



INDICES DE ESTIMACION DE LA EDAD Y ESTRUCTURA DE EDADES DE LA POBLACION DE ZORROS DEL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA

INTRODUCCION

Resulta indispensable, en cualquier estudio de la dinámica de una población, conocer la estructura de edades de la misma. La estructura de edades de una población animal y sus cambios, tanto en el espacio como en el tiempo, son a menudo indicadores de la calidad del hábitat, del resultado de prácticas de manejo anteriores y de la condición general de dicha población, constituyendo además la información básica necesaria para realizar predicciones sobre el futuro demográfico de la misma. Botánicos y zoólogos han desarrollado una gran variedad de métodos con objeto de conocer la edad de un individuo. Los carnívoros, debido en gran parte al interés comercial que por ellos siempre se tuvo (pieles, valor cinegético, importancia sanitaria), son un grupo sobre el que se ha ensayado con éxito variable una extensa gama de técnicas de estimación de edades. Una de las más precisas y empleadas es el conteo de bandas de cemento en cortes histológicos de piezas dentarias descalcificadas. Se basa en el fenómeno del crecimiento periódico y estacional del cemento alrededor de la raíz del diente. Ha sido empleado con éxito en prácticamente todos los carnívoros y en muchos herbívoros (tabla 1). Otras técnicas empleadas han estado basadas en radiografías de dientes y huesos, en el peso seco de estructuras de crecimiento más o menos continuo, como el cristalino, en el grado de sutura entre huesos craneales, o simplemente en el grado de desgaste de alguna o de todas las piezas dentarias (tabla 1)

Tabla 1: Ejemplos del uso en diferentes especies de los métodos empleados en el presente estudio para estimar la edad absoluta y relativa de los zorros de la Población del Parque Nacional de Doñana.

ESPECIE	TECNICA	REFERENCIA
Zorro (<i>Vulpes vulpes</i>)	Conteo de bandas de cemento	Linhart y Knowlton 1967
		Grue y Jensen 1973, 1979
		Monson et al. 1973
		Stevens 1983
		Tumlison 1983
		Coman 1988
		Huson and Page
		Ceballos et al. 1990
		Harris, 1977
Zorro artico (<i>Alopex lagopus</i>)		Grue y Jensen 1976
Hyena (<i>Crocuta crocuta</i>)		Van Jaarsveld et al. 1987
Lince (<i>Felis Lynx</i>)		Quinn y Thompson, 1987
Coyote (<i>Canis latrans</i>)		Bowen 1982

Black bear (<i>Ursus americanus</i>)		Mclaughlin et al. 198?
Zorro gris	Peso seco del cristalino	Lord 1961
(<i>Urocyon cinereoargenteus</i>)		Fisher y Perry 1970
Ciervo (<i>Cervus elaphus</i>)		Askaner y Hansson 1967
Ardilla (<i>Sciurus carolinensis</i>)		Sullivan y Haugen 1956
Micromamíferos		Brown y Chapman 1991
Zorro (<i>Vulpes vulpes</i>)	Radiografías de huesos y/o dientes	Hartman 1992
Castor (<i>Castor canadensis</i>)		
Castor (<i>C. Canadensis</i>)	Morfometría del báculo	Larson y Taaber 1980
Marta (<i>Martes americana</i>)		

En este estudio se estimará la edad absoluta de una muestra de ejemplares de la población de zorros del Parque Nacional de Doñana a través del conteo de las bandas de crecimiento en el cemento de una pieza dentaria. Adicionalmente se estimará la edad relativa a través de 4 métodos diferentes: peso del cristalino, desgaste de toda la dentadura en general, dimensiones de la cavidad pulpar y morfometría del báculo (solo en machos)

MATERIAL Y METODOS

Las técnicas empleadas en el presente estudio están todas basadas en la morfometría (dimensiones y peso) de aquellas partes del cuerpo del animal sometidas a un cambio continuo (crecimiento o desgaste) desde el nacimiento hasta la muerte. Este cambio puede relacionarse con la edad absoluta de los organismos. Los animales empleados provienen de capturas realizadas previamente y durante el período delimitado por el convenio entre el CSIC y el ICONA.

Cada una de las técnicas empleadas se describen brevemente a continuación.

CONTEO DE BANDAS EN EL CEMENTO DE PIEZAS DENTARIAS.

En los mamíferos, las capas de cemento que anualmente se depositan en la raíz de los dientes constituyen la base de uno de los métodos más precisos de estimación de edades. El cemento se deposita en las raíces cada año en capas claras (verano) y oscuras (invierno) formando bandas de tal forma que aquellas próximas a la dentina corresponden a los primeros años de vida y las más externas a años posteriores. Cortes histológicos convenientemente teñidos de

piezas dentarias descalcificadas permiten observar y contabilizar el número de las citadas bandas. Conociendo el número de ellas que corresponden a un año (normalmente una clara y una oscura por año de vida), puede calcularse con bastante precisión la edad del individuo. Una de las principales ventajas de este método es que no pierde capacidad discriminatoria a medida que los animales tienen más años. El método ha sido empleado con éxito en la mayoría de los mamíferos, incluyendo al zorro (tabla 1).

PESO SECO DEL CRISTALINO.

El cristalino de los vertebrados crece a través de toda la vida del animal. Esta característica lo hace un buen indicador de la edad en numerosas aves y mamíferos. La técnica requiere de una conveniente preservación, secado y pesado del cristalino. La principal limitación de este método es, que, en el caso de los mamíferos, es útil para separar individuos juveniles de los adultos, pero no permite identificar clases de edad entre estos. Ello se debe a que el crecimiento del cristalino durante el primer año de edad es muy rápido; luego, aunque sigue creciendo, lo hace muy lentamente, perdiendo capacidad discriminatoria. Ha sido empleado en una gran variedad de vertebrados, incluyendo algunos cánidos (tabla 1). El cristalino, aún dentro del globo ocular, se fija en una solución de formol al 10%. Una vez hecho esto, se extrae y se seca en estufa a unos 60 grados centígrados hasta peso constante.

MORFOMETRIA DEL BACULO.

Este método puede aplicarse sólo a los machos de aquellas especies que poseen báculo, por ejemplo los osos y algunos cánidos y mustélidos. La longitud, y sobre todo el peso, del báculo aumenta con la edad y pueden servir como indicadores de la misma en algunas especies. La preparación del báculo para su medición y pesado es similar a la de cualquier otra pieza ósea que se quiera conservar en una colección.

CAVIDAD PULPAR EN LOS CANINOS.

El espacio libre que tiene un canino en su interior cuando hace erupción en el animal va rellenándose progresivamente de dentina con el paso de los años. Usualmente a los pocos años de edad esa cavidad está totalmente obturada. Sin embargo, el diámetro de esta cavidad es de mucha utilidad para separar individuos jóvenes de adultos. Como en el caso del peso de los cristalinos no es útil para diferenciar claramente clases de edad entre los adultos. Sin embargo, empleando una simple radiografía pueden identificarse los individuos jóvenes (con no más de un año de vida) de una población, evitando así el realizar cortes histológicos de los dientes de estos individuos. Para medir el diámetro de la cavidad pulpar de un canino se extrae la pieza dentaria de la mandíbula (o maxila) y se realiza una radiografía. Sobre esta radiografía se realizan las mediciones.

ESTIMACION DE LA EDAD POR ANALISIS DEL DEGASTE GENERAL DE TODA LA DENTADURA.

Ciertas partes del cuerpo como las piezas dentarias sufren un desgaste a medida que pasa el tiempo. Este desgaste puede servir de índice de edad en algunas especies. En el caso de los zorros de Doñana se establecieron tres clases de edad basadas en el estado de desgaste de toda la dentadura. Jóvenes: individuos con aspecto (medidas externas y peso) de adultos pero con la dentadura claramente nueva, dientes muy afilados en especial los incisivos que muestran todas sus cúspides bien formadas. Adultos: individuos con la dentadura completa, aunque pueda faltar alguna pieza, pero con claros signos de desgaste en los incisivos (que pierden alguna o todas sus cúspides) y en el resto de la dentadura. Por último, la clase de adultos-viejos: siempre les faltan varias piezas dentarias, el grado de desgaste es claramente mayor que en la clase anterior, alcanzando niveles tales como tener los molares gastados hasta el nivel de la encía. Este es un método sumamente subjetivo afectado, entre otras cosas, por el entrenamiento del observador y la precisión con que se definen las clases de edad a observar. Para reducir el error en las estimaciones se hacen sólo tres clases de desgaste, resultando relativamente sencillo ubicar a cada animal en la clase que le corresponde.

RESULTADOS

Se realizaron cortes histológicos de dientes a un total de 67 zorros con al menos un año de edad. Si a esto le agregamos los ejemplares crías con menos de un año, cuya edad se determinó por observación directa o empleando la técnica de las radiografías, contamos con una muestra de 110 zorros de los que conocemos la edad absoluta. Las otras técnicas descritas en los métodos fueron puestas a prueba con estos individuos. Adicionalmente, y sólo para la estimación de la edad por el desgaste de los dientes, se incluyeron individuos capturados fuera del período comprendido por este estudio, contándose en ese caso con un total de 219 ejemplares.

CONTEO DE BANDAS DE CEMENTO EN PIEZAS DENTARIAS

Siempre que fué posible se emplearon los premolares 1.

Cuando esta pieza faltaba o no se leía con claridad el patrón de bandas se realizaron cortes de alguno de los caninos. La estructura de edades obtenida por este método se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Estructura de edades de una muestra de 110 zorros del Parque Nacional de Doñana. Las edades se determinaron contando las bandas de cemento en la raíz de premolares 1.

edad	machos	hembras	todos
0	32	16	48
1	8	5	13
2	8	5	13
3	6	5	11
4	6	4	10
5	5	4	9
6	2	1	3
7	2	0	2
8	1	0	1
9	1	0	1
10	1	0	1
	71	39	110

PESO SECO DEL CRISTALINO

Se secaron y pesaron los cristalinos izquierdo y derecho de 44 individuos, machos y hembras de los cuales se conocía la edad por conteo de bandas de cemento. Los pesos de ambos cristalinos fueron muy similares en todos los individuos. Una regresión entre la edad absoluta y el peso de los cristalinos mostró valores muy altos de significación, lo que muestra la característica de crecimiento continuo en esta estructura (tabla 3 y figura 1).

Tabla 3. Parámetros de una regresión lineal simple ($Y=a+bX$) entre el peso de los cristalinos y la edad absoluta estimada a través del conteo de bandas en el cemento. a: ordenada al origen, b: pendiente.

	PARAMETRO	ESTIMACION	p	COEF. CORR.	r ²
IZQ	a	0.185	0	0.757	57.34%
	b	0.019	0.000		
DER	a	0.178	0	0.732	57.57%
	b	0.020	0.000		

MORFOMETRIA DEL BACULO

Se midieron y pesaron 60 báculos correspondientes a machos de edad conocida (también a través del método del conteo de bandas en el cemento). Mediante una regresión lineal simple se relacionaron estas medidas con la edad absoluta, encontrándose en ambos casos niveles de significación menores que 0.05 (Tabla 4 y figura 2).

Tabla 4. Parámetros de una regresión lineal simple ($Y=a+bX$) entre la longitud y el peso del báculo con la edad absoluta de una muestra de machos de la población del Parque Nacional de Doñana. a: ordenada al origen, b: pendiente. La longitud está expresada en milímetros y el peso en gramos.

	PARAMETRO	ESTIMACION	p	COEF. CORR.	r ²
LONGITUD	a	42.70	0	0.42	17.50
	b	2.67	0.0009		
PESO	a	0.27	0	0.732	48.66
	b	0.06	0.0000		

CAVIDAD PULPAR EN LOS CANINOS

Se realizaron radiografías de 80 caninos pertenecientes a machos y hembras de los cuales se conocía la edad (lectura en las bandas de cemento). El diámetro máximo de la cavidad pulpar medido en una radiografía mostró una buena correlación (negativa) con la edad (tabla 5 y figura 3). Adicionalmente se midieron, una vez extraídos los caninos, la longitud máxima y el ancho máximo. Con la longitud se encontró una regresión significativa (de pendiente negativa) con la edad, mientras que con el ancho no se encontró ningún cambio con la edad (tabla 5 y figura 3).

Tabla 5. Parámetros de las regresiones lineales simples ($Y=a+bX$) entre la morfometría del canino (diámetro de la cavidad pulpar: DCP, longitud máxima del diente: LM, y ancho máximo del diente: AM) y la edad absoluta estimada a partir de las bandas de cemento en la raíz de los premolares 1. a: ordenada al origen, b: pendiente. DCP, LM y DM están medidas en milímetros.

	PARAMETRO	ESTIMACION	p	COEF.CORR.	r ²
DCP	a	4.138	0	-0.75	56.40
	b	-0.61	0.00		
LM	a	34.10	0	-0.53	28.14
	b	-0.88	0.00		
DM	a	7.76	0	0.02	0.03
	b	0.006	0.88		

EVALUACION DEL DESGASTE DE TODAS LAS PIEZAS DENTARIAS

Para este método se emplearon todas las capturas hechas en la Reserva Biológica y el Parque Nacional durante y antes del período comprendido por este estudio. Se estimó así la edad relativa de una muestra de 219 animales (tabla 6).

Tabla 6. Estructura de edades estimada a partir de una muestra de 219 animales empleando el desgaste general de la dentadura como criterio para asignar una edad a cada animal.

clase de edad	machos	hembras	total
Crías	29	21	50
Jóvenes del año	18	24	42
Adultos	55	53	108
Adultos-viejos	14	5	19
Total	116	103	219

Debe notarse que la mayor proporción de individuos en la clase adulta se debe a que allí se incluyen individuos que oscilan entre 1 y 4 o 5 años de edad, mientras que en las dos anteriores (crías y jóvenes del año) se reparten los individuos que aún no tienen un año de edad. En la última clase puede subestimarse el verdadero valor, excluyendo a individuos viejos con la dentadura en buen estado. Lo mismo puede ocurrir en sentido inverso, existiendo sobrestimación a causa de los individuos de la clase anterior con la dentadura en muy mal estado. De todas formas, para un tratamiento matemático de estos datos debe procederse primero a corregir el elevado número presente en la clase adulta empleando procedimientos desarrollados en la construcción de tablas de vida.

DISCUSION

De todos los métodos empleados, sin duda el basado en el conteo de las bandas de cemento en la raíz de los dientes es el más preciso. Sin embargo, es también el que más trabajo y preparación requiere. Este método suele usarse junto con el basado en el diámetro de la cavidad pulpar. Se prepara una radiografía de los caninos de todos los individuos de la muestra y se seleccionan aquellos individuos que claramente sean jóvenes con un año o menos. A estos individuos ya no es necesario realizarles cortes histológicos de sus dientes. En muchos casos, este procedimiento ahorra sensiblemente el trabajo dedicado a preparar cortes histológicos.

El peso de los cristalinos solo tiene cierto valor predictivo en la primera clase de edad. De allí en adelante, aunque la regresión sea significativa no puede emplearse para estimar la edad de un animal. Por otro lado, la primera clase de edad es fácilmente identificable por otros métodos más sencillos (observación del desgaste general de la dentadura), por lo que no se recomienda este método para el zorro.

El peso del báculo presenta una significación muy alta con la edad, lo mismo que la longitud del mismo. Sin embargo, y como en el caso de los cristalinos solo tiene cierto valor predictivo en la primera clase de edad, que como ya vimos es fácil de identificar por otros métodos. Sin embargo, aunque no recomendamos este método para estimar la edad absoluta de un individuo debieran colectarse los báculos y conservarlos, ya que una curva como la de la figura 2 si puede ser de utilidad para comparar con otras poblaciones o con la misma población de Doñana en años diferentes.

Como mencionamos antes, el diámetro de la cavidad pulpar resulta un muy buen indicador para la primera clase de edad, permitiendo así ahorrar mucho esfuerzo a la hora de cortar dientes. Además, las radiografías necesarias para emplear este método son muy sencillas de llevar a cabo. En una misma placa pueden radiografiarse hasta 20 caninos simultáneamente.

La observación del desgaste de toda la dentadura, teniendo especial cuidado en observar aquellos dientes que mejor y más regularmente muestran un patrón de desgaste, constituye una manera rápida de determinar la edad de un animal. Dependiendo del interés que se tenga, esta metodología puede resultar insuficiente debido a que, como vimos, la clase de edad **adultos** involucro al menos 4 años consecutivos y esto hace que esta clase alcance valores superiores a los de las clases anteriores. Sin embargo, debido a la sencillez y rapidez con que se le asigna una clase de edad a un animal es siempre recomendable hacerlo con todos y cada uno de los zorros que se colecten en una población.

Como conclusión de este apartado, recomendamos el corte histológico del premolar 1 para estimar la edad absoluta de un zorro. Previamente una radiografía de los caninos indicará aquellos animales de los que no será necesario preparar cortes histológicos por pertenecer a la primera clase de edad.

La tabla 2 muestra la estructura de edades de una muestra de la población del Parque Nacional de Doñana. Puede verse en ella que el mayor índice de mortalidad ocurre entre la primera y la segunda clase de edad. Puede verse también que los zorros en Doñana, una vez alcanzan el año de edad, llegan con bastante probabilidad a cumplir los 5 años de edad. La estructura de edades de una población es útil, entre otras cosas, para conocer el nivel de extracción a la que está sometida. Así, en aquellas poblaciones que soportan una baja presión de extracción (caza por ejemplo), la relación jóvenes/adultos se acerca a uno, mientras que en poblaciones que sufren una fuerte presión este valor es muy alto (Ceballos y cols. 1991). Ceballos y colaboradores (1991) presentan la relación jóvenes/adultos para 5 localidades diferentes de Europa. Si comparamos nuestros resultados con estos nos encontramos con que la población de Doñana está sometida a un control mínimo (tabla 7), lo que no está de acuerdo con las intenciones expresadas en su momento en el Plan de Manejo del Lince.

Tabla 7. Relación jóvenes/adultos de varias poblaciones de Europa y la de Doñana. Esta relación se emplea para estimar el nivel de extracción que soporta cada población (Ceballos y cols. 1991 y datos propios).

Localidad	n	jóvenes/adultos	nivel de control
Dinamarca	518	3.02	Intenso
Gales -C	600	1.35	Medio
Londres	192	1.06	Bajo
Navarra	779	0.98	Bajo
Doñana	110	0.83	Mínimo
Gales-W	154	0.75	Mínimo

La población de Doñana puede considerarse como sometida a un nivel mínimo de extracción. Si esta estructura de edades se mantuviese en el tiempo estaríamos ante una población estabilizada, donde las tasas de natalidad y mortalidad se mantienen constantes en el tiempo. La elevada tasa de mortalidad en la primera clase de edad (cuando los zorritos son crías o en el momento de la dispersión cuando tienen alrededor de 7 u 8 meses de edad) sería la responsable de mantener estabilizado el tamaño poblacional.

De lo expuesto se deduce la importancia de coleccionar el material necesario para estimar las edades absolutas de los

zorros que se capturen dentro del marco del Plan de Manejo del Lince. De esta forma, los cambios en la estructura de edades serán un comprobante del nivel de eficiencia que se alcance con las extracciones.

BIBLIOGRAFIA

- Askaner, T., y L. Hansson. 1967. The eye lens as an age indicator in small rodents. *Oikos* 18:151-153.
- Bowen, W.D. Determining age of coyotes, *Canis latrans*, by tooth sections and tooth-wear patterns. *Can. Field-Natur.* 96:339-341.
- Brown, W.A., y N.G. Chapman. 1991. Age assessment of red deer (*Cervus elaphus*): from a scoring scheme based on radiographs of developing permanent molariform teeth. *J.Zool., Lond.* 225:85-97.
- Ceballos, O., C. Albizu y J.A. Donazar. 1991. Reproducción, estructura de edades y otros aspectos poblacionales del zorro en Navarra. Libro colectivo divulgativo "Carnívoros Ibéricos". Editado por Quercus (en prensa).
- Coman, B.J. 1988. The age structure of a sample of red foxes (*Vulpes vulpes* L.) taken by hunters in Victoria. *Aust. Wildl. Res.* 15:223-229.
- Fisher, E.W., y A.E. Perry. 1970. Estimating ages of gray squirrels by lens-weights. *J.Wildl.Manage.*, 34:825~828.
- Grue, H., y B. Jensen. 1973. Annular structures in canine tooth cementum in red foxes (*Vulpes vulpes*) of known age. *Danish Review of Game Biology.* 8:1-12.
- Grue, H., y B. Jensen. 1976. Annual cementum structures in canine teeth in Arctic foxes (*Alopex lagopus*) from Greenland and Denmark. *Danish Review of Game Biology*, 10:1-12.
- Harris, S. 1977. Distribution, habitat utilization and age structure of a suburban fox (*Vulpes vulpes*) population. *Mammal Rev.* 7:25-39.
- Hartman, G. 1992. Age determination of live beaver by dental x-ray. *Wildl.Soc.Bull.*, 20:216-220.
- Huson, L.W., y R.J.C. Page. 198x. Age related variability in cranial measurements in the red fox (*Vulpes vulpes*).
- Larson, J.S., y R.D. Taber. 1980. Criteria of sex and age. in S.D. Schemnitz, ed. *Wildlife Management Techniques Manual*, 4th ed. Wildl. Soc. Washington, D.C. 868 pp.
- Lord, R.D. 1961. The lens as an indicator of age in the gray fox. *J.Mammal.*, 42:109-111.
- Quinn, N.W.S., y J.E. Thompson. 1987. Dynamics of an exploited lynx population in Ontario. *J.Wildl.Manage.* 51:297-305.
- McLaughlin, C.R., G.J. Matula jr., R.A. Cross, W.H. Halteman, M.A. Caron, y K.I. Morris. 198x. Precision and accuracy of estimating age of maine black bears by cementum annuli. *Int. Conf. Bear Res. and Manage.* 8:413-419.
- Stevens, M.L. 1983. A reliable celloidin technique for dental cementum analysis: a comment. *J.Wildl.Manage.* 47:1243-1244.
- Sullivan, E.G., y A.O. Haugen. 1956. Age determination of foxes by x-ray of forefeet. *J.Wildl.Manage.*, 20:210.212.
- Tumilson, R. 1983. A reliable celloidin technique for dental cementum analysis: a reply. *J.Wildl.Manage.* 47:1244-1245.

Van Jaarsveld, A.S., J.R. Henschel, y J.D. Skinner. 1987. Improved age estimation in spotted hyaenas (*Crocuta crocuta*). *J.Zool.Lond.* 213:762-765.

El Ministerio de Medio Ambiente agradece sus comentarios. Copyright © 2006 Ministerio de Medio Ambiente