobre la superficie del terreno. Se calcula como la diferencia entre la altura de vuelo sobre el nivel del mar y la altura obtenida del mapa digital del terreno las cuales se obtuvieron del modelo digital de elevaciones "Shuttle Radar Topographic Mission" (SRTM) desarrollado por la NASA (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm>)

Ancho de cada faja: es el ancho hacia cada lateral del *plot* tomada durante el vuelo fijada por las bandas en el ala del avión (ver gráfico). Este ancho varía de acuerdo a la *Altura efectiva de vuelo* y se calcula para cada *plot*.

Los ángulos que definen cada banda son 20° (no relevado – punto ciego), entre 20° y 45° (faja A), entre 45° y 60° (faja B) y más de 60° faja C.

El ancho de cada faja se calcula como:

$$\text{Ancho No Relevado} = \tan(20) \times \text{Altura efectiva de vuelo}$$

$$\text{Ancho de faja A} = (\tan(45^\circ) \times \text{Altura efectiva de vuelo}) - \text{Ancho No Relevado}$$

$$\text{Ancho de faja B} = (\tan(60^\circ) \times \text{Altura efectiva de vuelo}) - \text{Ancho de faja A}$$

$$\text{Punto medio de faja A} = \frac{\text{Ancho de faja A}}{2}$$

$$\text{Punto medio de faja B} = \text{Ancho de faja A} + \frac{\text{Ancho de faja B}}{2}$$

El tamaño promedio de la superficie cubierta por cada plot es de 3 km² variando en función de la *Altura efectiva de vuelo* y de la *velocidad de vuelo*.

Tabla 1. Composición promedio de las cuadrículas para cada provincia

Provincia	Largo transecta (km)	Total. Cuadrícula(km)	Sup. Cuadrícula(km ²)
SC	74	475	4070
CHU	80	526	4400
RN	84	546	4620
NqN	88	554	4840

En cada transecta se realizaron intervalos de observación (97 segundos) y de descanso (10 segundos) que determinan segmentos de 5 km y 1 km respectivamente. En los intervalos de observación cada observador registra de su lado (izquierda y derecha respectivamente) los avistajes de guanacos. Cada observación o dato se introducía en una base de datos utilizando el software gratuito Cybertracker (Cybertracker Software, <http://www.cybertracker.co.za>) cargado en un PDA/GPS (Trimble Juno 3B). Mediante este programa es posible organizar una base de datos con las variables de interés, la cual está estructurada en una serie de pantallas que siguen una secuencia y orden lógico, que automáticamente regresa a la pantalla de inicio una vez ingresado cada registro. La utilización de una PDA/GPS y el uso de un software específico para registrar los datos en el campo y almacenar los contactos georeferenciados reducen el costo de adquirir el registro, el error de propagación y aumenta la precisión de los datos registrados. La información de localización en el GPS Trimble Juno 3 B identificando la geoposición de cada grupo, el número de animales y la faja en que fueron observados. El inicio y fin de cada intervalo de observación es indicado por una grabación que escuchan los observadores y el copiloto; éste último

registra el inicio/fin en su GPS mediante un waypoint. El promedio de altura de vuelo fue de 200 metros sobre la superficie y una velocidad promedio de 180 km/h. El área observada en promedio a cada lado de la aeronave inicialmente programada fue de 600mts, lo que significa que cada plot tiene una superficie potencial de 5 km². Esto se recalculó para ajustarlo a las alturas de vuelo efectivamente realizadas que resultó ser de 3 km² promedio.

Dado que los criterios de estratificación son por provincia y por biozona sobre el mapa de vegetación y áreas ecológicas se calculó el total de kilómetros de vuelo sobre cada una de las biozonas. El número de kilómetros/biozona/provincia con la superficie de cada biozona/provincia se utilizó para evaluar la representatividad del diseño de muestreo obtenido por las cuadrículas seleccionadas al azar

El 50% de los vuelos se realizaron con una aeronave Cessna C-182 Skylane, tres modelos similares, con capacidad de combustible extendida (long range) y fuselaje ancho, con luneta. Y el otro 50% fue en Cessna C 206 súper Skywagon. Dos vuelos fueron realizados con un C180 Skywagon. En las aeronaves que las ruedas quedan en el cono de visión se les quitaron los carenados para mejorar la visibilidad. Se buscó volar en condiciones climáticas que presentaran baja velocidad del viento, normalmente fueron menores de 20 nudos. La experiencia de los pilotos lograba mantener la velocidad y rumbo programados. Se evitó volar los días con nubosidad para mantener buena visibilidad.

Se realizó un vuelo de ajuste para entrenar a cada equipo de trabajo, a los observadores a los períodos de observación y descanso con la señal sonora. Además en el manejo del PDA/GPS (Trimble Juno 3B), con lo cual se dispuso de grupos de trabajo muy calificados para la tarea.

c. MODELOS DE APTITUD DE HABITAT

i. Descripción variables ambientales (predictores)

Antes de desarrollar los modelos de aptitud de hábitat de guanacos, se generaron distintas variables ambientales (predictores) que provinieron de datos tomados en el terreno y/o fundamentalmente de información ambiental gratuita procedente de sensores remotos. Se utilizaron indicadores de la productividad vegetal, de la irregularidad del terreno, y de la actividad antrópica. Para esta última se tuvo en cuenta la urbanización, la red caminera como facilitadora de la caza (legal o furtiva) y la estructura fundiaria. No se tuvo en cuenta la actividad minera.

Variables indicadoras de la productividad vegetal

Las variables indicadoras de la productividad vegetal fueron obtenidas del sensor VEGETATION, a bordo del satélite francés SPOT (<http://www.spot-vegetation.com>), que proporciona estimaciones diarias de la actividad fotosintética del planeta a una resolución espacial de 1 km. Se utilizaron imágenes del NDVI (Índice de vegetación medio normalizado), de siete años consecutivos, para estimar el NDVI medio y su coeficiente de variación.

El NDVI medio se calculó a partir de imágenes del 2014, ya que la resolución temporal de dicho programa es de tres imágenes por mes, es decir, 36 imágenes anuales. Primero, se realizó una reclasificación de las imágenes originales del VEGETATION, dándole el valor de 0 a aquellas celdas con nubes (píxeles con valores ≥ 255) y manteniendo el valor del resto de los píxeles (Fig. 4a).

El coeficiente de variación del NDVI medio se calculó de acuerdo con la expresión $CV = S / X$, siendo que S es el desvío estándar del NDVI medio y X es el promedio del NDVI anual. Para ello, se estimó el desvío estándar de las medias anuales calculadas anteriormente y este se dividió por la media calculada para los siete años (Fig. 4b).

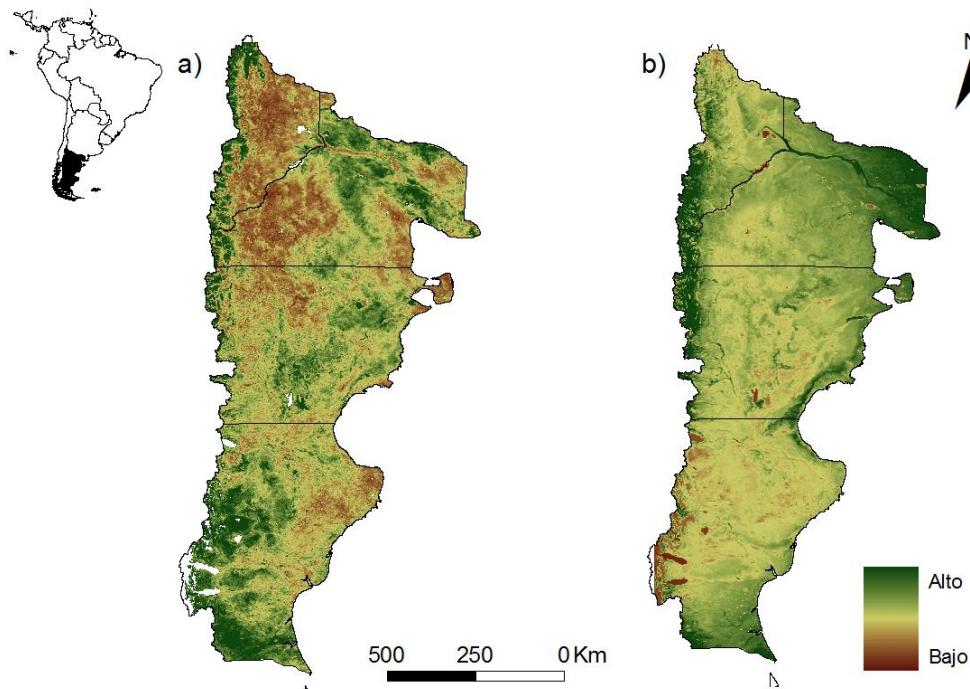


Figura 4. Variables indicadoras de la productividad vegetal: a) NDVI medio y b) coeficiente de variación del NDVI medio, Patagonia Argentina.

La distancia al cuerpo de agua más cercano y al arroyo o río más cercano se generó aplicando el comando DISTANCE (IDRISI Selva) a la imagen de los ríos y arroyos

presentes en Patagonia, obtenido a partir del Sistema de Información geográfico elaborado por "Instituto Geográfico Nacional" (www.ign.gov.ar) (Fig. 5a y Fig. 5b, respectivamente).

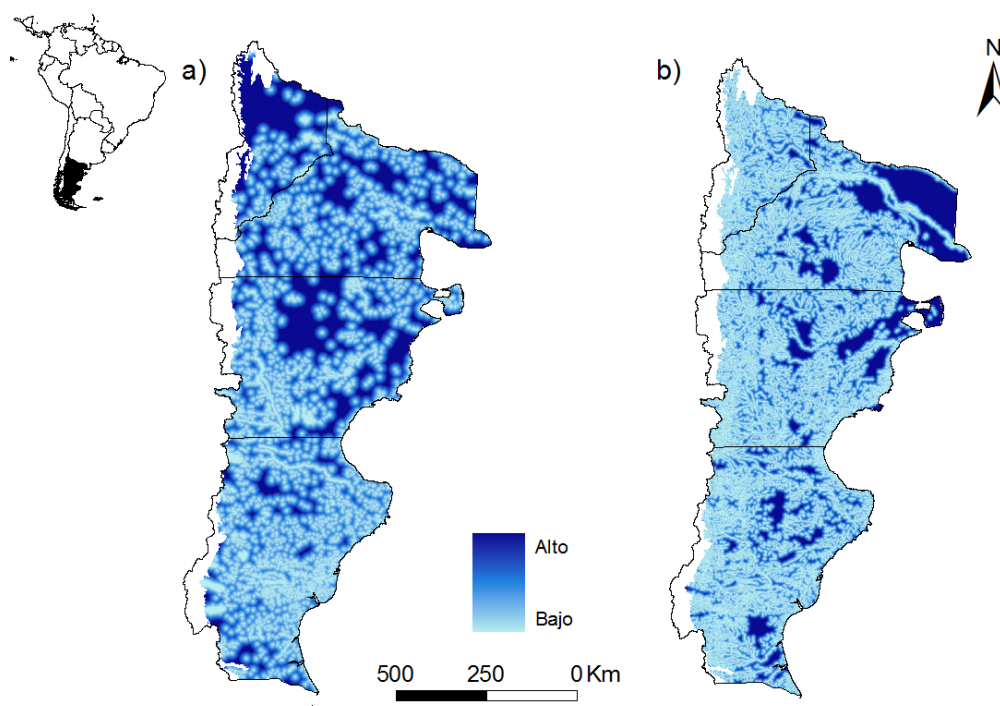


Figura 5. Variables indicadoras de la productividad vegetal: a) distancia al cuerpo de agua más cercano y b) distancia al arroyo o río más cercano, Patagonia Argentina.

Variables ambientales indicadoras de la irregularidad del terreno

Las variables indicadoras de la irregularidad del terreno fueron la altitud media y la pendiente media, las cuales se obtuvieron del modelo digital de elevaciones "Shuttle Radar Topographic Mission" (SRTM) desarrollado por la NASA (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm>).

Para estimar la imagen de altitud media, primero fue necesario otorgarle el valor de 0 aquellos píxeles sin datos de altitud, los cuales se identifican en la imagen original con el valor -32768, y obtener una imagen sólo con valores de altitud (Fig. 6a).

La variable pendiente media se calculó teniendo en cuenta la relación de altitud que existe entre los píxeles vecinos (Fig. 6b). Para ellos, primero se reclasificó la imagen original de altitudes, asignando el valor de 1 a los píxeles con valores de -32768 y el valor 0 a aquellos píxeles con valores menores a este valor. A partir de esta reclasificación quedan identificados con el valor de 1 aquellos píxeles sin datos de altitud. A esta imagen se le aplica el comando BUFFER (IDRISI Selva) con un valor de sensibilidad del 0.0009 y de estar forma, se identifican con el valor de 1 aquellos

píxeles sin valores de altitud y alrededor de ellos hay píxeles con el valor de 2 (que sería el buffer), y los píxeles con valor 0 que son los píxeles con valores reales de altitud. Por último, se reclasifica esta imagen otorgándole el valor de 1 a todos los píxeles con valores reales de altitud y de 0 a los que en la imagen buffer tenían valor de 1 y 2. Asimismo, a partir de la imagen original de la altitud media, se utiliza el comando SLOPE (IDRISI Selva), calculándose la pendiente media. Ahora, esta imagen posee píxeles cuyas pendientes se encuentra afectada negativamente por la vecindad de píxeles negativos. Para corregir esto, se multiplica esta imagen de pendiente media por la imagen reclasificada a partir del buffer, eliminándose los píxeles con valores de pendiente defectuosos.

Finalmente para trabajar con todos los predictores a igual resolución espacial, se aplicó el comando CONTRACT (IDRISI Selva) a la imagen de la altitud media (Fig. 6a) y de la pendiente media (Fig. 6b), las cuales poseían una resolución de píxel de 90 m, obteniéndose imágenes con píxeles de 1 km tomando como referencia las imágenes de VEGETATION.

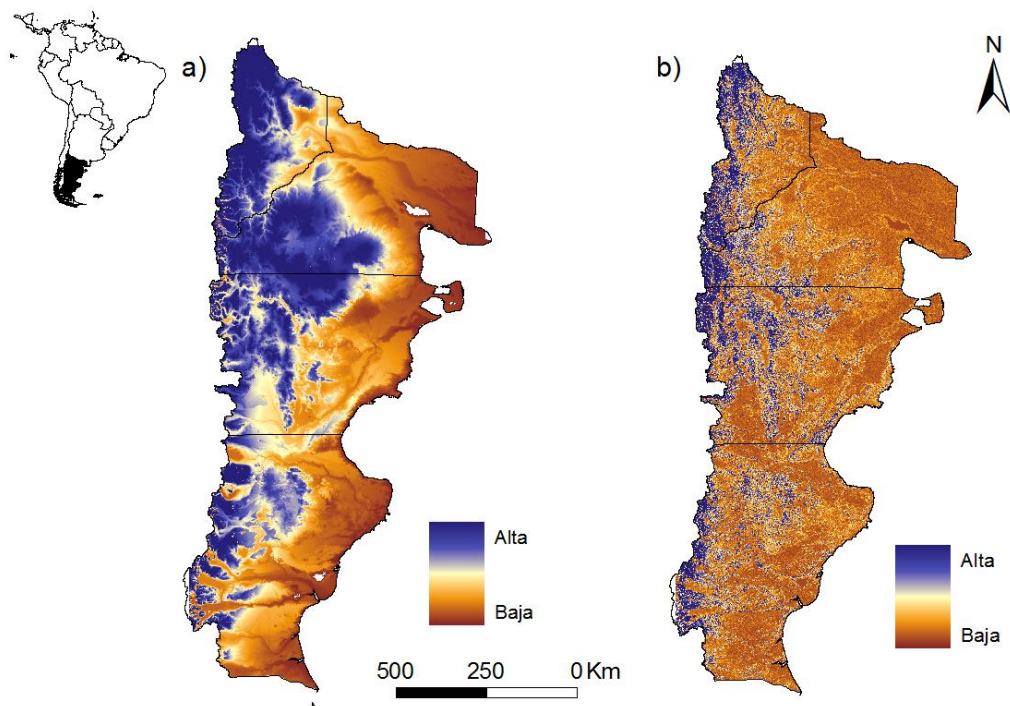


Figura 6. Variables ambientales indicadoras de la irregularidad del terreno: a) pendiente media y b) altitud media, Patagonia Argentina.

Variables vinculadas con la actividad antrópica

La distancia a la ciudad y/o localidad más cercano se obtuvo aplicando el comando DISTANCE (IDRISI Selva) a la imagen de ciudades y localidades presentes en

las provincias patagónicas obtenido a partir del Sistema de Información geográfico elaborado por “Instituto Geográfico Nacional” (www.ign.gov.ar) (Fig. 7).

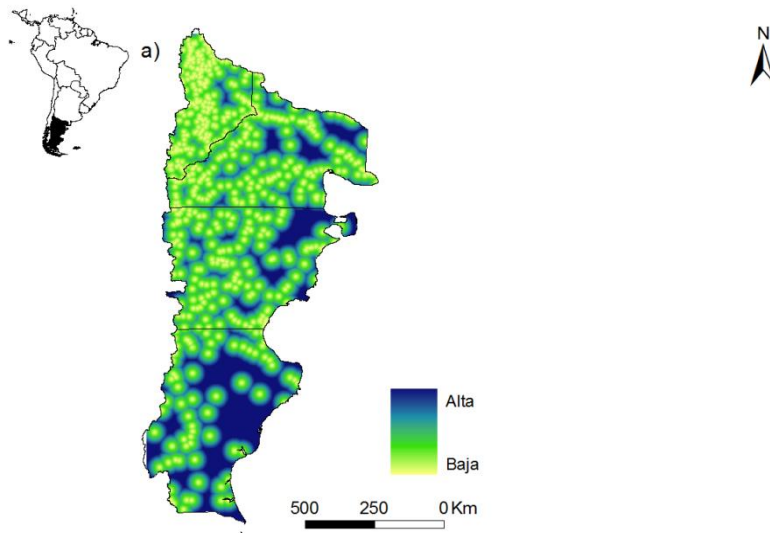


Figura 7. Variable vinculada con la actividad antrópica: Distancia a la ciudad y/o localidad más cercana a partir de la imagen de ciudades y localidades presentes en la región patagónica.

La distancia a la ruta consolidada y/o a la ruta pavimentada más cercana, se obtuvo aplicando el comando DISTANCE (IDRISI Selva) a la imagen de las rutas presentes en región patagónica obtenida del Sistema de Información geográfico elaborado por “Instituto Geográfico Nacional” (www.ign.gov.ar) (Fig. 8a y 8b, respectivamente).

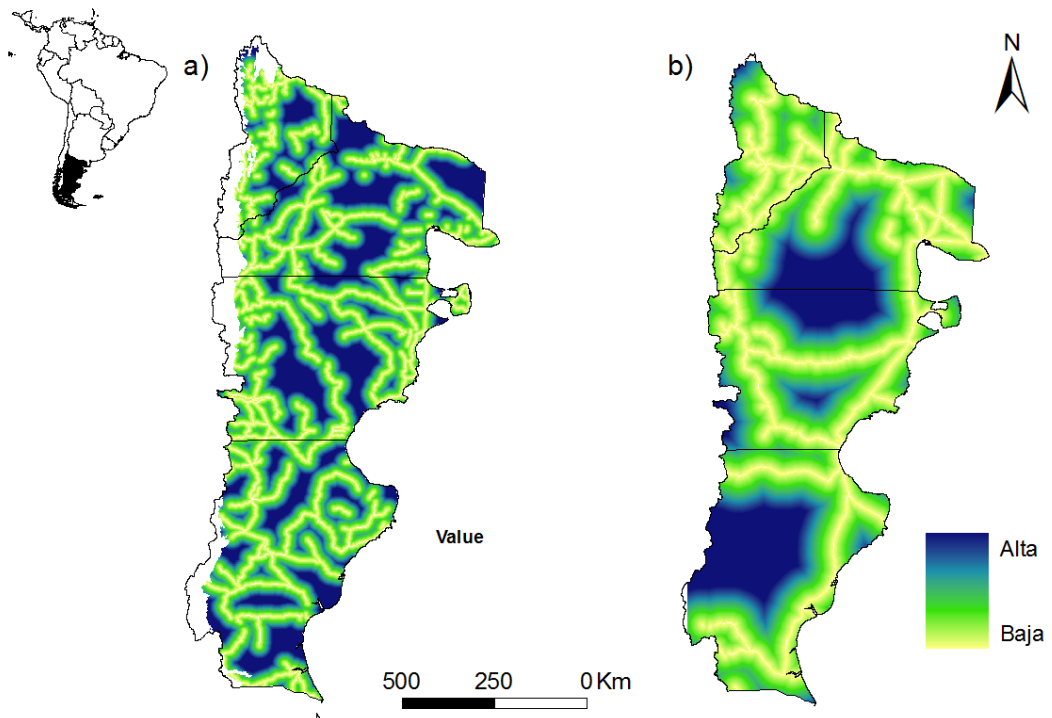


Figura 8. Variable vinculada con la actividad antrópica: a) distancia a la ruta consolidada más cercana y b) distancia a la ruta pavimentada más cercana, a partir de la imagen de las rutas presentes en región patagónica.

A partir de la imagen del catastro de establecimientos presentes en las provincias patagónicas, se categorizó las estancias según el tamaño en 4 categorías: 1) menor a 10,000 ha, 2) entre 10,000 y 20,000 ha, 3) entre 20,000 y 30,000 ha y 4) mayor a 30,000 (Fig 9a).

También se estimó la distancia más cercana a las estancias mayores a 30,000 ha, utilizando el comando DISTANCE (IDRISI Selva) a la imagen de estancias mayores de 30,000 ha presentes en región patagónica (Fig 9b).

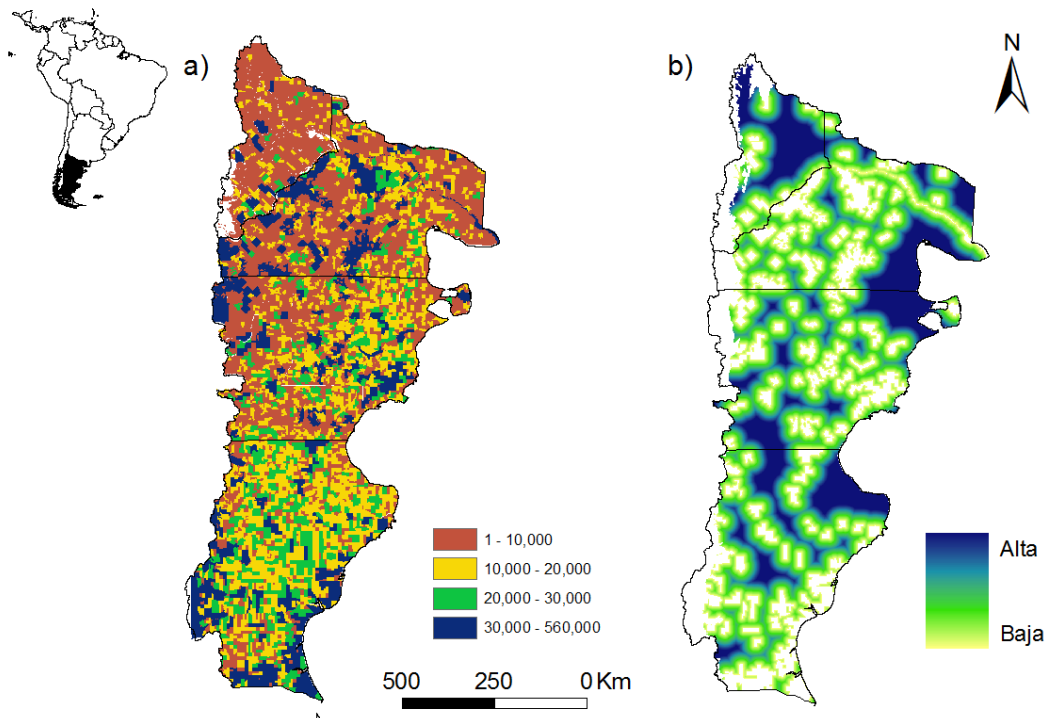


Figura 9. Variable vinculada con la actividad antrópica: a) Catastro divididas en 4 categorías según el tamaño de la unidad agropecuaria en hectáreas y b) Distancia a establecimientos con superficie mayor a las 30,000 ha más cercana.

ii. Construcción y validación de los modelos de aptitud de hábitat

Variable respuesta

Para elaborar modelos de presencia / ausencia es necesario definir la unidad espacial en la que se registran las presencias y las ausencias, así como el universo de aplicación del modelo. Para este fin se utilizaron celdas o píxeles de 1 km^2 . Los recorridos de los vuelos se llevaron a esta resolución espacial (1 km^2) y se seleccionaron todas las celdas del área de estudio que fueron muestreadas. Luego, sobre estas celdas muestreadas se superpusieron los contactos con guanacos. Aquellas celdas con ≥ 1 contactos con la especie en estudio fueron consideradas presencias y las restantes celdas fueron consideradas ausencias (Tabla 2).

Tabla 2. Número de contactos con guanacos y de celdas consideradas presencias y ausencias utilizando una grilla de 1 km², durante los relevamientos aéreos realizados durante el año 2014/15 en la Patagonia Argentina.

Especie	Nº de contactos	Nº presencias	Nº ausencias
Guanaco	2405	1544	11133

Variables predictoras potenciales

Para analizar la relación entre la presencia de guanaco y las variables ambientales se seleccionaron aquellos predictores ambientales potenciales, que incluyen los principales gradientes y características ambientales más relevantes (Tabla 3).

La multicolinealidad (existencia de una correlación fuerte entre dos variables independientes) puede causar dificultades a la hora de comparar entre modelos alternativos (Lennon, 1999). Se consideró que dos predictores estaban altamente correlacionados si el coeficiente de correlación de "Spearman" era > 0.7 . Entre predictores altamente correlacionados se retuvo aquel más fácilmente interpretable según la ecología de la especie (Austin, 2007).

Tabla 3. Variables predictoras en la construcción de los modelos de aptitud de hábitat de guanaco en la región patagónica.

Acrónimo de las variables predictoras	Descripción de las variables
NDVI.medio	Índice de vegetación medio normalizado
NDVI.CV	Coefficiente de variación del NDVI medio
Dist.lago	Distancia al cuerpo de agua más cercano
Dist.rio	Distancia al arroyo o río más cercano
Altitud	Altitud media
Pendiente	Pendiente media
Dist.urban	Distancia a la ciudad más cercana
Dist.RC	Distancia a la ruta consolidada más cercana
Dist.RP	Distancia a la ruta pavimentada más cercana
Area.esta	Superficie en ha. de las establecimiento.
Dist.esta	Distancia a la establecimiento mayor de 30,000 ha más cercana

ii. Construcción de modelos de aptitud de hábitat

Se construyeron modelos aditivos generalizados (GAMs, Hastie y Tibshirani, 1990) de presencia / ausencia de guanaco utilizando un error binomial y una función de enlace logística. Los GAMs son extensiones semi-paramétricas de los modelos lineales generalizados (GLMs, McCullagh y Nelder, 1989) y al igual que estos, utilizan una función de enlace para establecer relaciones entre la media de la variable respuesta y la función suavizada de las variables predictoras. La ventaja de utilizar estos modelos es que los datos determinan la naturaleza de la relación entre la variable respuesta y los predictores, sin asumir necesariamente algunas de las distribuciones paramétricas (Guisan *et al.*, 2002).

Debido a que las celdas con ausencias eran más frecuentes que aquellas con presencias (Tabla 1), se realizó un remuestreo aleatorio y sin reemplazo de todas las celdas. Para que el porcentaje de presencias / ausencias fuera equilibrado, se seleccionaron el mismo número de ausencias que de presencias en cada caso en particular, y posteriormente, de cada matriz cuadrada se utilizó sólo el 80 % para la construcción del modelo (McPherson *et al.*, 2004; Liu *et al.*, 2005). Este remuestreo se repitió al menos 100 veces, es decir, se construyeron 100 modelos cada uno de ellos con una muestra aleatoria de ausencias (McPherson *et al.* 2004; Liu *et al.* 2005). Los predictores fueron seleccionados de un set inicial de variables predictoras (Tabla 3) mediante un modelo por pasos que realiza una selección bidireccional comenzando con un modelo que incluye todos los predictores con un *spline* de 3 g.l. (utilizando el software libre "R") y los va eliminando. Para eliminar un predictor se utilizó como criterio de optimización, el criterio de información de Akaike (cuanto menor AIC, mejor es el modelo; Sakamoto *et al.*, 1986).

De los 100 modelos construidos a partir del procedimiento de remuestreo se seleccionaron aquellos modelos que fueron categorizados como más parsimoniosos al menos el 10 % de las veces. Luego se repitió el mismo procedimiento de remuestreo, pero esta vez con cada uno de los modelos seleccionados, donde las variables se dejaban fijas pero se permitía la simplificación progresiva de los g.l. del *spline*. Nuevamente, se retuvieron aquellos modelos que fueron seleccionados como mejores modelos al menos el 10 % de las veces.

Por último, se utilizó la matriz con la prevalencia original para comparar modelos alternativos que fueron seleccionados como más parsimoniosos en términos de AIC (Burnham y Anderson, 2002). Se consideraron modelos competitivos a aquellos que tuvieran un valor de $\Delta \text{AIC} < 2$ (diferencia entre el AIC de un modelo con respecto al modelo con menor AIC).

Validación de modelos de aptitud de hábitat

Cada vez que se generaba una matriz para construir un modelo, el 20 % restante de dicha matriz se utilizaba para evaluar la capacidad predictiva del modelo. Para medir la capacidad predictiva de los 100 modelos se utilizó el índice de AUC de los diagramas de ROC (Murtaugh, 1996). El AUC varía entre 0 y 1, donde el 0 corresponde a un modelo cuya capacidad discriminatoria no es mejor que el azar y el 1 a modelos con una capacidad discriminatoria perfecta (Pearce y Ferrier, 2000). Aquellos modelos con un $AUC \geq 0.7$ fueron considerados modelos con capacidad predictiva moderada (Harrel, 2001).

d. GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍAS PREDICTIVAS DE DISTRIBUCIÓN DE GUANACO

Los GAMs, a diferencia de los GLMs, poseen la desventaja de no contar con una ecuación lineal fácilmente incorporable en un SIG (Sistema de Información Geográfico), para hacer predicciones y producir un mapa (Suárez-Seoane *et al.*, 2002). Para generar las cartografías predictivas primero se determinó el rango de variación de cada predictor incluido en el modelo final y luego se generó una máscara con valores de 1 para todas las celdas con valores dentro del rango de la variable y 0 para las celdas con valores no incluidos en dicho rango. Este procedimiento se realizó con cada una de las variables incluidas en el modelo final. Las máscaras resultantes de las variables seleccionadas se multiplicaron generándose una imagen con ceros y unos, en la cual quedó definido el “universo de aplicación del modelo”, es decir, el conjunto de celdas dentro del área de estudio donde los valores de los predictores están dentro del rango en el que el modelo es aplicable (v.g. el modelo no puede aplicarse para valores de NDVI mayores o menores que los que se registraron en las celdas muestreadas). Por último, se exportó el conjunto de valores de los predictores en las celdas donde el modelo era aplicable, desde IDRISI a R y se generó una matriz donde cada predictor quedaba representado por una columna y donde cada fila representada una celda. Para predecir la probabilidad de presencia de la especie en cada una de las celdas se utilizó el comando *predict.gam* (paquete “gam” version 1.09.1) que permite hacer predicciones de un modelo GAM sobre una nueva matriz de predictores. Finalmente, la matriz con los valores predichos de probabilidad de presencia de guanaco fue importada a IDRISI generando un mapa de probabilidad de presencia de la especie en estudio para la región patagónica.

e. ESTIMACION DE DENSIDAD Y ABUNDANCIA

Un aspecto a tener en cuenta en la estimación de la abundancia de la vida silvestre es conocer la probabilidad con la que se pueden encontrar a los animales. Esta probabilidad de encontrar a los animales varía por una serie de factores, donde están involucradas las características del ambiente, las condiciones meteorológicas, el tamaño y lo conspicuo del animal en estudio, el entrenamiento de los observadores, la distancia entre el animal y quien registra su presencia (Buckland et al., 1993; Anderson, 2001; MacKenzie et al., 2006).

Uno de los principales inconvenientes en la estimación de la abundancia poblacional es la detectabilidad imperfecta (Anderson, 2001), que hace referencia a la menor chance de “ver” objetos de interés (en este caso guanacos) a medida que se está más lejos del observador. En otras palabras es esperable detectar menos guanacos en sitios alejados al avión que en sitios cercanos, solo por la incapacidad de observar a los animales y no por condiciones de comportamiento de la especie o características desfavorables del hábitat.

Se ha desarrollado un cuerpo teórico muy sólido para corregir el efecto de la detectabilidad imperfecta en función de la distancia a la que se encuentra el objeto de interés, conocido como muestreo de distancias (*distance sampling*) (Burnham et al., 1980, Buckland et al. 1993, 2004). Esta metodología modela la detección en función de la distancia a la que se observa el objeto de interés con diferentes funciones teóricas, permitiendo la estimación insesgada de la densidad si se cumplen una serie de supuestos (Burnham et al., 1980; Buckland et al., 1993, 2004). En el presente estudio, la metodología utilizada para la toma de datos ha sido *distance sampling* por las razones antes esgrimidas. No obstante, previamente a la aplicación de la misma para el análisis, es conveniente evaluar si la detectabilidad cambió en función de la distancia dentro de los límites de observación definidos.

Particularmente en este caso se evaluaron dos franjas a ambos lados del avión, donde a priori (como se explicó anteriormente) se espera que la posibilidad de ver guanacos en las fajas exteriores sea menor que en las fajas interiores, a causa de la mayor distancia entre el observador y el guanaco.

A fin de evaluar si existieron diferencias en la detectabilidad de ambas fajas se aplicó el test de Bland – Altman (Bland & Altman, 1986). En caso de no encontrar diferencias no es necesario corregir la estimación de densidad por detectabilidad imperfecta y resulta eficaz la estimación de la densidad por la técnica de “*strip transect*” o conteo por fajas.

Se estimó la densidad de cada plot por la técnica de “*strip transect*” por medio de la siguiente ecuación:

$Densidad = (Número\ de\ guanacos\ contados) / (superficie\ total\ de\ la\ faja),$

donde la

$superficie\ total\ de\ la\ faja$

$$= 2 * Largo\ del\ plot * Altura\ efectiva\ de\ vuelo * (\tan(60^\circ) - \tan(20^\circ))$$

Se estimó la densidad de guanacos por biozona y provincia, y se post - estratificó para obtener la densidad por provincia en base al peso proporcional de la superficie de cada biozona dentro de cada provincia (Cochran, 1980).

2. RESULTADOS

A. MODELOS DE APTITUD DE HÁBITAT

Todos los modelos competitivos de aptitud de hábitat de guanaco construidos con el set de predictores potenciales incluyeron las siguientes variables: NDVI.medio, Altitud, Dist.urban, CV.NDVI, y Dist.río (Modelo 1, 2, 3 en tabla 4). Se encontró una relación positiva entre la presencia de guanaco y la distancia al centro urbano más cercano y con la variación del NDVI medio, y una asociación negativa con el promedio del NDVI y la distancia más cercana al río y/o arroyo más cercano (Fig. 10 a, b, c). Asimismo, la probabilidad de presencia de guanaco aumenta con la altitud hasta alrededor de los 750 m sobre el nivel del mar; mientras que dicha relación se torna negativa en sitios con altitudes mayores a 750 m (Fig. 10 a, b, c). Con lo cual, la probabilidad de presencia de guanacos aumentaría en regiones alejadas de los centros urbanos, de baja la productividad primaria media identificada por el NDVI pero muy variables en el año, cercanas a ríos y arroyos y de baja elevación del terreno (menores a 750 m).

El modelo más parsimonioso además de incluir estas cinco variables encontró una relación positiva con la variable "Area.esta", la cual estaría indicando que habría mayor posibilidad de ocurrencia de guanacos en establecimientos con superficies mayores a las 50,000 ha (Modelo 1 en tabla 4, Fig. 10 a).

Mientras, que el segundo modelo más parsimonioso incluyó la variable "Dist.esta". Este modelo indica que la presencia de guanaco esta negativamente asociada con el aumento de la distancia más cercana al establecimiento con una superficie mayor de 30,000 (Modelo 2 en tabla 4, Fig. 2 a). Con lo cual este modelo, al igual que el modelo 1, indica que la probabilidad de presencia de guanacos es mayor cercana a establecimientos de gran superficie.

Tabla 4. Modelos competitivos para la presencia de guanaco en la región patagónica. Para cada modelo se dan los valores del criterio de información de Akaike (AIC) y la diferencia de AIC entre el modelo y el modelo con el menor AIC (Δ AIC). _{3,2} significa que esa variable entró en el modelo con un *spline* de 3 o 2 g.l., respectivamente.

Código	Variables incluidas en cada modelo competitivo	AIC	Δ AIC
1	NDVI.medio3 + Altitud3 + Dist.urban + CV.NDVI3 + Dist.rio + Area.esta3	8109	0
2	NDVI.medio3 + Altitud3 + Dist.urban + CV.NDVI3 + Dist.rio + Dist.esta3	8112	3
3	NDVI.medio3 + Altitud3 + Dist.urban + CV.NDVI3 + Dist.rio	8113	4

Para todos los modelos competitivos, se construyeron modelos binomiales con una capacidad predictiva mejor que al azar porque el valor de AUC de validación medio varió (\pm SE) entre 0.71 ± 0.01 y 0.72 ± 0.02 (Tabla 5). Estos parámetros estadísticos sugieren que son modelos robustos con buena capacidad para predecir la distribución del guanaco dentro del rango de variación de las variables utilizadas (Edith 2000, Harrel 2001).

Tabla 5. Determinación de la capacidad predictiva de los modelos de presencia de guanaco, calculados para 100 modelos con cada conjunto de datos de validación. Para cada modelo se dan de los valores medios de AUC (\pm SE) y el porcentaje de los modelos que se obtuvo un valor de $AUC \geq 0.7$.

Código	Variables incluidas en cada modelo competitivo	AUC \pm SE	%
1	NDVI.medio3 + Altitud3 + Dist.urban + CV.NDVI3 + Dist.rio + Area.esta3	0.72 \pm 0.01	90
2	NDVI.medio3 + Altitud3 + Dist.urban + CV.NDVI3 + Dist.rio + Dist.esta3	0.72 \pm 0.01	89
3	NDVI.medio3 + Altitud3 + Dist.urban + CV.NDVI3 + Dist.rio	0.71 \pm 0.02	85

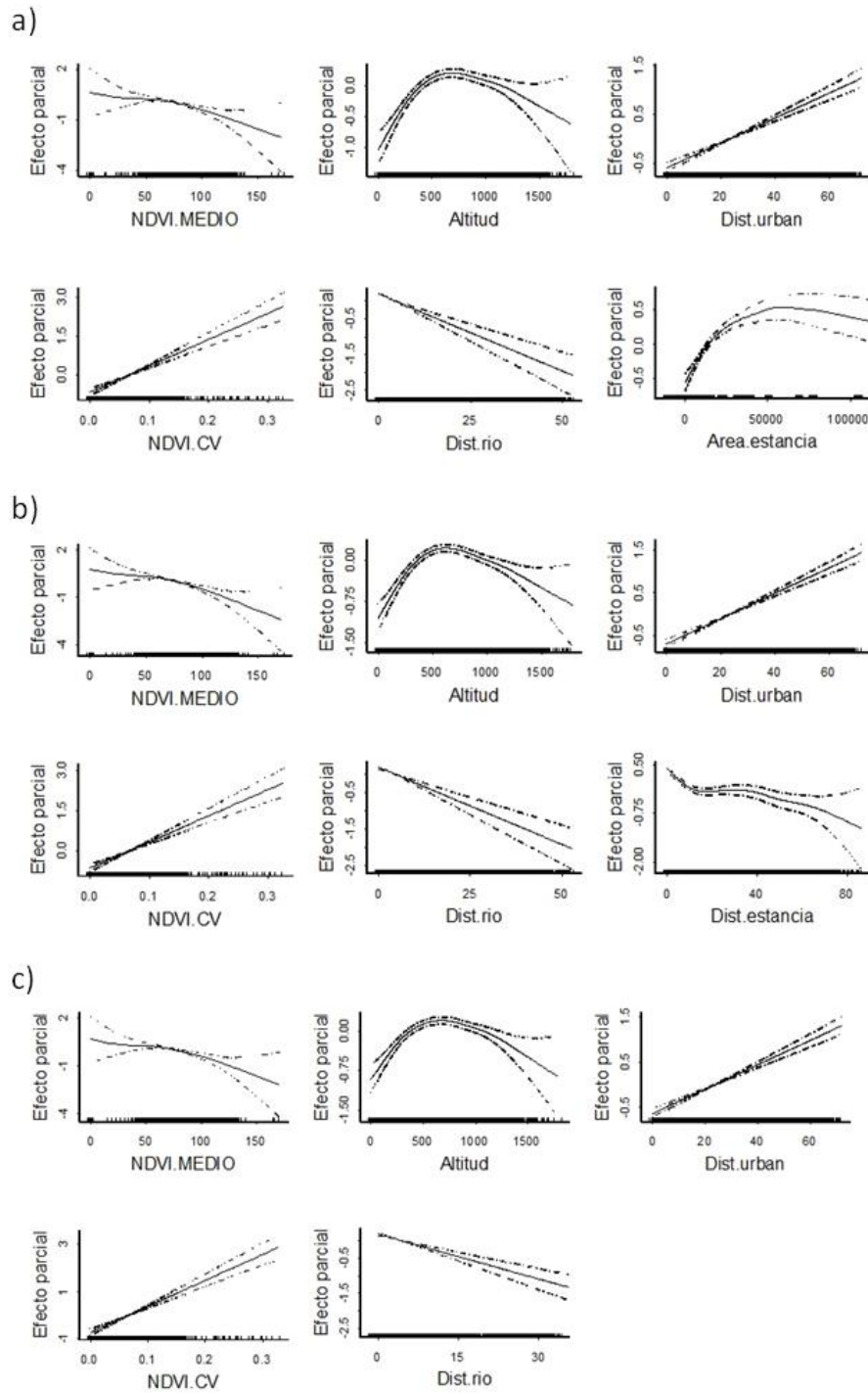


Figura 10. Efectos parciales de las variables incluidas en los modelos competitivos de presencia de guanaco: a) modelo 1, tabla 1; b) modelo 2, tabla 1 y c) modelo 3, tabla 1.

B. CARTOGRAFÍA PREDICTIVA DE APTITUD DE HÁBITAT DE GUANACO

La probabilidad de contactar un individuo o grupo de guanacos en una celda de 1 km^2 se encuentra determinada por la combinación de los efectos de las variables incluidas en cada uno de los tres modelos competitivos (Modelo 1, 2, 3 Fig. 10). Por lo tanto, no es fácil de interpretar el patrón espacial de la distribución de la especie sin proyectar dichas variables en un SIG. Cada celda incluida en los mapas de aptitud de hábitat de guanacos que se muestran en la figura 11, contiene la probabilidad final como suma de los efectos parciales de las variables incluidas en estos modelos. El mapa de probabilidad continua varía entre 0 y 1, tomando valor 0 aquellas celdas donde el modelo indica que la probabilidad de presencia de la especie es nula y 1 aquellas donde el modelo indica que siempre se contactaría un individuo de la especie (Fig. 11).

Las cartografías predictivas de aptitud de hábitat de guanaco construida con los tres modelos (Fig. 11) muestran que la probabilidad de presencia aumenta de norte a sur en Santa Cruz. Es decir, que los hábitats más adecuados, según las variables incluidas en el modelo más parsimonioso, estarían distribuidos en el sur de la Patagonia, y por lo contrario los hábitats menos adecuados para la especie al norte del área de estudio. Por lo tanto, las zonas de mayor probabilidad de presencia con la especie están en la provincia de Santa Cruz en la zona central donde se ubica la meseta central.

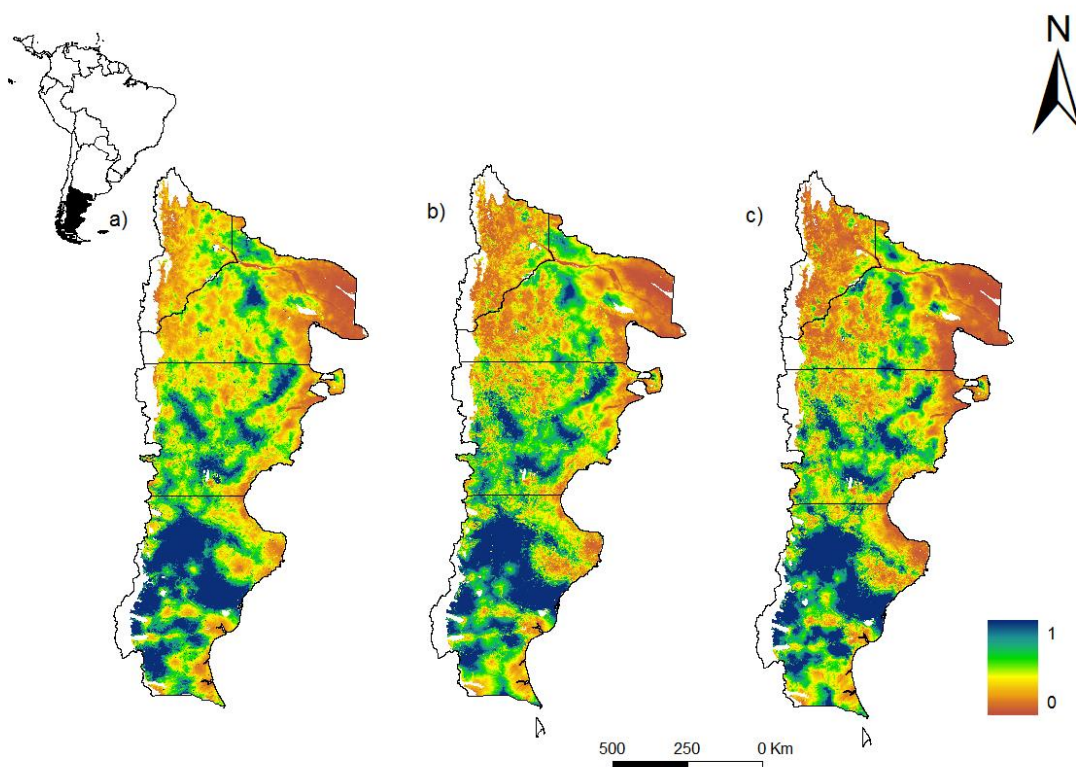


Figura 11. Mapas predictivos de aptitud de hábitat para el guanaco en la región patagónica: a) modelo 1, tabla 1; b) modelo 2, tabla 1 y c) modelo 3, tabla 1. El valor indica la probabilidad de tener un contacto con un guanaco en condiciones estándar del relevamiento, que puede asumirse que corresponde con cambios en la aptitud del hábitat. De manera que probabilidades bajas corresponden a densidades bajas de guanacos y a sitios de baja calidad de hábitat y probabilidades altas a densidades altas de guanacos y sitios de muy buena calidad de hábitat. Áreas en blanco corresponden a regiones sin predicción por parte del modelo (zonas de bosques) y zonas fuera del rango de predicción del modelo.

c. ESTIMACIÓN DE DENSIDAD

El esfuerzo efectivo de muestreo para toda la región fue de 10021 km lineales de vuelo, con un total de 11793 guanacos contabilizados. Los muestreos se realizaron en 56 horas de vuelo efectivo sobre el terreno muestreado. El total de plots incluidos en el estudio fue de 2252 donde en el 71 % de los mismos no se encontraron guanacos.

Tabla 6. Distancia efectivamente muestreada en kilómetros por provincia

Provincia	Distancia(km)
Neuquén	1325
Rio Negro	3843
Chubut	3282
Santa Cruz	1571
Total	10021

La detectabilidad entre las fajas a los lados del avión fue similar, tal como lo demuestra el test de concordancia de Bland – Altman (Fig. 12) con límites de acuerdo entre -302.4 y 345.6 para el límite inferior del 2.5 % y superior de 97.5%.

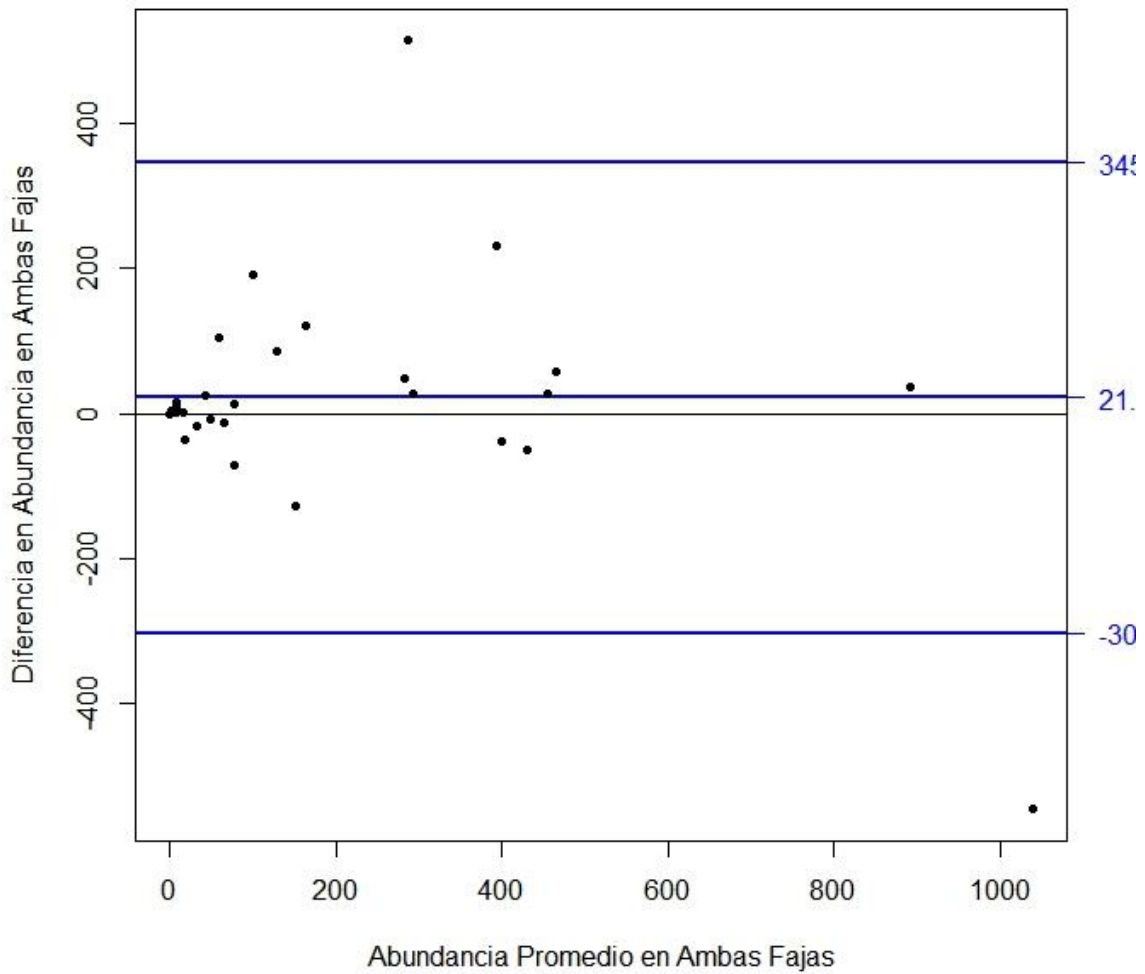


Figura 12. Gráfico de Bland – Altman para las abundancias por transecta entre las fajas cercanas y lejanas al avión.

La estimación de la densidad media por biozona presentó una variabilidad muy alta. La Región del Golfo presentó el menor coeficiente de variación de (c.v.=129%) y el Monte Oriental el máximo con un c.v. de 796%. En la tabla 7 se presentan las densidades medias por biozona, estratificado por provincia (a, b, c, d). Las superficies de cada provincia corresponden al área correspondiente a las biozonas incluidas en el estudio.

Tabla 7. Cálculo de la Densidad Promedio (ind/km²), Desvío Estándar de la Densidad, Número de Plots, superficie de la biozona (km²) y su peso ponderado, estratificado por Biozonas para las provincias relevadas.

a. Santa Cruz

Biozona	Densidad Promedio	Densidad Desvío Est.	Número de Plots	Superficie Biozona (km ²)	Peso Ponderado
Distrito Central Patagónico	6.62	47.62	140	133255	0.68
Matorral de Mata Negra	7.44	126.49	142	28337	0.14
Pastizales Subandinos	8.10	0.00	1	21781	0.11
Sierras y Mesetas Occidentales	6.59	20.06	26	13635	0.07

b. Chubut

Biozona	Densidad Promedio	Densidad Desvío Est.	Número de Plots	Superficie Biozona (km ²)	Peso Ponderado
Distrito Central Patagónico	2.31	11.24	346	85475	0.41
Monte Austral	5.06	184.94	50	37177	0.18
Pastizales Subandinos	0.00	0.00	5	15624	0.08
Región del Golfo	5.86	28.26	63	14038	0.07
Sierras Y Mesetas Occidentales	1.56	14.77	273	54394	0.26

c. Río Negro

Biozona	Densidad Promedio	Densidad Desvío Est.	Número de Plots	Superficie Biozona (km ²)	Peso Ponderado
Distrito Central Patagónico	0.45	1.36	246	36152	0.19
Grandes Valles Irrigados	0.00	0.06	2	5647	0.03
Monte Austral	1.04	11.18	289	86380	0.44
Monte Oriental	0.01	1.98	63	28499	0.15
Pastizales Subandinos	0.10	0.07	14	2870	0.01
Sierras Y Mesetas Occidentales	1.59	15.01	338	35720	0.18

d. Neuquén

Biozona	Densidad Promedio	Densidad Desvío Est.	Número de Plots	Superficie Biozona (km ²)	Peso Ponderado
Distrito Central Patagónico	0.21	0.08	21	13674	0.19
Monte Austral	0.03	0.01	69	28991	0.40
Pastizales Subandinos	0.00	0.00	1	9355	0.13
Sierras y Mesetas Occidentales	0.40	1.35	163	19889	0.27

d. ESTIMACIÓN DE ABUNDANCIA**Tabla 8.** Número de guanacos estimado, superficie cubierta, superficie de la biozona y Esfuerzo: porcentaje de la superficie relevada de cada biozona por provincia.**a. Santa Cruz**

Biozona	No. guanacos estimado	Superficie cubierta (Km ²)	Superficie Biozona (Km ²)	Esfuerzo
DISTRITO CENTRAL PATAGONICO	881938	508	133255	0.4%
MATORRAL DE MATA NEGRA	210874	319	28337	1.1%
PASTIZALES SUBANDINOS	176504	4	21781	0.0%
SIERRAS Y MESETAS OCCIDENTALES	89828	108	13635	0.8%
TOTAL	1 359 144	939	197 008	0.5%

b. Chubut

Biozona	No. guanacos estimado	Superficie cubierta (km ²)	Superficie Biozona (km ²)	Esfuerzo
DISTRITO CENTRAL PATAGONICO	197377	1688	85475	2.0%
MONTE AUSTRAL	187946	278	37177	0.7%
PASTIZALES SUBANDINOS	0	29	15624	0.2%
REGION DEL GOLFO	82290	319	14038	2.3%
SIERRAS Y MESETAS OCCIDENTALES	84920	1357	54394	2.5%
TOTAL	552533	3671	206708	1.8%

c. Río Negro

Biozona	No. guanacos estimado	Superficie cubierta (km ²)	Superficie Biozona (km ²)	Esfuerzo
DISTRITO CENTRAL PATAGONICO	16 175	677	36152	1.9%
GRANDES VALLES IRRIGADOS	-	3	5647	0.1%
MONTE AUSTRAL	90 093	741	86380	0.9%
MONTE ORIENTAL	317	135	28499	0.5%
PASTIZALES SUBANDINOS	297	43	2870	1.5%
SIERRAS Y MESETAS OCCIDENTALES	56 850	996	35720	2.8%
TOTAL	163 732	2 595	195 268	1.3%

d. Neuquén

Biozona	No. guanacos estimado	Superficie cubierta (km ²)	Superficie Biozona (km ²)	Esfuerzo
DISTRITO CENTRAL PATAGONICO	2821	76	13674	0.6%
MONTE AUSTRAL	802	271	28991	0.9%
PASTIZALES SUBANDINOS	0	4	9355	0.0%
SIERRAS Y MESETAS OCCIDENTALES	8007	624	19889	3.1%
TOTAL	11630	975	71909	1.4%

Tabla 9. Total Región

Provincia	Número Total		
	Media	IC - inf	IC – sup
Neuquén	11 630	11 281	11 979
Río Negro	163 731	161 986	165 476
Chubut	552 533	544 900	560 166
Santa Cruz	1 359 145	1 346 057	1 372 232
Total	2 087 039	2 064 224	2 109 853

3. CONCLUSIONES

El relevamiento aéreo con la tecnología disponible y la posibilidad de establecer períodos de toma de datos y de descanso resultó efectivo para la mayoría de los observadores, que tomaron la rutina en el primer día de entrenamiento. Volando a la altura descrita en la metodología no se manifestaron problemas de visualización de los guanacos independientemente de la característica o rugosidad del terreno o de la superficie a cubrir.

A pesar de las consideraciones sobre la disminución de la detectabilidad con la distancia, en el presente estudio se evaluó si la cantidad de guanacos contados en la faja cercana al avión (Fig. 3) fue similar a la contada en la faja más alejada, considerando que la detectabilidad en el sector más cercano al avión debe ser perfecta para que la metodología cumpla con el principal supuesto. Al no encontrar diferencias significativas en el número de guanacos observados por faja (ver resultados) se asumió que la detectabilidad es perfecta dentro del sector delimitado por ambas fajas, siendo conveniente y además lícito considerar esto como una faja y estimar la densidad de guanacos con la técnica conocida como *strip transect*, cuyo principal y único supuesto

es que la detectabilidad dentro del área muestreada sea total. Esto se analizó, y queda demostrado que no se viola el supuesto.

Existe una estimación poblacional de guanacos que también utilizó la técnica strip transect a partir de relevamientos aéreos (Amaya et al. 2001), donde se recorrieron un total de 8080 km y se estimó una población de 401.500 guanacos para Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz. Si bien no es objetivo de esta etapa del relevamiento hacer una comparación entre los resultados actuales y los del 2001 (Amaya et al., 2001), pareciera haber un aumento importante de las poblaciones de guanacos en las provincias de Río Negro, Chubut y Santa Cruz. No obstante, la población de guanacos en la provincia de Neuquén pareciera haberse reducido. Aunque, esta comparación es apenas una aproximación grosera debido a que simplemente se están mirando los números finales sin tener en cuenta las variabilidades relacionadas a los datos. En particular se señala la necesidad de contar con una serie de datos que idealmente se obtengan cada 5 años para poder analizarlos junto a los eventos ambientales que ocurran en ese período.

Tabla 10. Total de guanacos para años relevados

Provincia	Año 2001	Año 2015
Neuquén	33000	11630
Río Negro	43300	163731
Chubut	101400	552533
Santa Cruz	223800	1359145
Total	401500	2087039

Asimismo, recientemente salió publicado una estimación de la densidad poblacional de guanacos para la provincia de Santa Cruz a partir de relevamientos terrestres en vehículo. En dicho estudio se recorrieron alrededor de 8000 km, siendo el 93% de las rutas disponibles en la provincia (Travaini et al., 2015). La estimación se realizó mediante el método de Line transect, donde se calcula una función de detectabilidad con respecto a la distancia perpendicular al contacto. A partir de este método se obtuvo un estimador poblacional para la provincia de Santa Cruz de 1.066.600 guanacos con un intervalo de confianza del 95 %; esta estimación varía entre 728.000 a 1.563.000 guanacos. Siendo que en el presente informe, la estimación de densidad poblacional calculada para Santa Cruz está en el orden de los 1.360.000 guanacos. Es decir que la cifra concuerda o está dentro de lo calculado con otros métodos más minuciosos que los relevamientos aéreos.

Como ya ha sido mencionado, al demostrar que el número de guanacos observados por faja no varía en este estudio, se asumió que la detectabilidad no disminuye con la distancia perpendicular al grupo o individuo de guanacos. Una de las críticas que justamente se le hace a la técnica strip transect es el hecho de que no permite estimar el número de individuos que no fueron detectados en el área censada

porque asume una detectabilidad perfecta. En contraste, distance sampling permite estimar una función de detectabilidad es decir el número de individuos que no se registraron en un área dada. Es por ello, que se señala que esta técnica sería más robusta debido que estas correcciones hacen que la extrapolación de la densidad fuera del área censada sean más eficientes (Buckland et al, 2001). Ahora bien, teniendo en cuenta estas limitaciones del método utilizado en este trabajo, es interesante destacar que el cálculo del estimador poblacional para la provincia de Santa Cruz no difiere considerablemente entre ambos estudios y que la estimación presentada en este informe estaría dentro de los intervalos de confianza presentados por Travaini et al. (2015). Asimismo, sin recurrir a los valores de los intervalos de confianza, han pasado 10 años entre ambos estudios y es altamente posible que la población de guanacos en Santa Cruz haya crecido desde el 2005-2006 hasta la fecha de realización de este estudio. Cabe destacar además que según otros trabajos, el relevamiento aéreo subestima en un 20 % el terrestre (Lundie-Jenkins et al., 1999; Pople et al., 1998). Es por ello, que todos estos argumentos estarían indicando que el uso de esta metodología es menos costoso y consume menor cantidad de esfuerzo hombre-campo, además de ser factible y eficiente.

Se encontró un importante gradiente norte - sur en el número de guanacos, con estimaciones de la abundancia de guanacos más de cien veces mayor en la provincia de Santa Cruz en comparación con la del Neuquén. Esto claramente denota que el estado de las poblaciones de cada provincia es diferente y con lo cual las estrategias de manejo deben adecuarse a cada realidad. Esto también es consistente con las cartografías predictivas de aptitud de hábitat del guanaco presentadas en este trabajo. Todos los modelos de aptitud de hábitat encontraron una relación negativa entre la probabilidad de presencia de guanaco y el promedio NDVI. Estas relaciones sugieren que los guanacos estarían mayormente asociados a ambientes de baja productividad vegetal. También, se halló que la distribución regional de guanaco estuvo asociada de forma positiva con zonas de altitud elevada hasta los 500 m.s.n.m., luego esta relación se torna negativa. Esta preferencia aparente por ambientes pocos productivos y de terreno elevado hasta los 500 m es posiblemente una consecuencia del rechazo a las zonas con alta carga ganadera y como consecuencia con mayor disturbio antrópico. Es por ello que esta asociación podría ser percibida como hábitats poco favorables para la especie. Las relaciones entre la distribución de guanacos y las variables ambientales, también han sido halladas en otro estudio realizado a escala de la provincia de Santa Cruz (Pedrana 2010, Pedrana et al., 2010).

El hecho de que la distribución regional del guanaco esté asociada de forma positiva con el aumento de la distancia a la ciudad o localidad más cercana sugiere que las actividades humanas, en esta región, tendrían un efecto directo y negativo contra la especie. A su vez, probablemente estaría indicando zonas donde la caza podría ser más intensa. Por otra parte, la probabilidad de presencia de guanacos disminuye con la

distancia más cercana a establecimientos de superficies mayores a 30.000 ha o aumenta la superficie de los establecimientos. Estas relaciones estarían indicando que los guanacos seleccionarían áreas dentro o cercanas a establecimiento de grandes extensiones probablemente porque en estos establecimientos la persecución o el control poblacional sobre la especie es menor.

El daño severo que las actividades humanas, como la caza y la persecución, pueden ocasionar sobre las poblaciones silvestres de guanaco ha sido abordado en un estudio previo (Donadio y Buskirk, 2006). Estos autores postularon que uno de los efectos directos de la persecución sobre las poblaciones de esta especie es que afectan el balance de energía (el consumo y el gasto) y que esto podría inducir cambios en las preferencias del hábitat, provocando que los animales escojan ambientes menos productivos pero en zonas más seguras. Evidentemente, el incremento potencial en la persecución y la caza podría producir un efecto negativo en las reservas energéticas de los animales perseguidos disminuyendo la supervivencia de los mismos (Cajal, 1991). Alguna evidencia que refuerza nuestros supuestos es que dentro de las áreas protegidas situadas en la Patagonia, como Reservas o Parques Nacionales, donde la caza no está permitida, las poblaciones de guanaco prefieren ambientes productivos con alta disponibilidad de recursos forrajeros en terrenos más bien planos, donde la probabilidad de depredación natural es baja, debido a que existe una mayor visibilidad (Bank et al., 2003; Puig et al., 2008).

A partir de los mapas de adecuación de hábitat construidos en este trabajo, se observa que las zonas de alta adecuación de hábitat para la especie se encuentran en el centro de la provincia de Santa Cruz. Estas áreas se corresponden con la región más degradada y menos productiva de dicha provincia denominada la "Meseta Central", donde el grado de desertificación de la estepa es del 77% de la tierra (Borrelli y Cibils, 2005). Como ya ha sido mencionado, el manejo inadecuado del ganado, como el exceso de carga animal en los establecimientos (Golluscio et al., 1998) ha propiciado una paulatina degradación de la tierra y un progresivo abandono de más del 50 % de las establecimientos ganaderos en esta provincia. Como consecuencia, se puede sugerir que la alta adecuación de hábitat hallada en esta zona se debe al bajo disturbio humano que resulta del alto grado de degradación de la estepa y a la baja accesibilidad de esta región. Estas asociaciones también fueron encontradas en otros estudios realizados en la provincia de Santa Cruz (Pedrana et al. 2010).

Para mantener un programa de monitoreo que dé cuenta de las fluctuaciones poblacionales aún falta organizar un sistema de información a escala regional, e implementar un sistema de monitoreo a esta escala.

Recomendaciones derivadas de este relevamiento incluyen:

Seguimiento por observación directa de las poblaciones de guanacos para Patagonia continua como método sugerido. Se sugiere que se realice de modo rotativo por provincia resultando con una frecuencia cada cinco años para cada provincia. Es decir, el próximo relevamiento de seguimiento se llevaría a cabo en 2016 iniciándose por ejemplo la provincia de Neuquén, en 2017 en Río Negro, 2018 Chubut, 2019 Santa Cruz. En el 2020 se volvería a iniciar por la provincia de Neuquén teniendo así completada la frecuencia de relevamiento cada 5 años.

Los mapas de distribución de guanacos en Patagonia se actualizaron con los resultados de este relevamiento y otras fuentes. Con la información de los relevamientos siguientes deberían mantenerse estas actualizaciones.

Se debería considerar la posibilidad de incorporar el método de muestreo con fotografías aéreas en simultáneo con el de observación directa para lograr obtener una calibración de las metodologías que resulte en datos comparables.

Factores de corrección para guanacos son conservadores debido a que se sabe que las estimaciones de densidad por los métodos aéreos tienden a subestimar. Esto es necesario mejorarlo, tanto para los avistajes visuales como en las fotografías. Es necesario seguir trabajando para evaluar la generalidad de los factores de corrección, tanto espacial como temporalmente.

REFERENCIAS

Amaya, J. 1985. Dieta de los camélidos sudamericanos. Pp. 69-77. En: J. Cajal y J. N. Amaya (eds). Estado Actual de las Investigaciones sobre Camélidos en la República Argentina. SECyT. Argentina.

Amaya, J. N., J. von Thüngen. y D. A. De Lamo. 2001. Relevamiento y distribución de guanacos en la Patagonia. Comunicación Técnica N° 107. Área RR NN Fauna. INTA EEA Bariloche. INTA-GTZ-TöB. 12 pp.

Anderson, D. R. 2001. The need to get the basics right in wildlife field studies. *Wildlife Society Bulletin*, 29(4), 1294–1297.

Anderson. D.R. 2002. Model selection and multi-model inference: a practical information-theoretic approach. Springer-Verlag. New York.

Austin, M. 2007. Species distribution models & ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. *Ecol. Model.*, 200:1-19.

Baldi, R. 1999. The distribution and feeding strategy of guanacos in the Argentine Patagonia: a sheep-dependent scenario. PhD thesis. University of London. London.

Baldi, R., S. D. Albon y D. A. Elston. 2001. Guanacos and sheep: Evidence for continuing competition in arid Patagonia. *Oecologia* 129:561-570.

Bank, M. S., R. J. Sarno y W. L. Franklin. (2003). Spatial distribution of guanaco mating sites in southern Chile: conservation implications. *Biol. Conserv.*, 112:427-434.

Bastin G. 2012. ACRIS Kangaroo Density Update 2009-2012 , ACRIS Management Unit CSIRO, PO Box 2111, Alice Springs NT 0871

Bland J.M. y D.G. Altman. 1986. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 327 (8476): 307–10.

Borrelli P, Cibils A (2005) Rural depopulation and grassland management in Patagonia. In: Reynolds SG, Frame J (eds) *Grasslands: developments, opportunities, perspectives*. Science Publishers, Enfield, NH, pp 461–487

Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, and J. L. Laake. 1993. Distance sampling: estimating abundance of biological populations. Chapman & Hall. Buckland et al., 1993

Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, D. L. Borchers, and L. Thomas. 2004. *Advanced distance sampling: estimating abundance of biological populations*. Oxford University Press Oxford.

Buckland, S.T., D.R Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, D. L. Borchers y L. Thomas. (2001). *Introduction to Distance Sampling*. Oxford University Press, Oxford.

Burnham, K. P. y D. R. Anderson. 2002. *Model selection and multi-model inference: a practical information-theoretic approach*. Springer-Verlag. New York.

Cajal, J. L. 1991. An integrated approach to the management of wild camelids in Argentina. Págs.: 305-321., en: M. A. Mares y D. J. Schmidly, (Eds.): *Latin America Mammalogy: History, Biodiversity and Conservation*. University of Oklahoma Press. Norman, London.

Cochran, W.G. 1980. *Técnicas de muestreo*. CECSA, México D.F.

De Lamo, D.A. 1997. Estado actual y perspectivas sobre el uso sustentable de poblaciones de camélidos silvestres. Guanaco (*Lama guanicoe*). Pp. 37-44. En: *Actas del 2º Seminario Internacional de Camélidos Sudamericanos*.

del VALLE, H.F., J.C. LABRAGA Y J. GOERGEN 1995. Biozonas de la región Patagónica. En: *Evaluación del estado actual de la desertificación en áreas representativas de la Patagonia: Informe final de la Fase I*. INTA-GTZ. Pags.: 37-55.

Donadio, E. y S. W. Buskirk. 2006. Flight behavior in guanacos and vicuña in areas with and without poaching in western Argentina. *Biol. Conserv.*, 127:139-145.

- Golluscio, R. 2009. Receptividad ganadera: marco teórico y aplicaciones prácticas. *Ecol. austral* v.19 n.3 Córdoba sept./dic. 2009. Version On-line ISSN 1667-782X.
- Golluscio, R. A., V. A. Deregibus y J. M. Paruelo. 1998. Sustainability and range management in the Patagonia steppes. *Ecología Austral*, 8:265-284.
- Guisan, A. 2002. Semi-quantitative response models for predicting the spatial distribution of plant species. Págs.: 315-326, en: J. M. Scott, P. J. Heglund, F. Samson, J. Haufler, M. Morrison, M. Raphael y B. Wall, (Eds.): *Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale*. Island Press, Covelo, CA.
- Harrell, F. E. 2001. *Regression modelling strategies*. Springer. New York.
- Hastie, T. y R. J. Tibshirani. 1990. *Generalized Additive Models*. Chapman & Hall. London.
- Heady, H. F.; Child, R. D. 1994. *Rangeland ecology and management*. Rangeland ecology and management. 1994 pp. xvi + 519 pp. ISBN 0-8133-2052-6
- Krueger, B., L. C. Bender, W. R. Gould y P. C. Morrow. 2007. A fixed-wing sightability model for oryx in desert habitats *South African Journal of Wildlife Research* 37(2): 133–142.
- Lennon, J. J. 1999. Resource selection functions: taking space seriously? *Trends Ecol. Evol.*, 14:399-400.
- Liu, C., P. M. Berry, T. P. Dawson y R. G. Pearson. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28: 385-393.
- Lundie-Jenkins, G. D. W. Hoolihan and G. W. Maag. 1999. An overview of the Queensland macropod monitoring programme *Australian Zoologist* 31(1) 301.
- MacKenzie, D.I.; J.D. Nichols; J.A. Royle; K.P. Pollock; L.L. Bailey, and J.E. Hines. 2006. *Occupancy estimation and modelling : inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- McCullagh, P. y J. Nelder. 1989. *Generalized Linear Models*. Chapman & Hall. New York.
- McPherson, J. M., W. Jetz y D. J. Rogers. 2004. The effects of species' range sizes on the accuracy of distribution models: ecological phenomenon or statistical artifact? *J. Appl. Ecol.*, 41:811-823.
- Murtaugh, P. A. 1996. The statistical evaluation of ecological indicators. *Ecol. Appl.*, 6:132-139.
- Pearce, J. y S. Ferrier. 2000. Evaluating the predictive performance of habitat models develop using logistic regression. *Ecol. Model.*, 133:225-245.

Pedrana J., J. Bustamante, A. Travaini, A. Rodríguez. 2010. Factors influencing guanaco distribution in southern Argentine Patagonia and implications for its sustainable use. *Biodiversity and Conservation*, 19:3499–3512, DOI 10.1007/s10531-010-9910-1.

Pedrana, J. 2010. Modelos predictivos de distribución y abundancia de especies silvestres susceptibles de usos sustentables en la Patagonia Austral Argentina. PhD Thesis, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

Pople A. R., S. C. Cairns B , T. F. Clancy C , G. C. Grigg A , L. A. Beard A and C. J. Southwell D. 1998. An assessment of the accuracy of kangaroo surveys using fixed-wing aircraft. *Wildlife Research*, 1998, 25, 315–326

Puig, S., F. Videla, M. I. Cona y V. R. Roig. 2008. Habitat use by guanacos (*Lama guanicoe*, Camelidae) in northern Patagonia (Mendoza, Argentina). *Stud. Neotrop. Fauna Environ.*, 43:1-9.

Sakamoto, Y., M. Ishiguro y G. Kitagawa. 1986. Akaike Information. Criterion statistics. KTK Scientific Publishers. Tokyo, Japan.

Short, J. and J. Hone. 1988. Calibrating Aerial Surveys of Kangaroos by Comparison with Drive Counts. *Aust. Wildl. Res.* Vo 15, 277-84.

Suárez-Seoane, S., P. Osborne y J. C. Alonso. 2002. Large-scale habitat selection by agricultural steppe birds in Spain: identifying species-habitat responses using generalized additive models. *J. Appl. Ecol.*, 39:755-771.

Travaini, A., S.C. Zapata, J. Bustamante, J. Pedrana, J.I. Zanón, A. Rodríguez. 2015. Guanaco abundance and monitoring in Southern Patagonia: distance sampling reveals substantially greater numbers than previously reported. *Zoological Studies* 54:23.

Travaini, A., J. Bustamante, A. Rodríguez, S. Zapata, D. Procopio, J. Pedrana y R. Martínez Peck. 2007. An integrated framework to map animal distributions in large and remote regions. *Divers. Distrib.*, 13:289-298.

Walter M. J. y J. Hone 2003. A Comparison of 3 Aerial Survey Techniques to Estimate Wild Horse Abundance in the Austr Australian Alps. *Wildlife Society Bulletin*, Vol. 31, No. 4 (Winter, 2003), pp. 1138-1149.

AGRADECIMIENTOS

Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación, FRAO

Pilotos: Daniel Wegrzyn, Pedro “Peter” Domínguez, Sebastián Saraceni, Daniel Martello.

Aeroclubes: de Lago Musters, Lago Buenos Aires, Puerto Madryn.

Aeródromos: de Jose de San Martin, de San Antonio Oeste, Lago Nahuel Huapi, Calafate, Esquel, Neuquén, Trelew.

Como parte del equipo de observadores actuaron Maria de los Ángeles Hernández, Lucrecia Cella Pizarro, Martín Zamero, Victoria Rodriguez, Virginia Massara Paletto.

Francisco Babinec por su apoyo en el análisis estadístico.

Foto de tapa: Alhue Bay Gavuzzo

GLOSARIO

AIC: criterio de información de Akaike

DEM: Digital Elevation Model Modelo digital de elevación de terreno

GAM: modelos aditivos generalizados

GLM: modelos lineares generalizados

IDRISI Selva 17.02

Modelos competitivos: Son aquellos modelos que tuvieron un valor de $\Delta AIC < 2$ (diferencia entre el AIC del modelo con respecto al modelo con menor AIC).

Plots: líneas donde se estima la abundancia, incluidas en las *Transectas*. El largo de los mismos es de 5 km y el ancho estimado es de 250 m pero depende de la altura efectiva de vuelo. Se toman intervalos de observación (97 segundos = 5 km) y de descanso (10 segundos).

software libre "R" <http://www.r-project.org/>

Transecta: línea de vuelo de aprox. 80 km. Sobre esta línea de toman las muestras (plots) y los períodos de descanso.



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación