



ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA RELATIVA DE LA POBLACION DE ZORROS EN EL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA

INTRODUCCION

La abundancia puede ser medida de tres maneras: como el número total de animales de toda una población, como el número de animales por unidad de área (densidad absoluta), y como la densidad de una población en relación con otra o con sí misma en otro momento (densidad relativa) (Caughley 1977). La primera de las tres posibilidades solo es alcanzada en la especie humana, a través de permanentes evaluaciones demográficas hechas en los países más desarrollados. Estimar tanto la abundancia relativa como absoluta de cualquier carnívoro es tarea complicada y el zorro dista mucho de ser la excepción. Una extensa lista de métodos (Clark y Andrews 1982, Beltrán et al. 1991) han sido empleados sin que hasta ahora ninguno fuese seleccionado como el inequívocamente mejor.

Las estaciones de olor y los censos de huellas son dos metodologías empleadas en la obtención de índices de abundancia relativa de poblaciones animales. La primera, desarrollada originalmente para ser aplicada con cánidos, ha sido empleada con mayor o menor éxito en una importante variedad de carnívoros mientras que los censos de huellas se han empleado en una variedad mayor de vertebrados.

En el presente capítulo presentaremos los resultados de aplicar ambas metodologías en el Parque Nacional de Doñana, con objeto de evaluar la existencia de fluctuaciones en la abundancia de la población silvestre de zorros. Ambas metodologías, aunque no con el mismo diseño experimental utilizado aquí, han sido empleadas ya en el Parque Nacional de Doñana (Rau 1985, 1987)

A. ESTACIONES DE OLOR

Las estaciones de olor constituyen uno de los métodos recientes de más rápido y específico desarrollo empleado en la obtención de índices de abundancia relativa de carnívoros. Consiste en cuantificar la respuesta de una o varias especies a un estímulo olfativo. Las estaciones de olor fueron empleadas por primera vez por Wood (1959) mientras que el primer esfuerzo por estandarizar la técnica correspondió a Linhart y Knowlton (1975). Modificaciones y mejoras sustanciales en el diseño, la técnica y el análisis estadístico de los datos se debieron a Roughton y Bowden (1979) y a Roughton y Sweeny (1982).

Una estación de olor es un círculo de tierra, polvo o arena tamizada y lisa, colocado sobre el suelo, en cuyo centro se deposita un soporte inerte empapado de un líquido de olor fuerte, atractivo para una o más especies de mamíferos, en especial carnívoros. El animal que se acerca a oler la sustancia atrayente deja impresas sus huellas dentro de la superficie circular.

Las estaciones se colocan regularmente espaciadas a lo largo de un camino o pista poco transitado (transecto) del área que desea muestrearse. La cantidad y calidad del atrayente, la distancia entre estaciones y entre transectos, el número total de transectos y el de estaciones por transecto, así como el diámetro de la estación y el número de noches que se emplearán, son elementos del diseño de una experiencia con esta metodología que deben ser evaluados individualmente en cada caso, teniendo en cuenta los objetivos y necesidades de cada estudio en particular (Turkowsky et al. 1979, Roughton y Sweeny 1979, 1982, Roughton y Bowden 1979, Conner et al. 1983, Travaíni et al. en preparación).

En el presente estudio se instalaron en el Parque Nacional de Doñana entre 15 y 24 líneas de diez estaciones cada una, activadas durante dos noches, en seis ocasiones entre Julio de 1991 y Agosto de 1992 (Tabla 1). La distancia entre estaciones dentro de una línea fue de 300 mts, mientras que las líneas se separaron entre sí al menos 1000 mts. La disponibilidad y accesibilidad de caminos apropiados fue uno de los factores considerados al delimitar las 4 áreas en las que se agrupan todas las estaciones de olor instaladas (tabla I). Las estaciones se activaron durante dos noches consecutivas con objeto de evaluar si de esa manera los índices de visitas se veían significativamente incrementados frente a activarlas solo una noche (Roughton y Sweeny 1982, Conner et al. 1983). Las tasas de visita fueron convertidas a índices de abundancia (Linhart y Knowlton 1975) para cada una de las líneas instaladas de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Número de estaciones visitadas}}{\text{Número de estaciones operables}} \times 1000$$

El número de estaciones operables se refiere a todas aquellas estaciones de la línea que durante la noche de muestreo no hayan sufrido cualquier alteración y con ella la pérdida de la huella de algún posible visitante. La lluvia y el viento son causas frecuentes de inoperabilidad de estaciones. Para estar seguro de que la estación ha registrado cualquier visita suele dejarse en su borde una impronta en el suelo, a modo de huella. Si esa impronta permanece al día siguiente podemos considerar que cualquier otra huella hecha posteriormente no se hubiese borrado.

Tabla 1. Ubicación y fecha de instalación de las líneas de 10 estaciones de olor cada una, a lo largo del período de estudio en el Parque Nacional de Doñana.

LOCALIDAD	JUL 1991	SET 1991	NOV 1991	FEB 1992	MAY 1992	AGO 1992
RESERVA BIOLÓGICA	6	8	8	7	7	8
EL PUNTAL-MARISMILLAS-PLAYA	3	4	4	8	7	8
ALGAIDA-LOBO~MATAS GORDAS	4	3	4	4	4	4
EL ACEBUCHE	2	0	0	4	4	4
TOTAL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA	15	15	16	23	22	24

El atrayente empleado fue seleccionado entre tres posibles candidatos (tabla 2) de acuerdo con un diseño experimental basado en cuadros latinos ajustados para estimar los efectos residuales cuando los tratamientos se aplican en secuencia (Cochran y. Cox 1957: 161-171, Roughton y Bowden 1979). Los atrayentes frecuentemente empleados en este tipo de experiencias suelen comercializarse ya preparados. Sin embargo esto supone un riesgo en cuanto a tener asegurada en todo momento la disponibilidad de este material. En nuestro caso preferimos prepararlos nosotros mismos asegurando así tanto la disponibilidad como la constancia en la composición del atrayente a lo largo de todo el período de estudio. 1 ml de atrayente seleccionado fue absorbido en un trozo de tiza, que se sujetó a una varilla de madera con la ayuda de una banda elástica. Esta varilla se clavó en el centro de cada estación. Se hizo de esta manera para evitar el robo del trozo de tiza por pájaros, roedores o insectos, como ocurrió en algunos ensayos preliminares de la técnica.

Tabla 2. Atrayentes empleados en la prueba de selección y su composición química. Los números del cuadro indican ml.

FAS: Fatty acid scent, SFE: sintetic fermented egg (una imitación del huevo podrido)

COMPONENTE	FAS	SFE	MONKEY PHEROMONE
Acido butírico	26.70	35.13	40.00
Acido isovalérico	1.79	-	30.00
Acido isocaproico	2.12	-	10.00
Acido acético	1.48	-	10.00
Acido propiónico	4.42	-	7.00
Acido isobutírico	1.60	-	3.00
Acido valérico	8.14	-	-
Acido caproico	30.25	41.77	-

Acido heptanoico	12.70	-	-
Acido caprílico	10.80	-	-
N-hexil amina	-	7.12	-
Trimetilamina	-	7.21	-
Dimetil disulfito	-	0.63	-
2-mercaptohetanol	-	0.16	-
Etil caproato	-	7.98	-

El análisis de los resultados se hizo empleando la prueba no paramétrica de rangos para muestras pareadas de Wilcoxon (Zar 1984: 153-155). Este índice se empleó en todas las comparaciones entre índices de visita a estaciones de olor.

Se compararon, entre otros, los valores de los índices obtenidos en cada una de las áreas delimitadas (tabla 1) entre sí y en cada lugar entre diferentes épocas.

RESULTADOS

Selección del atrayente

Un total de 12 líneas de seis estaciones cada una fueron activadas durante tres noches consecutivas exponiendo, de acuerdo con el diseño experimental antes mencionado, los tres atrayentes candidatos de manera balanceada (Cochran y Cox 1957: 161-171, Roughton y Bowden 1979). Ninguno de los tres atrayentes provocó índices de visita a las estaciones significativamente mayores que los otros dos (tabla 3), aunque si hubo ligeras diferencias a favor del FAS (figura 1).

Tabla 3. Valor de la probabilidad bajo la hipótesis nula de que dos atrayentes provoquen los mismos índices de visita a las estaciones de olor. En todos los casos es mayor que 0.05 por lo que no se rechaza la hipótesis nula.

	FAS	SFE	MONKEY
FAS		0.67	0.13
SFE			0.35

La prueba de selección del atrayente no indicó a ninguno de los tres como el más visitado. Por esto seleccionamos el más económico entre los dos que mayor respuesta provocaron. Para todas las experiencias de estaciones de olor posteriores empleamos el SFE.

Índice de visitas a las estaciones de olor

Un total de 115 líneas de 10 estaciones cada una fueron instaladas y operadas durante dos noches consecutivas cada una (2300 estaciones). Huellas de zorros, lince (*Lynx pardina*), tejones (*Meles meles*), meloncillos (*Herpestes ichneumon*), conejos (*Oryctolagus cuniculus*), Ciervos (*Cervus elaphus*), jabalíes (*Sus scrofa*) y varias especies de aves, reptiles, batracios e insectos fueron observadas dentro de las estaciones de olor. En todas las comparaciones siguientes nos referiremos siempre a los índices de visita calculados para los zorros.

Tomando los seis muestreos de entre 6 y 8 líneas hechos en la Reserva Biológica de Doñana (tabla 1), se evaluó la posibilidad de que el segundo día aumentase el índice de visitas con respecto al primero. Solo encontramos diferencias significativas entre los índices de visita obtenidos el primer día de los obtenidos el segundo en el muestreo del mes de mayo de 1992 (tabla 4). No las encontramos en el resto de los muestreos, ni las hubo entre los índices obtenidos el primer día y los calculados a partir de los dos días de muestreo. Teniendo en cuenta estos resultados, todas las comparaciones se hicieron calculando los índices de visita a partir de los dos días de muestreo.

Tabla 4. Valores de las probabilidades (p) de que los índices de visita a las estaciones de olor calculados

empleados el primer día de muestreo no difieran significativamente de los calculados empleando el segundo día. Salvo para el muestreo del mes de Mayo, en todos los otros casos $p > 0.05$.

MUESTREO	p ler vs 2do día
julio 1991	0.58
setiembre 1991	0.35
noviembre 1991	0.79
febrero 1992	0.10
mayo 1992	0.04
agosto 1991	0.36

El índice medio de visitas del zorro a las estaciones de olor fue de 97 en todo el Parque Nacional. Solo entre los meses de Julio de 1991 y Setiembre de 1991 hubo diferencias significativas en el valor de los índices ($p=0,047$, Wilcoxon), mientras que no las hubo para todas las otras comparaciones de a pares posibles (figura 2). En ninguna de las cuatro zonas en la que se dividió el área de estudio se encontraron diferencias significativas entre los valores de los índices obtenidos en las 6 ocasiones de muestreo (tabla 5). Todo esto indica que los valores de este índice de abundancia relativa no cambiaron significativamente en las cuatro zonas durante el período de estudio (figura 3).

Tabla 5. Valores de los índices en las 4 áreas delimitadas dentro del Parque Nacional y valor de la probabilidad de que dos índices sean iguales. En todos los casos $p > 0.05$ por lo que no existen diferencias significativas entre ningún par de épocas de muestreo en las cuatro áreas. RBD: Reserva Biológica de Doñana, MARIS: Marismillas, ACEB: El Acebuche, ALM: Algaida, Lobo y Matasgordas

RBD	JUL 91	SET 91	NOV 91	FEB 92	MAY 92	AGO 92
INDICES	76	169	113	142	136.	131
JUL 91		0.06	0.83	0.18	0.29	0.29
SET 91			0.40	0.60	0.53	0.27
NOV 91				0.58	0.21	1
FEB 92					0.93	1
MAY 92						0.93

MARIS	JUL 91	SET 91	NOV 91	FEB 92	MAY 92	AGO 92
INDICES	167	138	75	69	107	81
JUL 91		0.42	0.79	0.79	1	1
SET 91			0.47	0.18	0.65	0.58
NOV 91				0.79	0.42	0.79
FEB 92					0.29	0.75
MAY 92						0.42

ACEB	JUL 91	SET 91	NOV 91	FEB 91	MAY 91	AGO 91
	128			25	13	88
JUL 91				1	1	1
SET 91						
NOV 91						

FEB 92					0.79	1
MAY 92						0.37

ALM	JUL 91	SET 91	NOV 91	FEB 92	MAY 92	AGO 92
	57	33	50	75	63	163
JUL91		1	0.79	0.36	0.42	0.10
SET91			1	0.18	0.79	0.37
NOV91				0.59	0.79	.0.10
FEB92					0.79	0.20
MAY92						0.18

La utilidad de las estaciones de olor para comparar dos o más poblaciones diferentes es algo seriamente cuestionado y poco recomendado. La influencia del ambiente en el comportamiento de la especie en estudio y en la volatilidad y dispersión del atrayente oloroso empleado (en ambientes abiertos la dispersión del olor es mayor que en otros más cerrados: estepas vs bosques por ejemplo hacen que las potenciales diferencias encontradas no sean atribuibles solo a una diferencia en el número de individuos de cada población. La población de zorros en el Parque Nacional de Doñana puede considerarse como única dentro del mosaico de ambientes presentes en el mismo, por lo que cualquier subdivisión (como la hecha en este estudio en cuatro áreas) basada en criterios no exclusivamente biológicos tendrá un valor ilustrativo limitado, no extrapolable en el tiempo ni el espacio. Tal es el caso de la comparación que presentamos a continuación entre las cuatro áreas en las que dividimos inicialmente al Parque Nacional. No haber encontrado diferencias significativas en los índices de visita a las estaciones a lo largo de todo el período de estudio nos permite reagrupar todas las estaciones instaladas dentro de las cuatro zonas ya mencionadas. Así tenemos que en la Reserva Biológica se instalaron durante todo el estudio 44 líneas, de 10 estaciones cada una, en El Puntal, Marismillas y la Playa 34, en La Algaida, El Lobo y Matasgordas 23 y en El Acebuche 14 (totalizan las 115 líneas ya mencionadas). Comparamos de a pares cada una de las cuatro zonas con el resto. Para esto empleamos la prueba no paramétrica de Mann-Whitney para dos muestras independientes (en estas comparaciones las muestras ya no son pareadas). De todas las comparaciones posibles solo mostraron diferencias significativas las tres siguientes: Reserva Biológica vs Acebuche ($p=0.002$), Reserva Biológica vs Algaida Lobo y Matas Gordas ($p=0.007$) y Acebuche vs Marismillas ($p=0.05$), figura 4. En todos los restantes casos p fue mayor que 0.05.

DISCUSION

La estimación de índices de abundancia relativa mediante el método de las estaciones de olor presenta, como tantos otros métodos, ventajas y desventajas en su aplicación. Por un lado es barato y fácil de ejecutar y repetir. Es altamente selectivo para carnívoros y se ha visto favorecido por un rápido desarrollo de sus materiales y diseños experimentales, así como los procedimientos de análisis de sus resultados. El método no es especialmente sensible a cambios en la población cuando los índices de visita son bajos. Tasas de visita entre el 40% y el 60% permiten la máxima sensibilidad en el análisis. En este rango se han podido detectar diferencias temporales de abundancia en mapaches (*Procyon lotor*) (Leberg y Kennedy 1987) y en visones (*Mustela vison*) y nutrias (*Lutra canadensis*) (Humphrey y Zinn 1982).

La ausencia de variación significativa entre los índices bimensuales de visita a las estaciones registrada en este estudio no es una sorpresa. Estudios anteriores sugieren que la población de zorros del Parque Nacional se encuentra relativamente estabilizado (Rau 1988). Por otro lado, a lo largo del período en el que las estaciones de olor fueron activadas no hubo ninguna extracción importante de zorros ni se detectaron otras fuentes de mortalidad tales como epizootias o desnutrición. En general, los índices de visita, han estado entre o por encima de los obtenidos por otros autores para la misma especie (tabla 6). Aunque la sensibilidad del método (y por lo tanto la capacidad de descubrir variaciones en la abundancia) es mayor cuanto mayor es el índice de visitas, muy pocos estudios y con solo alguna de las 1 especies presentes en el área alcanzan índices de visitas por encima de los aquí presentados. Las comparaciones basadas en este método en poblaciones de zorro se han hecho con índices de visita similares o inferiores a los nuestros.

Tabla 6. Valores medios de los índices de visitas de zorros a estaciones de olor, calculados de acuerdo con la ecuación empleada en este estudio, obtenidos en diversos estudios dentro y fuera de España.

AUTOR	PAIS	INDICE
RAU 1988	ESPAÑA	118
LINSCOMBE ET AL. 1983	ESTADOS UNIDOS	73
MORRISON ET AL. 1981	ESTADOS UNIDOS	18
SUMNER Y HILL 1980	ESTADOS UNIDOS	24
HON 1986	ESTADOS UNIDOS	50
EDWARDS 1985	ESTADOS UNIDOS	24
PRESENTE ESTUDIO	ESPAÑA	97

PRESENTE ESTUDIO ESPAÑA 97

La comparación hecha entre las cuatro zonas en que se dividió toda el área de estudio, aunque debe ser interpretada con cautela, muestra que la zona de El Acebuche es la que menos abundancia relativa de zorros tiene, mientras que el mayor índice lo encontramos en la Reserva Biológica, estando las otras dos zonas en algún punto intermedio entre las dos primeras. Una posible explicación para el caso de El Acebuche puede ser la siguiente: La extracción sistemática de zorros del Parque Nacional de Doñana ha estado en el ánimo de sus administradores desde el año 1985, a partir de una serie de sugerencias hechas con la intención de mejorar las condiciones generales de vida del Lince Ibérico, una especie en peligro de extinción. Aunque es posible afirmar que dichas extracciones nunca se llevaron a cabo con la contundencia y dimensión esperadas, si que se hicieron esfuerzos aislados y desordenados en toda la superficie del Parque. La zona de El Acebuche fue una de las que más esfuerzo recibió en este sentido. Sin embargo, el esfuerzo de extracción hecho y lo dilatado que éste estuvo a lo largo del tiempo, sumado a la movilidad y capacidad de ocupar espacios vacíos que tiene la especie en estudio, hacen pensar que las diferencias en los índices de abundancia encontrados no se deba exclusivamente a la extracción de zorros, sino que a ello se sumen otros factores de tipo ambiental, por ejemplo resultando en una baja presencia de zorros en El Acebuche de manera sostenida en el tiempo.

Las estaciones de olor han reflejado claramente la marcada estabilidad en la abundancia de zorros en el Parque a lo largo de todo el período de estudio. Adicionalmente, no han mostrado variaciones significativas que reflejen fenómenos tales como la emergencia de las crías de las madrigueras (abril y mayo) o la dispersión de los zorritos fuera del territorio de sus padres (septiembre y octubre), en forma de aumentos significativos en los índices de visita durante esas épocas (figura 2). Las estaciones de olor han sido diseñadas originalmente para el seguimiento de poblaciones animales (en especial de cánidos) a lo largo de períodos prolongados de tiempo (varios años). Han sido capaces de detectar, por ejemplo, fluctuaciones provocadas por fuertes extracciones o cuando las poblaciones se recuperaban luego de estas. Nuestros resultados entonces, indican a este método como idóneo para emplearlo en el seguimiento de la población de zorros del Parque. Al máximo de 24 líneas empleadas por nosotros habría que agregarles las sugeridas en los párrafos anteriores de modo tal de asegurar una mayor sensibilidad y capacidad de análisis de los resultados. Las estaciones debieran instalarse una vez por año durante el final de la primavera o el comienzo del verano.

Por último, es conveniente mencionar que la prueba de rangos pareados de Wilcoxon, empleada en las comparaciones de la misma zona entre diferentes meses, es una prueba no paramétrica para dos muestras pareadas (las mismas líneas en dos meses diferentes), cuya eficiencia se ve disminuida cuando los pares que se comparan están empatados (Zar 1984). Esto, sumado a que en muchos casos el número de líneas no superaba las tres, resulta en una aún menor sensibilidad del método en general. Para contrarrestar esto sería conveniente agregar una o dos líneas en las dos zonas que tienen solo cuatro: El Acebuche y La Algaida-Lobo-Matas Gordas.

Los resultados obtenidos hasta ahora sugieren un alto grado de congruencia con lo que previamente se conocía de la población de zorros del Parque Nacional. En base a esto sugerimos que se continúe aplicando este método por al menos un período completo de 12 meses. Como ya mencionamos previamente, las estaciones son sencillas de preparar, instalar y revisar. Por otro lado las sustancias atractivas empleadas son económicas. A modo de evaluación del esfuerzo una persona (con vehículo apropiado) puede preparar, instalar y revisar durante dos noches

consecutivas las 24 líneas de estaciones (número máximo instalado en este estudio) en el plazo de un mes, trabajando solo por las mañanas.

B.CENSO DE HUELLAS

El censo de huellas es un método basado en la cuantificación de un signo dejado por la especie de interés, el rastro o huella. Estudiar las huellas en el polvo, arena o nieve es probablemente uno de los métodos más antiguos de identificar los animales que se encuentran presentes en un área. Las condiciones del suelo del Parque Nacional (fundamentalmente arena) hacen de este método uno de los más prometedores en cuanto a su capacidad para detectar diferencias en las abundancias relativas de las especies, no sólo a lo largo del tiempo sino también entre diferentes ambientes y localidades. Los censos de huellas constituyen un método rápido y sencillo para estimar las abundancias relativas de los carnívoros, y en especial del zorro, en el Parque Nacional de Doñana

Este método ha sido empleado con éxito por varios autores, no sólo en la estimación de abundancias relativas (Thompson et al. 1989) y absolutas (Dzieciolowski 1976, Van Dyke et al. 1986, Reid et al. 1987), sino también en estudios de patrones de actividad (Bider 1962, 1968, Alvarez et al. 1983) de varias especies de vertebrados e invertebrados. Bider (1962,1968) puso de manifiesto el valor de la técnica de censo de huellas para evaluar la naturaleza dinámica de una comunidad de vertebrados a lo largo de un período reducido de tiempo y las relaciones espaciales y temporales de la comunidad de vertebrados.

Las huellas constituyen un signo dejado por un animal, son un indicio de su presencia en un sitio. Es válido asumir que el número total de huellas en una zona estará relacionado directamente con el número de animales de esa especie presentes en ese sitio. Nuestro objetivo es poner a prueba esta metodología para ser utilizada en la estimación de abundancias relativas de zorros dentro del Parque Nacional de Doñana.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en el Parque Nacional de Doñana, entre Marzo de 1991 y Junio de 1992. El método consiste en identificar específicamente y registrar la localización y dirección de los rastros que cruzan o se desplazan a lo largo de un transecto. El transecto está constituido por un tramo de camino o cortafuegos de longitud variable ($x=6600$ m, rango=3600-8400). Con la ayuda de un coche y de una viga de hierro de 1,5 m de longitud y unos 60 kg de peso aproximadamente se limpia de huellas antiguas el transecto arrastrando la viga sujeta a la parte posterior del coche. De esta forma el ancho del transecto es igual a la distancia entre las ruedas izquierda y derecha del coche. Adicionalmente, y sólo a efecto de algunos cálculos, a lo largo de cada transecto se colocan marcas equidistantes 400 metros entre si, quedando este constituido así por un número entero de estos tramos de 400 metros. El borrado de las huellas se realiza por la mañana. Al día siguiente, transcurridas 24 horas, una persona sentada en la parte delantera del coche registra en una grabadora los rastros que cruzan a izquierda y derecha del coche así como aquellos que, dentro del transecto, siguen la dirección del mismo. El coche se desplaza a una velocidad máxima de unos 10 km por hora y el registro de los rastros se hace a medida que son observados. Cada cuatrocientos metros se identifica el tramo censado leyendo la marca correspondiente. Al mismo tiempo, la viga de hierro sujeta en la parte posterior del coche borra todas las huellas de ese día y prepara el transecto para el día siguiente. Esta operación se repite hasta realizar el censo de huellas durante tres días consecutivos. Estos tres días se promedian entre si (tramo a tramo) para evitar la pseudorreplicación (Hurlbert 1984). El censo promedio así obtenido es el que finalmente se empleará para todas las comparaciones temporales y espaciales que se hagan.

La identificación de las huellas se hace normalmente desde la parte delantera del coche y con éste en movimiento. En caso de duda se detiene la marcha y se revisa con cuidado el rastro conflictivo. En ciertas ocasiones, dependiendo de la condición de humedad de la arena, es necesario seguir unos metros el rastro por fuera del transecto hasta encontrar alguna huella que no deje lugar a dudas sobre la especie a la que pertenece. Las especies registradas en este estudio fueron el zorro, tejón (*Meles meles*) meloncillo (*Herpestes ichneumon*), lince (*Lynx pardina*) y conejo (*Oryctolagus cuniculus*). Ocasionalmente se registraron rastros de gato montés, nutria, gato doméstico y perro; sin embargo con estas especies no pudieron calcularse los índices de abundancia relativa por la baja frecuencia con que aparecían. Todos los análisis y comparaciones se restringieron al zorro y al conejo por considerarla una presa de interés para este carnívoro.

Una vez completado el censo se transcribe la cinta grabada a planillas especialmente diseñadas (figura 7). Desde aquí son incluidas en una hoja de calculo desde donde se exportan a los programas estadísticas.

Figura 7. Planilla donde se transfieren los censos de huellas.

	ZORRO			CONEJO				
TRAMO	I	C	D	TOT	I	C	D	TOT

Un total de diez transectos independientes de desigual longitud se instalaron en el Parque Nacional entre Marzo de 1991 y Junio de 1992 (tabla 7).

Tabla 7. Identificación de los transectos de censos de huellas, longitud en Km de cada uno de ellos y fechas en los que fueron realizados los censos. 1: Ojillo; 2: Zalagalano; 3: Raya de las Perdices; 4: Sabinar del Marques; 5: Dunas RBD; 6: Raya de la Aulaga; 7: Sur; 8: El Acebuche; 9: Marismillas; 10: Playa.

TR Km	MAR 91	ABR 91r	MAY 91	JUN 91	JUL 91	AGO 91	SET 91	OCT 91	NOV 91	DIC 91	ENE 92	FEB 92	MAR 92	ABR 92	MAY 92	JUN 92
1 7.6	*						*						*			
2 7.6							*			*						
3 5.2					*		*			*			*			
4 8.4							*		*				*		*	
5 6.4			*					*			*		*		*	
6 7.2			*				*				*		*			*
7 6.0			*					*			*		*		*	
3 8.4							*		*		*		*			*
9 5.6							*		*		*			*		*
10 3.6							*		*		*			*		*

Como ya dijimos, cada transecto puede considerarse constituido por un número entero de tramos consecutivos de 400 metros cada uno; para cada uno de ellos se calcula un índice de acuerdo con la siguiente ecuación

$$\frac{\text{nro de rastros en el tramo}}{400} \times 1000$$

Este índice representa el número de rastros por kilómetro y se calcula para cada una de las especies censadas.

Las comparaciones estadísticas entre los resultados de diferentes épocas de un mismo transecto se realizaron empleando la prueba de rangos de Wilcoxon para muestras pareadas. Para aquellas comparaciones entre transectos pertenecientes a diferentes localidades o ambientes empleamos la prueba para muestras independientes de Mann-Whitney (Zar 1984). Las diferencias se consideraron significativas cuando $p \leq 0.05$. El empleo de una prueba no paramétrica obedeció a la falta de homocedacia (igualdad de varianzas) entre los pares de transectos a comparar. Tanto para los zorros como para los conejos una transformación logarítmica de los valores de los índices fue suficiente para conseguir un ajuste a la distribución Normal. Sin embargo, no todos los pares de transectos que se compararon cumplían el requisito de igualdad de varianza como para poder utilizar una prueba paramétrica. Ante la alternativa de sólo poder emplear pruebas paramétricas para algunas de las comparaciones, mientras que para otras no, decidimos utilizar en todos los casos pruebas no paramétricas. De esta forma, todas las comparaciones se hacen con pruebas con igual sensibilidad para detectar diferencias significativas.

RESULTADOS

Un total de 774 km (incluyendo replicas diarias y estacionales) fueron censados durante este estudio. 510 correspondieron a la Reserva Biológica, 126 al Acebuche y 138 a Marismillas.

La tabla 8 muestra el valor medio, la desviación estándar y el error estándar de los censos de huellas para los zorros y los conejos en las tres grandes áreas en las que se llevaron a cabo estos censos. La Reserva biológica, El Acebuche y Marismillas.

Tabla 8. Valor medio, desviación estandar, y error estandard de los índices de rastros para zorros y conejos durante las cuatro estaciones que comprendió este estudio en la Reserva Biológica, El Acebuche y Marismillas.

	ZORRO				CONEJO			
	n	X	DE	ES	n	X	DS	ES
OTOÑO 1991		14.22		1.19				
RBD	102	5.65	11.98	0.73	102	67.54	57.58	5.70
MARISMILLAS	14	6.25	2.74	1.68	14	30.54	23.63	6.31
EL ACEBUCHE	21		7.68		21	42.40	28.54	6.23
INVIERNO 1991								
RBD	102	20.08	11.98	1.19	102	160.01	98.54	9.76
MARISMILLAS	14	15.30	7.02	1.87	14	166.02	96.11	25.69
EL ACEBUCHE	21	10.36	11.40	2.49	21	432.38	439.79	95.96
PRIMAVERA 1992								
RBD	102	12.66	7.30	0.72	102	167.08	110.79	10.97
MARISMILLAS	14	8.21	8.27	2.21	14	162.41	116.60	31.16
EL ACEBUCHE	21	6.35	5.19	1.13	21	165.56	82.16	17.93
VERANO 1992								
RBD	102	11.83	10.34	1.02	102	176.65	133.96	13.26
MARISMILLAS	14	9.46	16.43	4.39	14	69.73	47.43	12.68
EL ACEBUCHE	21	12.98	10.83	2.36	21	168.87	90.20	19.68

Observando las tendencias generales durante todo el período de muestreo en las tres zonas en las que hemos dividido esta parte del estudio nos encontramos con que, aunque sin alcanzar en ningún caso un nivel de significación estadística, el zorro muestra una tendencia hacia menores índices de huellas sólo en la Reserva Biológica. En Marismillas y El Acebuche la tendencia es a aumentar (Tabla 8 y figura 8). El conejo por su parte presenta tendencias positivas (aumenta con el tiempo) en los tres sitios que, aunque ninguna es significativa, están más cerca de serlo en la Reserva Biológica ($r^2=72.65$, $p=0.14$) que en Marismillas ($r^2=4.71$, $p=0.78$) y que en El Acebuche ($r^2=0.78$, $p=0.91$)

En el caso de la Reserva Biológica podemos realizar un análisis más detallado de las tendencias. Para seis de los siete transectos inicialmente planeados tenemos información suficiente como para evaluar la tendencia en cada uno de ellos durante todo el período de estudio. Los zorros muestran tendencias negativas en 4 de los seis transectos (figura 9) Los dos donde la tendencia es a aumentar corresponden a la zona de pinares de repoblación.

Para el conejo la tendencia general en todos los transectos es a aumentar (figura 10). Este resultado está de acuerdo con lo esperado teniendo en cuenta que este estudio está comprendido dentro del período de recuperación de la población de conejos del Parque Nacional luego de la epizootia e Fiebre Hemorrágica Vírica que provocó importantes disminuciones en la población de esta especie en todo el Parque (Villafuerte, Sacri).

DISCUSION

El censo de huellas es un método basado en un índice (los rastros dejados por un animal) condicionado no sólo por la abundancia absoluta de la especie, sino también por los niveles de actividad que ésta desarrolle a lo largo del tiempo. La actividad a su vez está influenciada por las condiciones meteorológicas, presencia de presas y/o predadores e interacciones sociales. Todos estos factores afectarán directamente al número de rastros presentes en un transecto, incrementando sensiblemente las varianzas en la estimación de los índices de abundancia relativa (Thompson et al. 1989). El zorro en Doñana presenta variaciones estacionales en su actividad locomotriz realizando mayores desplazamientos diarios durante el invierno (Rau 1987); como consecuencia de esto, es esperable encontrar un mayor número de huellas en esa estación. Esta consideración puede en parte explicar los picos en el valor de los índices obtenidos en los meses de invierno (figuras 8 y 9). En el caso del zorro es válido sugerir que la mayor parte de la variación mostrada por los índices de rastros a lo largo de un año se deberá a cambios estacionales en los patrones de actividad, mientras que aquellas variaciones observables entre años pueden atribuirse tanto a cambios en la actividad como en la abundancia absoluta de la población. Aunque el método de censo de rastros ha sido empleado con éxito para describir patrones de actividad de una variada gama de especies de vertebrados (Bider 1962, 1968, Alvarez 1983), es difícil separar empleando esta metodología los cambios en los valores de los índices producidos por cambios en los patrones de actividad de aquellos producidos por cambios en la abundancia.

Otra fuente de variación de los valores de los índices en el área de Doñana es el provocado por una sustancial diferencia en la detectabilidad de los rastros entre el invierno (la arena está húmeda y en óptimas condiciones) y el verano (arena seca y muy suelta), estación en la que tanto la detección como la identificación y cuantificación de los rastros se ve dificultada por la condición del sustrato. Basándonos en nuestra experiencia, en el verano se tiende a subestimar el valor de los índices.

En el caso del zorro, otro aspecto importante que afecta directamente al valor de los índices de huellas es el uso que esta especie hace de caminos y cortafuegos para desplazarse de un lugar a otro y buscar alimento. En Doñana se han detectado rastros continuos de hasta 1500 metros a lo largo de un cortafuegos producidos por un solo animal. Si además, como sucede a menudo, el zorro en su desplazamiento cruza repetidamente de un lado a otro el cortafuegos, sus rastros cruzarán igual número de veces el transecto del censo (que está ubicado en el centro del cortafuegos), provocando así una sobreestimación en el valor del índice.

Durante los meses de Abril y Mayo es posible encontrar en algún punto de un censo, de manera muy localizada e identificable, un número inusualmente elevado de rastros de zorros que van y vienen en todas direcciones. Este conglomerado de rastros está formado además por huellas de diferentes tamaños: las normales observables durante todo el año y unas más pequeñas. Se trata de un grupo familiar posiblemente constituido por un adulto (la hembra) y sus crías que salen durante la noche a los espacios abiertos a alimentarse o simplemente a jugar. Esta fuente de sobreestimación es fácilmente detestable y debe excluirse del censo (registrar dos o tres rastros y no todos los observables)

El censo de huellas constituye una metodología sencilla, económica y recomendable en toda el área de Doñana para obtener índices de abundancia relativa de carnívoros. Es importante reconocer sus posibles fuentes de error para tenerlas en cuenta a la hora de analizar e interpretar los resultados obtenidos. Debe tenerse en cuenta, además, que el índice obtenido tiene escaso valor por sí mismo y que lo adquiere cuando se le puede comparar con el de años o estaciones anteriores.

Los censos del Ojillo, Marqués y Sur discurren total o parcialmente a través de los pinares de repoblación de la Reserva Biológica. Esta zona es una de las que mayores índices de abundancia relativa (visitas a estaciones de olor y rastros dio a lo largo del estudio. Los pinares de repoblación constituyen áreas de vegetación muy cerrada donde la abundancia de conejo es baja (referencia de Villafuerte) y por lo tanto la presencia de lince es solo accidental

(animales de paso durante el proceso de dispersión) . Esto hace que el zorro (y los otros carnívoros) esté libre de la presión competitiva del lince (Palomares et al. 1992) y encuentre en este ambiente refugio y alimento (de baja calidad) que le permite alcanzar mayores densidades que en aquellos ambientes donde otros carnívoros como el Lince están presentes.

Por último, el elevado valor de los índices de huellas para los conejos en los censos del Ojillo y marqués con respecto al de la Raya de la Perdices no debe atribuirse a una mayor abundancia absoluta de conejos en los primeros respecto a la zona de la Raya de las Perdices. Este resultado indica un uso intensivo de los caminos y cortafuegos por parte de los conejos en los pinares de repoblación, sabinares y zonas de matorral muy cerrado provocando un elevado número de huellas en esas zonas abiertas (caminos y cortafuegos) . Queda en evidencia entonces la imposibilidad de comparar libremente índices de huellas obtenidos en ambientes diferentes para esta especie. Si que es válido comparar el valor de un índice con el de épocas anteriores en el mismo ambiente.

Para el zorro, el censo de huellas es un buen método de estimación de abundancia relativa y sería útil para el seguimiento de su población en el Parque.

C. ESTACIONES DE OLOR Y CENSOS DE HUELLAS. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE AMBAS METODOLOGIAS

La estimación de la abundancia de carnívoros es una de las tareas más complejas en el campo de la investigación de la ecología de estas especies. Muchos son los métodos que se han empleado y muchos más aún los propuestos pero aún no puestos a prueba. Conocer de antemano el tamaño de la población en estudio es el caso ideal 'para poner a prueba cualquier método de estimación de abundancia, sea esta absoluta o relativa. Como esto es totalmente imposible en la mayoría de los casos, una, aunque más pobre posible alternativa, es estimar la abundancia de una especie con más de un método simultáneamente y evaluar el nivel de concordancia que entre los resultados exista. Hicimos esto para las estaciones de olor y los censos de huellas. En dos de las zonas donde se emplearon estos métodos, La Reserva Biológica y Marismillas, aplicamos una prueba de correlación simple no paramétrica (Zar 1984: entre los índices de visita a las estaciones de olor y los índices de rastros. Los pares de datos empleados en la correlación estaban constituidos por los valores de los índices de ambos métodos obtenidos en la misma zona en un intervalo máximo de dos meses. Los resultados pueden verse en la tabla 9.

Tabla 9. Parámetros de la correlación entre los índices de visita a las estaciones de olor y los índices de huellas en transectos.

	RBD	MARISMILLAS
r	-0.32	-0.90
p	0.58	0.07
n	4	5

r: coeficiente de correlación, **p**: significación de la correlación, **n**: tamaño de la muestra.

En ambos casos, aunque sin alcanzar significación estadística ($p \leq -0.05$), la correlación es negativa. Esto significa que cuando entre un muestreo y el siguiente el valor de uno de los índices aumenta, el del otro disminuye. Según hemos visto, los censos de huellas muestran sus picos de máxima durante el invierno (mayor actividad de los carnívoros y mejores condiciones de la arena para detectar las huellas), mientras que las visitas a la estaciones de olor alcanzan sus máximos durante el verano. Esto último puede atribuirse a que en el verano la dispersión de la sustancia atrayente es mayor que en el invierno lo que provocarla una mayor respuesta en los zorros. La correlación negativa entre los dos métodos lejos de invalidar la utilidad de ambos, muestra con bastante precisión la época del año en que cada uno de ellos alcanza su máxima eficiencia en la estimación de abundancias relativas. En el área de Doñana el sustrato hace posible emplear el censo de huellas. Este método puede ser mejorado una vez evaluados los efectos que sobre el índice obtenido tienen las fuentes de error antes discutidas. Por otro lado, en áreas donde el censo de huellas es impracticable las estaciones de olor constituyen una alternativa válida para un seguimiento de las tendencias de las poblaciones locales de zorros.

Para terminar, recomendamos que en la estimación de abundancia relativa de zorros en el Parque y en el seguimiento que de su población se haga a través del tiempo se empleen las estaciones de olor y el censo de huellas. El uso de dos métodos diferentes permitirá contar con estimaciones independientes de un mismo fenómeno: la abundancia de zorros. Esto, además de proveer de una doble estimación de la abundancia proveerá de una herramienta para validar de forma permanente los resultados obtenidos con un método frente a los obtenidos con el

otro. La estimación de un mismo parámetro por dos vías diferentes es algo siempre deseable desde el punto de vista metodológico aunque no siempre factible. En Doñana las estaciones debieran operarse, como ya dijimos, a principios del verano, mientras que los censos de huellas es conveniente realizarlos entre el final del otoño y el comienzo del invierno.

LITERATURA CITADA

- Alvarez, F., F. Braza, T. Azcárate, E. Aguilera and R. Martín. 1983. Circadian activity rhythms in a vertebrate community of Doñana National Park. XV Congr. Int. Fauna Cinegética y Silvestre. Trujillo. Spain. Pp 379-387.
- Beltrán, J.F., M. Delibes, y J.R. Rau. Methods of censusing red fox (*Vulpes vulpes*) populations. *Hystrix*, 3:199-214.
- Bider, J.R. 1962. Dynamics and the temporo-spatial relations of a vertebrate community. *Ecology*, 43 (4): 634-646.
- Bider, J.R. 1968. Animal activity in uncontrolled terrestrial communities as determined by a sand transect technique. *Ecological Monographs*, 38(3): 269-308.
- Caughley, G, 1977. Analysis of vertebrate populations. Wiley-Interscience publication. John Wiley & Sons. London. 234 pp.
- Clark, W.R., y R.D Andrews. 1982. Review of population indices applied in furbearer management. Pp: 13-22, en: G.C. Sanderson (ed.), *midwest Furbearer Management*. Wichita, Kansas.
- Cochran, W.G., Y G.M. Cox. 1957. *Experimental Designs*. John Wiley & Sons, Inc. Edición en Español: 1980. *Diseños Experimentales*. Trillas. México. 661 pp.
- Conner, M.C., R.F. Labisky y D.R. Progulske. 1983. Scent station indices as measures of population abundance for bobcats, racoons, gray foxes and opossums. *Wildl. Soc. Bull.*, 11: 146-152.
- Dzieciolowski, R. 1976. Estimating ungulate numbers in a forest by track counts. *Acta Theriologica*, 21 (15): 217-222.
- Edwards, T. 1985. State wildlife management. Job Performance Report. Project No W-45-17. Kentucky, 14 pp.
- Hon, T. 1986. Statewide Wildlife Surveys. Final report. Project No W-47-XVI. Georgia, 15 pp.
- Hurlbert, S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol. Monogr.* 54: 187-211.
- Humphrey, S.R. y T.L. Zinn. 1982. Seasonal habitat use by river otters and everglades mink in Florida. *J. Wildl. Manage.*, 46: 375- 381.
- Leberg, P.L., y M.L. Kennedy. 1987. Use of scent-station methodology to assess raccoon abundance. *Proc. Annu. Conf. S.E. Assoc. Fish & Wildl. agencies*. 41: 394-403.
- Linhart, S.B., y F.F. Knowlton. 1975. Determining the relative abundance of coyotes by scent station lines. *Wildl. Soc. Bull.*, 3: 119-124.
- Linscombe, G., N. Kinler, y V. Wright. 1983. An analysis of scent station response in Louisiana. *Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Fish and Wildl. Agencies*, 37: 190-200.
- Morrison, D.W., R.M. Edmunds, G. Linscombe, y J.W. Goertz. 1981. Evaluation of specific scent station variables in Northcentral Louisiana. *Proc. Ann. Conf. S.E. Assoc. Fish & Wildl. Agencies*, 35: 281-291.

Rau, J.R., M. Delibes, J. Ruiz y J.I. Servin. 1985. Estimating the abundance of the red fox (*Vulpes vulpes*) in SW Spain. Pp: 1721, en: XVII Cong. Int. Union Game Biol. Bruselas.

Rau, J.R. 1987. Ecología del Zorro, *vulpes vulpes* (L.), en la Reserva Biológica de Doñana, S.O. de España. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Sevilla. 265 pp.

Reid, D.G., M.B. Bayer, T.E. Code, and B. McLean. 1987. A possible method for estimating river otter, *Lutra canadensis*, populations using snow tracks. Can. J. Field-Natur., 101 (4): 576-580.

Roughton, R.D. y D.C. Bowden. 1979. Experimental design for field evaluation of odor attractants from predators. Pp: 249-254, en: J.R. Beck (ed.), Vertebrate pest control and management. Am. Soc. Test. Mater. ASTM STP 680.

Roughton, R.D., y M.W. Sweeny. 1979. Indices of predator abundance in the western United States, 1978. U.S. Dept. Inter. Fish & Wildl. Serv. Denver Wildl. Res. Ctr., Denver. Colorado.

Roughton, R.D., y M.W. Sweeny. 1982. Refinements in scent-station methodology for assessing trends in carnivore populations. J. Wildl. Manage., 46: 217-229.

Sumner, P.W., y E.P. Hill. 1980. Scent-stations as indices of abundance in some furbearers of Alabama. Proc. Ann. Conf. S.E. Assoc. Fish & Wildl. Agencies, 34: 572-583.

Thompson, I.D., I.J. Davidson, S. O' Donnell, and F. Brazeau. 1989. Use of track transects to measure the relative occurrence of some boreal mammals in uncut forest and regenerations stands. Can. J. Zool., 67: 1816-1823.

Turkowsky, F.J., M.L. Popelka, B.B. Green y R.W. Bullard. 1979. Testing the response of coyotes and other predators to odor attractants. Pp: 255-269, en: J.R. Beck (ed.), Vertebrate pest control and management. Am. Soc. Test. Mater. ASTM STP 680.

Van Dyke, F.G., R.H. Brocke, y H.G. Shaw. 1986. Use of road track counts as indices of mountain lion presence. J. Wildl. Manage., 50(1): 102-109.

Wood, J.M. 1959. Relative estimates of fox population levels. J. Wildl. Manage., 23: 53-63.

Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall Int. Eds. New Jersey. USA. 718 pp.

PAGINA 75 GRAFICA 1

PAGINA 76 GRAFICA 1

FIGURA 3. Índice de visitas en cuatro zonas del Parque Nacional de Doñana.

PAGINA 77 GRAFICA 1

PAGINA 77 GRAFICA 2

PAGINA 77 GRAFICA 3

PAGINA 77 GRAFICA 4

PAGINA 78 GRAFICA 1

PAGINA 79 GRAFICA 1

Figura 8. Índice de huellas para zorros y conejos en las tres áreas de estudio. Reserva Biológica el Acebuche y Marismillas. La línea continua marca la tendencia general teniendo en cuenta todos los puntos del muestreo. En

ningún caso la tendencia es significativa (regresión simple del valor del índice en función del tiempo).

PAGINA 80 GRAFICA 1

PAGINA 80 GRAFICA 2

PAGINA 80 GRAFICA 3

PAGINA 81 GRAFICA 1

PAGINA 81 GRAFICA 2

PAGINA 81 GRAFICA 3

Figura 9. Índice de huellas para zorros en seis transectos de la Reserva Biológica. La línea continua marca la tendencia general teniendo en cuenta todos los puntos del muestreo. En ningún caso la tendencia es significativa (regresión simple del valor del índice en función del tiempo)

PAGINA 82 GRAFICA 1

PAGINA 82 GRAFICA 2

Figura 9. -Continuación

PAGINA 83 GRAFICA 1

PAGINA 83 GRAFICA 2

Figura 9. Continuación

PAGINA 84 GRAFICA 1

PAGINA 84 GRAFICA 2

Figura 10. Índice de huellas para conejos en seis transectos de la Reserva Biológica. La línea continua marca la tendencia general teniendo en cuenta todos los puntos del muestreo. En ningún caso la tendencia es significativa (regresión simple del valor del índice en función del tiempo)

PAGINA 85 GRAFICA 1

PAGINA 85 GRAFICA 2

Figura 10. Continuación

PAGINA 86 GRAFICA 1

PAGINA 86 GRAFICA 2

Figura 10. Continuación

PAGINA 87 GRAFICA 1

PAGINA 88 GRAFICA 2