

Estimación de edades mediante análisis dentales en individuos de *Tayassu pecari* y *Pecari tajacu* (Artiodactyla: Tayassuidae)

Estimating age of *Tayassu pecari* and *Pecari tajacu* using tooth analyses (Artiodactyla: Tayassuidae)

Madeleyne Villa✉, Guido Miranda-Chumacero y Robert Wallace

Programa de Conservación del Gran Paisaje Madidi, Wildlife Conservation Society, CP 3-35181 S. M., La Paz, Bolivia. I.

✉ madelita.21@gmail.com

Resumen. Las edades de mamíferos se estiman en clases etarias, con la medición y por la morfometría de estructuras anatómicas de crecimiento, y por el desgaste dental. Un método más preciso, es el conteo de líneas de crecimiento del cementum de la raíz dental, que permite observar líneas claras y oscuras alternas correspondientes a estaciones del año. Este trabajo estima las edades y la correlación entre los métodos de desgaste dental y conteo de líneas de crecimiento de 106 individuos de *Tayassu pecari* y 29 de *Pecari tajacu* provenientes de la cacería de subsistencia del norte de la Tierra Comunitaria de Origen Takana-I, La Paz, Bolivia. Se analizó el desgaste de premolares y molares mediante una clave de 7 clases de edad anteriormente diseñada. Para el conteo de líneas de crecimiento, se aplicó la técnica histológica en incisivos. Por el método de desgaste, las edades fueron de 1 a 12 años, existiendo contradicciones de edad, en 12% de las muestras, por la variación de erupción del tercer molar entre individuos. Por el conteo de líneas de crecimiento, el 80% de las placas fueron exitosas y las edades fueron de 1 a 18 años, siendo difícil diferenciar entre líneas contiguas, en pecaríes viejos. Ambos métodos estuvieron significativamente correlacionados (*T. pecari*= 0.87; *P. tajacu*= 0.86, $p < 0.05$) y mayormente presentaron estimaciones similares entre 2 a 10 años en *T. pecari* y entre 1 a 4 años en *P. tajacu*.

Palabras clave: líneas de crecimiento, cementum, edades, dental, dientes, desgaste.

Abstract. Age in mammals is usually estimated using weight and morphometric measurements of anatomical structures of growth, as well as by tooth wear. Another tooth analysis method is counting the growth layers of the root's dental cementum that alternates in light and dark bands corresponding to seasonal changes. This study estimates the ages and correlation level between the tooth wear and counting growth layers methods from a sample of 106 individuals of *Tayassu pecari* and 29 of *Pecari tajacu* from the subsistence hunting activities in the Takana indigenous communal lands "Tierra Comunitaria de Origen Takana- I" northern La Paz Department, Bolivia. The tooth wear method classified premolars and molars into seven age classes according to a previously designed peccary tooth wear key. A histological technique was also applied to count of growth layers in incisors. The tooth wear method estimated ages from 1 to 12 years old, although 12% of the samples had contradictions caused by a variation among individuals of the third molar eruption. The counting growth layer method was successfully applied to 80% of the sample, with estimated ages from 1 to 18 years old, however it was more difficult to differentiate between adjacent growth layers for older individuals. These 2 methods were significantly correlated for *T. pecari* ($r = 0.87$; $p < 0.05$) and *P. tajacu* ($r = 0.86$; $p < 0.05$), and presented very similar estimates for individuals estimated to be between 2 to 10 years in *T. pecari* and 1 to 4 years in *P. tajacu*.

Key words: growth layers, cementum, age, dental, teeth, wear.

Introducción

Es importante conocer las edades y la estructura etaria como parámetro poblacional para el manejo de fauna silvestre. Para estimar las edades existen diversos métodos,

como la medición de partes y el grado de sutura entre huesos craneales (Herring, 1974; Siruco et al., 2011), por radiografías de dientes y huesos (Castanet et al., 2004), por el peso seco de estructuras de crecimiento y engrosamiento continuo del cristalino del ojo (Kauffman et al., 1967; Augusteyn, 2007), morfometría del hueso del pene o báculo (Lyons et al., 2012), por la erupción y el grado de desgaste dental que es proporcional al tiempo. Todos

son métodos útiles para separar a individuos jóvenes de adultos o en clases de edades relativas (Lundervold et al., 2003; Castanet et al., 2004). El método más preciso es el conteo de anillos del cementum de la raíz dental, depositadas en líneas o bandas alternas claras y oscuras, causadas por ciclos estacionales como verano e invierno (Rudge, 1976). Este método se aplicó a ungulados como *Alces alces* (Sergeant y Pimlott, 1959), *Odocoileus hemionus* (Low y Cowan, 1963), *Odocoileus virginianus* (Gilbert, 1966), *Saiga tatarica* (Sowls, 1997; Lundervold et al., 2003), *Mazama gouazoubira*, *P. tajacu* y *T. pecari* (Maffei, 1999; 2001; 2003).

En pecaríes se ha estimado la edad por el peso seco del cristalino (Richardson, 1966), por el grado de fusión en la sutura de la base craneal (Herring, 1974), por medidas del tamaño de diferentes partes del cráneo (Siruco et al., 2011), por la anatomía de la cintura pélvica (Lochmiller et al., 1984) y por la descripción de la erupción dental hasta los 21.5 meses de edad (Kirkpatrick y Sowls, 1962). En el norte de Perú se aplicó el método de desgaste de premolares y molares, categorizado en 4 clases (Bodmer et al., 1997). En el chaco boliviano se aplicó el mismo método y, además, la técnica histológica para el conteo de líneas del cementum dental, obteniendo una alta correlación entre ambos (Maffei, 1999); lo que condujo al diseño de una nueva clave de desgaste dental en 7 clases de edad (L. Maffei, no publicado).

El desgaste dental está influenciado por la dureza de frutos y semillas que ambas especies quiebran y consumen con su fuerte dentadura (Olmos, 1993), aunque depende de la disponibilidad de alimentos y dieta, por lo que pueden existir variaciones en el desgaste. Según Van Horn et al. (2003) este método es susceptible a sobreestimar y subestimar las edades de animales jóvenes y viejos, respectivamente. Asimismo, la deposición de líneas o bandas de crecimiento dependen de factores ambientales y ciclos estacionales (Lundervold et al., 2003; Castanet et al., 2004), lo que varía de acuerdo con la ubicación de procedencia de los animales. Un estudio realizado en hienas (*Crocuta crocuta*) evidenció deposiciones irregulares de las líneas de crecimiento, lo que podría estar asociado a especies de regiones ecuatoriales, principalmente carnívoras (Van Horn et al., 2003). Igualmente la precisión en el conteo de líneas depende del procesamiento histológico y puede disminuir en animales más viejos (Van Horn et al., 2003). En un estudio de murciélagos, esta técnica resultó de precisión cuestionable en cortes de 6 micras (Philips et al., 1982) y en otro estudio con cortes de 100 micras resultó significativamente correlacionado con la edad verdadera de murciélagos (Cool et al., 1994).

Este trabajo tiene por objetivo comparar los métodos de desgaste dental y conteo de líneas de crecimiento

en *T. pecari* y *P. tajacu*, provenientes de la cacería de subsistencia del norte de la Tierra Comunitaria de Origen (TCO) Takana I de La Paz, Bolivia. Asimismo, tiene la finalidad de proporcionar una descripción de los métodos aplicados y sus adaptaciones, para que esté accesible a futuros estudios de determinación de edades y de monitoreo de caza.

Materiales y métodos

Obtención de muestras. Para los análisis dentales se recolectaron mandíbulas de 106 pecaríes de labios blancos (*T. pecari*) y 29 pecaríes de collar (*P. tajacu*) que fueron etiquetadas y codificadas por cada individuo. Las mandíbulas provienen de 135 pecaríes producto de la cacería de subsistencia, sin fines de comercialización, que es una actividad habitual permitida para cubrir las necesidades del cazador y su familia perteneciente a una comunidad indígena —Decreto de Veda General Indefinida del Decreto Supremo D. S. 22641 y ratificado por el D. S. 25458, Bolivia—. Estas muestras proceden de las comunidades indígenas de Carmen del Emero (675828.96 E, 8519737.08 S 19L UTM) y San Antonio de Tequeje (673984.25 E, 8511363.74 S 19L UTM) de la TCO Takana I, del norte del departamento de La Paz, Bolivia (Fig. 1) y corresponden al periodo de recolecta del 29 de agosto del 2005 al 10 de abril del 2006. El mayor número de mandíbulas recolectadas de *T. pecari*, podría ser porque esta especie tiene mayor abundancia que *P. tajacu* en la TCO Takana (Wildlife Conservation Society, datos no publicados).

Método de desgaste dental. Este procedimiento fue realizado en laboratorios de la carrera de Biología de la Universidad Mayor de San Andrés. En un principio, se eliminaron impurezas de las mandíbulas, se revisaron para determinar la presencia o ausencia de cada premolar y molar, y se registró el estado de las muestras. La ausencia se precisó en: a) permanencia dentro del hueso o DH (sin erupción) y b) por daños indeterminados originados antes de la recolecta o “diente perdido” (0). A continuación se definió la edad por el grado de desgaste de los 3 premolares y 3 molares, mediante la clave de asignación en 7 clases de edad, diseñada por L. Maffei para *P. tajacu* del chaco boliviano (clave no publicada; Cuadro 1). En el presente trabajo se aplicó también a *T. pecari* por ser la clave más próxima disponible, para una especie similar que ocupa el mismo rango de hábitat en el área de estudio y, además, por ser un método relativo que agrupa en clases de edades. Cuando existieron contradicciones de edad con este método, es decir, entre el criterio de la ausencia de erupción de dientes permanentes —característica de jóvenes de menor o igual a un año— y el nivel de desgaste

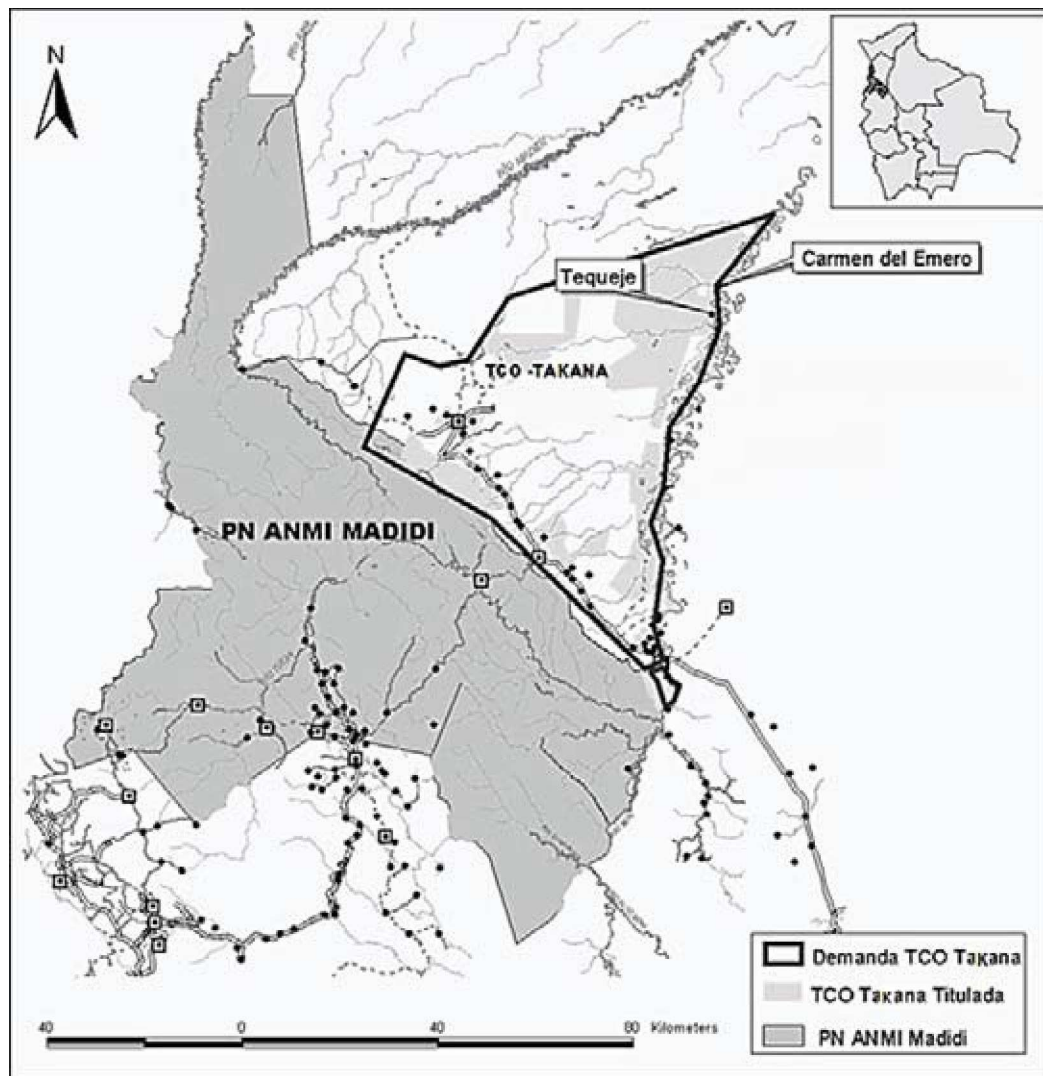


Figura 1. Comunidades donde se recolectaron las mandíbulas en la Tierra Comunitaria de Origen (TCO) Takana, La Paz-Bolivia, que colinda al suroeste con el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado PN ANMI Madidi.

dental —típico en mayores a un año—, se optó por el nivel de desgaste que es proporcional al tiempo, es decir, los premolares y molares presentes se desgastarán en los años por la masticación, aunque no termine de erupcionar algún molar. De la misma manera, se realizó en un estudio en el antílope saiga (*Saiga tatarica*) debido a que en ungulados puede existir variación en el proceso de erupción de molares (Lundervold et al., 2003).

Método de conteo de líneas de crecimiento. Este método se realizó en el Laboratorio de Histología de la Facultad de Medicina de la Universidad Mayor de San Andrés. De cada mandíbula se extrajo y codificó un diente. En el 94% de los casos se usó un incisivo, por ser los primeros dientes permanentes en erupcionar y, por tanto, en registrar

desde primera línea de crecimiento —un año de edad—. Cuando la mandíbula carecía de incisivos se optó por extraer premolares (5.26% de los casos) o un molar (0.74%).

Luego se procedió con la técnica histológica (Prophet et al., 1995; Maffei y Becerra, 2000) que fue modificada en algunos procesos:

Descalcificación: Durante 2 a 4 días se aplicó ácido nítrico al 5%, se usó esta concentración para evitar que se borrarán las líneas del cementum.

Preparación y estabilización de las muestras: Se lavaron con agua corriente durante 2 horas, se cortaron y eliminaron las coronas, se dividieron longitudinalmente en 2 partes los incisivos y en 4 los premolares, se extirpó la pulpa dentaria

Cuadro 1. Clave de clasificación de edades de pecaríes basadas en el desgaste de premolares y molares (síntesis de la clave no publicada diseñada para *P. tajacu* por L. Maffei)

Edad (años)	Primer premolar	Segundo premolar	Tercer premolar	Primer molar	Segundo molar	Tercer molar
0-1	CC	CC	CC	CC	CC	DH/CC
2	CC	CC	CC	CCG	CC	CC
4	CC	CC	CCG	CPL	CC	CC
6	CC	CCG	PL	PL	CCG	CC
8	CCG	CCG	PL	PL	CCG	CCPG
10	CCG	CON	CON	CON	CCG	CCMG
12	CON	CON	CON	CON	CON	CON

DH= Dentro del Hueso; CC= Con Cúspides; CCPG= Con Cúspides Poco Gastadas; CCG= Con Cúspides Gastadas; CCMG= Con Cúspides Muy Gastadas; CPL= Casi Planos; PL= Planos; CON= Cóncavo.

e inmediatamente se envolvieron en gasa, para sumergirlas en solución de alumbre de potasio al 5% por 24 horas para evitar el hinchamiento de las muestras por efecto del ácido, luego se lavó en agua corriente por 2 horas.

Deshidratación y aclaración: Se deshidrataron con alcoholes de pureza ascendente 75°, 85°, 95° y alcohol absoluto 100°, cada uno durante 30 minutos. Para la aclaración y para hacerlas miscibles a la parafina, se aplicaron 2 cambios de Xilol por 30 minutos cada uno.

Impregnación e inclusión: Para que el tejido se impregne completamente, se colocaron en 3 cambios de parafina fundida —30 minutos/cambio—. Luego en un molde o barras de Leuckart con parafina líquida se orientaron longitudinalmente las muestras, hasta la solidificación y obtención del bloque de parafina.

Corte al micrótopo rotatorio o de Minot: A cada diente se le realizaron varios cortes de 15 micras, luego éstos se distendieron en baño María (45°-50° C). Posteriormente, se embadurnó cada portaobjeto con albúmina de Mayer y se levantó la muestra, permitiendo que se adhiriera completamente, para luego dejar en la estufa a 55° C durante 30 minutos.

Tinción: Cada portaobjeto se codificó con un lápiz diamante y se pusieron en una gradilla de tinción, para iniciar la desparafinación en 3 cambios de Xilol por 10 minutos cada uno. Luego, se realizó la hidratación para preparar las muestras a la tinción, mediante alcoholes en orden de concentración descendente 95°, 85°, 75° por 2 minutos cada uno; para finalizar este paso se les puso agua destilada durante 2 minutos. Luego se procedió a la coloración con Hematoxilina de Harris —solución acuosa— por 30 minutos, después se lavó en agua corriente 2 a 3 pases hasta eliminar el exceso de colorante, en seguida se pasó a una solución alcalina de bicarbonato de sodio y agua, para que los núcleos de las células y las líneas de

crecimiento se tornen azules. Después de la tinción se deshidrata con alcoholes en orden ascendente 75°, 85°, 95° cada uno 2 minutos y en alcohol absoluto 100°, por 5 minutos. Posteriormente, se aclaran y preparan los tejidos para hacerlo miscible al bálsamo de Canadá mediante Xilol, durante 5 minutos. Las muestras se montaron con bálsamo de Canadá y cubreobjetos.

Conteo de líneas de crecimiento: Las placas se observaron en un microscopio óptico, primero se usó 40X para identificar y ubicar el mayor número de líneas o bandas oscuras en el cementum. Cuando existieron tejidos con varias líneas de crecimiento o poco diferenciados entre sí, se pasó a 100X y 400X para diferenciar una línea de otra y realizar múltiples conteos. Las placas se fotografiaron en la unidad de Citología del Instituto Nacional de Laboratorio y Salud de Bolivia (Inlasa), mediante un equipo Olympus DP 70-microscopio Olympus BX 41.

Correlación entre métodos. Para establecer la correlación entre las clases de edad por el método de desgaste dental y la edad por el número de líneas de crecimiento de la raíz dental, se aplicó la correlación de Spearman ($\alpha= 0.05$), y para determinar si existe diferencia significativa entre métodos, se utilizó la prueba de Wilcoxon ($\alpha= 0.05$) con el programa Statistica v.6.

Resultados

Desgaste dental. La mayoría de las mandíbulas presentaban dientes en estado óptimo, es así que el 91% de *T. pecari* y el 84% de *P. tajacu* tenían los premolares y molares completos para el análisis de desgaste. Del total analizado, el 88% de los individuos se clasificó con certidumbre de acuerdo con la clave del cuadro 1, es decir, no existió contradicción entre el criterio de erupción y desgaste dental. Al contrario, se observaron 16 individuos (12%)

con contradicciones de edad entre el criterio de erupción de molares y el desgaste de premolares y molares (Cuadro 2, Fig. 2).

Las clases de edades estimadas por este método son de individuos de menor o igual a 1 año hasta la clase de 12 años (Cuadro 3, Fig. 3). En *T. pecari* las clases etarias más representadas fueron de 4, 6 y 8 años y en *P. tajacu* la edad más frecuente fue de 2 años, aunque carece de representantes en la clase de 8 años (Cuadro 3). Dentro del grupo de menor o igual a 1 año se identificaron 3 crías, un *T. pecari* y 2 *P. tajacu*, menores a 1 año, porque carecen del segundo y tercer molar y a veces del primer molar, dientes que permanecen dentro del hueso o erupcionando, asimismo se reconocen por el pequeño tamaño de la mandíbula (Fig. 3A).

Cuadro 2. Contradicción en la clasificación de edades por el método de desgaste dental entre el criterio de erupción de molares y desgaste de premolares y molares (12% del total)

Especie	Núm. de individuos	Erupción molares (años)	Desgaste dental (años)
<i>T. pecari</i>	2	≤ 1	6
	4	≤ 1	4
	6	≤ 1	2
<i>P. tajacu</i>	4	≤ 1	2

N= 16; máx= 6 años; mín= 1 años, media= 3.

Líneas de crecimiento. Mediante la técnica histológica dental, las líneas de crecimiento fueron nítidamente observadas en el 80% de las muestras, debido a que las modificaciones del procedimiento histológico y el tipo de diente procesado no incidieron en la calidad las placas histológicas.

Las edades determinadas en *T. pecari* fueron de 1 a 18 años, aunque no existieron individuos de 13,15 y 17 años. En *P. tajacu* la edad máxima corresponde a 15 años y no existen representantes entre 5 a 14 años, con excepción de 6 y 12 años (Cuadro 3, Fig. 4).

Correlación. De acuerdo con los métodos de desgaste dental y conteo de líneas de crecimiento, la correlación en *T. pecari* fue de 0.87 (Spearman, $p < 0.05$; Fig. 5A) y en *P. tajacu* de 0.86 (Spearman, $p < 0.05$; Fig. 5B), por lo que estos métodos están significativamente correlacionados, asimismo mediante el test de Wilcoxon ($Z = -1.28$, $p > 0.05$) se establece que no existe diferencia significativa entre métodos. Es así que el 36% de *T. pecari* fueron determinados con la misma edad y el 85% difirieron entre 0 a 2 años entre el método de desgaste dental y el método de conteo de líneas, y corresponden mayormente a 79 individuos entre las edades de 2 a 10 años, y sólo en 2 individuos existieron 6 años de diferencia entre estos métodos (Fig. 5C). En *P. tajacu* el 62% tuvieron la misma edad y 93% difirieron de 0 a 2 años, y corresponden en su mayoría a 21 individuos entre las edades de 1 a 4 años; aunque en un individuo se encontró 9 años de diferencia entre los métodos (Fig. 5C), ya que se determinó dentro la

Figura 2. Ejemplo de caso de contradicción por el criterio de desgaste y erupción de dientes permanentes por el método de desgaste dental. D, desgaste del primer molar; característico de dos años; E, erupción ausente o iniciando del tercer molar; característica de menores de 1 año.

Cuadro 3. Número de individuos de *T. pecari* y *P. tajacu* por clase de edad según método de desgaste y método de conteo de líneas de crecimiento en el cementum de la raíz dental

Edad (años)	Desgaste dental			Conteo de líneas de crecimiento (94% incisivos)		
	<i>T. pecari</i>	<i>P. tajacu</i>	Total	<i>T. pecari</i>	<i>P. tajacu</i>	Total
1	1	6	7	1	7	8
2	11	12	23	10	9	18
3	—	—	—	9	4	14
4	27	5	32	18	4	22
5	—	—	—	15	0	15
6	21	1	22	10	1	11
7	—	—	—	6	0	6
8	23	0	23	11	0	11
9	—	—	—	9	0	9
10	16	2	18	6	0	6
11	—	—	—	3	0	3
12	7	3	10	5	3	8
14	—	—	—	1	0	1
15	—	—	—	0	1	1
16	—	—	—	1	0	1
18	—	—	—	1	0	1
Total	106	29	135	106	29	135

clase de 12 años por el desgaste y de 3 años por el conteo de líneas de crecimiento (Fig. 5B).

Discusión

La determinación de clases de edad por el método de desgaste dental, depende del estado óptimo de los premolares y molares, ya que disminuye el error de asignación. En este trabajo la mayoría de las mandíbulas tuvieron dientes completos y disponibles, por lo que se asignaron con certidumbre las edades. Sin embargo, existieron 16 individuos (12%) con contradicciones de edad entre el criterio de erupción de molares y el desgaste de los premolares y molares restantes (Cuadro 2). Es decir, que aparentaban ser de ≤ 1 año por tener algunos molares dentro del hueso o en plena erupción y a la vez tenían desgaste de las otras piezas dentales, lo que es característico de individuos mayores a 2 años (Fig. 2). La máxima contradicción de edad para un mismo individuo, fue de 6 años, asignado así por el acentuado desgaste de sus 3 premolares y 2 molares; y a la vez de 1 año por el criterio de erupción, ya que carecía del tercer molar. En estos casos, se decidió optar por el nivel de desgaste que es proporcional al tiempo, ya que puede existir variación en el tiempo de erupción de premolares y molares (Lundervold et al., 2003).

La clave de edades diseñada para *P. tajacu* establece que cuando los premolares y molares están completos y con cúspides, los individuos tienen al menos 1 año de edad, aunque el tercer molar podría no terminar de aparecer. Según Kirkpatrick y Sows (1962), en esta especie el segundo molar erupciona entre 9 meses a 1 año de edad —10.5 meses en promedio— y el tercer molar erupciona entre 1 año y medio a 2 años —1 año y 9 meses en promedio—, inclusive se evidenció diferencia cronológica de erupción de molares entre 2 hermanos mellizos; en el hermano macho el tercer molar erupcionó a las 81 semanas —1 año y 8 meses— y en la melliza a las 94 semanas, casi 2 años; por lo que puede existir variación en la cronología dentaria entre individuos (Ojasti, 2000).

Por otro lado, en la clasificación de 4 clases de edad en pecaríes de la Amazonía peruana, realizadas por Bodmer et al. (1997), incluyeron en la primera clase a pecaríes de 2 años, con dientes en plena erupción o con dentición adulta incompleta; la segunda clase con premolares y molares completos con pequeño desgaste en las cúspides correspondiente a individuos de 3 años. Generalmente en ungulados, la erupción de molares puede culminar entre 1.5 a 3 años, como sucede con *Cervus elaphus*, *Dama dama* y *S. tatarica* (Inns, 1982; Brawn y Charpman 1991a y b; Lundervold et al., 2003).

Figura 3. Ejemplares de cada clase de edad estimados por el método de desgaste de premolares y molares. A, <1 año; B, 1 año; C, 2 años; D, 4 años; E, 6 años; F, 8 años; G, 10 años; H, ≥ 12 años.

Myers (1997) señala que la erupción completa de molares en mamíferos, demora hasta que el individuo alcance un tamaño cercano al de adulto, de modo que la falta de erupción de molares es un indicador de la juventud de los pecaríes, lo que se puede contrastar con el pequeño tamaño de la mandíbula (Fig. 3A). Pero si los individuos tienen todos los premolares y molares completos y con cierto desgaste son individuos mayores a 1 año (com. pers. 2006, L. Maffei).

En consecuencia se considera que estas excepciones mencionadas en el presente trabajo que carecen del tercer molar, a veces segundo molar, corresponderían a adultos con retraso medio de erupción del tercer molar de hasta 3 años (Cuadro 2). Algo similar suele suceder con el último molar en humanos que emerge entre los 15 a 20

años, inclusive después (Mincer et al., 1993). Además del retraso de erupción dental, puede ocurrir pérdida del diente en vida silvestre, y así cicatrizar el hueso donde estaba el diente, aparentando no haber erupcionado, pero los demás dientes —los 3 premolares y el primer y segundo molar— estarán desgastados.

Por otro lado, la tasa de desgaste en mamíferos puede variar y ser rápida como en incisivos de roedores o lenta como los molares de humanos, lo que está influenciado por la variación de la dieta entre sitios de acuerdo con el hábitat y la disponibilidad de alimento, ocasionando un desgaste lento o rápido para la misma especie (Myers, 1997; Ojasti, 2000; Van Horn et al., 2003). La clave diseñada por Maffei (com. pers.) fue elaborada para pecaríes del chaco boliviano, que tienen diferente dieta a los pecaríes de la

Figura 4. Ejemplares de cortes de histológicos longitudinales con las líneas de crecimiento en el cementum de la raíz dental. A, 1 año con J, línea de unión cementum-dentina; L, línea de crecimiento; C, cementum. B, 2 años; C, 5 años; D, 18 años.

Amazonía boliviana (sitio de estudio), que principalmente se alimentan de frutos y semillas de palmeras.

Asimismo, podría existir variación de desgaste entre especies, ya que en *T. pecari* existe mayor número de casos de contradicción. Según Kiltie y Terborgh (1983), *T. pecari* tiende a masticar frutos y semillas más grandes (> 2 cm) y resistentes que los de *P. tajacu*. Si esta tendencia de dieta se repitiera en el área de la TCO Takana, produciría mayor tasa de desgaste a *T. pecari*, originando más casos de contradicción respecto al criterio de erupción y desgaste, incidiendo en una ligera subestimación de edad si sólo se guiara por un criterio.

Un estudio realizado en ungulados como el alce (*Cervus elaphus*), venado bura (*Odocoileus hemionus*) y venado de cola blanca (*O. virginianus*) reveló que el método de erupción-desgaste tiende a subestimar a animales jóvenes e infravalorar a los más viejos en relación con las edades

verdaderas (Matson, 1981; Hamlin et al., 2000). Muchas veces prefieren agrupar en pocas clases de edad, 3 o 4, lo que hace más sencillo ubicar al animal en una clase (Inns, 1982; Lundervold et al., 2003; Ministerio de Medio Ambiente de España, 2006).

En este contexto, el método de desgaste es subjetivo y afectado, entre otras cosas, por el entrenamiento del observador y la precisión con que define las clases de edad. Además, puede existir variación entre individuos y localizaciones, sobre todo, en ungulados por lo que debe realizarse con mayor elaboración y cuidado (Lundervold et al., 2003). Sin embargo, es un método relativamente más rápido que otros métodos, sin o con pocos costos, por lo tanto, bastante aplicable.

Por el contrario, el conteo de líneas de crecimiento — técnica histológica—, es costoso, difícil y necesita mayor entrenamiento, pero es más preciso. Está influenciado

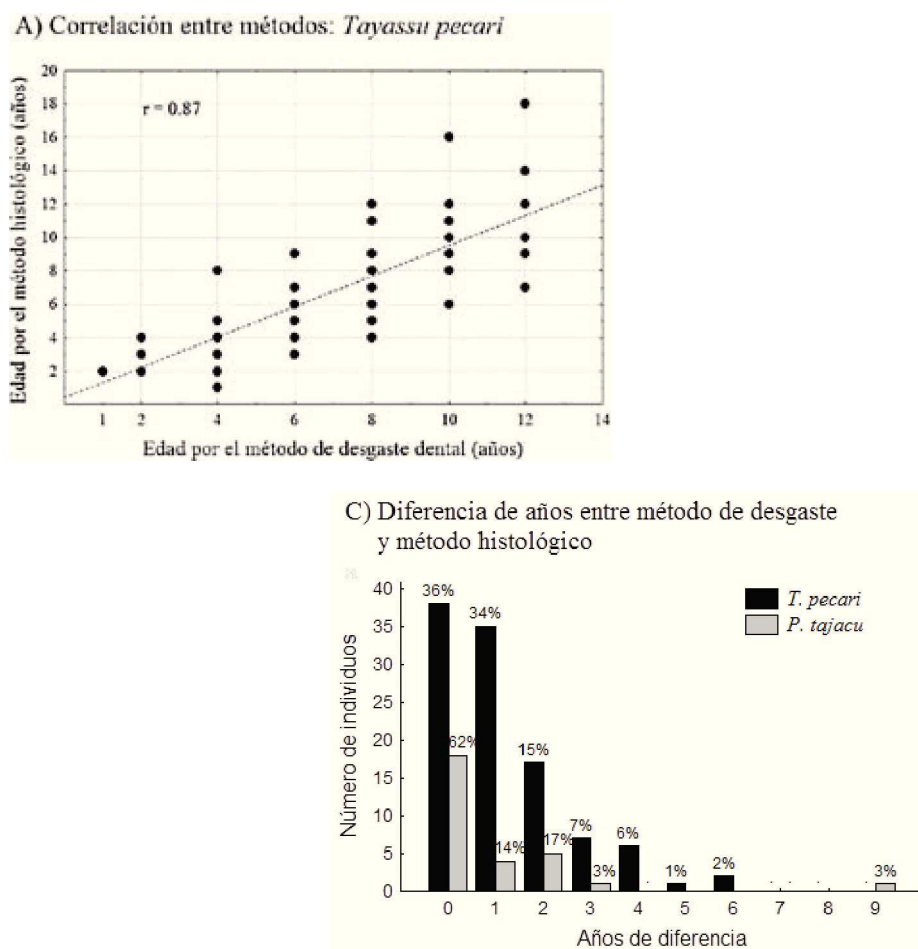


Figura 5. Comparación entre los métodos de desgaste dental y conteo de líneas de crecimiento. A, correlación entre métodos en *Tayassu pecari*; B, correlación entre métodos en *Pecari tajacu*; C, número y proporción de individuos según número de años de diferencia entre métodos (eje Y: número de individuos y con su representación porcentual en las barras).

por el tipo de diente utilizado, procesamiento técnico y de laboratorio, por la localización de procedencia de la muestra relacionado al tipo de estacionalidad climática y factores ambientales que afecten a la población en estudio.

En este trabajo, se utilizaron dientes incisivos, por ser los primeros en erupcionar y evidenciar los primeros vestigios de edad, en cambio un premolar o molar puede erupcionar después de un año, por lo que empieza a registrar desde la segunda línea de crecimiento. Además, que el procesamiento de las raíces de incisivos es más sencillo y se marcan mejor las líneas de crecimiento que en premolares y molares (Maffei y Becerra, 2000; Lundervold et al., 2003).

Para marcar las líneas de crecimiento, se usó Hematoxilina de Harris que es el tinte más común y accesible, y se obtuvo 80% de las muestras —placas

histológicas— con las líneas nítidas. Sin embargo, Maffei y Becerra (2000) evidenciaron mejor marcaje de las líneas de pecaríes, con Hematoxilina de Delalfield que con Hematoxilina de Harris. En el estudio de *C. elaphus hispanicus* obtuvieron un óptimo marcaje con hematoxilina de eosina (Azorit et al., 2002). Estos aspectos pueden incidir en el marcaje y visibilidad de las líneas o bandas para el conteo.

El grosor del corte también influye en la nitidez de las líneas. En este estudio se cortó a 15 micras por la máxima capacidad del micrótomo, aunque es mejor más grueso. Varios trabajos recomiendan cortes superiores a 20 micras (Wada et al., 1978; Matson, 1981; Renz et al., 1997; Laws et al., 2002). En una investigación aplicada a humanos, se demostró que cortes de 100 micras (delgado) son más adecuados que 0.5 a 2 micras (semidelgado) y 50-100 nm (ultradelgado) (Renz et al., 1997). Inclusive cortes de 200

micras en *Lobodon carcinophagus* sería óptimo para este método (Laws et al., 2002).

Estos aspectos, como el colorante, grosor del corte, inclusive el marcado cambio estacional al que se someten estas especies, influyen en la nitidez de las líneas en las placas histológicas. En el presente estudio el 80% de las placas fueron nítidas. Maffei y Becerra (2000) al inicio obtuvieron 20% de las placas exitosas o nítidas. Se puede considerar que a mayor número de placas nítidas se reduce el error de conteo de las líneas de crecimiento y, por tanto, se estima una edad más certera y precisa.

El error de conteo se hace más susceptible en animales viejos, particularmente mayores a 8 años porque el espacio entre líneas es más estrecho y la distribución no es uniforme, sobre todo, en las líneas que se forman los primeros años (líneas cercanas a la dentina) (Fig. 4D). Sucede al contrario, en las líneas de individuos jóvenes (Figs. 4A, B, C). Este aspecto también fue evidenciado en ungulados (Maffei, 1999), en el oso marino del cabo (Oosthuizen, 1997), en la foca comedora de cangrejo (Laws et al., 2002) y en la hiena (Van Horn et al., 2003).

Por otro lado, la formación y deposición de líneas está influenciada por estaciones y climas marcados y rigurosos (Lundervold et al., 2003; Castenet et al., 2004). Un estudio realizado en condiciones controladas en *S. tatarica*, mostró que el número de líneas estaba influenciada por fotoperiodos de ciclos estacionales; cuando eran acelerados —establecido por los investigadores— se observaba mayor número de líneas de crecimiento que en ciclos estacionales naturales, ambos en el mismo tiempo transcurrido (Lundervold et al., 2003). En Bolivia los ciclos estacionales son alternos, una época seca y otra húmeda, por tanto, estas líneas o bandas oscuras representan un año por ciclo seco o húmedo, aunque es más probable que corresponda al periodo seco debido el estrés hídrico y falta de alimento disponible.

Es importante la correlación significativa entre el método de desgaste dental y el conteo de líneas de crecimiento que en *T. pecari* fue 0.87 y en *P. tajacu* 0.86. En estas especies, Maffei (1999) obtuvo una correlación del 80% con el método de desgaste establecido en 4 clases de edad. En este trabajo, el conteo de líneas de crecimiento se correlacionó con 7 clases de edad del método de desgaste, lo que incrementa la precisión en la estimación de edades. No obstante, en animales viejos mayores a 6 años existió mayor frecuencia de discrepancia entre métodos, esto sugiere que la probabilidad de divergencia entre métodos es proporcional a la edad. En el cérvido *S. tatarica* se encontró una correlación de 0.89, con mayor diferencia entre métodos en animales más viejos (Lundervold et al., 2003).

El 85% de *T. pecari* y 93% de *P. tajacu*, presentan una diferencia entre métodos, de 0 a 2 años. Un trabajo

realizado en el mono japonés (*Macaca fuscata*) sugiere hasta 2 años de diferencia aceptable entre edad verdadera y estimada o entre métodos (Wada et al., 1978). En el presente trabajo la mayoría de las estimaciones se encuentran en este rango aceptable y con una alta correlación, sugiriendo la confiabilidad de los métodos. Respecto a las diferencias extremas entre métodos, se observaron 2 individuos de *T. pecari* con 6 años de diferencia, clasificados respectivamente como de 10 y 12 años por el método de desgaste y de 16 y 18 años por el conteo de líneas. Esta amplia diferencia es por el límite de clasificación del método de desgaste que permite agrupar a los de 12 años o más viejos en la misma clase de edad. Por el contrario, el método de conteo de líneas es más preciso y en este trabajo se logró estimar hasta 18 años, como el individuo más longevo. En *P. tajacu* se encontró una diferencia extrema de 9 años entre métodos, en un animal de la clase de 12 años por el método de desgaste, premolares y molares cóncavos, y de 3 años por el número de líneas, esta excepción podría ser un sesgo en el procesamiento histológico.

Para establecer una correlación real con la edad verdadera, es necesario obtener muestras de pecaríes de edades conocidas, con fecha de nacimiento, y determinar la confiabilidad real, ya que en este trabajo son aproximaciones a la edad verdadera. En otros estudios con especies provenientes del cautiverio y de edad conocida, zoológicos o reservas naturales, se estableció que el método de conteo de líneas de crecimiento es el método más preciso y confiable (Rudge, 1976; Wada et al., 1978; Azorit et al., 2002). Sin embargo, es un estudio aplicable a muestras provenientes de programas de monitoreo, cacería de subsistencia y conservación, ya que permite conocer una edad aproximada.

Agradecimientos

A Wildlife Conservation Society (WCS) por el financiamiento otorgado para el desarrollo del presente trabajo. Al Consejo Indígena del Pueblo Takana (Cipta) que permitió recolectar las mandíbulas provenientes de la cacería de subsistencia de sus comunidades. A las comunidades de Carmen del Emero y San Antonio de Tequeje por colaborar en este trabajo, así como por el aporte de las muestras. A Maribel Peñaloza Miranda, que a través de la Unidad de Histología de la Facultad de Medicina de la Universidad Mayor de San Andrés, fue asesora y en parte ejecutora de la técnica histológica.

Literatura citada

Augusteyn, R. C. 2007. On the relationship between rabbit age and lens dry weight: improved determination of age of rabbits

- in the wild. *Molecular Vision* 13:2030-2034.
- Azorit, C., M. Analla, J. Hervas, R. Carrasco y J. Muñoz-Cobo. 2002. Growth marks observation: preferential techniques and teeth for ageing of spanish red deer (*Cervus elaphus hispanicus*). *Anatomia, Histologia, Embryologia* 31:303-307.
- Bodmer, R., R. Aquino y P. Puertas. 1997. Alternativas de manejo para la Reserva Nacional Pacaya-Samira: un análisis sobre uso sostenible de caza. *In* Manejo de fauna silvestre en la Amazonía, R. Bodmer, R. Aquino, P. Puertas, C. Reyes, T. Fang y N. Gottdenker (eds.). Instituto de Ecología, La Paz. p. 65-74.
- Brawn, W. A. y N. G. Charpman. 1991a. Age assessment of fallow deer (*Dama dama*): from a scoring scheme based on radiographs of developing permanent molariform teeth. *Journal Zoology of London* 224:367-379.
- Brawn, W. A. y N. G. Charpman. 1991b. The dentition of red deer (*Cervus elaphus*): a scoring scheme to assess age from wear of the permanent molariform teeth. *Journal Zoology of London* 224:519-536.
- Castanet, J., S. Croci, F. Aujard, M. Perret, J. Cubo y E. Margerie. 2004. Lines of arrested growth in bone and age estimation in a small primate: *Microcebus murinus*. *Journal Zoology of London* 263:31-39.
- Cool, S. M., M. B. Bennet y K. Romaniuk. 1994. Age estimation of pteropodid bats (Megachiroptera) from hard tissue parameters. *Wildlife Research* 21:353-364.
- Gilbert, F. F. 1966. Aging white-tailed deer by annuli in the cementum of the first incisor. *Journal Wildlife Management* 30:200-202.
- Hamlin, K. L., D. F. Pac, C. A. Sime, R. M. DeSimone y G. L. Dusek. 2000. Evaluating the accuracy of ages obtained by two methods for montana ungulates. *Journal Wildlife Management* 64:441-449.
- Herring, S. W. 1974. A biometric study of suture fusion and skull growth in peccaries. *Anatomy and Embryology* 146:167-180.
- Inns, R. W. 1982. Age determination in the Kangaroo Wallaby, *Macropus eugenii* (Desmarest). *Australian Wildlife Research* 9:213-220.
- Kauffman, R. G., H. W. Norton, B. G. Harmon y B. C. Breidenstein. 1967. Growth of the porcine eye lens as an index to chronological age. *Journal of Animal Science* 26:31-35.
- Kiltie, R. A. y J. Terborgh. 1983. Observations on the behavior of rain forest peccaries in Peru: why do white-lipped peccaries form herds? *Zeitschrift für Tierpsychologie* 62:241-255.
- Kirkpatrick, R. D. y L. K. Sows. 1962. Age determination of the collared peccary by the tooth-replacement pattern. *Journal Wildlife Management* 26:214-271.
- Laws, R. M., A. Baird y M. M. Bryden. 2002. Age estimation in crabeater seals (*Lobodon carcinophagus*). *Journal of Zoology* 258:197-203.
- Lyons, E. K., M. A. Schroeder y L. A. Robb. 2012. Criteria for determining sex and age of birds and mammals. *In* The wildlife techniques manual research. Vol. 1, N. J. Silvy (ed.). The Johns Hopkins University, Baltimore. p. 207-229.
- Low, W. A. y I. M. Cowan. 1963. Age determination of deer by annular structure of dental cementum. *Journal Wildlife Management* 27:466-471.
- Lochmiller, R. L., E. C. Hellgren y W. E. Grant. 1984. Sex and age characteristics of the pelvic girdle in the collared peccary. *Journal Wildlife Management* 48:369-641.
- Lundervold, M., R. Langvatn y E. J. Milner-Gulland. 2003. A comparison of age estimation methods for the saiga antelope *Saiga tatarica*. *Wildlife Biology* 9:219-227.
- Maffei, F. L. 1999. Estructura de edades y proyecciones poblacionales de 3 especies de ungulados chaqueños sometidos a cacería de subsistencia. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional, Heredia. 69 p.
- Maffei, L. y M. N. Becerra. 2000. Técnica básica para determinar la edad en ungulados silvestres en base al análisis de dientes. *Ecología en Bolivia* 42:39-44.
- Maffei, L. 2001. Estructura de edades de la urina (*Mazama gouazoubira*) en el Chaco boliviano. *Journal of Neotropical Mammalogy* 8:149-155.
- Maffei, L. 2003. Age structure of two hunted peccary species in the Bolivian Chaco (*Tayassu tajacu* and *T. pecari*). *Mammalia* 67:575-578.
- Matson, G. M. 1981. Workbook for cementum analysis. Matson's, Milltown, Montana. 30 p.
- Mincer, H. H., E. F. Harris y H. E. Berryman. 1993. The A. B. F. O. study of third molar development and its use as an estimator of chronological age. *Journal Forensic of Science* 38:379-390.
- Ministerio de Medio Ambiente de España. 2006. Índices de estimación de la edad y estructura de edades de la población de zorros del Parque Nacional de Doñana. Doñana. 8 p.
- Myers, P. 1997. Dientes: una introducción. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad de la Plata. <http://vertebrados.wordpress.com/material-complementario/mamiferos-temas-especiales/dientes-una-introduccion>; última consulta 31.III.2012.
- Ojasti, J. 2000. Manejo de fauna silvestre neotropical. Smithsonian/ Biodiversity Program, Washington, D. C. 290 p.
- Olmos, F. 1993. Diet of sympatric Brazilian caatinga peccaries (*Tayassu tajacu* and *T. pecari*). *Journal of Tropical Ecology* 9:255-258.
- Oosthuizen, W. H. 1997. Evaluation of an effective method to estimate age of cape fur seals using ground tooth sections. *Marine Mammal Science* 13:683-693.
- Philips, C. J., B. Steinberg y T. K. Kunz. 1982. Dentin, cementum, and age determination in bats a critical evaluation. *Journal of Mammalogy* 63:197-207.
- Prophet, E. B., B. Mill, J. B. Arrington y L. M. D. Sobin. 1995. Manual de métodos histotecnológicos. Instituto de Patología de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de América (AFIP), Washington, D. C. 254 p.
- Renz, H., V. Schaefer, H. Duschner y R. J. Radlanski. 1997. Incremental lines in root cementum of human teeth: an approach to their ultrastructural nature by microscopy. *Advances in Dental Research* 11:472-477.

- Richardson, G. L. 1966. Eye lens weight as an indicator of age in the collared peccary (*Pecari tajacu*). Tesis de maestría. University of Arizona, Tucson. 47 p.
- Rudge, M. R. 1976. Ageing domestic sheep (*Ovis aries* L.) from growth lines in the cementum of the first incisor. New Zealand Journal of Zoology 3:421-424.
- Sergeant, D. E. y D. H. Pimlott. 1959. Age determination in moose from sectioned incisor teeth. Journal Wildlife Management 23:957-961.
- Siruco, F. L., L. F. M. Neves y L. F. B. Oliveira. 2011. Sex-and age related morphofunctional differences in skulls of *Tayassu pecari* and *Pecari tajacu* (Artiodactyla: Tayassuidae). Journal of Mammalogy 92:828-839.
- Sowls, L. K. 1997. Javelines and other peccaries. Their biology, management and use. Texas A. and M. University Press, College Station. 324 p.
- Van Horn, R. C., T. L. McElhinny y K. E. Holekamp. 2003. Age estimation and dispersal in the spotted hyena (*Crocuta crocuta*). Journal of Mammalogy 84:1019-1030.
- Wada, K., N. Ohtaishi y N. Hachiya. 1978. Determination of age in the japanese monkey from growth layers in the dental cementum. Primates 19:775-784.