

Centro Regional Universitario Bariloche

ESTIMACIÓN DE ABUNDANCIA DE GUANACOS
(*Lama guanicoe*) EN EL SUR DE NEUQUÉN
UTILIZANDO UN MÉTODO CALIBRADO DE
CONTEO AÉREO

Alejandro González

Trabajo para optar al grado de Licenciatura en
Ciencias Biológicas.

Septiembre 2004

ÍNDICE

| | Página |
|---|--------|
| Resumen | 4 |
| Abstract | 5 |
| Introducción | 7 |
| Objetivos | 10 |
| Materiales y métodos | 10 |
| Área de estudio | 10 |
| Estimaciones aéreas de densidad | 11 |
| Estimaciones de densidad por transectas terrestres | 14 |
| Análisis de datos | 14 |
| Resultados | 19 |
| Estimaciones de densidad | 19 |
| Calibración de estimaciones aéreas de densidad | 23 |
| Abundancia poblacional de guanacos en el sur de Neuquén | 24 |
| Tendencia poblacional en el período 1982 – 2001 | 24 |
| Conteo por fajas vs. transectas de línea | 25 |
| Discusión | 26 |
| Estimaciones de densidad | 26 |
| Calibración de estimaciones aéreas de densidad | 29 |
| Tendencia poblacional del guanaco en el período 1982 – 2001 | 33 |
| Conteo por fajas vs. transectas de línea | 33 |
| Conclusiones | 35 |
| Agradecimientos | 39 |

Bibliografía

Resumen

El último relevamiento poblacional regional de guanacos en el sur de la provincia de Neuquén corresponde al año 1982. La metodología utilizada para estimar la densidad de individuos fue el conteo aéreo por fajas. Esta metodología no tiene en cuenta la disminución de la probabilidad de detección de los individuos con la distancia al observador. Los objetivos de este trabajo fueron calibrar estimaciones aéreas de densidad de guanacos a través de estimaciones por conteos terrestres, estimar la abundancia de guanacos en el sur de Neuquén en el año 2001 y estimar la tendencia poblacional en el período 1982 – 2001. Se estimaron las densidades en cinco estancias del sur de Neuquén ubicadas en los departamentos Collón Cura, Catán Lil y Huiliches (40° S, 70°30' W) utilizando el método de transectas de línea, el cual corrige la proporción de individuos no detectados con la distancia al observador. Se asumió la violación del primer supuesto de la metodología en las estimaciones aéreas (todos los objetos en la línea de marcha son detectados), por lo que éstas se calibraron por medio de estimaciones de densidad con transectas terrestres. Se estimó la abundancia de guanacos a partir de las transectas terrestres y, donde no se hicieron estimaciones terrestres, a partir de la de la calibración de las transectas aéreas. Se estimó la tendencia poblacional en el período 1982 – 2001. Se compararon las metodologías de conteo por fajas y de transectas de línea. Se encontró una relación lineal significativa ($P = 0.003$) y positiva entre las estimaciones aéreas y terrestres de densidad. La abundancia de guanacos se estimó en 21065 individuos (IC 95%: 4108 – 108190). Se observó una disminución de la densidad de guanacos ($P < 0.001$) de 3.1 (ES 0.61) a 0.7 (ES 0.20) ind/km² en los últimos 20 años. La metodología de transectas de línea fue más exacta y precisa que la de conteo por fajas. Se provee un protocolo de trabajo para aumentar la exactitud y precisión de la metodología de transectas de línea aérea en el estudio de poblaciones de guanacos.

Abstract

The last regional survey of guanaco populations in the south of Neuquén Province was conducted in 1982, using the aerial strip-count technique. This technique does not consider the decrease in detection probability of the individuals as the distance to the observer increases. My objectives were to calibrate aerial density estimates with the absolute estimates calculated from ground transects, to estimate guanaco abundance in the southern region of the province of Neuquén in 2001 and to estimate the population trend of guanacos for the 1982-2001 period. I estimated guanaco density in five ranches located in Collón Cura, Catán Lil and Huiliches departments, Neuquén province (40° S, 70°30' W), applying the line-transect method, that corrects the proportion of the individuals left undetected according to the distance to the observer. I assumed the violation of the first assumption of this method for the aerial estimations (i.e., objects directly on the line are always detected), thus, they were calibrated with the absolute density estimates. Guanaco abundance was obtained from the ground estimates and from the absolute estimations derived from the calibration of aerial counts, at sites where no ground counts were performed. I estimated the population trend of guanacos for the 1982-2001 period. I compared the strip-count and line-transect methods. I found a significant ($P = 0.003$) and positive linear relationship between aerial and ground density estimates. I estimated guanaco abundance as 21065 individuals (95% CI = 4108 – 108190). There was a significant decrease in guanaco density in southern Neuquén ($P < 0.001$) from 3.1 ind./km² in 1982 (SE = 0.61) to 0.7 ind./km² in 2001 (SE = 0.20). The line-transect method was more accurate and precise than the strip-count method. I provide survey guidelines to enhance accuracy and precision of aerial line-transects, designed to assess guanaco populations.

Dedicada

... a la paciencia

Introducción

El guanaco (*Lama guanicoe*) es uno de los ungulados silvestres más abundantes de Sudamérica. Aproximadamente el 95% de los guanacos que aún subsisten se encuentra en Argentina, mientras que el 72% está localizado en el sur de la provincia de Mendoza y las provincias que componen la región patagónica argentina: Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego (Cunazza et al. 1995).

En Argentina, la abundancia de guanacos ha disminuido el 92% en los últimos 100 años (Raedeke 1979, Torres 1992). Hoy, cerca de 600.000 guanacos ocupan el 40% del rango geográfico histórico (Franklin et al. 1997). El uso de tierras con propósitos agrícola-ganaderos y la caza indiscriminada de sus crías para comercializar sus pieles han sido la principal causa de su disminución (Vilá y Ruscitti 1994).

La Convención Internacional sobre el Tráfico de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES) listó al guanaco en su apéndice II en 1992, lo cual permite un cierto uso bajo regulaciones estrictas en su comercialización, para evitar una utilización incompatible con la conservación de la especie. Pese a ello, y debido a los elevados números de cueros de guanaco exportados desde la Argentina, la Secretaría CITES emitió en 1993 y 1998 sendas notificaciones a los países signatarios recomendando suspender la importación de productos de guanaco desde nuestro país, hasta tanto se presentase un plan de manejo sustentable para la especie. Cualquier plan que se ponga en marcha debe incluir evaluaciones del estado de conservación del guanaco, mediante actualizaciones de las estimaciones de densidad, la distribución de las poblaciones silvestres y sus tendencias en el tiempo.

Collón Cura es el departamento con mayor densidad de guanacos en la provincia de Neuquén (Gader y del Valle 1979) y hasta hace unos pocos años ha sido una de las principales áreas ovejeras de la provincia. Sin embargo, pocos son los antecedentes sobre estimaciones de densidades de la especie en el departamento completo, limitándose sólo a un conteo aéreo hace más de 20 años (Gader y del Valle 1982). Relevamientos aéreos posteriores han comprendido sectores de dicho departamento, como las zonas sur (Gader y del Valle 1982), sur y centro-norte (Gader y del Valle 1983), centro-noreste (del Valle et al. 1987) y oeste (Amaya et al. 2001). También se relevaron las estancias Chacayal y Los Remolinos (Gader y del Valle 1982), ubicadas en los departamentos Huiliches y Catan Lil, aledañas al departamento Collón Cura. La metodología utilizada en la mayoría de los casos fue conteo aéreo por fajas. Otras estimaciones emplearon encuestas (Gader y del Valle 1979, Gader y del Valle 1980) y conteos por fajas terrestres (Gader y del Valle 1981) y transectas de línea terrestres (Funes et al. 2002, Funes et al. 2003), en distintas estancias del departamento.

Los conteos aéreos son una forma práctica y rápida para estimar densidades en áreas extensas. Además permiten relevar zonas de difícil acceso para vehículos terrestres o cuyo ingreso está restringido (Rodgers et al. 1995). Sin embargo, hay ciertas limitaciones que los afectan y que no se han tenido en cuenta en los conteos del sur de Neuquén, que generalmente contribuyen a la obtención de estimadores sesgados, afectando por ende la exactitud del método (Burnham y Anderson 1984).

En conteos aéreos la detectabilidad del objeto en estudio se ve afectada por factores propios de la especie a relevar, como coloración, tamaño y reacción ante la presencia del observador (Jachmann 2002), por factores ambientales, como clima, topografía, coloración del terreno y cobertura vegetal (Pollok y Kendall 1987, Samuel et al. 1987) y por factores

operativos, como velocidad y altura de vuelo (Caughley 1974, Jachmann 2002), y número y experiencia de los observadores (LeResche y Rausch 1974). Estas limitaciones pueden abordarse considerando como índices, para distintos sitios, a las estimaciones de densidad por conteo aéreo y calibrando estos índices por medio de una regresión entre sus valores y las estimaciones absolutas sin sesgo correspondientes obtenidas a través de relevamientos terrestres (Eberhardt y Simmons 1987). De esta forma es posible obtener estimaciones de densidad sin sesgo para otros sitios contando sólo con los índices (Novaro et al. 2000). La calibración debe ser hecha en el área o hábitat donde se va a usar el índice y para una determinada especie (Walker et al. 2000).

Hay otra limitación que tampoco se ha tenido en cuenta en los conteos aéreos realizados en el sur de Neuquén y que afecta la exactitud de la metodología de conteo por fajas. Esta metodología tiene como supuesto que todos los individuos dentro del área muestreada son detectados. Generalmente, debido a la disminución del tamaño relativo del objeto en estudio al aumentar la distancia entre éste y el observador, no se puede detectar a todos los individuos presentes a partir de una determinada distancia, existiendo una diferencia entre el estadístico de conteo y la densidad poblacional real (probabilidad de detección) (Anderson y Pospahala 1970, Caughley 1974, Burnham y Anderson 1984, Pojar et al. 1995, Guenzel 1997, Buckland et al. 2001). Esta limitación puede resolverse aplicando la metodología de transectas de línea, en donde se miden las distancias entre los individuos registrados y la línea de marcha. Esto permite estimar la probabilidad de detección de los individuos muestreados para corregir la proporción de aquellos individuos no detectados (Anderson y Pospahala 1970, Burnham y Anderson 1984, Buckland et al. 2001).

Objetivos

El objetivo general de este estudio fue realizar la primera calibración para conteos aéreos de guanacos y aplicarlo a la estimación de la abundancia de esta especie en el sur de la provincia de Neuquén. Los objetivos específicos fueron:

- 1) Calibrar estimaciones de densidad de guanacos obtenidas por transectas de línea aéreas por medio de estimaciones de densidad derivadas de transectas de línea terrestres.
- 2) Estimar la abundancia poblacional de guanacos en el sur de Neuquén para el año 2001.
- 3) Evaluar la tendencia poblacional de guanacos en el sur de Neuquén para el período 1982-2001.

Materiales y métodos

Área de estudio

Se trabajó en la totalidad del departamento Collón Cura y en cinco estancias del sur de Neuquén (total del área: 5900 km²) con diferentes grados de intensidad de actividades ganaderas para contar con un amplio rango en las estimaciones de densidad de guanacos. Los sitios relevados con transectas aéreas y terrestres fueron: estancias Collón Cura, Alicura y Santa Teresa (ubicadas en el departamento Collón Cura), Chacayal (departamento Huiliches)

y Los Remolinos (departamento Catán Lil). El resto del departamento Collón Cura fue relevado sólo con transectas aéreas. El relevamiento aéreo se hizo en septiembre y el terrestre entre septiembre y diciembre de 2001.

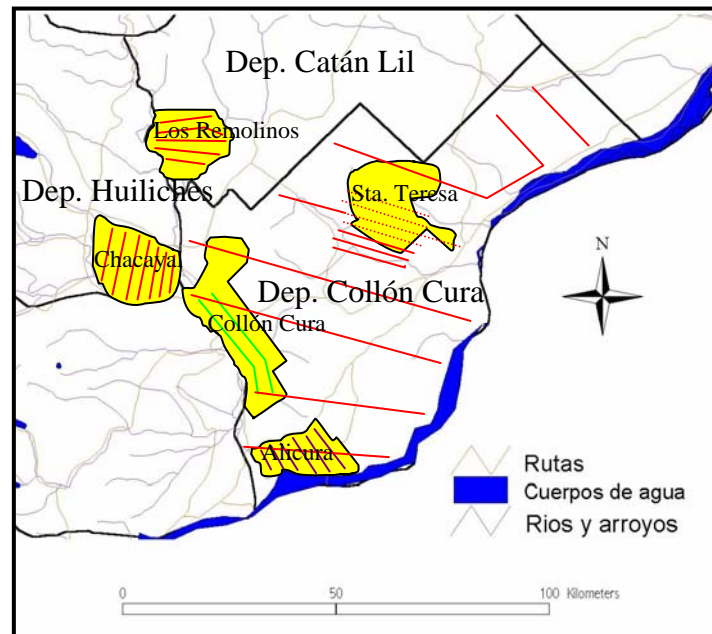
Geográficamente, la zona está situada al sur de la provincia de Neuquén, Argentina (40° S, 70°30' W). Esta región se caracteriza por poseer amplias mesetas disectadas por profundos cañadones y valles, con una cobertura vegetal promedio de un 50%, representada por una estepa mixta de arbustos y gramíneas (León et al. 1998). El régimen medio de precipitación es de unos 300 mm anuales, concentrándose en invierno (Paruelo et al. 1998).

Estimaciones aéreas de densidad

Se utilizó un avión Piper PA18, biplaza, de ala alta. Se adhirieron cintas a los parantes de las alas con el objeto de proyectar siete intervalos de distancias sobre el área recorrida en vuelo. Los puntos de corte de los intervalos se redefinieron (teniendo en cuenta la diferencia entre la altura de vuelo preestablecida y la que se voló) en 0 -línea de marcha- (borde de la ventanilla), 43, 86, 172, 259, 388, 517, 690 y 1380 m. La faja justo por debajo de la línea de vuelo, fuera del campo de observación, fue excluida del conteo (Guenzel 1997, Buckland et al. 2001). Para estandarizar las variables que afectan la detectabilidad de los individuos se intentó mantener lo más constante posible la altura de vuelo sobre el terreno (\bar{x} = 259 m, CV = 27%) y la velocidad (\bar{x} = 150 km/h) (Caughley 1979b). La altura de vuelo fue controlada continuamente por el piloto utilizando un geoposicionador satelital (GPS) Garmin III Plus™. Durante todo el estudio, el número de individuos por grupo y el intervalo de distancia al cual se encontraban, fue registrado por el mismo observador, sentado detrás del

piloto, observando a ambos lados y usando un grabador de cinta. El criterio para determinar si un individuo integraba un grupo o era un individuo solitario, fue evaluar si su detección estaba o no condicionada por la detección del grupo (Guenzel 1997). Una vez determinada la distribución geográfica del grupo, se registró el intervalo de distancia donde se encontraba el centro geográfico del mismo. Se respetó el diseño de transectas de Gader y del Valle (1982), excepto para la estancia Alicura, donde se distribuyeron seis transectas de longitud promedio de 16 km, separadas por una distancia media de 2 km, con una orientación noroeste-sureste. Se muestreó únicamente la porción de la estancia Alicura ubicada al norte del río Collón Cura y al este de la ruta nacional 237. En la estancia Collón Cura se agregaron al diseño dos transectas, separadas por 2 km, con orientación norte-sur y 22.5 km de longitud. Para la calibración de la estimación aérea de la estancia Santa Teresa se tuvieron en cuenta sólo las transectas que coincidieron con la zona para la cual se hizo la estimación terrestre (Fig. 1). Contrariamente a lo propuesto por Buckland et al. (2001), la elección del punto de inicio para el conteo aéreo no fue al azar, sino que se seleccionó con el propósito de minimizar el recorrido aéreo total y por ende disminuir los costos de alquiler del avión.

Figura 1. Transectas aéreas para estimaciones de densidad de guanacos en cinco estancias del sur de Neuquén, Argentina, 2001. Para la metodología de conteo por fajas se respetó el diseño de Gader y del Valle (1982) (líneas rojas), excepto para la estancia Alicura (líneas violetas). Para la calibración de la estimación aérea de la estancia Santa Teresa sólo se tuvieron en cuenta las transectas punteadas. Se añadieron al diseño dos transectas en la estancia Collón Cura (líneas verdes).



El método de transectas de línea cuenta con tres supuestos básicos (Buckland et al. 2001): 1) todos los objetos (grupos) sobre la línea de marcha (distancia = 0) son detectados con certeza (probabilidad = 1), 2) los objetos son registrados en su posición inicial (antes de manifestar movimientos evasivos ante la presencia del observador) y 3) las distancias entre los grupos y la línea de marcha son medidas con exactitud.

Se asumió la violación del primer supuesto en la metodología aérea debido a las limitaciones operativas, ambientales y específicas del guanaco, por lo que las estimaciones de densidad obtenidas fueron consideradas como índices y calibradas por medio de estimaciones absolutas de densidad. Se controló el cumplimiento del segundo supuesto observando 100-150 m por delante de la posición del observador. Para cumplir con el tercer supuesto, los grupos fueron asignados a los intervalos de distancia cuando éstos se encontraban

perpendicularmente al avión. En los relevamientos aéreos, debido a la velocidad del avión, el desplazamiento de los individuos en relación al del observador es muy pequeño, por lo que no se espera una contribución significativa a la inexactitud del estimador en caso de violación de los dos últimos supuestos (Buckland et al. 2001).

Estimaciones de densidad por transectas terrestres

Se estimaron las densidades absolutas por medio de transectas de línea terrestres, recorridas en fechas lo más cercanas posible a los conteos aéreos. Para ello, se recorrieron los caminos internos en la mayoría de las estancias, y dos rutas públicas en la estancia Collón Cura (donde no se nos permitió el ingreso), utilizando una camioneta doble tracción, a una velocidad promedio de 10 km/h. Dos observadores parados en la caja de la camioneta registraron el número de individuos en los grupos y la distancia perpendicular entre el centro geográfico de los mismos y la línea de marcha, con la ayuda de prismáticos de 10 aumentos y grabadores portátiles de cinta (Buckland et al. 2001). En este caso se asumió el cumplimiento de los tres supuestos exigidos por la metodología de transectas de línea.

Análisis de datos

Se estimaron las densidades de guanacos analizando los datos con el programa DISTANCE 4.0 (Thomas et al. 2002). Cada observación consistió en el número de individuos en el grupo y la distancia perpendicular a la línea de marcha. Con las distancias registradas se construyeron histogramas de frecuencias, a los cuales, en función de su forma, se ajustaron modelos matemáticos denominados funciones de detección. Se evaluaron seis funciones de

detección: uniforme + coseno, uniforme + polinomial simple, media normal + coseno, media normal + polinomial hermite, tasa de riesgo + coseno y tasa de riesgo + polinomial simple. Los parámetros de los modelos fueron seleccionados en forma automática con el método secuencial mediante una prueba de similitud, con un máximo de cinco términos (Thomas et al. 2002). Se asumió que la detectabilidad no aumentó con la distancia. La varianza de la tasa de encuentro, -cantidad de grupos por unidad de longitud de transecta- (n/L) fue calculada en forma empírica. Se analizaron los estimadores en función del valor de Criterio de Información de Akaike (CIA) y de pruebas de bondad de ajuste (Buckland et al. 2001). Se eligió el estimador que requirió la menor cantidad de parámetros para ajustar los datos (menor valor de CIA) y con mejor ajuste al histograma ($P \geq 0.05$, prueba de bondad de ajuste). Dada las similares características topográficas y fitogeográficas de los sitios relevados, y con el objeto de mejorar la precisión de los estimadores, la función de detección se calculó agrupando los datos de todos los sitios relevados, para conteos aéreos y terrestres respectivamente, salvo para la estimación absoluta de Alicura. Ese sitio se estratificó en dos regiones, de alta y media densidad, calculándose la función de detección a partir de observaciones de esa estancia solamente. La tasa de encuentro, la densidad y el tamaño medio de grupo ($E[x]$) se calcularon para cada sitio en particular. Para la estancia Alicura se estimó la densidad global como el promedio de las estimaciones de cada estrato, ponderadas por el área de los mismos.

Para evitar el sesgo en la estimación del tamaño medio de grupo, debido a la mayor probabilidad de detectar grupos más numerosos a mayores distancias (Buckland et al. 2001), se realizó una regresión entre el logaritmo natural del tamaño de grupo y la probabilidad de detección del mismo, con un nivel de significancia de $P < 0.15$. Se utilizó el tamaño medio de grupo esperado o el observado, dependiendo de si la regresión fue significativa o no, respectivamente. Para mejorar el ajuste de la función de detección, se truncaron las

observaciones para las cuales la probabilidad de detección era igual o menor a 0.15 (Buckland et al. 2001). Para evaluar la calidad del diseño de muestreo, se analizó para cada sitio el coeficiente de variación (CV) de la función de distribución de probabilidad -función de detección de área = 1- sobre la línea de marcha ($f[0]$), de la tasa de encuentro y del tamaño de grupo.

Calibración de estimaciones aéreas de densidad. Para calibrar los índices obtenidos en las transectas aéreas, se empleó el programa STATISTICA 5.0 (Statsoft Inc. Tulsa, OK). Se hizo una correlación y una regresión lineal por el método de cuadrados mínimos entre las estimaciones absolutas, variable independiente (x), y las estimaciones aéreas, variable dependiente (y), (Eberdhart y Simmons 1987), obtenidas para las cinco estancias para ajustar el modelo

$$y_i = a + bx_i + \varepsilon_i, \quad (1)$$

siendo y_i y x_i las estimaciones aérea y absoluta, respectivamente, y ε_i la diferencia entre el valor observado y_i y el correspondiente valor estimado \hat{y}_i de la i -ésima estancia, $i = 1, \dots, 5$, suponiendo a ε_i como una variable aleatoria de distribución normal con esperanza 0 y varianza σ_ε^2 .

Reorganizando el modelo (1), se obtuvo un estimador puntual de x a partir de los estimadores de a y b para un futuro valor de y , y_0

$$\hat{x} = y_0 - \frac{\hat{a}}{\hat{b}}, \quad (2)$$

con límites de confianza del 95%

$$\begin{aligned} \text{superior} \quad \hat{x}_s &= \bar{x} + \frac{1}{1-c^2} [(\hat{x} - \bar{x}) + d], \\ \text{e inferior} \quad \hat{x}_i &= \bar{x} + \frac{1}{1-c^2} [(\hat{x} - \bar{x}) - d], \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{donde } c^2 = \frac{t_{\alpha/2}^2 s_e}{\hat{b}^2 s_{xx}}, \quad d = \frac{t_{\alpha/2} s_e}{\hat{b}} \sqrt{\frac{n+1}{n} (1-c^2) + \frac{(\hat{x} - \bar{x})^2}{s_{xx}}}, \quad s_e^2 = \sum_{i=1}^6 \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{n-2},$$

$$s_{xx} = \sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2, \quad s_e^2 \text{ es el estimador de } \sigma_\varepsilon^2, \quad \bar{x} \text{ es el promedio de las estimaciones absolutas}$$

y $t_{\alpha/2}$ tiene $n - 2$ grados de libertad.

Abundancia poblacional de guanacos en el sur de Neuquén. Se estimó la abundancia de guanacos (N) para el sur de Neuquén a partir de las estimaciones absolutas de densidad para las cinco estancias estudiadas, las densidades de las estancias Ache-Có, Piedra del Águila, y Campanario obtenidas por la misma metodología durante estudios paralelos (Funes et al. 2002, 2003; Carmanchahi y otros, datos no publ.) y la estimación aérea de densidad para el resto del departamento Collón Cura, utilizando la ecuación

$$N = \sum_{i=1}^9 (x_i A_i), \quad (4)$$

siendo x_i la estimación absoluta de densidad del i -ésimo sitio obtenida a través de las estimaciones terrestres ó de la estimación aérea (ecuación 2) y A_i el área (km^2) correspondiente a la i -ésima estimación de densidad, con un intervalo de confianza (IC) del 95%,

$$\text{IC} = \sum_{i=1}^9 \text{IC}_i, \quad (5)$$

donde IC_i es el intervalo de confianza correspondiente a la i -ésima estimación absoluta de densidad según el programa DISTANCE 4.0 (estimaciones terrestres) ó la ecuación (3) (estimación aérea).

Tendencia poblacional del guanaco en el periodo 1982-2001. Para poder estimar la tendencia de la población de guanacos entre 1982 y 2001, se obtuvieron estimadores de densidad \hat{D} para 2001 con una metodología comparable con la del año 1982. Para ello, los datos de 2001 fueron sometidos al mismo análisis de conteo aéreo por fajas aplicado en 1982. Se incluyeron en el análisis sólo los individuos presentes dentro de los intervalos de distancia más próximos a la distancia de 200 m a cada lado de la línea de marcha establecida por Gader y del Valle (1982). Se redefinieron las distancias para cada zona según la altura de vuelo en 181.7 m (Departamento Collón Cura), 200 m (estancias Santa Teresa y Chacayal) y 195 m (estancia Alicura). Dado que en la estancia Los Remolinos los tres únicos grupos de guanacos observados se encontraron en un intervalo de distancia mayor al preestablecido de 200 m, para poder calcular una densidad mínima, se redefinió el intervalo en 690 m. Se estimó la densidad con el método de conteo por fajas,

$$\hat{D} = \frac{n}{2Lw}, \quad (6)$$

donde L es la longitud de la transecta y w es la mitad del ancho de la faja sobrevolada (Burnham et al. 1985).

Se calculó el desvío estándar mediante

$$DS = \sqrt{\frac{(x - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (7)$$

donde x_i es la cantidad de grupos del i -ésimo tramo y n es la cantidad de tramos en que fue dividida el área de la faja.

Se estimó la densidad global y su coeficiente de variación en el sur de Neuquén en los años 1982 y 2001 a partir del promedio de las densidades y de los coeficientes de variación ponderado por las áreas de las cuatro estancias y el departamento Collón Cura. Se compararon las estimaciones de densidad global en el sur de Neuquén entre los años 1982 y 2001 y, en caso de encontrar diferencias significativas, se realizó el mismo análisis pero esta vez comparando las estimaciones de densidad de las cuatro estancias y el departamento Collón Cura. Los datos se analizaron a través de un análisis de varianza para comparaciones de medias planificadas. Se recalculó el nivel de significancia para cinco comparaciones según el método de Dunn-Sidák (Sokal y Rohlf 1995),

$$\alpha' = 1 - (1 - \alpha)^{1/k}, \quad 8)$$

donde k es la cantidad de comparaciones. Se utilizó entonces, para un nivel de significancia nominal α de 0.05 un valor recalculado α' de 0.01.

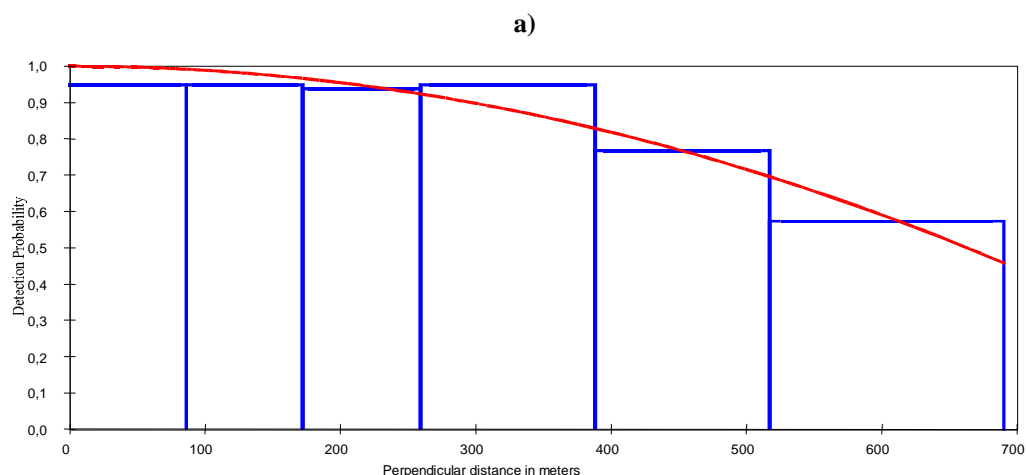
Resultados

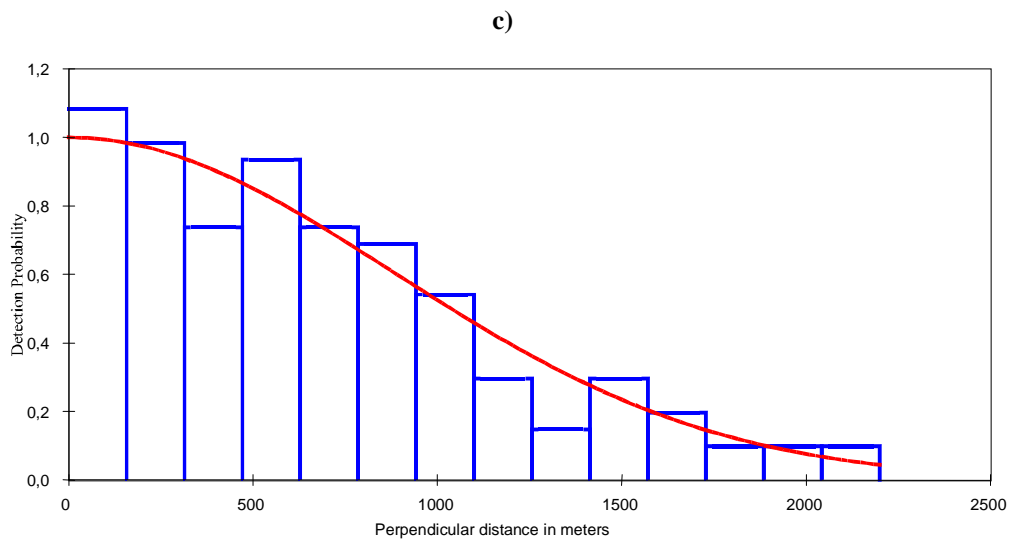
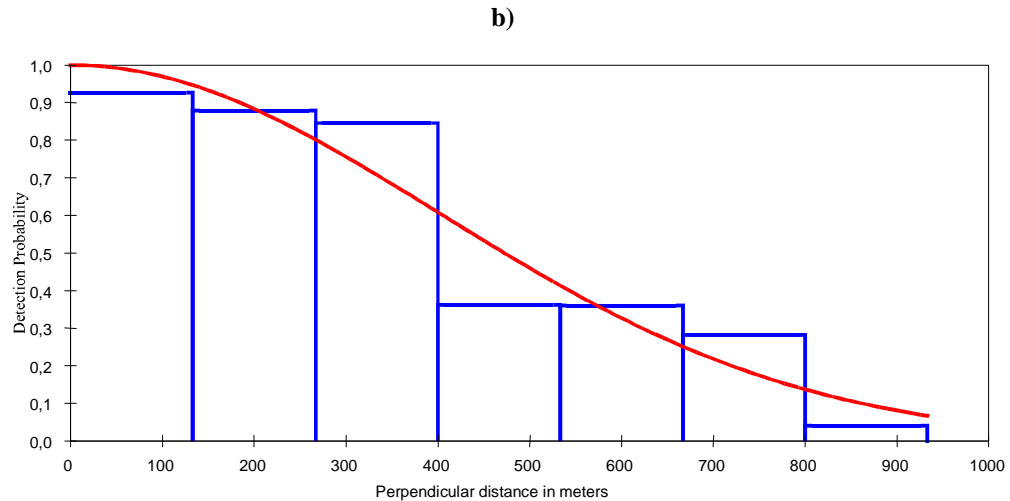
Estimaciones de densidad

Las funciones de detección para los datos de los conteos aéreos de la zona sur de Neuquén y conteos terrestres de la estancia Alicura y el resto de las estancias se modelaron a partir de 97, 92 y 141 observaciones (n), respectivamente, con esfuerzos de muestreo de

831.4, 29.2 y 165.5 km lineales de transecta. Se agruparon los dos primeros intervalos de distancia en el histograma de las transectas aéreas para mejorar el ajuste de la función (Buckland y et al. 2001). Las observaciones terrestres se distribuyeron en siete intervalos de igual amplitud para la estancia Alicura y 14 intervalos para el resto de las estancias. Se truncaron los datos a partir de 690, 933 y 2200 m para el conteo aéreo, estancia Alicura y las transectas terrestres del resto de las estancias respectivamente. Las funciones que mejor se ajustaron a los histogramas de frecuencia fueron la uniforme + polinomial simple (CIA = 347.46, $\chi^2 = 0.177$, 4 g.l., $P = 0.996$, fig. 2a) para el conteo aéreo y la media normal + polinomial hermite para los conteos terrestres de la estancia Alicura (CIA = 323.59, $\chi^2 = 3.845$, 5 g.l., $P = 0.572$, fig. 2b) y el resto de las estancias (CIA = 677.06, $\chi^2 = 4.96$, 12 g.l., $P = 0.959$, fig. 2c). La frecuencia de las observaciones en los histogramas no disminuyó bruscamente ni aumentó con la distancia en los intervalos próximos a la línea de marcha.

Figura 2. Probabilidad de detección (y) de guanacos a distintos intervalos de distancia (x) para a) conteo aéreo de la zona sur, b) conteos terrestres de la estancia Alicura y c) conteos terrestres del resto de las estancias del sur de Neuquén, Argentina, 2001.





Para cada estancia, la densidad estimada por el método aéreo fue menor que la estimada a través del método terrestre. Para las estimaciones aéreas se obtuvieron coeficientes de variación de densidad entre 34 y 125%, mientras que con los relevamientos terrestres la precisión de los estimadores varió entre 16 y 70%. Los coeficientes de variación de la función de distribución de probabilidad sobre la línea de marcha fueron menores al 9% para todos los sitios. Con excepción de la estancia Sta. Teresa, la variabilidad de la tasa de encuentro para cada sitio fue mayor con la metodología aérea que la terrestre. Las estimaciones terrestres de las estancias Santa Teresa y Chacayal presentan el mayor coeficiente de variación (> 45%),

siendo menor al 20% para Alicura. Los mayores coeficientes de variación del tamaño de grupo, tanto en conteos terrestres como aéreos, corresponden a las estancias Santa Teresa, Collón Cura y Los Remolinos (> 24%) (Tabla 1).

Tabla 1. Densidades (D) de guanacos (ind/km²), funciones de distribución de probabilidad ($f(0)$) sobre la línea de marcha, tasas de encuentro (n/L) y tamaños medio de grupo (E[x]), y sus respectivos coeficientes de variación (CV%), y cantidad de observaciones (n) para transectas aéreas y terrestres en cinco estancias del sur de Neuquén, Argentina, 2001. Datos analizados con el programa DISTANCE 4.0.

| Método-Estancia o zona | D | CV (D) | $f(0)$ | CV ($f(0)$) | n/L | CV (n/L) | E(x) | CV (E[x]) | n |
|------------------------|------|--------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|----|
| Aéreo | | | | | | | | | |
| Santa Teresa | 1.1 | 62.2 | 0.0018 | 8.9 | 0.21 | 53.1 | 3.0 | 31.1 | 19 |
| Alicura | 3.4 | 33.8 | 0.0018 | 8.9 | 0.42 | 25.9 | 4.6 | 19.7 | 41 |
| Collón Cura | 0.3 | 125 | 0.0018 | 8.9 | 0.04 | 99.6 | 4.0 | 75.0 | 2 |
| Los Remolinos | 0.3 | 62.9 | 0.0018 | 8.9 | 0.04 | 41.0 | 4.3 | 46.8 | 3 |
| Chacayal | 0.9 | 65.1 | 0.0018 | 8.9 | 0.14 | 62.4 | 3.6 | 16.5 | 16 |
| Resto Dep. Collón Cura | 0.7 | 34.3 | 0.0018 | 8.9 | 0.04 | 27.7 | 9.4 | 18.1 | 16 |
| Terrestre | | | | | | | | | |
| Santa Teresa | 6.1 | 69.7 | 0.0009 | 6.6 | 1.79 | 60.0 | 7.5 | 34.8 | 10 |
| Alicura | 15.4 | 19.0 | 0.0020 ^a | 8.5 ^a | 2.18 ^a | 19.2 ^a | 4.8 ^a | 16.7 ^a | 27 |
| | | | 0.0020 ^b | 8.5 ^b | 3.87 ^b | 12.4 ^b | 6.4 ^b | 19.2 ^b | 65 |
| Collón Cura | 0.7 | 35.4 | 0.0009 | 6.6 | 0.42 | 24.7 | 3.5 | 24.4 | 17 |
| Los Remolinos | 0.7 | 43.2 | 0.0009 | 6.6 | 0.44 | 26.7 | 3.5 | 33.3 | 14 |
| Chacayal | 1.4 | 50.3 | 0.0009 | 6.6 | 0.54 | 47.7 | 5.8 | 14.7 | 29 |

^a Estrato de media densidad

^b Estrato de alta densidad

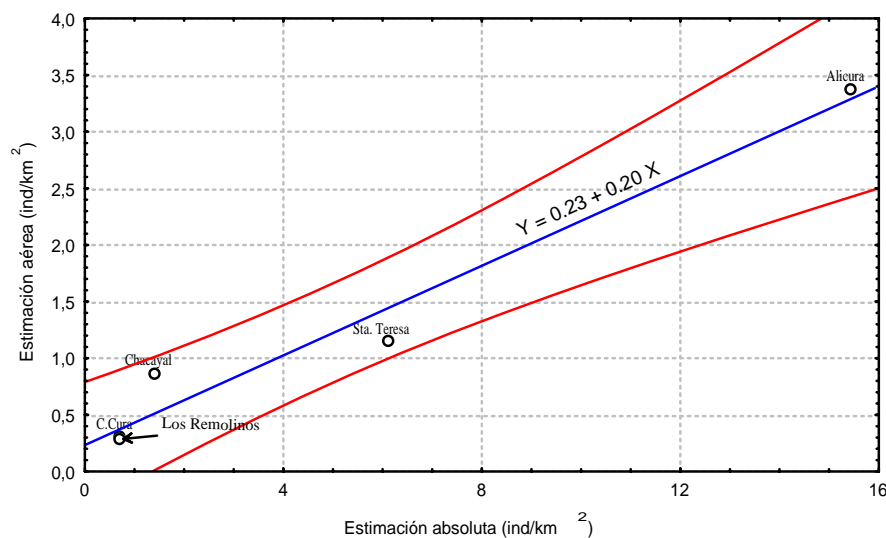
En la estancia Santa Teresa, el conteo aéreo sólo registró guanacos en una gran meseta basáltica ubicada entre los cerros Santa Teresa, Grande de Mallín Largo y Piedra Parada. No se observaron grupos ni en la zona oeste, coincidente con una zona baja y mallinosa, ni en la zona sur. Dichas zonas estaban abocadas a una intensa actividad ganadera. En Alicura la mayor concentración de guanacos se registró en la zona este del área muestreada, cercana al río Limay, disminuyendo hacia el oeste. La estancia Chacayal presentó un leve gradiente decreciente de densidad desde el centro hacia el suroeste de la estancia. El conteo terrestre para la estancia Los Remolinos indica una mayor concentración de guanacos en la ladera norte y al noreste del cerro Las Yeguas, pudiéndose establecer un gradiente de densidad en forma radial a partir de las laderas norte y este del mismo. En la estancia Collón

Cura las únicas observaciones aéreas se registraron en la transecta occidental en un amplio valle recorrido por la ruta nacional n° 40, utilizada también para el conteo terrestre.

Calibración de estimaciones aéreas de densidad

Se encontró una relación lineal y positiva ($R^2 = 0.96$, $ES = 0.28$) entre las estimaciones aéreas y terrestres de densidad para un rango de densidades absolutas de 0.7 a 15.4 guanacos/km² (Tabla 1). La pendiente de regresión de 0.20 ($ES = 0.02$) fue significativamente distinta de cero ($F = 79.57$; 1, 3 g.l.; $P = 0.003$) y la ordenada al origen de 0.23 ($ES = 0.17$) no fue significativamente distinta de cero ($t = 1.40$; 3 g.l.; $P = 0.25$) (Fig. 3).

Figura 3. Regresión lineal entre estimaciones aéreas de densidad y densidades absolutas por transectas terrestres, calculadas en ambos casos con el método de transectas de línea en cinco estancias del sur de Neuquén, Argentina, 2001.



En el área del departamento Collón Cura donde no se hicieron conteos terrestres, la densidad absoluta se estimó a partir de una estimación aérea (Tabla 1, ecuaciones 2 y 3). Se obtuvo una densidad de 2.2 ind./km² (IC del 95%: -6.8 – 10.7).

Abundancia poblacional de guanacos en el sur de Neuquén

Para esta estimación de abundancia se consideraron las estimaciones absolutas de las ocho estancias donde se hicieron conteos terrestres (Tabla 2) y la estimación absoluta obtenida a partir de la calibración del conteo aéreo del resto del área del departamento Collón Cura donde no se hicieron conteos terrestres. La abundancia total estimada de guanacos para el sur de Neuquén fue 21.065 individuos (IC del 95%: 4108 – 108190, tabla 2).

Tabla 2. Estimación de la abundancia poblacional de guanacos (número de individuos) en el sur de Neuquén, Argentina, 2001.

| Estancia | Área (km ²) | Abundancia | IC 95% |
|------------------------|-------------------------|--------------|----------------------|
| Santa Teresa | 350 | 2149 | 105 – 44060 |
| Piedra del Águila | 131 | 682 | 464 – 1003 |
| Alicura | 162 | 2500 | 121 – 3633 |
| Collón Cura | 250 | 172 | 66 – 448 |
| Los Remolinos | 70 | 49 | 20 – 119 |
| Chacayal | 100 | 142 | 37 – 554 |
| Ache-Có | 230 | 5263 | 3240 – 8550 |
| Campanario | 49 | 270 | 55 – 1116 |
| Resto Dep. Collón Cura | 4558 | 9838 | 0 – 48707 |
| Total | 5900 | 21065 | 4108 – 108190 |

Tendencia poblacional del guanaco en el período 1982-2001

La densidad global estimada en el sur de Neuquén fue de 3.1 (CV 287.9%) y 0.7 (CV 396.0%) guanacos/km² en los años 1982 y 2001 respectivamente (Tabla 3). El análisis de varianza indicó que esta disminución de la densidad poblacional a lo largo de dos décadas fue significativa ($F = 34.56$; 1, 420 g.l.; $P < 0.001$). Comparando las densidades para cada estancia y el departamento, las disminuciones fueron significativas para las estancias Santa Teresa ($F = 14.88$; 1 y 50 g.l.; $P < 0.001$) y Alicura ($F = 9.85$; 1 y 60 g.l.; $P = 0.003$). Aunque para el resto de los sitios también se observaron disminuciones en las densidades, estas diferencias no fueron significativas: Los Remolinos ($F = 2.78$; 1 y 58 g.l.; $P = 0.101$), Chacayal ($F = 2.99$; 1 y 86 g.l.; $P = 0.087$) y el resto del departamento Collón Cura ($F = 40.98$; 1 y 158 g.l.; $P = 0.027$).

Tabla 3. Densidades de guanacos (ind./km²), estimadas por el método de conteo por fajas para el diseño de transectas de Gader y del Valle (1982), coeficientes de variación (%), cantidades de individuos y de grupos registrados en cuatro estancias del sur de Neuquén y el departamento Collón Cura en los años 1982 y 2001, Neuquén, Argentina.

| Año | 1982 | | | | 2001 | | | | |
|-----|-----------------------|----------|--------|------------|--------|----------|--------|------------|--------|
| | Estancia o zona | Densidad | CV (%) | Individuos | Grupos | Densidad | CV (%) | Individuos | Grupos |
| | Sta Teresa | 7.9 | 101.5 | 206 | 27 | 1.2 | 339.2 | 48 | 4 |
| | Alicura | 11.6 | 109.5 | 361 | 50 | 3.6 | 176.9 | 136 | 28 |
| | Los Remolinos | 2.4 | 310.6 | 71 | 12 | 0.1 | 372.0 | 13 | 3 |
| | Chacayal | 1.9 | 240.1 | 83 | 14 | 0.6 | 287.0 | 29 | 7 |
| | Resto Dep. C. Cura | 2.6 | 296.8 | 423 | 61 | 0.6 | 405.4 | 81 | 15 |
| | Global sur de Neuquén | 3.1 | 287.9 | 1144 | 164 | 0.7 | 396.0 | 307 | 57 |

Conteo por fajas vs. transectas de línea

Para poder hacer una comparación de exactitud y precisión entre las estimaciones obtenidas con ambas metodologías, se estimaron las densidades por el método de conteo por fajas pero esta vez teniendo en cuenta el diseño de transectas utilizado para la calibración de la estimación aérea de la estancia Santa Teresa (Tabla 4).

Tabla 4. Densidades de guanacos (ind/km²) estimadas por el método de conteo por fajas para el diseño de transectas utilizado en la metodología de transectas de línea, coeficientes de variación (%), cantidades de individuos y de grupos registrados en seis estancias del sur de Neuquén y el departamento Collón Cura, Argentina, 2001.

| Estancia o zona | Densidad | CV (%) | Individuos | Grupos |
|------------------------|----------|--------|------------|--------|
| Santa Teresa | 0.12 | 268.7 | 4 | 3 |
| Alicura | 3.6 | 176.9 | 136 | 28 |
| Collón Cura | 0.1 | 387.3 | 1 | 1 |
| Los Remolinos | 0.1 | 372.0 | 13 | 3 |
| Chacayal | 0.6 | 287.0 | 29 | 7 |
| Resto Dep. Collón Cura | 0.4 | 543.4 | 48 | 8 |

Excepto en la estancia Alicura, donde se obtuvo una estimación similar, el método de conteo por fajas arroja estimadores de densidad 30-90% menores que la metodología de transectas de línea aérea. Los coeficientes de variación fueron entre 200 y 1500% mayores

para el método de conteo por fajas que para el método de transectas de línea aérea (Tablas 1 y 4).

Discusión

Estimaciones de densidad

La forma del histograma de avistajes indica que no hubo movimientos evasivos de guanacos previos al avistaje y que no hubo agrupamiento a una determinada distancia, dado que la frecuencia de las observaciones no disminuye bruscamente ni aumenta en los intervalos próximos a la línea de marcha. Generalmente, el sonido del motor del avión a una altura inadecuadamente baja de vuelo genera en los animales una reacción de escape alejándose de la línea de marcha, contribuyendo a la violación del segundo supuesto de la metodología de transectas de línea: los animales son detectados en su posición inicial, antes de realizar cualquier movimiento evasivo debido a la presencia del observador (Buckland et al. 2001). Por lo tanto, la altura de vuelo de este trabajo aparentemente fue adecuada, siendo lo suficientemente baja como para permitir la individualización de los animales, pero sin ahuyentarlos.

Con excepción de la estimación terrestre de la estancia Alicura, las densidades estimadas tanto por el método aéreo como el terrestre presentan coeficientes de variación considerablemente altos. En las transectas de línea hay tres factores que contribuyen a la varianza de la densidad: variabilidad en la función de detección, en la tasa de encuentro y en el tamaño de grupo (Buckland et al. 2001).

El coeficiente de variación de la función de detección depende fuertemente del tamaño de muestra. El número de avistajes totales utilizados para producir la función de detección en este trabajo superó el mínimo necesario de 60-80 observaciones sugerido por Buckland et al. (2001), por lo que la contribución de la variabilidad en la probabilidad de detección a la varianza de la densidad es baja.

Para estudiar la variación en la tasa de encuentro entre transectas hay dos aspectos a tener en cuenta: cantidad y longitud de réplicas (transectas) y densidades diferenciales del objeto bajo estudio en el área a relevar. Un correcto diseño de estudio está representado por numerosas transectas del largo apropiado y en dirección paralela al gradiente de densidad, minimizando la variación de la tasa de encuentro entre transectas (Buckland et al. 2001). La aparente dirección de los gradientes observada en las estancias Santa Teresa, Alicura, Los Remolinos y Chacayal no coincidió con las orientaciones de las transectas aéreas y el bajo número de réplicas en la estancia Collón Cura posiblemente contribuyó a incrementar la variabilidad en la tasa de encuentro y por ende el coeficiente de variación de la densidad estimada. En las estimaciones terrestres, los mayores coeficientes de variación de la tasa de encuentro pertenecen a las estancias Santa Teresa y Chacayal, siendo la principal causa la gran diferencia en el número de avistajes entre transectas. Esto se explica por un pobre esfuerzo de muestreo para Santa Teresa debido a las malas condiciones de los caminos internos y por no estratificar a Chacayal en zonas de diferente densidad debido a un bajo tamaño de muestra.

La variabilidad en el tamaño de grupo depende del número de observaciones, así como de la época del año y de cómo ésta afecta al comportamiento y el uso del hábitat de la especie en estudio. El conteo se debe hacer preferentemente en una época donde la

reestructuración social determine una máxima dispersión espacial de individuos y un mínimo tamaño de grupo. De esta forma, disminuirá la variabilidad en el tamaño de grupo y aumentará el tamaño de muestra (cantidad de grupos). En verano (diciembre a marzo para el sur de Neuquén), durante la temporada reproductiva, el comportamiento territorial del guanaco se acentúa (Franklin 1983). En esta época del año la probabilidad de supervivencia de las crías provenientes de las pariciones del año anterior es mayor, suelen aparecer nuevas organizaciones sociales, como la tropilla familiar secundaria, y desaparecer las de mayor tamaño, como la supertropilla (Puig 1986). Aunque los relevamientos en este trabajo (entre septiembre y diciembre) no coinciden exactamente con la época ideal, la principal causa de la alta variabilidad parece estar relacionada con el bajo número de grupos observados.

Calibración de estimaciones aéreas de densidad

La estimación aérea de densidad de guanacos para el sur de Neuquén, aplicando la metodología de transectas de línea, subestima a la población de guanacos aproximadamente en un 80%. Según Caughley (1974), la principal variable respecto del observador que afecta la exactitud del conteo aéreo es la velocidad de desplazamiento de éste. Bajo este concepto, un incremento en la velocidad se traduce en una disminución del esfuerzo de observación o tiempo disponible para localizar el objeto de interés a una distancia determinada, lo que disminuye su detectabilidad.

Si sometemos las estimaciones aéreas a un ejercicio de calibración como el realizado en este estudio, se pueden obtener estimaciones de densidad más exactas. En base a este estudio, sugiero que no es recomendable estimar densidades absolutas de guanacos utilizando la metodología de transectas de línea aérea con un solo observador, a menos que dichas

estimaciones sean calibradas. Si el objetivo de un trabajo no es estimar abundancia absoluta, sino estudiar la tendencia poblacional a lo largo del tiempo, es necesario establecer previamente la sensibilidad esperada para la metodología, para predecir la capacidad de detectar cambios. Este trabajo provee los datos necesarios (tasa de encuentro, densidad y tamaño medio de grupo) para calcular la longitud total de las transectas necesaria para lograr la precisión deseada (Buckland et al. 1993:303-306) para estimar densidades de guanacos en el sur de Neuquén.

La estimación de la densidad absoluta (\hat{x}) a partir de la estimación aérea para el área del departamento Collón Cura no recorrida con vehículo terrestre posee una baja precisión. Según la ecuación 3, la precisión de esta estimación está afectada principalmente por a) la suma del cuadrado del error (SCE) en s_{ε}^2 , b) el valor de la pendiente de regresión (\hat{b}) y c) la diferencia $|\hat{x} - \bar{x}|$ (Ott 1992).

El análisis de varianza indicó una buena correlación entre estimaciones absolutas y aéreas, por lo que se cree que la suma del cuadrado del error no afecta considerablemente la precisión de la estimación. Igualando experimentalmente los valores de \hat{x} y \bar{x} , esto es, suponiendo que la estimación absoluta de densidad obtenida a partir de la densidad aérea se encuentra en el centro del rango de estimaciones absolutas de la regresión, la precisión de la estimación sólo mejora un 2%. Por lo tanto, considero que el bajo valor de la pendiente de regresión es la principal causa de la baja precisión de la estimación absoluta de la densidad a partir de la estimación aérea para el sector del departamento Collón Cura no recorrido con vehículo terrestre.

Tres hipótesis alternativas pueden explicar el bajo valor de la pendiente de regresión (Jachmann 2002): a) la estimación de densidad por transectas de línea terrestre sobreestima la

densidad real y la estimación de densidad por transectas de línea aérea da estimadores exactos; b) la estimación aérea de densidad subestima la densidad real y la estimación terrestre de densidad da estimadores exactos; c) ambas estimaciones de densidad son inexactas. Para abordar esta problemática, se intentarán explicar los factores que contribuyen a la obtención de estimaciones sesgadas en la metodología de transectas de línea.

Tanto en la metodología de transectas de línea aérea como terrestre, si se cumple con los tres supuestos requeridos, la exactitud de las estimaciones de densidad depende del diseño del estudio y del tamaño de la muestra para modelar la función de detección. En las estimaciones terrestres, teniendo en cuenta la topografía de los sitios y las variaciones en las densidades de guanacos (Buckland et al. 2001), se consideró correcto el trazado de las transectas, salvo para las estancias Santa Teresa y Chacayal. El tamaño de muestra para modelar la función de detección fue apropiado (92 y 141 grupos de guanacos para la estancia Alicura y el resto de las estancias, respectivamente). Comparaciones con valores poblacionales conocidos han evidenciado a la transectas de línea terrestre como una metodología que proporciona estimadores exactos, tanto en experimentos con estacas de madera, como con poblaciones de tamaño conocido por censos totales (Laake 1978, Baldi 1999). En las estimaciones aéreas se consideró correcto el esfuerzo de muestreo empleado. El tamaño de muestra fue apropiado (97 grupos). Se controló el cumplimiento del segundo supuesto observando a los grupos 100-150 m por delante de la posición del observador, los que además, mayoritariamente, no mostraron conductas evasivas. El cumplimiento del tercer supuesto se controló asignando los grupos al correspondiente intervalo de distancia cuando éstos se encontraban perpendicularmente al avión. Se corroboró la falta de cumplimiento del primer supuesto (todos los individuos sobre la línea de marcha son detectados) con la ayuda del piloto. Un pobre esfuerzo total de observación sobre los intervalos más cercanos a la línea

de marcha es la principal causa de violación (Buckland et al. 2001). En este relevamiento aéreo, la rápida velocidad de desplazamiento explicaría la falta de detección de algunos individuos sobre la línea de marcha, lo que provoca la obtención de estimaciones sesgadas de densidad. Concluyo entonces que las estimaciones de densidad por transectas de línea aérea subestiman la densidad real y que las estimaciones de densidad por transectas de línea terrestre poseen una exactitud aceptable. Cuanto mayor es el sesgo en las estimaciones aéreas de densidad, menor es la pendiente de regresión en la calibración, y por ende, mayor es la amplitud del intervalo de confianza de la estimación absoluta \hat{x} a partir de la estimación aérea.

Para aumentar la precisión del estimador \hat{x} hay que mejorar la calidad de avistajes sobre la línea de marcha. Hay dos alternativas a seguir: observar simultáneamente la línea de marcha y el resto del área a relevar o disminuir la velocidad de desplazamiento del observador.

Se han instalado cámaras de video para obtener un registro visual continuo de la línea de marcha en relevamientos aéreos de antílope americano (*Antilocapra americana*) (Johnson y Guenzel 1991). Si bien la calidad de la resolución ha sido insuficiente, se podría evaluar la viabilidad de esta técnica en los relevamientos aéreos de guanacos, incluyendo un análisis de los costos. Otra opción es el uso de dos observadores en donde uno vigila la línea de marcha y el otro observa el resto del área (Johnson y Guenzel 1991, Guenzel 1997, Buckland et al. 2001). Si se elige esta última opción, se debe planificar una adecuada distribución del esfuerzo de muestreo de cada observador para que el histograma de frecuencias resultante cumpla con las características de forma deseables para modelar la función de detección, y no afecte la exactitud y la precisión de las estimaciones (ver Buckland

et al. 1993:217-225). En cuanto a reducir la velocidad de desplazamiento, se ha demostrado que el helicóptero, de menor velocidad crucero que el avión, permite estimaciones más exactas (Bothma et al. 1990, Rodgers et al. 1995), aunque debe evaluarse el aumento de la exactitud a expensas del costo considerablemente mayor que esto implica (Rodgers et al. 1995) y el potencial comportamiento evasivo de los guanacos ante el disturbio causado por el ruido del rotor.

Dado que no existen calibraciones previas de estimaciones aéreas para guanacos, no es posible establecer comparaciones de detectabilidad con otros trabajos. En general, conteos aéreos para especies de similar tamaño y coloración, pero distinto ambiente y metodología, han arrojado considerables porcentajes de subestimación de la abundancia real: $74\% \pm 12\%$ en alces (*Alces alce*) (Gasaway et al. 1985), 48% y 84% (CV = 46.6%) en impalas (*Aepyceros melampus*) (Bothma et al. 1990, Jachmann 2002) y 45% (ES = 12.8) en antílope americano (*Antilocapra americana*) (Firchow et al. 1990).

Tendencia poblacional del guanaco en el período 1982-2001

Si bien en el conteo por fajas se obtuvo una baja precisión, fue suficiente para evaluar la tendencia poblacional en 20 años, por lo que este objetivo pudo cumplirse. Dado que la distribución de individuos en los sitios sobrevolados fue similar para los años 1982 y 2001, la principal explicación del mayor coeficiente de variación del año 2001 fue el menor número de individuos avistados (Tabla 3).

Conteo por fajas vs. transectas de línea

De las seis estimaciones de densidad obtenidas por el conteo por fajas, teniendo en cuenta la estratificación usada en la metodología de transectas de línea (Tabla 4), sólo la estimación de la estancia Alicura fue similar a la obtenida por el método de transectas de línea. Esta estimación coincide con una de las dos estancias con mayor densidad de guanacos (tabla 1).

En la técnica de conteo por fajas, el ancho de faja determina el grado de sesgo y el tamaño de la muestra. Cuanto mayor es el ancho de faja, mayor es el sesgo en las estimaciones y mayor es el tamaño de muestra (Burnham et al. 1985).

Analizando la función de detección de las observaciones aéreas, se observa que la detectabilidad de grupos disminuye aproximadamente un 5% a una distancia de 200 m de la línea de marcha (Fig. 2a). Esta distancia es similar a la distancia considerada para el ancho de faja (200 m a cada lado de la línea de marcha) en el método de conteo por fajas. Si se desprecia la corrección de la proporción de individuos no detectados por parte de la metodología de transectas de línea, las estimaciones de densidad deberían ser similares entre ambas metodologías. Sin embargo, los valores de densidad obtenidos para las estancias Santa Teresa, Collón Cura, Los Remolinos, Chacayal y el departamento Collón Cura con el método de conteo por fajas, son un 30-100% menores que los obtenidos por la metodología de transectas de línea (Tablas 1 y 4). En estos casos, el sesgo no está relacionado con la disminución de la detectabilidad con la distancia a la línea de marcha, sino con el menor número de grupos avistados.

En zonas de media-baja densidad, la probabilidad de detectar individuos en el área de 400 m de ancho relevada con el método de conteo por fajas es menor que en el área de 2760

m de ancho de las transectas de línea. En cualquier técnica básica de conteo, un mayor tamaño de muestra contribuye a una mayor exactitud y una menor varianza de las estimaciones (mayor precisión).

Por otro lado, debido a que el guanaco es una especie gregaria, si se considera a cada individuo como la unidad muestral, como en Gader y del Valle (1982), la varianza de las estimaciones del conteo por fajas también es afectada por la falta de independencia entre las observaciones (distribución de contagio). Para un mismo esfuerzo de muestreo, la metodología de transectas de línea permite obtener un mayor número de avistajes al aumentar el ancho de faja sin perder exactitud y puede evitar la falta de independencia al considerar a cada grupo como una unidad de observación. De esta forma se obtienen estimadores con menor sesgo y mayor precisión que en el conteo por fajas.

Conclusiones

La metodología de transectas de línea aérea es una metodología más precisa y exacta que el conteo aéreo por fajas para evaluar cambios en la densidad poblacional de guanacos. Dado que este estudio aporta información de base para el sur de la provincia de Neuquén para el año 2001, en el futuro se sugiere el uso de transectas de línea para evaluar la tendencia poblacional de guanacos en la región.

A menos que se sometan a una prueba de calibración, las estimaciones de densidades obtenidas utilizando las transectas de línea aérea con un solo observador, no deben ser usadas para estimar densidades absolutas de guanacos. Por otro lado, las estimaciones obtenidas con esta metodología deben ser calibradas si se las desea utilizar para estimar densidades reales de

guanacos en sitios con topografía o vegetación diferentes de las del área de estudio en el sur de Neuquén.

La probabilidad de detectar individuos de la población animal para la que se desea estimar la densidad está influenciada principalmente por el tiempo invertido en la búsqueda y por las características geográficas del área (coloración del terreno, topografía, cobertura vegetal) y biológicas de la especie (tamaño corporal y coloración). Se sugiere el siguiente protocolo de trabajo para optimizar la precisión y exactitud de la metodología de transectas de línea aérea para estimar densidades de guanacos (los detalles de fechas y horas recomendadas corresponden al sur de Neuquén y deben ser adaptados a la zona de trabajo correspondiente):

- 1) Utilizar un avión de ala alta, con un solo motor y parantes en las alas. De esta forma se tiene un amplio campo visual, con una baja velocidad de desplazamiento y se puede realizar una correcta marcación de los intervalos de distancia.
- 2) Los relevamientos se deben realizar preferentemente entre noviembre y diciembre. El horario óptimo para realizar las observaciones es entre las 08:00 y las 11:00 hs. Así se evita la dificultad de observación debida a la turbulencia de aire producida por el calentamiento terrestre y los horarios de mayor temperatura que inducen a los guanacos a agruparse y echarse.
- 3) La altura mínima de vuelo debe ser de 250 m sobre el terreno. La velocidad de vuelo será la menor posible, para optimizar el esfuerzo de muestreo, y constante durante todo el estudio, para aportar el mismo error de observación en todas las transectas.

- 4) El conteo debe ser realizado por al menos dos observadores, uno observando continuamente y hacia delante del avión los dos primeros intervalos de distancia y el/los otro/s observando el resto de los intervalos, pero concentrándose sobre las distancias menores. Los observadores que hacen los conteos a los lados deben permanecer del mismo lado de observación en cada transecta. La modalidad de alternar entre un lado y otro del avión hace que el observador se tenga que adaptar al paisaje en cada cambio, disminuyendo la detectabilidad de los grupos. El lado de observación debe elegirse de manera tal que el sol quede a espaldas de los observadores.
- 5) Al menos dos marcas de los intervalos de distancia del parante del avión deben alinearse con sus respectivas marcas en la ventanilla para evitar sesgos en las asignaciones de los grupos avistados a los intervalos. Esta alineación ayuda a fijar el punto visual del observador (ver Guenzel 1997).
- 6) A menos que sea imprescindible, no es recomendable registrar la estructura social de los grupos para no aumentar el tiempo requerido para cada observación y el sesgo en las estimaciones. Tal vez se puede intentar registrar como mínimo el tipo de agrupación social (grupo familiar, tropilla de solteros, individuos solitarios).
- 7) Optimizar el esfuerzo total de observación mediante el uso de grabadores portátiles de cinta.
- 8) Armar previamente la ruta de vuelo en un geoposicionador satelital (GPS) con las transectas identificadas. Utilizar dos GPS (uno para el piloto y otro para los

observadores) para minimizar la necesidad de intercomunicación, muchas veces entorpecida por la mala acústica de los aviones chicos.

- 9) Estratificar geográficamente el área a muestrear en estratos de diferente densidad. Por ejemplo, en el departamento Collón Curá el estrato de alta densidad está representado por las estancias contiguas Santa Teresa y Piedra del Águila (centro-norte del departamento) y Ache-Có y Alicura (sur-sureste) y el de media-baja densidad por el resto del departamento. Distribuir en la meseta basáltica de la zona centro-norte al menos cuatro transectas de unos 20 km de longitud, con una orientación aproximada de 300° , tomando como límite suroeste el cerro Santa Teresa. Reorientar las transectas con un rumbo de 180° para la estancia Alicura, 45° para Chacayal y radialmente a partir de las laderas norte y este del cerro Yegudas para Los Remolinos. Detectar a través de relevamientos terrestres las áreas sin presencia de guanacos.
- 10) Con el fin de facilitar el modelaje de la función de detección, agrupar los datos de todos los sitios muestreados en cada región relevada.

Agradecimientos

Este trabajo no es el resultado del esfuerzo de una sola persona, sino de innumerables aportes de los que me rodean que, a veces sin saberlo, fueron los pilares que me ayudaron a sostener lo que me permitió llegar hasta aquí sin volverme loco, la paciencia.

Quisiera agradecer a Andrés Novaro, por haberme aportado esos conocimientos que no se aprenden en las instituciones y por enseñarme a ser biólogo. Gracias por haber aceptado la dirección de este trabajo sin hacer pesar sobre mí el bagaje de títulos que se usa para alejar a las personas. Gracias por caminar a mi lado.

En el Departamento de Fauna Terrestre del Centro de Ecología Aplicada del Neuquén, un agradecimiento a Emiliano Donadío, Sebastián Di Martino, Andrés Novaro y Lara Heidel, por haberme asistido en los conteos terrestres. A Martín Funes, por la revisión de este trabajo y por el asesoramiento en la utilización del programa Distance 4.0. A Obdulio Monsalvo, Guillermo Sánchez Aldao, Alejandro del Valle, Reinaldo Gader y Pablo Carmanchahi, por el aporte de información clave. A Oscar Pailacura, por haberme agasajado con sus mates y haberme entretenido con sus charlas favoritas (no viene al caso aclarar qué temas de conversación). A Natalia Radovani, por el aporte de opiniones estadísticas y la compañía. A Rocío, por la alegría cordobesa.

A Rubén Mora, por haber hecho lo imposible para que el “fitito del aire” no se moviera tanto. Perdón por la campera y muchas gracias por el paseo.

En Jardines del Chimehuín, gracias a Susan Walker, por la asistencia con los gráficos digitalizados y por el asesoramiento indirecto. Gracias también a la telefonista Jimena Novaro, siempre lista.

Muchas gracias a toda mi familia, la de Junín y San Martín de los Andes, la de Bariloche y la de Buenos Aires. Todos alentándome continuamente. A mis padres, por apoyarme y haber respetado siempre mis tiempos. A mis hermanos y mi primo, perdón por las interminables horas instalado en la computadora. Ahora sí tienen tarifa plana. A mi novia, por tanta ternura, comprensión y paciencia. A Tina, Martín y Ceci, por haberme recibido siempre con esa calidez desinteresada que los caracteriza. A mis abuelos, por todo el cariño. Al poder relajante de mis mascotas.

Finalmente, gracias a mis amigos, los que de alguna u otra forma me acompañaron en esta aventura. Gracias a los que no cambiaron nunca su esencia a pesar de los sucesos. A Carlos, Leo y Juan Pablo, el team dinámico. Gracias por las reuniones desestresantes. A Oscar y su familia, por tanto afecto. A Fabián, por haberme hecho sentir alguien importante. A Nacho, Mónica, Victor, Chori, Balta, Sol, Chino, la Enana, la Negra, Silvana... gracias por la amistad de siempre, combustible de mi alma, y por la preocupación continua. A todos, gracias.

Bibliografía

- Amaya, J. N., J. von Thüngen, y D. A. De Lamo. 2001. Densidad de guanacos (*Lama guanicoe*) en la Patagonia. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria S.C. de Bariloche, Área Recursos Naturales, Fauna, Comunicación Técnica 109.
- Anderson, D. R., J. L. Laake, B. R. Crain, y K. P. Burnham. 1979. Guidelines for line transect sampling of biological populations. *Journal of Wildlife Management* 43(1):70-78.
- Anderson, D. R., y R. S. Pospahala. 1970. Correction of bias in belt transects of immotile objects. *Journal of Wildlife Management* 34:141-146.
- Baldi, R. 1997. Abundancia y distribución del guanaco (*Lama guanicoe*), en el NE del Chubut, Patagonia Argentina. *Mastozoología Neotropical* 4(1):5-15.
- Baldi, R. 1999. The distribution and feeding strategy of guanacos in the Argentine Patagonia: a sheep-dependent scenario. Thesis, Universidad College London, London, England.
- Begon, M., J. L. Harper, y C. R. Townsend. 1995. *Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades*. Ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Bothma, J. du P., editor. 1989. *Game Ranch Management*. J.L. van Schaik Publishers, Pretoria.
- Bothma, J. du P., M. J. S. Peel, S. Pettit, y D. Grossman. 1990. Evaluating the Accuracy of Some Commonly Used Game-counting Methods. *S.-Afr. Tydskr. Natuurnav* 20(1):26-32.
- Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, y J. L. Laake. 1993. *Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations*. Chapman and Hall, London. 446 pp.
- Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, D. L. Borchers y L. Thomas. 2001. *Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. 2nd ed. New York: Oxford University Press. 432 pp.
- Burnham, K. P., y D. R. Anderson. 1984. The need for distance data in transect counts. *Journal of Wildlife Management* 48(4):1249-1254.

- Burnham, K. P., D. R. Anderson, y J. L. Laake. 1985. Efficiency and bias in strip and line transect sampling. *Journal of Wildlife Management* 49(4):1013-1018.
- Cajal, J. L. 1979. Estructura social y área de acción del guanaco (*Lama guanicoe*) en la reserva de San Guillermo (provincia de San Juan). III Congreso Internacional sobre Camélidos Sudamericanos, Viedma, Argentina.
- Cajal, J. L., y E. Sánchez. 1983. Censo de Camélidos y Comportamiento del Guanaco en la Reserva San Guillermo. Presidencia de la Nación, Secretaría de Planeamiento, Subsecretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires.
- Cajal, J., C. Cunazza, W. Franklin, J. Garrido, S. Puig, K. Raedeke, y J. Rottmann. 1985. Manejo de fauna silvestre y desarrollo rural. Información sobre siete especies de América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Lima, Perú.
- Caughley, G. 1974. Bias in Aerial Survey. *Journal of Wildlife Management* 38(4):921-933.
- Caughley, G. 1979b. Design for aerial census. Páginas 15-20 en *Aerial surveys of fauna populations*. Australian Natl. Parks and Wildl. Serv. Spec. Publ 1.
- Caughley, G., R. Sinclair, y D. Scott-Kemmis. Experiments in aerial survey. 1976. *Journal of Wildlife Management* 40(2):290-300.
- Cunazza, C, S. Puig, y L. Villalba. 1995. Situación actual del guanaco y su ambiente. Páginas 27-53 en: Puig S, editora. *Técnicas para el manejo del guanaco*. UICN, Gland, Switzerland.
- De Lamo, D. A. 1997. Estado Actual y Perspectivas Sobre el Uso Sustentable de Poblaciones de Camélidos Silvestres. Actas del Segundo Seminario Internacional de Camélidos Sudamericanos Domésticos. Universidad Católica de Córdoba.
- De Lamo, D., J. L. Garrido, y K. Zsolt. 1982. Población y Parámetros Reproductivos del Guanaco. Centro Nacional Patagónico-CONICET, Puerto Madryn.
- del Valle, A. E., R. Gader, M. C. Funes, y S. Llewellyn Lewis. 1987. Censo aéreo de guanaco (*Lama guanicoe*) en una unidad fitogeográfica Patagónica en el departamento Collón Cura, Neuquén. Pp. 415-443 en: *Actas Primeras Jornadas Nacionales de Fauna*

- Silvestre, Santa Rosa, La Pampa. Universidad Nacional de La Pampa y Gobierno de La Pampa.
- Eberhardt, L. L., y M. A. Simmons. 1987. Calibrating population indices by double sampling. *Journal of Wildlife Management* 51(3):665-675.
- Firchow, K. M., M. R. Vaughan, y W. R. Mytton. 1990. Comparison of aerial survey techniques for pronghorns. *Wildlife Society Bulletin* 18:18-23.
- Franklin, W. L. 1983. Contrasting socioecologies of South America's wild camelids: the vicuña and the guanaco. En: *Advances in the study of mammalian behavior*.
- Franklin, W.L., F. Bas, C.F. Bonacic, C. Cunazza, and N. Soto. 1997. Striving to manage Patagonia guanacos for sustained use in the grazing agroecosystems of southern Chile. *Wildlife Society Bulletin* 25(1):65-73.
- Funes, M.C., A.J. Novaro, P.D. Carmanchahi, y A. González. 2002. Relevamiento poblacional de guanacos en la estancia Ache-Có, departamento Collón Cura, Neuquén. Departamento de Fauna Terrestre, C.E.A.N., Dirección General de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Estado de Coordinación y Producción y Wildlife Conservation Society. 14 pp.
- Funes, M.C., P.D. Carmanchahi, G. Sánchez Aldao, y O. Pailacura. 2003. Relevamiento poblacional de guanacos en la estancia Piedra del Águila, departamento Collón Cura, Neuquén. Departamento de Fauna Terrestre, C.E.A.N., Dirección General de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Estado de Coordinación. 15 pp.
- Gader, R., y A. E. del Valle. 1979. Situación Actual del Guanaco (*Lama guanicoe*) en el Departamento Collón Cura, Provincia de Neuquén. Dirección General de Recursos Faunísticos, Dirección de Ecología Animal, Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales, 12 pp.
- Gader, R., y A. E. del Valle. 1980. Población de guanacos estimada según encuestas del departamento Provincial de Collón Cura. Dirección General de Recursos Faunísticos, Dirección de Ecología Animal, Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales, 3 pp.
- Gader, R., y A. E. del Valle. 1981. Informe sobre la distribución y cantidad del guanaco en el Departamento Collón Cura, Neuquén. Dirección General de Recursos Faunísticos, Dirección de Ecología Animal, Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales, 6 pp.

- Gader, R., y A. E. del Valle. 1982. Relevamiento aéreo de guanacos en el departamento Collón Cura. Dirección General de Recursos Faunísticos, Dirección de Ecología Animal, Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales, 44 pp.
- Gader, R., y A. E. del Valle. 1982. Relevamiento aéreo de guanacos, Estancia Chacayal y Estancia Los Remolinos. Dirección General de Recursos Faunísticos, Dirección de Ecología Animal, Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales, 8 pp.
- Gader, R., y A. E. del Valle. 1982. Relevamiento aéreo de guanacos en los departamentos Provinciales Pehuenches y Añelo. Dirección General de Recursos Faunísticos, Dirección de Ecología Animal, Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales, 8 pp.
- Gader, R., y A. E. del Valle. 1983. Segundo relevamiento aéreo en el departamento Collón Curá (Provincia de Neuquén). Dirección General de Recursos Faunísticos, Dirección de Ecología Animal, Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales, 17 pp.
- Gader, R., y A. E. del Valle. 1983. Relevamiento aéreo de guanacos en el departamento Pehuenches, Provincia de Neuquén. Dirección General de Recursos Faunísticos, Dirección de Ecología Animal, Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales, 21 pp.
- Gasaway, W. C., S. D. Dubois, y S. J. Harbo. 1985. Biases in aerial transect surveys for moose during May and June. *Journal of Wildlife Management* 49(3):777-784.
- Gelatt, T. S., y D. B. Siniff. 1999. Line transect survey of crabeater seals in the Amundsen-Bellingshausen Seas, 1994. *Wildlife Society Bulletin* 27(2):330-336.
- Guenzel, R. J. 1997. Estimating pronghorn abundance using aerial line transect sampling. Wyoming Game and Fish Department. Wyoming. 174 pp.
- Jachmann, H. 2002. Comparison of aerial counts with ground counts for large African herbivores. *Journal of Applied Ecology* 39:841-852.
- Johnson, B. K., y R. J. Guenzel. 1991. Use of aerial line transect surveys to estimate pronghorn populations in Wyoming. *Wildlife Society Bulletin* 19:315-321.
- Laake, J. L. 1978. Line transect estimators robust to animal movement. MS Thesis, Utah State University, Logan, UT, USA, 55 pp.

- Lancia, R. A., J. D. Nichols, y K. H. Pollock. 1994. Estimating the number of animals in wildlife populations. Páginas 215-253 en *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats* (Bookhout, T.A., ed.). The Wildlife Society, Bethesda, MD.
- León, R. J. C., D. Bran, M. Collantes, J. M. Paruelo, y A. Soriano. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* 8:125-144.
- LeResche, R. E., y R. A. Rausch. 1974. Accuracy and precision of aerial moose censusing. *Journal of Wildlife Management* 38(2):175-182.
- Novaro, J. A., M. C. Funes, C. Rambeaud, y O. Monsalvo. 2000. Calibración del índice de estaciones odoríferas para estimar tendencias poblacionales del zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*) en Patagonia. *Mastozoología Neotropical* 7(2):81-88.
- Ostle, B. 1977. *Estadística Aplicada*. Ed. Limusa, México.
- Ott, R. L. 1992. *An introduction to statistical methods and data analysis*. Fourth edition. Duxbury Press, Belmont, California.
- Otten, M. R. M., J. B. Haufler, S. R. Winterstein, y L. C. Bender. 1993. An aerial censusing procedure for elk in Michigan. *Wildlife Society Bulletin* 21:73-80.
- Paruelo, J. M., A. Beltrán, E. Jobbágy, O. E. Sala y R. Golluscio. 1998. The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral* 8:125-144.
- Pojar, T. M., D. C. Bowden, y R. Bruce Gill. 1995. Aerial counting experiments to estimate pronghorn density and herd structure. *Journal of Wildlife Management* 59(1):117-128.
- Puig, S. 1986. *Ecología poblacional del guanaco (Lama guanicoe, Camelidae, Artiodactyla) en la Reserva Provincial de La Payunia (Mendoza), Argentina*. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires. 532pp.
- Pollock, K. H., y W. L. Kendall. 1987. Visibility bias in aerial surveys: a review of estimation procedures. *Journal of Wildlife Management* 51(2):502-510.
- Raedeke, K.J. 1979. *Population dynamics and socioecology of the guanaco (Lama guanicoe) of Magallanes, Chile*. Ph. D. dissert., Univ. Washington, Seattle, USA.

- Ridpath, M. G., R. J. Begg, M. L. Dudzinski, M. A. Forbes, y A. Graham. 1983. Counting the same populations of large tropical mammals from the ground and from the air. *Australian Wildlife Research* 10(3):487-498.
- Rodgers, J. A., Jr., L. B. Linda, y S. A. Nesbitt. 1995. Comparing aerial estimates with ground counts of nests in wood stork colonies. *Journal of Wildlife Management* 59(4):657-666.
- Samuel, M. D., E. O. Garton, M. W. Schilegel, y R. G. Carson. 1987. Visibility bias during aerial surveys of elk in Northcentral Idaho. *Journal of Wildlife Management* 51(3):622-630.
- Severson, K. W., y G. E. Plumb. 1998. Comparison of methods to estimate population densities of black-tailed prairie dogs. *Wildlife Society Bulletin* 26(4):859-866.
- Short, J., y J. Hone. 1988. Calibrating aerial surveys of kangaroos by comparison with drive counts. *Australian Wildlife Research* 15(3):211-284.
- Sokal, R. R., y F. J. Rohlf. 1995. *Biometry*. Third edition. W.H. Freeman and Company, New York.
- Thomas, L., J. L. Laake, S. Strindberg, F. F. C. Marques, S. T. Buckland, D. L. Borchers, D. R. Anderson, K. P. Burnham, S. L. Hedley, y J. H. Pollard. 2002. *Distance 4.0 Release 2*. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>
- Torres, H. 1985. *Distribución y Conservación del Guanaco*. UICN/CSE Grupo Especialista en Camélidos Silvestres Sudamericanos, Informe Especial 2.
- Torres, H. 1992. *Camélidos silvestres sudamericanos*. UICN/CSE Grupo Especialistas en Camélidos Sudamericanos, Un plan de acción para la conservación.
- Vilá, B., y A. Ruscitti. 1994. *La utilización sustentable de los camélidos silvestres*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Subsecretaría de Producción Agropecuaria y Mercado, Dirección Nacional de Producción Agropecuaria, Dirección de Producciones No Tradicionales, Boletín Camélidos Argentinos 6.
- Walker, R. S., J. A. Novaro, y J. D. Nichols. 2000. Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos. *Mastozoología Neotropical* 7(2):73-80.

- Walker, R. S., V. Pancotto, J. Schachter-Broide, G. Ackermann, y J. A. Novaro. 2000. Evaluation of a fecal-pellet index of abundance for mountain vizcachas (*Lagidium viscacia*) in Patagonia. *Mastozoología Neotropical* 7(2):89-94.
- White, G. C., R. M. Bartmann, L. H. Carpenter, y R. A. Garrott. 1989. Evaluation of aerial line transects for estimating mule deer densities. *Journal of Wildlife Management* 53(3):625-635.
- Whittaker, D. G., W. A. Van Dyke, y S. L. Love. 2003. Evaluation of aerial line transect for estimating pronghorn antelope abundance in low-density populations. *Wildlife Society Bulletin* 31(2):443-453.