

MONITOREO DE ZORROS COLORADOS (*PSEUDALOPEX CULPAEUS*) Y GRISES (*PSEUDALOPEX GRISEUS*) EN PATAGONIA: DISEÑO Y COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS ALTERNATIVOS

**Alejandro Travaini¹⁻², Javier Pereira³,
Rolando Martínez-Peck⁴ y Sonia C. Zapata¹**

¹ Centro de Investigaciones de Puerto Deseado. Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Avenida Lotuffo S/N, 9050 Puerto Deseado, Santa Cruz, Argentina. Tel/Fax 54 (0)297 4870511, <atrava@pdeseado.com.ar>. ² CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). ⁴ Asociación para la Conservación y el Estudio de la Naturaleza (ACEN). Julián Alvarez 2414 7mo. «D» (CP 1425) Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN. Desarrollamos y comparamos dos programas de seguimiento de poblaciones silvestres de zorros a partir de dos metodologías alternativas para estimación de abundancia relativa, un índice basado en las visitas a las estaciones de cebado y otro en el recuento de signos en cuadrículas. Los programas de seguimiento se desarrollaron para detectar una disminución del 50% de la población inicial de zorros, para tres niveles de α alternativos (0.05, 0.10 y 0.15), dos plazos temporales (5 y 10 años, y una tasa anual de 12 y 6,7% de disminución, respectivamente) y según esfuerzos de muestreo variables: recorriendo las cuadrículas una o dos veces por año, o repitiendo una o dos veces al año la activación de un número creciente de estaciones de cebado y revisándolas durante sólo una noche, dos noches o tres noches consecutivas. El número de cuadrículas a recorrer para alcanzar una potencia del 80% en cada situación hipotética planteada (entre 30 y 50 cuadrículas) fue similar para un programa de seguimiento basado en el número de signos por unidad de esfuerzo (I_1) o en la inversa del tiempo transcurrido hasta el primer hallazgo (I_2). En el caso de las estaciones de cebado, sólo fue posible detectar una disminución del 50% con una potencia del 80% en las poblaciones de ambos zorros en cinco años, si se activan 18 líneas de 6 estaciones cada una dos veces al año y se revisan durante tres noches consecutivas. En cambio, si el plazo del programa de seguimiento se fija en 10 años el esfuerzo de muestreo para alcanzar una potencia similar se reduce a 16 líneas, que deberán activarse sólo una noche y una vez al año. Para ambas estimaciones de abundancia propuestas, un programa de seguimiento a 10 años requiere de esfuerzos económica y logísticamente accesibles a las autoridades de gestión de un área protegida. Se discuten ventajas y desventajas de cada uno de los programas y se proponen alternativas para incrementar la información que se puede obtener a partir de cada uno de ellos, útiles a la conservación de los zorros y otras especies de la fauna silvestre dentro y fuera de áreas protegidas.

ABSTRACT. Monitoring Culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) and Gray foxes (*Pseudalopex griseus*) in Patagonia: Design and comparison between two alternative methods. We developed and compared two alternative monitoring programs for wild foxes in Patagonia. Monitoring programs were based on two methods to estimate relative abundance, one on square plot survey (sign searching) and the other on bait station visits. To detect a 50% decrease from the current population abundance, we used three increasing α levels (0.05, 0.10, and 0.15), two time intervals (5 and 10 years, -12% y-6,7% annually, respectively) and variable sampling effort: surveying plots or activating an increasing number of bait stations once or twice a year, and operating bait stations during one, two or three consecutive nights. Sample size needed for the plot survey (30 to 50 plots for 80% power) was similar whether we based our monitoring on the number of signs per unit effort (I_1) or the inverse of the time

needed to find the first sign (I_2). Eighteen lines of six bait stations each and operated twice a year during three consecutive nights were needed to detect a 50% population decline in five years with 80% power. This is a very high sampling effort. However, to detect the same population decline in 10 years, only 16 lines need to be activated once a year for only one night. Monitoring programs based on either of the methods tested to estimate relative abundance and aimed at detecting a 50% decline in the next ten years demand affordable sampling efforts by conservation authorities in a protected area. We discuss some advantages and pitfalls of each program. Finally, we suggest ways to monitor species other than foxes during surveys.

Palabras clave: abundancia relativa, cuadrícula, estaciones de cebado, Patagonia, *Pseudalopex culpaeus*, *Pseudalopex griseus*, seguimiento, tendencias, zorros.

Key words: Patagonia, trends, Culpeo fox, South American gray fox, monitoring population, *Pseudalopex culpaeus*, *Pseudalopex griseus*, bait station, square plot, relative abundance.

INTRODUCCIÓN

Existe una tendencia creciente a basar las decisiones de gestión de la fauna silvestre en pruebas rigurosas y objetivas (elaboración de hipótesis, diseños experimentales, pruebas estadísticas), de forma que sus resultados sustenten inferencias confiables. Es el caso por ejemplo del seguimiento de los tamaños de una población en el tiempo a partir de programas específicamente diseñados (Kendall et al., 1992; Gibbs y Melvin, 1997; Walsh y White 1999). Estos programas tienen como objetivo detectar a tiempo cambios preestablecidos en la abundancia de una población, como para tomar medidas correctivas, de conservación o control dependiendo de la especie y situación (Thompson et al., 1998).

El éxito de un programa de seguimiento dependerá de los cuidados que se hayan puesto en su diseño (lo que incluye una cuidadosa selección del estimador de abundancia) y un protocolo de muestreo acorde con los recursos disponibles. Es importante además comprender la relación entre estos elementos y los objetivos del programa de seguimiento para garantizar confianza en los resultados, en base a una suficiente potencia estadística (Steidl et al., 1997). En este contexto, el concepto de potencia es útil tanto para mejorar el diseño de un experimento como para facilitar la interpretación estadística de sus resultados (Gerrodette, 1987; Peterman y Bradford, 1987; Peterman, 1990; Taylor y Gerrodette, 1993).

En la estimación de tendencias poblacionales,

cuando se debe tomar una decisión acerca de rechazar la hipótesis nula (que establece que no hubo cambios significativos en las abundancias evaluadas) a favor de una alternativa (si los hubo) (Steidl et al., 1997), se pueden cometer dos tipos de errores (Gibbs et al., 1999). Se puede rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera, con lo que se concluiría erróneamente que existe una tendencia, cometiéndose lo que se conoce como error de tipo I (con una probabilidad α de cometerlo), o aceptar la hipótesis nula cuando ésta es falsa, lo que a su vez implica pasar por alto una tendencia que sí existe y cometer un error de tipo II (con una probabilidad β). La potencia es igual a $1-\beta$ y se define como la probabilidad de rechazar correctamente la hipótesis nula cuando ésta es falsa (Sokal y Rohlf, 1981) o lo que es lo mismo, detectar una tendencia cuando ésta realmente existe.

Debido a que la significación biológica y estadística no son siempre equivalentes (Dixon et al., 1998; Johnson, 1999) y que dentro del contexto de un programa de seguimiento la significación biológica debería primar, se considera aceptable relajar el nivel convencional de α (0.01, 0.05) a niveles de 0.10 o 0.20 (Elzinga et al., 2001). De esta forma se obtiene un incremento en la potencia del muestreo, a cambio de rechazar en más ocasiones hipótesis nulas verdaderas (error de tipo I) e incurrir en falsas alarmas de cambios. Esto es preferible en el contexto de un programa de monitoreo, ya que de esta forma se reaccionará a tiempo de implementar medidas correctivas

en caso, por ejemplo, de producirse un decremento poblacional (Gibbs et al., 1999).

En Patagonia, el zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*, previamente incluido en el género *Dusicyon*; Novaro, 1997a) ha sido extensa y prolongadamente perseguido por los productores ganaderos (Travaini et al., 2000) por su papel de predador sobre el ganado ovino. Además, junto al zorro gris (*Pseudalopex griseus*), constituyen las dos especies de mayor valor comercial por el precio y volumen de cosecha de sus pieles en la región. Las cuotas de extracción para ambas especies nunca se basaron en estudios previos sobre su estado, sino más bien por el valor de la piel en el mercado o el interés particular de cada productor ganadero para reducir sus abundancias en su campo. Algo similar ocurre con armiños (*Mustela erminea*) y comadreja (*Mustela nivalis*) en Inglaterra (McDonald y Harris, 1999). Así, a las fluctuaciones de origen natural, deben sumarse los efectos de la caza comercial y el control. Conocer el estado y tendencias de estas poblaciones debiera ser requisito indispensable sobre el cual basar decisiones de control o cosecha sostenida, si se pretende garantizar su conservación. Para esto, una herramienta útil la constituye el desarrollo de programas específicos de seguimiento basados en estimaciones periódicas de sus abundancias (Clevenger y Purroy, 1996; Van Strien et al., 1997). Los zorros, como la mayoría de los carnívoros, son especies crípticas y poco abundantes. Es recomendable entonces utilizar métodos de muestreo indirectos (recuento de huellas, excrementos u otros signos, Lancia et al., 1996), cuya aplicación pueda extenderse luego a grandes áreas a costos accesibles.

Las estaciones de cebado (Trehwella et al., 1991; Thompson y Fleming, 1994; Henderson et al., 1999; Travaini et al., 2001) se diferencian de las estaciones de olor (Linhart y Knowlton, 1975; Roughton y Sweeny, 1982) por brindar una recompensa alimenticia (el cebo) al individuo que la visita. El recuento de signos en cuadrículas (Palomares et al., 1991; Travaini et al., 1997) es una técnica de uso frecuente para la detección y estimación de abundancia de especies poco visibles.

En este trabajo desarrollamos y comparamos

dos programas de seguimiento de poblaciones silvestres de zorros a partir de dos metodologías alternativas para la estimación de su abundancia relativa, un índice basado en las visitas a las estaciones de cebado y otro en el recuento de signos en cuadrículas. Haciendo variar los componentes individuales que inciden directamente sobre la potencia de un programa de monitoreo, analizamos un abanico de alternativas sobre las que luego seleccionar el método de monitoreo en función de la disponibilidad de tiempo y demás recursos (p.ej. económicos). Inicialmente se propone evaluar el esfuerzo de muestreo necesario para detectar una disminución del 50% en los índices de abundancia iniciales para cada una de las dos especies en un plazo de 5 y 10 años, a una tasa anual de disminución de -12% y -6,7%, respectivamente. Consideramos que las disminuciones propuestas son conservativas y que, de forma simultánea, son suficientemente grandes como para reflejar un cambio poblacional de interés y suficientemente pequeñas como para permitir que se tomen medidas correctivas (prohibir la caza o control) a tiempo. Como otros cánidos, ambos zorros poseen tasas de crecimiento y capacidad de dispersión y recolonización elevadas (Johnson y Franklin, 1994; Novaro, 1997b), haciéndolas resistentes a fuertes reducciones poblacionales de las que se recuperan rápidamente. Ninguno de los zorros se encuentra actualmente en estado crítico de conservación (SAREM, 2000).

AREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

Las evaluaciones de abundancia relativa de zorro gris y colorado se hicieron en un área protegida, el "Monumento Natural Bosques Petrificados" (47° 39.887'S; 67° 59.729'W), ubicada en el Departamento Deseado, provincia de Santa Cruz, Argentina y bajo la Administración de Parques Nacionales (Fig. 1). Al citado Monumento de 100 km² de superficie, Parques Nacionales anexó recientemente dos establecimientos ganaderos vecinos de aproximadamente 200 km² c/u, Cerro Horqueta (47° 41.086'S; 68° 07.564'W) y El Cuadro (47° 34.864'S; 67° 58.118'W).

La precipitación anual oscila entre 100 y 300 mm. La temperatura media anual es de unos 17°C y los inviernos son frescos, con un promedio de 12.4 días al año con temperaturas medias bajo cero.

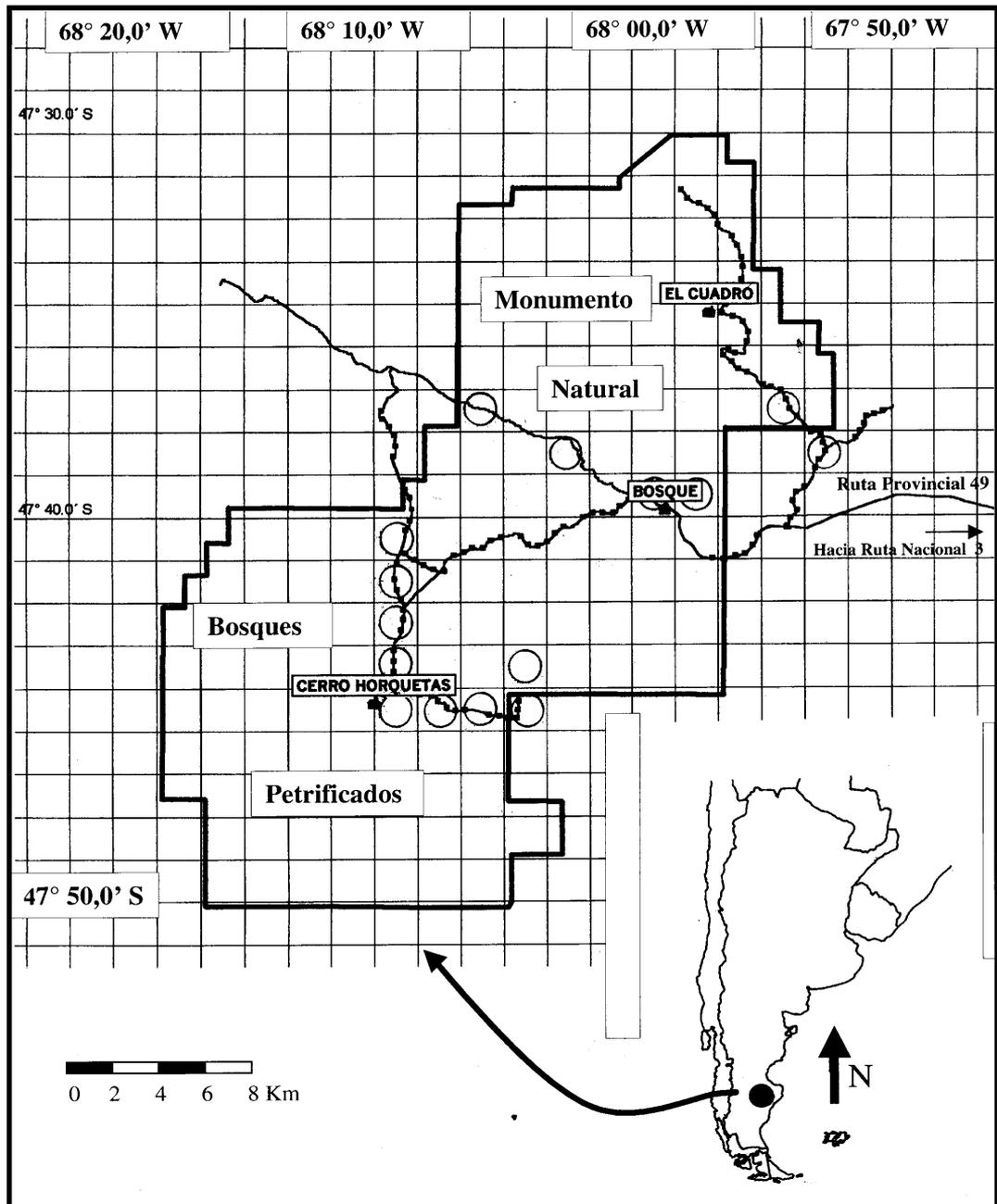


Fig. 1. Área de estudio. Localización del área protegida, “Monumento Natural Bosques Petrificados”, en la provincia de Santa Cruz donde se llevaron a cabo las experiencias con estaciones de cebado y el recorrido de cuadrículas, 1999-2000. Las estaciones de cebado se identifican con pequeños cuadrados, cada grupo de seis estaciones conforma una línea (la unidad de muestreo). Los cuadrados con un círculo en su interior identifican las cuadrículas recorridas.

Study area. Localization of the study area, in Santa Cruz Province, where we performed plot survey and bait station activation, 1999-2000. Bait stations are identified by small squares. Each group of six bait stations conforms a bait line and constitutes the sampling unit. Grid squares with a circle identified those surveyed for this study.

Raramente nieva pero el viento (usualmente entre moderado y fuerte, del Oeste) es prácticamente constante (Harris, 1998). La mayor parte del área está cubierta por pastizales y arbustos bajos, redondeados y espinosos (Soriano, 1983), con una cobertura que oscila entre un 10% (en las zonas más áridas) y un 60% (Bertiller y Bisigato, 1998).

Se obtuvieron índices de abundancia relativa de zorros empleando dos metodologías independientes, el recorrido y recolección (o conteo) de signos en cuadrículas y la activación y registro de huellas en estaciones de cebado.

Recolección de signos en cuadrículas

Sobre cartas topográficas a escala 1:100.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM) se identificaron los límites del área protegida (**Fig. 1**). Estas cartas se escanearon e incorporaron a un programa de mapeo y navegación (OziExplorer, Newman, 1998) donde fueron georeferenciadas. Utilizando este software se dibujaron los límites del área protegida, se la cuadrículó en cuadrados de 2 km de lado —las cuadrículas— y se identificaron los centros exactos de cada una.

Para facilitar su localización en el terreno los puntos centrales de las cuadrículas se volcaron a un geoposicionador satelital (GPS Garmin III plus). Con la ayuda del GPS dos observadores se desplazaban hasta el centro de la cuadrícula elegida a partir de donde se iniciaba un recorrido errático, cuidando de no pasar dos veces por el mismo sitio, a pie dentro de los límites de la misma por un tiempo que oscilaba entre una y dos horas. El GPS nos permitía saber cuándo nos salíamos de la cuadrícula que se estaba relevando e inmediatamente regresábamos a la misma.

Se buscaban signos de ambos zorros, rastros y excrementos, cada uno de los cuales se separó inicialmente en dos categorías: fresco, si se lo notaba de color oscuro evidenciando alto contenido de humedad, con no más de unos pocos días de exposición al sol, o viejo, si su edad era difícil o imposible de precisar pero se tenía certeza de que no era un signo fresco. La edad de las huellas se estimó en base al estado de conservación de su forma, registrando como frescas aquellas con bordes bien nítidos, no desdibujados por el viento o algún otro factor climático. En base a la experiencia que se va ganando consideramos pequeña la fracción de signos mal clasificados. En una planilla se registraba la hora del primer hallazgo y el número total de hallazgos para todas las categorías buscadas. Con esta información se elaboraron los siguientes índices de abundancia relativa (empleamos a partir de aquí sólo los excrementos, debido al reducido ha-

llazgo de huellas y su difícil individualización y cuantificación, esto es como saber si un rastro con el que el investigador se cruza en varias ocasiones durante el recorrido pertenecen a un mismo o diferentes individuos):

I_1 . Número de signos por unidad de esfuerzo. La unidad de esfuerzo fue la “hora-hombre” (60 minutos de búsqueda por una persona). Nro. Excrementos/(Nro. minutos de búsqueda/60) * Nro. Personas

I_2 . La inversa del tiempo transcurrido hasta el primer hallazgo.

1/Tiempo en minutos hasta el primer hallazgo * Nro. personas

Luego de pruebas preliminares decidimos agrupar los excrementos frescos y viejos en una única categoría, de forma de conseguir tamaños muestrales mayores, menos cuadrículas con valor cero de hallazgo y así una menor variabilidad en los índices de abundancia.

Los programas de seguimiento se desarrollaron para detectar una disminución del 50% de la población actual de zorros, para tres niveles de α alternativos (0.05, 0.10 y 0.15), dos plazos temporales (5 y 10 años, -12% y -6,7% anual, respectivamente) y según dos esfuerzos de muestreo posibles (recorriendo las cuadrículas una o dos veces por año).

Estaciones de cebado

La abundancia relativa de zorros se estimó a partir del índice de visita a estaciones de cebado (Travaini et al., 2001). La unidad de muestreo está conformada por un grupo de seis estaciones de cebado (separadas 500 metros entre sí) repartidas a lo largo de caminos secundarios. Estos grupos de seis estaciones están separados entre sí por no menos de 1000 m (Travaini et al., 2001). Cada prueba tomó cuatro días para completarse, el primer día se instalaron y durante los tres días siguientes se revisaron, registrando la especie visitante y acondicionando de nuevo la estación para la siguiente oportunidad. Los detalles metodológicos de la instalación y revisión de las estaciones de cebado se detallan en Travaini et al. (Acta Zoológica Mexicana, en prensa). Para cada línea se calculó un índice de visita (Linhart y Knowlton, 1975)

$$\text{Índice de visita} = (\text{Nro. de estaciones visitadas} / \text{Nro. de estaciones operables}) * 1000$$

Este índice se calculó para la primera de las tres noches de revisión (6 estaciones operables por línea), las dos primeras noches (12 estaciones operables por línea), y las tres noches (18 estaciones operables por línea). Una estación operable es aquella que se mantiene en condiciones de registrar las

huellas de quien la visita durante el período que va de su instalación a la siguiente revisión y acondicionamiento; puede tornarse inoperable por causa del viento, la lluvia o algún otro factor que deteriore demasiado la capa de tierra fina que posee. Como en el caso del recorrido de cuadrículas, se pusieron a prueba tres niveles de α , una o dos repeticiones al año y dos plazos temporales para una disminución del 50% de la población actual. Adicionalmente se evaluó la potencia de cada programa bajo el supuesto de activar y revisar las estaciones durante sólo una noche, dos noches y tres noches consecutivas. Todas las alternativas se evaluaron a su vez para un número creciente de líneas, entre 10 y 20 (número máximo posible de instalar y revisar en una jornada de trabajo por un equipo de dos personas) en incrementos de a dos.

Los índices obtenidos del recorrido de cuadrículas y de las visitas a las estaciones de cebado se utilizaron para alimentar al programa (software) MONITOR (Gibbs, 1995), con el cual se desarrollaron los programas de monitoreo. En todos los casos se buscaba identificar el esfuerzo de muestreo requerido para detectar las tendencias declinantes establecidas con una potencia de a lo menos un 80%. El programa MONITOR utiliza simulaciones de Monte Carlo (Manly, 1997) para modelar recuentos en el tiempo y generar tasas de detección observadas (Geissler y Sauer, 1990; Gibbs y Melvin, 1997). Este programa es de acceso gratuito en <http://www.MP1-PWRV.USGS.GOV/powcase/monitor.html>. Para todas las combinaciones posibles se realizaron 1000 simulaciones.

RESULTADOS

Recolección

Dos personas recorrieron 15 cuadrículas urante 6 días consecutivos en Enero de 2001 (**Fig. 1**). El tiempo medio dedicado a cada cuadrícula fue de 97,33 minutos (DS: 21,33, Rango: 50-137), mientras que el esfuerzo medio por cuadrícula fue de 4,63 horas-hombre (DS: 1,29, Rango: 3,03-7,33). El número máximo de excrementos encontrados en una cuadrícula fue de 37 y 18 para zorro colorado y gris, respectivamente. Todas las cuadrículas presentaron signos de alguna de las dos especies, aunque en dos de ellas no se encontraron excrementos de zorro colorado y en otras dos de zorro gris.

El tiempo medio transcurrido desde el inicio del recorrido hasta el primer hallazgo (multiplicado por el número de personas recorriendo la cuadrícula) fue de 61,92 (DS:65,63, Rango: 4-218) y 23,08 (DS: 20,06, Rango: 3-68) minutos para el zorro colorado y gris, respectivamente.

Ambos índices de abundancia relativa, I_1 e I_2 , mostraron menor variabilidad para el zorro gris (**Tabla 1**), lo que luego se refleja en un menor esfuerzo de muestreo necesario para

Tabla 1

Valor medio, desvío estándar y rango de los índices de abundancia relativa de zorros Colorado y Gris, I_1 (Número de signos por unidad de esfuerzo) e I_2 (Inversa del tiempo transcurrido desde el comienzo de la búsqueda hasta el primer hallazgo del signo buscado), obtenidos a partir del recorrido de cuadrículas en el Monumento Natural Bosques Petrificados, Santa Cruz, Enero de 2001.

Mean value, standard deviation and range for Culpeo and Grey fox relative abundance index I_1 (Number of signs per unit effort) and I_2 (the inverse of time elapsed from start to first finding), obtained from the plot survey performed in the Monumento Natural Bosques Petrificados, Santa Cruz, during January 2001.

Especie	I_1			I_2		
	\bar{X}	SD	Rango	\bar{X}	SD	Rango
Zorro Colorado	1,173	1,554	0-5,90	5,09	6,67	0,46-25
Zorro Gris	1,612	1,216	0-3,06	9,67	10,06	1,47-33,33

alcanzar potencias similares en los programas de seguimiento (**Fig. 2, a y b**).

Para ambas especies, el número de cuadrículas a recorrer para alcanzar una potencia del 80% es similar si el programa de seguimiento se basa en I_1 o I_2 (**Fig. 2, a y b**). Claramente, si el programa de seguimiento se plantea a 10 años el esfuerzo requerido es mucho más accesible que aquel necesario para detectar la tendencia planteada en 5 años (**Fig. 2**). Para el zorro gris, para un mismo esfuerzo de muestreo (en número de cuadrículas a recorrer), resultaría más potente un programa basado en la recolección de excrementos que uno basado en el tiempo de primera detección (**Fig. 2**). Esta tendencia, sin embargo, no es clara para el zorro colorado (**Fig. 2**). Por otro lado, un programa de seguimiento a 10 años requeriría de un número considerablemente menor de cuadrículas, si éste fuese sólo para el zorro gris (**Fig. 2a**).

Los esfuerzos mínimos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos están dentro de los límites de disponibilidad de recursos que las autoridades de conservación del área protegida podrían dedicar a este tipo de tareas dentro del parque nacional para cualquiera de los métodos de muestreo que se elija, recuento de excrementos o tiempo hasta la primera detección (**Tabla 2**).

Estaciones de cebado

Se realizaron 5 pruebas de estaciones de cebado en “El Cuadro” y 3 en “Cerro Horqueta” (**Tabla 3**). El número de líneas activadas en cada caso osciló entre 6 y 10, en función de las condiciones meteorológicas y el estado de los caminos secundarios utilizados.

Con el número de líneas utilizadas no es posible detectar una disminución del 50% en cinco años sin al menos dos repeticiones al año para ambas especies de zorros (**Fig. 3a**). En cambio, si el plazo del programa de seguimiento se fija en 10 años el esfuerzo de muestreo se reduce sensiblemente para una potencia mínima del 80% (**Fig. 3b**). Así, el esfuerzo mínimo requerido para alcanzar los objetivos planteados en 10 años resulta bastante accesible a las autoridades de gestión del área protegida (**Tabla 2**).

DISCUSIÓN

Una persona, durante los meses de verano (con prolongada disponibilidad diaria de luz) puede recorrer al menos 4 cuadrículas al día (esto es incluyendo los tiempos de desplazamiento entre una y otra). De esta forma, dos personas podrían recorrer 40 cuadrículas y así alcanzar una potencia superior al 80% en 5 días, a los que habría que agregar dos o tres días de resguardo a la hora de planificar esta actividad (si la variable utilizada es el número de signos por unidad de esfuerzo).

Si el programa de seguimiento se basase, en cambio, en el índice calculado a partir del tiempo de primera detección, entonces el esfuerzo requerido sería menor (**Tabla 2**). Harían falta en promedio 31 y 12 horas de recorrido para detectar el primer signo en 30 cuadrículas para el zorro colorado y gris, respectivamente. En este caso sería posible para una persona revisar 5 y hasta 6 cuadrículas en un día de trabajo por lo que dos personas completarían las 30 en 3 días.

La instalación y revisión de 16 líneas de estaciones de cebado lleva como máximo 4 días y el trabajo de dos personas. Para su instalación es necesario un día completo de trabajo, mientras que sólo medio día para revisarlas durante los días subsiguientes. Si sólo se las quisiese revisar un día, con lo que también se satisface la potencia mínima propuesta, el esfuerzo de muestreo para este programa se reduciría a dos días de trabajo por año. La conveniencia de prever tres revisiones (noches) en vez de una es para garantizar que algún factor meteorológico (lluvia, viento fuerte, etc.) no anule la experiencia.

Cada uno de los dos métodos de evaluación de abundancia sobre los que se basa luego el programa de seguimiento tiene ventajas y desventajas (**Tabla 4**), las que deberán ser tenidas en cuenta a la hora de seleccionar uno de ellos. No sólo se debe considerar el esfuerzo requerido o el costo económico, sino también la cantidad y calidad de la información que cada uno de los programas brinda. La **Tabla 4** detalla aquellos aspectos que podrían ser tenidos en cuenta a la hora de seleccionar el método de recuento.

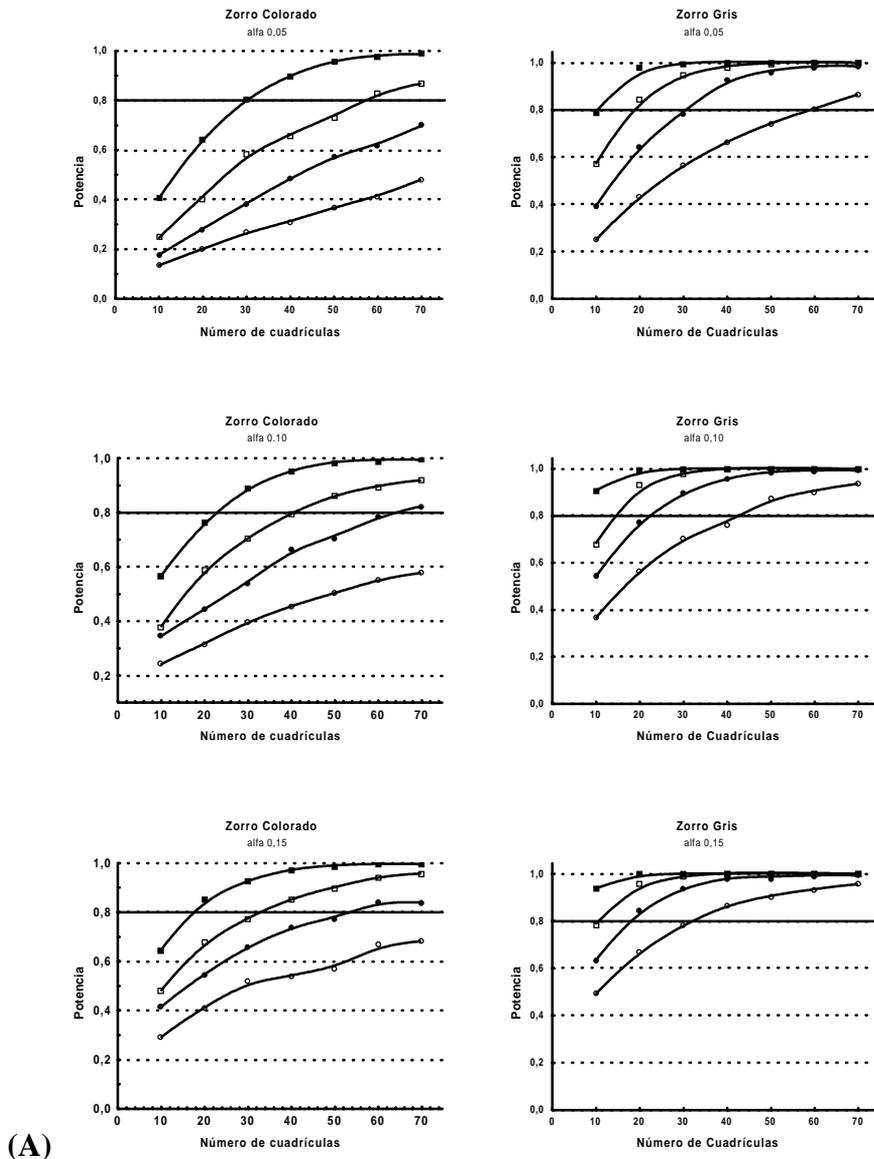


Fig. 2a. Potencia de programas de seguimiento de Zorros Colorados (*Pseudalopex culpaeus*) y Grises (*P. griseus*) basados en el recorrido de cuadrículas, para detectar una disminución del 50% en 5 años (-12% anual, círculos) y en 10 años (-7,6% anual, cuadrados) en función del esfuerzo de muestreo (número de cuadrículas a recorrer y repeticiones por año de estos recorridos; 1 vez/año, círculos y cuadrados vacíos; 2 veces/año, círculos y cuadrados rellenos), en el Monumento Natural Bosques Petrificados, Santa Cruz, 1999-2000. A) Muestra el esfuerzo requerido para basar el seguimiento en el recuento de excrementos (I_1).

*Statistical Power against sampling effort (number of surveyed plots and survey repetition each year; 1 time/year, empty circles and squares; 2 time/year, solid circles and squares) for Culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) and Gray (*Pseudalopex griseus*) foxes monitoring programs in Monumento Natural Bosques Petrificados, Santa Cruz, based on plot survey for signs. These programs were developed to detect a 50% decrease during the next 5 (-12%/year, circles) and 10 years (-7,6%/year, squares). A) Shows sampling effort for scat quantification (I_1).*

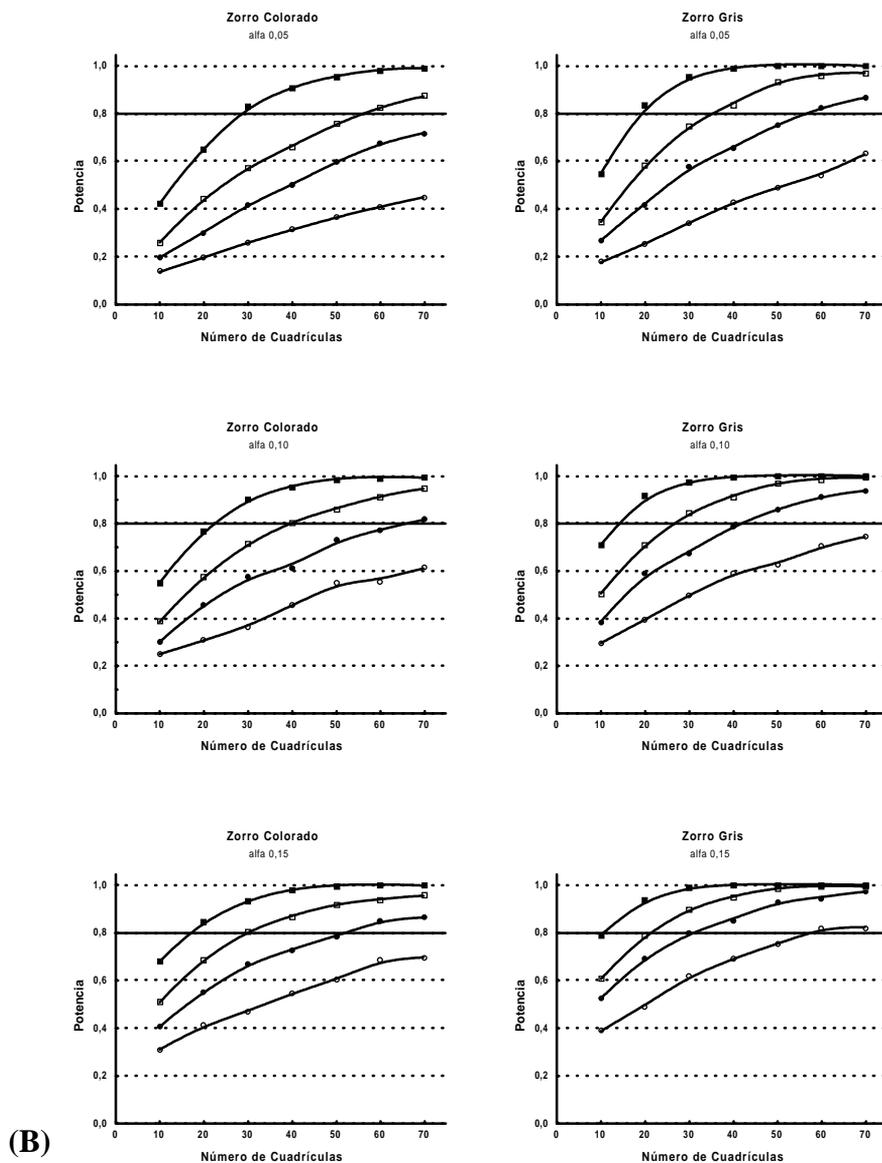


Fig. 2b. Potencia de programas de seguimiento de Zorros Colorados (*Pseudalopex culpaeus*) y Grises (*P. griseus*) basados en el recorrido de cuadrículas, para detectar una disminución del 50% en 5 años (-12% anual, círculos) y en 10 años (-7,6% anual, cuadrados) en función del esfuerzo de muestreo (número de cuadrículas a recorrer y repeticiones por año de estos recorridos; 1 vez/año, círculos y cuadrados vacíos; 2 veces/año, círculos y cuadrados rellenos), en el Monumento Natural Bosques Petrificados, Santa Cruz, 1999-2000. **B)** Muestra el esfuerzo según el tiempo de primera detección (I_2).

Statistical Power against sampling effort (number of surveyed plots and survey repetition each year; 1 time/year, empty circles and squares; 2 time/year, solid circles and squares) for Culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) and Gray (*Pseudalopex griseus*) foxes monitoring programs in Monumento Natural Bosques Petrificados, Santa Cruz, based on plot survey for signs. These programs were developed to detect a 50% decrease during the next 5 (-12%/year, circles) and 10 years (-7,6%/year, squares). **A)** Shows sampling effort for scat quantification (I_1). **B)** Shows the effort for a program based on time to first finding (I_2).

Tabla 2

Esfuerzo de muestreo requerido, para los índices derivados de ambos métodos de estimación de abundancia relativa, necesario para detectar una disminución del 50% en la población actual de ambas especies de zorros, de producirse este en un plazo de 5 o 10 años, con una potencia mínima del 80%. Monumento Natural Bosques Petrificados, Santa Cruz, 1999-2000.

Sampling effort required to detect a 50% reduction in the present Culpeo and Gray fox population during the next 5 or 10 years, with a minimum Power of 80%. Monumento Natural Bosques Petrificados, Santa Cruz.

Estimación de abundancia		5 años		10 años			
		Z colorado	Z gris	Z colorado		Z gris	
EXCREMENTOS (I ₁)	Nro. Cuadrículas	60	20	40		20	
	Nro. veces/año	2	2	1		1	
TIEMPO (I ₂)	Nro. Cuadrículas	60	40	30	20	20	30
	Nro. veces/año	2	2	1	2	2	1
CEBOS	Nro. de líneas	18	16	16		14	
	Nro. de noches	3	3	1		1	
	Nro. veces/año	2	2	1		1	

Tabla 3

Índices de visita a las estaciones de cebado activadas en el Monumento Natural Bosques Petrificados (Santa Cruz, Argentina) durante los años 1999 y 2000.

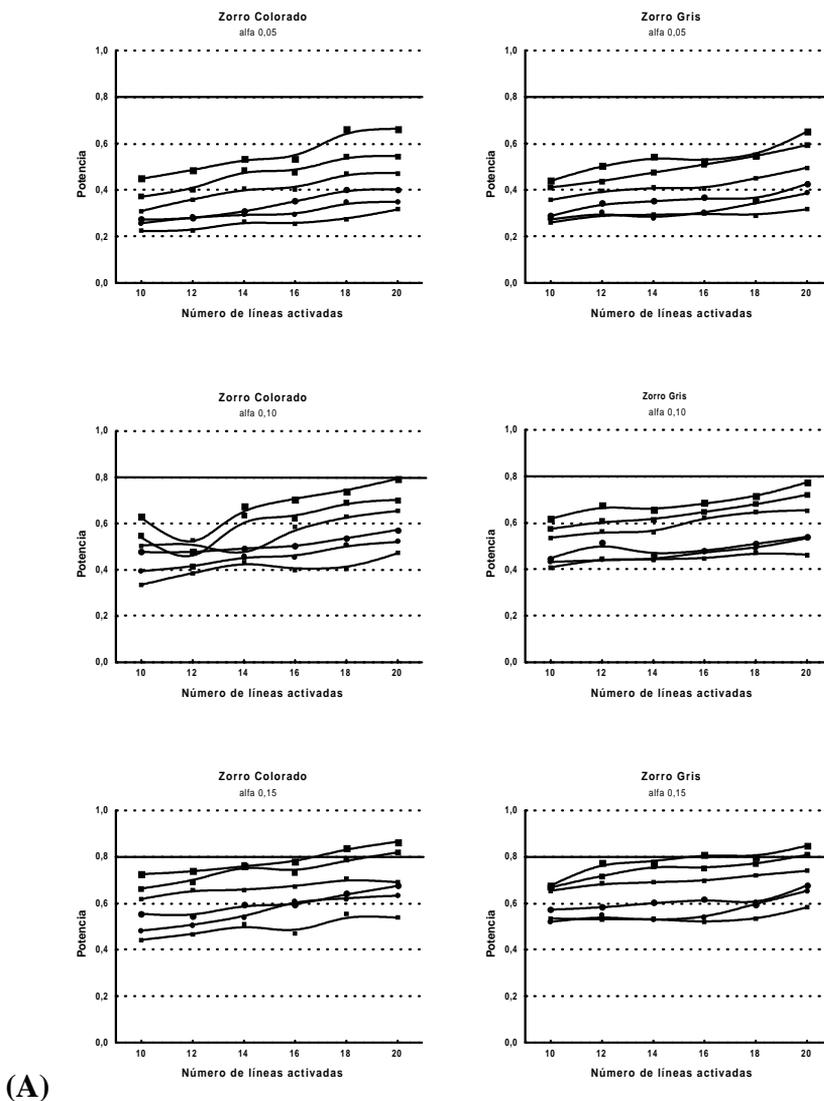
Bait station visitation index at the Monumento Natural Bosques Petrificados (Santa Cruz, Argentina) during 1999-2000.

Localidad	Fecha	Nro. de líneas	Zorro colorado		Zorro gris	
			\bar{X}	SD	\bar{X}	SD
EL CUADRO	Set/1999	9	228	137	37	62
	Feb/2000	10	306	225	125	154
	Mar/2000	10	463	316	254	268
	Abr/2000	8	554	387	388	415
	Set/2000	6	401	396	306	352
CERRO HORQUETA	Abr/2000	10	276	101	167	167
	May/2000	6	118	66	264	264
	Set/2000	6	65	89	333	337

Si el recorrido de las cuadrículas, por ser más trabajoso y consumir más tiempo, se decidiese repetir sólo una vez cada dos años, entonces habría que recorrer al menos 45 cuadrículas para alcanzar una potencia del 80% en la detección prevista para el zorro colorado

o 30 cuadrículas para alcanzar la misma potencia para el zorro gris, en ambos casos basándose en el recuento de excrementos.

Queda pendiente una decisión en cuanto a las cuadrículas, que podría afectar el número de ellas que es necesario incluir en el muestreo



(A)

Fig. 3a. Potencia de programas de seguimiento de Zorros Colorados y Grises para detectar una disminución del 50% en el índice de visita a estaciones de cebado en cinco años (-12% anual), en función del esfuerzo de muestreo (número de líneas activadas), en el Monumento natural Bosques Petrificados, Santa Cruz, 1999-2000. Los círculos representan programas basados en la activación de las líneas una vez por año y los cuadrados dos veces por año. Los símbolos pequeños identifican líneas de estaciones de cebado que se activan solo una noche, los de tamaño intermedio dos noches y los de mayor tamaño tres noches (máximo considerado). La línea gruesa identifica la potencia de 0.8 (80%) que se utilizó como valor crítico para estos diseños.

Statistical Power against sampling effort (number of activated bait station lines) for Culpeo (Pseudalopex culpaeus) and Gray (Pseudalopex griseus) foxes monitoring programs in Monumento Natural Bosques Petrificados, Santa Cruz. These programs were developed to detect a 50% decrease during the next 5 (-12%/year). Circles represent those programs based on the activation of bait stations once a year, and squares twice a year. Small symbols identify one night bait station activation, medium size two consecutive nights activation and bigger ones three consecutive nights. Continuous line identify 80% Power, our critical value to consider a good monitoring program.

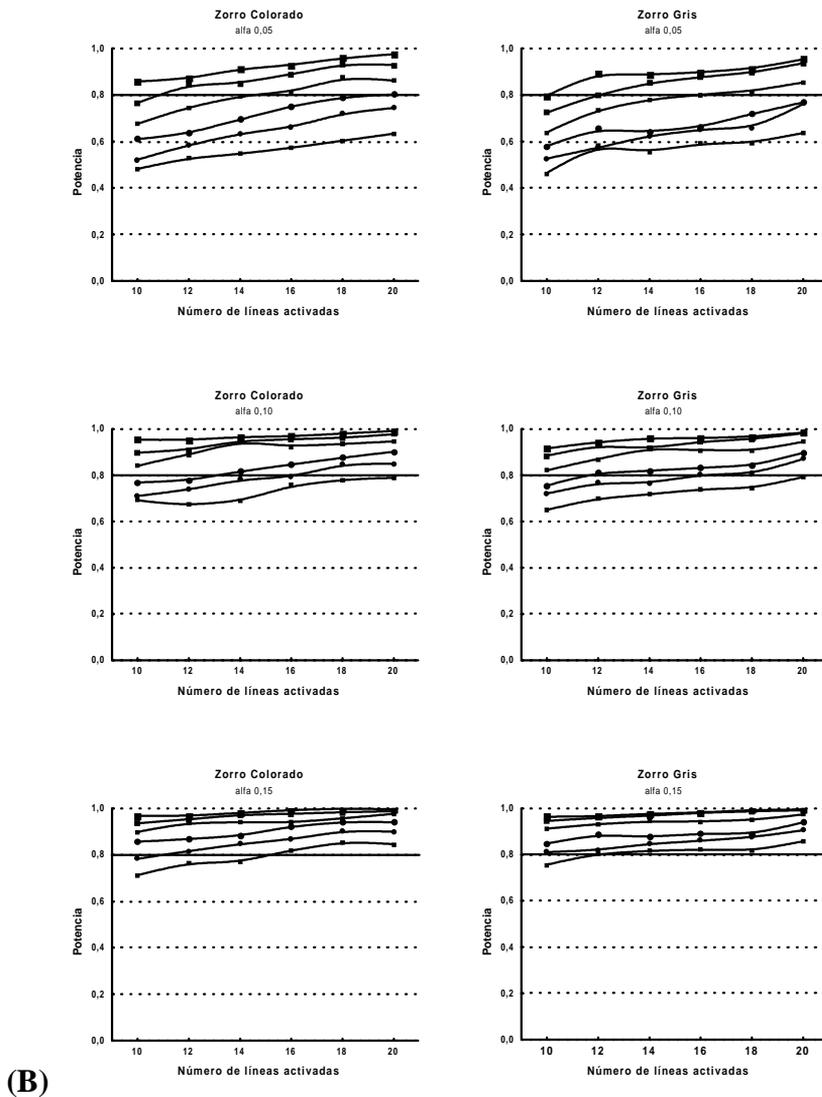


Fig. 3b. Potencia de programas de seguimiento de Zorros Colorados y Grises para detectar una disminución del 50% en el índice de visita a estaciones de cebado en 10 años (-7,6% anual), en función del esfuerzo de muestreo (número de líneas activadas), en el Monumento natural Bosques Petrificados, Santa Cruz, 1999-2000. Los círculos representan programas basados en la activación de las líneas una vez por año y los cuadrados dos veces por año. Los símbolos pequeños identifican líneas de estaciones de cebado que se activan solo una noche, los de tamaño intermedio dos noches y los de mayor tamaño tres noches (máximo considerado). La línea gruesa identifica la potencia de 0.8 (80%) que se utilizó como valor crítico para estos diseños.

Statistical Power against sampling effort (number of activated bait station lines) for Culpeo (Pseudalopex culpaeus) and Gray (Pseudalopex griseus) foxes monitoring programs in Monumento Natural Bosques Petrificados, Santa Cruz. These programs were developed to detect a 50% decrease during the next 10 years (-7,6%/year). Circles represent those programs based on the activation of bait stations once a year, and squares twice a year. Small symbols identify one night bait station activation, medium size two consecutive nights activation and bigger ones three consecutive nights. Continuous line identify 80% Power, our critical value to consider a good monitoring program.

Tabla 4

Comparación entre un programa de seguimiento basado en el recorrido de cuadrículas y uno basado en la instalación de estaciones de cebado en el Monumento Natural Bosques Petrificados, Santa Cruz, Argentina. *Monitoring program comparison, Monumento Natural Bosques Petrificados, Santa Cruz, Argentine.*

RECORRIDO DE CUADRÍCULAS	ESTACIONES DE CEBADO
Relativamente poco consumo de combustible para movilidad, solo para acceder a puntos próximos a las cuadrículas elegidas.	Mayor insumo en combustible y dependencia absoluta de un vehículo para la instalación y revisión de las estaciones.
Para el recorrido de las cuadrículas es importante contar con cartografía apropiada, un geoposicionador satelital (GPS) y software de mapeo .	Para la instalación de las estaciones se utiliza un aro de hierro de un metro de diámetro, palas y cedazos para el acondicionamiento de la tierra, atrayentes olfativos, un sitio donde elaborar y almacenar los cebos y es imprescindible contar con un vehículo tipo camioneta.
De los dos métodos es que requiere mas tiempo de trabajo de campo, pudiendo extenderse a varios días.	Bastarían tres días para cumplir con los requisitos necesarios para alcanzar una potencia del 80% en el programa de seguimiento.
Es conveniente familiarizarse con el área de estudio, y entrenarse en la búsqueda e identificación de los signos (excrementos y huellas).	Se aprende y repite fácilmente, con poco entrenamiento en la identificación de las huellas de ambos zorros.
Es algo menos sencillo de extrapolar a otras zonas que las estaciones de cebado.	Es relativamente fácil de repetir en zonas diferentes.
No es un método rápido.	Es un método relativamente rápido.
No lo afectan demasiado las condiciones meteorológicas.	Puede verse completamente arruinado por una lluvia esporádica o una tormenta de viento, muy frecuente en Patagonia.
Es potencialmente válido para otras especies además de los dos zorros, incluyendo algunas presas potenciales.	Es útil únicamente para los dos zorros para los que se puso a prueba.
No existe disponible una calibración entre los índices relativos derivados de este método y la densidad absoluta de zorros.	Existe una calibración entre los índices de visita a las estaciones de cebado y la densidad absoluta de zorros colorados (Novaro et al., 2001).
No hay dependencia de componentes de difícil obtención.	La provisión del atrayente podría entorpecer el desarrollo de estas pruebas, hasta obtener un sustituto equivalente.

para alcanzar una determinada potencia. Se trata de decidir si las cuadrículas elegidas al azar el primer año de seguimiento serán permanentes (se utilizan las mismas en cada ocasión) o temporarias (se seleccionan nuevas cuadrículas en cada ocasión). La principal ventaja de utilizar cuadrículas permanentes sobre temporarias es que para muchas especies las pruebas estadísticas para detectar cambios de un período al siguiente en unidades de muestreo permanentes son mucho más potentes que las pruebas utilizadas para unidades de muestreo al azar (Elzinga et al., 2001). Esta ventaja se traduce luego en una reducción en el número de unidades de muestreo necesarias para detectar una cierta magnitud de cambio (Elzinga et al., 2001).

En esta ocasión, el recorrido de las cuadrículas se hizo caminando de forma errática dentro de la misma. Sería posible incorporar búsquedas específicas, seleccionando áreas dentro de cada cuadrícula que permitan incluir en el muestreo y posterior seguimiento a otros carnívoros diferentes de los zorros. Así, durante el recorrido habría que identificar zonas con cuevas donde podrían buscarse excrementos de gatos (Montés *Felis geoffroyi* o de Pajonal *Felis colocolo*) y pumas (*Puma concolor*), cornisas pequeñas y repisas donde es frecuente encontrar excrementos de zorrino (*Conepatus humboldtii*), cuevas cercanas a cursos de agua o zonas húmedas donde podría haber excrementos de hurón (*Galictis cuja*), etc. De forma similar podrían diseñarse estimaciones simultáneas de abundancia relativa de algunas especies presa, como choiques (*Pterocnemia pennata*), martinetas (*Eudromia elegans*), keu patagónico (*Tinamotis ingoufi*), liebres (*Lepus europaeus*) y guanacos (*Lama guanicoe*). Este incremento en el número de especies sería de interés para los responsables de la conservación del área protegida o agencias de fauna, fuera de áreas protegidas.

A diferencia del recorrido de cuadrículas, las estaciones de cebado no son útiles para obtener índices de abundancia relativa de otros carnívoros. Durante todas las pruebas realizadas en sólo tres ocasiones un puma las visitó, nunca un gato o un hurón, y los zorrinos de forma muy escasa. Ninguna de estas especies

consumió nunca un cebo. Adicionalmente, la primera noche de activación de las estaciones de cebado pueden considerarse equivalentes a las estaciones de olor, por lo que esos resultados serían luego útiles en comparaciones con los obtenidos en otras localidades de la Patagonia donde se realiza el seguimiento de ambos cánidos (Novaro et al., 2001).

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a Carlos Zoratti, Pablo Collavino, Fernando Escobar, Gustavo Soria, Gabriela Aguilera y Ernesto Aguilar por todo el apoyo y paciencia durante el trabajo de campo. La Administración de Parques Nacionales y especialmente Claudio Chehébar respaldaron permanentemente este trabajo. La financiación provino de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (Proyecto B-013), el FONCYT (BID 802/OC-PICT N 08-03293), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación a través del "Programa de Apoyo a la Producción Agropecuaria Patagónica en Emergencia", resoluciones SAGPyA N 613/96, 716/97 y 925/97, la International Foundation For Science (Project B/2981-1) y el Consejo Agrario Provincial de Santa Cruz (CAP). Jaime Rau y un revisor anónimo mejoraron significativamente una primera versión de este manuscrito.

LITERATURA CITADA

- BERTILLER, M.B. y A. BISIGATO. 1998. Vegetation dynamics under grazing disturbance. The state-and-transition model for the Patagonian steppes. *Ecología Austral*, 8:191-199.
- CLEVENGER, A.P. y F.J. PURROY. 1996. Sign surveys for estimating trend of a remnant brown bear *Ursus arctos* population in northern Spain. *Wildlife Biology*, 2:275-281.
- DIXON, P.M.; A.R. OLSON y B.M. KAHN. 1998. Measuring trends in biological resources. *Ecological Applications*, 8:225-227.
- ELZINGA, C.; D. SALZER, J. WILLOUGHBY y J. GIBBS. 2001. Monitoring plant and animal populations: a handbook for field biologists. Blackwell Science, London, 360 pp.
- GEISSLER, P.H. y J.R. SAUER. 1990. Topic in route regression analysis. Pp. 54-57. *En*: Survey Designs and Statistical Methods for the Estimation of Avian Population Trends (Sauer, J.R. y S. Droege, eds.). U.S. Fish and Wildlife Service, Biological Report, 90(1).
- GERRODETTE, T. 1987. A power analysis for detecting trends. *Ecology*, 68:1364-1372.
- GIBBS, J.P. 1995. Monitor: Users Manual. Department of Biology, Yale University, New Haven, Connecticut.
- GIBBS, J.P. y S.M. MELVIN. 1997. Power to detect trends in waterbird abundance with call-response surveys. *Journal of Wildlife Management*, 61:1262-1267.

- GIBBS, J.P.; H.L. SNELL y C.E. CAUSTON. 1999. Effective monitoring for adaptive wildlife management: lessons from the Galápagos Islands. *Journal of Wildlife Management*, 63:1055-1065.
- HARRIS, G. 1998. A guide to the birds and mammals of coastal Patagonia. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, USA.
- HENDERSON, R.J.; C.M. FRAMPTON, D.R. MORGAN y G.J. HICKLING. 1999. The efficacy of baits containing 1080 for control of Brushtail Possums. *The Journal of Wildlife Management*, 63:1138-1151.
- JOHNSON, D.H. 1999. The insignificance of statistical significance testing. *Journal of Wildlife Management*, 63:763-772.
- JOHNSON, W.E. y W.L. FRANKLIN. 1994. Conservation implications of South American Grey fox (*Dusicyon griseus*) socioecology in the Patagonia of Southern Chile. *Vida Silvestre Neotropical*, 3:16-23.
- KENDALL, K.C.; L.H. METZGAR, D.A. PATTERSON y B.M. STEELE. 1992. Power of sign surveys to monitor population trends. *Ecological Applications*, 2:422-430.
- LANCIA, R.A.; J.D. NICHOLS y K.H. POLLOCK. 1996. Estimating the number of animals in wildlife populations. Pp. 215-253 *En: Research and Management Techniques for wildlife and habitats* (Bookhout, T.A., ed.). The Wildlife Society, Bethesda, 740 pp.
- LINHART, S.B. y F.F. KNOWLTON. 1975. Determining the relative abundance of coyotes by scent station lines. *Wildlife Society Bulletin*, 3:119-124.
- MANLY, B.F.J. 1997. Randomization, Bootstrap and Monte Carlo methods in Biology. Second Edition. Chapman and Hall, London, 356 pp.
- MCDONALD, R.A. y S. HARRIS. 1999. The use of trapping records to monitor populations of stoats *Mustela erminea* and weasels *M. nivalis*: the importance of trapping effort. *Journal of Applied Ecology*, 36:679-688.
- NEWMAN, D. 1998. OziExplorer, GPS Mapping Software, Version 3.90.0
- NOVARO, A.J. 1997a. *Pseudalopex culpaeus*. *Mammalian Species*, 558:1-8.
- NOVARO, A.J. 1997b. Source-sink dynamics induced by hunting: case study of culpeo foxes on rangelands in Patagonia, Argentina. Ph.D. Thesis, Universidad de Florida.
- NOVARO, A.J.; M.C. FUNES, C. RAMBEAUD y O. MONSALVO. 2001. Calibración del índice de estaciones odoríferas para estimar tendencias poblacionales del zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*) en Patagonia. *Mastozoología Neotropical*, 7:81-88.
- PALOMARES, F.; A. RODRIGUEZ, R. LAFFITTE y M. DELIBES. 1991. The status and distribution of the Iberian lynx *Felis pardina* (Temminck) in Coto Doñana area, SW Spain. *Biological Conservation*, 57:159-169.
- PETERMAN, R.M. 1990. Statistical power analysis can improve fisheries research and management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 47:2-15.
- PETERMAN, R.M. y M.J. BRADFORD. 1987. Statistical power of trends in fish abundance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 44:1879-1889.
- ROUGHTON, R.D. y M.W. SWEENEY. 1982. Refinements in scent-station methodology for assessing trends in carnivore populations. *Journal of Wildlife Management*, 46:217-229.
- SAREM. 2000. Libro Rojo. Mamíferos Amenazados de la Argentina (Ojeda, R. y G. Diaz, comp.). Mendoza, 106 pp.
- SOKAL, R.R. y J.H. ROHLF. 1981. *Biometry*. Segunda Edición. Freeman y Co., San Francisco, California. 859 pp.
- SORIANO, A. 1983. Deserts and semi-deserts of Patagonia. Pp. 423-459. *En: Temperate Deserts and Semi-Deserts* (West, N.E., ed.). Elsevier, Amsterdam.
- STEIDL, R.J.; J.P. HAYES y E. SCHAUER. 1997. Statistical power analysis in wildlife research. *Journal of Wildlife Management*, 61:270-279.
- TAYLOR, B.L. y T. GERRODETTE. 1993. The uses of statistical power in conservation biology: the Vaquita and Northern Spotted Owl. *Conservation Biology*, 7:489-500.
- THOMPSON, W.L.; G.C. WHITE y C. GOWAN. 1998. *Monitoring Vertebrate Populations*. Academic Press, San Diego. 365 pp.
- THOMPSON, J.A. y P.J.S. FLEMING. 1994. Evaluation of the efficacy of 1080 poisoning of Red foxes using visitation to non-toxic baits as an index of fox abundance. *Wildlife Research*, 21:27-39.
- TRAVAINI, A.; M. DELIBES, P. FERRERAS y F. PALOMARES. 1997. Diversity, abundance or rare species as a target for the conservation of mammalian carnivores: a case study in Southern Spain. *Biodiversity and Conservation*, 6:529-535.
- TRAVAINI, A.; S.C. ZAPATA, R. MARTÍNEZ-PECK y M. DELIBES. 2000. Percepción y actitud humanas hacia la predación del ganado ovino por el zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*) en Santa Cruz, Patagonia Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 7:117-129.
- TRAVAINI, A.; R. MARTÍNEZ-PECK y S.C. ZAPATA. 2001. Selection of odor attractants and meat delivery methods for control of Culpeo foxes (*Pseudalopex culpaeus*) in Patagonia. *The Wildlife Society Bulletin*, 29:1089-1096.
- TRAVAINI, A.; S.C. ZAPATA, C. ZORATTI, G. SORIA, F. ESCOBAR, G. AGUILERA y P. COLLAVINO. 2002. Diseño de un programa de seguimiento de poblaciones de cánidos en ambientes esteparios de la Patagonia. *Acta Zoológica Mexicana*. En prensa.
- TREWHELLA, W.J.; S. HARRIS, G.C. SMITH y A.K. NADIAN. 1991. A field trial evaluating bait uptake by an urban fox (*Vulpes vulpes*) population. *Journal of Applied Ecology*, 28:454-466.
- VAN STRIEN, A.J.; R. VAN DE PAVERT, D. MOSS, T.J. YATES, C.A.M. VAN SWAAY y P. VOS. 1997. The statistical power of two butterfly monitoring schemes to detect trends. *Journal of Applied Ecology*, 34:817-828.
- WALSH, P.D. y L.J.T. WHITE. 1999. What it will take to monitor forest elephant populations. *Conservation Biology*, 13:1194-1202.