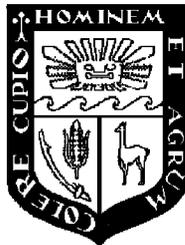


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Comparación entre dos métodos de
estimación de edad del venado de cola
blanca (*Odocoileus virginianus*) con
fines de manejo cinegético**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

Diego Enrique Olivera Vásquez

Lima – Perú
2011

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Nº

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del trabajo de tesis presentado por el Bach. **DIEGO ENRIQUE OLIVERA VÁSQUEZ**, titulado: “COMPARACIÓN ENTRE DOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE EDAD DEL VENADO DE COLA BLANCA (*ODOCOILEUS VIRGINIANUS*) CON FINES DE MANEJO CINEGÉTICO”,

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia queda en condición de ser considerado APTO y recibir el título de **INGENIERO FORESTAL**.

La Molina, 22 de diciembre de 2012

.....
Ing. Manuel Ríos Rodríguez
Presidente

.....
Ing. Víctor Barrena Arroyo
Miembro

.....
Ing. Antonio Tovar Narvaez
Miembro

.....
Ing. Pedro Vásquez Ruesta
Patrocinador

.....

RESUMEN

El presente trabajo compara dos metodologías ampliamente utilizadas para la determinación de edad del venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) con fines de manejo cinegético. El primero es el método de desgaste y erupción de las piezas dentales y el segundo es el método de conteo de los anillos dentales de crecimiento. Se asignaron edades a una población de 298 venados cazados durante distintas temporadas de caza en el Coto de Caza El Angolo, Piura, Perú, con el método de desgaste y erupción de las piezas dentales. Luego se tomó una muestra de dicha población y se aplicó el método de conteo de los anillos dentales de crecimiento. Los resultados de ambas metodologías fueron analizados independientemente. Luego, utilizando la muestra, se compararon mediante la prueba de Wilcoxon. Adicionalmente, se utilizó una muestra de individuos de edad conocida para comparar los resultados de ambas metodologías y la edad de los animales por medio de la prueba de Friedman. El resultado fue que ambas metodologías aplicadas no mostraron diferencias significativas entre sí, ni tampoco las hubo entre la edad de los animales y los resultados de las dos metodologías estudiadas. Se concluyó que para el medio del que provienen los animales estudiados, es recomendable continuar utilizando el método de desgaste de la dentadura, principalmente por la mayor facilidad de aplicación, menor costo y por brindar resultados confiables.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ÍNDICE	VI
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 EL VENADO DE COLA BLANCA	3
2.2 LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE EDAD DEL VENADO DE COLA BLANCA	4
2.2.1 <i>Generalidades</i>	4
2.2.2 <i>Método de desgaste y erupción de las piezas dentales</i>	5
2.2.3 <i>Método de conteo de anillos dentales de crecimiento</i>	11
2.3 ESTADÍSTICAS NO PARAMÉTRICAS	23
2.3.1 <i>La prueba de chi-cuadrado</i>	23
2.3.2 <i>La prueba de rangos con signo de wilcoxon para datos pareados</i>	24
2.3.3 <i>La prueba de friedman</i>	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 EL ÁREA DE ESTUDIO	25
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	28
3.3 METODOLOGÍA PARA ASIGNACIÓN DE EDAD:	31
3.3.1 <i>El método de desgaste y erupción de las piezas dentales</i>	31
3.3.2 <i>El método de conteo de los anillos dentales de crecimiento</i>	34
3.3.3 <i>Comparación entre los resultados de la asignación mediante el método del desgaste y el método de conteo de anillos</i>	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 ASIGNACIÓN DE EDAD POR EL MÉTODO DE DESGASTE Y ERUPCIÓN DE LAS PIEZAS DENTALES	44
4.2 ASIGNACIÓN DE EDAD POR EL MÉTODO DE CONTEO DE LOS ANILLOS DENTALES DE CRECIMIENTO	57
4.3 COMPARACIÓN ENTRE AMBOS MÉTODOS	62
5. CONCLUSIONES	69
6. RECOMENDACIONES	70
ANEXO 1	79
TAMAÑOS DE MUESTRA Y PROPORCIÓN DE LA POBLACIÓN CORRESPONDIENTE PARA DISTINTOS VALORES DE P... 79	
ANEXO 2	80
SPEEDAGER	80
ANEXO 3	82
GRÁFICOS COMPARATIVOS DEL NÚMERO DE REPETICIONES EN EL USO DEL MÉTODO DE DESGASTE Y ERUPCIÓN DE LAS PIEZAS DENTALES Y EL COEFICIENTE DE VARIABILIDAD PARA LAS CUATRO TEMPORADAS UTILIZADAS EN LA PRUEBA DE OBJETIVIDAD	82

ANEXO 4	84
CUADROS DE FRECUENCIAS Y VALORES DE CHI-CUADRADO TABULAR Y CALCULADO	84
ANEXO 5	85
EJEMPLO DE ASIGNACIÓN DE RANGOS PARA LA PRUEBA DE WILCOXON Y CUADROS ARROJADOS POR SPSS	85
ANEXO 6	86
CUADROS PREVIOS A LA APLICACIÓN DE LA PRUEBA DE FRIEDMAN Y CUADROS ARROJADOS POR SPSS	86
ANEXO 7	87
EIDADES POBLACIONALES SEGÚN DESGASTE DE LA DENTADURA	87
ANEXO 8	91
ESTIMACIONES ETARIAS MUESTRALES SEGÚN ANILLOS	91

Lista de cuadros

	Página
CUADRO 1 : ERUPCIÓN DENTAL EN LA MAXILA INFERIOR PARA EL VENADO MULA.....	9
CUADRO 2 : ERUPCIÓN DENTAL PARA EL VENADO DE COLA BLANCA	9
CUADRO 3 : NÚMERO DE INDIVIDUOS EXISTENTES POR TEMPORADA.....	31
CUADRO 4 : CRITERIO UTILIZADO AL MOMENTO DE DETERMINAR LA EDAD DE LOS VENADOS CON EL MÉTODO DE CONTEO DE LOS ANILLOS DENTALES DE CRECIMIENTO.	40
CUADRO 5 : RESUMEN DE LA DISTRIBUCIÓN ETARIA POR TEMPORADA Y GENERAL SEGÚN DESGASTE.....	44
CUADRO 6 : VALORES DE LA CUOTA DE VENADOS Y EL NÚMERO COBRADO PARA DISTINTAS TEMPORADAS EN EL CCEA.....	47
CUADRO 7 : NÚMERO DE MANDÍBULAS POR TEMPORADA DE CAZA EMPLEADAS PARA LA PRUEBA DE CONSISTENCIA.	48
CUADRO 8 : EVALUACIONES ETARIAS SUCESIVAS DE LA TEMPORADA 2001.....	49
CUADRO 9 : EVALUACIONES ETARIAS SUCESIVAS DE LA TEMPORADA 2004.....	50
CUADRO 10 : EVALUACIONES ETARIAS SUCESIVAS DE LA TEMPORADA 2005.....	51
CUADRO 11 : EVALUACIONES ETARIAS SUCESIVAS DE LA TEMPORADA 2007.....	52
CUADRO 12 : TAMAÑO DE MUESTRA POR TEMPORADA	57
CUADRO 13 : TAMAÑOS DEFINITIVOS DE MUESTRA.....	59
CUADRO 14 : RESUMEN DE LA DISTRIBUCIÓN DE EDADES POR TEMPORADA Y GENERAL SEGÚN ANILLOS.....	59
CUADRO 15 : ACTIVIDADES E INSUMOS NECESARIOS PARA CADA MÉTODO.....	63
CUADRO 16 : CUADRO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES MOSTRADAS POR AMBOS MÉTODOS.	64
CUADRO 17 : DURACIÓN PREDICHA DEL DÍA EN HORAS PARA DISTINTAS LATITUDES DONDE SE PRESENTA EL VENADO DE COLA BLANCA, PARA EL AÑO 2011.	66

Lista de figuras

	Página
FIGURA 1 : DENTADURA DE UN UNGULADO.....	6
FIGURA 2 : DESARROLLO Y DECLINACIÓN DE LOS PREMOLARES DECIDUOS Y PERMANENTES DE VENADOS DE COLA BLANCA, INDICANDO LA ALTURA DE LAS CRESTAS POR ENCIMA DE LAS ENCÍAS A DISTINTAS EDADES.....	7
FIGURA 3 : DESARROLLO Y DECLINACIÓN DE LOS MOLARES DE UN VENADO DE COLA BLANCA, INDICANDO LA ALTURA DE LAS CRESTAS POR ENCIMA DE LAS ENCÍAS A DISTINTAS EDADES.....	8
FIGURA 4 : VISUALIZACIÓN DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO EN EL CEMENTO DENTAL DE UN VENADO DE COLA BLANCA DE NUEVA YORK, EN UN CORTE HISTOLÓGICO MAGNIFICADO.....	12
FIGURA 5 : PARTES DE UN DIENTE.....	19
FIGURA 6 : UBICACIÓN DEL COTO DE CAZA EL ANGOLO.....	25
FIGURA 7 : EL ANGOLO EN ÉPOCA SECA.....	27
FIGURA 8 : EL ANGOLO EN ÉPOCA DE LLUVIAS.....	27
FIGURA 9 : FOTOGRAFÍA DE UNA LÁMINA HISTOLÓGICA IDEAL MOSTRANDO LOS ELEMENTOS QUE DEBEN SER OBSERVADOS.....	38
FIGURA 10 : FOTOGRAFÍA DE UNA LÁMINA HISTOLÓGICA DE MAYOR DIFICULTAD MOSTRANDO LOS ELEMENTOS QUE DEBEN SER OBSERVADOS.....	39
FIGURA 11 : DISTRIBUCIÓN ETARIA POR TEMPORADA SEGÚN DESGASTE.....	45
FIGURA 12 : DISTRIBUCIÓN ETARIA POBLACIONAL SEGÚN DESGASTE.....	46
FIGURA 13 : CV vs. PROMEDIO DE EDAD TEMPORADA 2001.....	53
FIGURA 14 : DESVIACIÓN vs. PROMEDIO DE EDAD TEMPORADA 2004.....	54
FIGURA 15 : DESVIACIÓN vs. PROMEDIO DE EDAD TEMPORADA 2005.....	54
FIGURA 16 : DESVIACIÓN vs. PROMEDIO DE EDAD TEMPORADA 2007.....	54
FIGURA 17 : DISPERSIÓN DEL PROMEDIO DE EDAD POR TEMPORADA.....	55
FIGURA 18 : CURVAS DE FRECUENCIAS PARA DISTINTAS FECHAS DE ESTIMACIÓN.....	56
FIGURA 19 : DISTRIBUCIÓN ETARIA MUESTRAL POR TEMPORADA POR TEMPORADA SEGÚN ANILLOS.....	60
FIGURA 20 : DISTRIBUCIÓN ETARIA MUESTRAL SEGÚN ANILLOS.....	61
FIGURA 21 : PRECIPITACIÓN EN LA ESTACIÓN SAUCE GRANDE, EL ANGOLO.....	65
FIGURA 22 : EDADES PROMEDIO POR TEMPORADA SEGÚN DESGASTE.....	68

1. INTRODUCCIÓN

La fauna silvestre es un recurso natural que no está debidamente valorado en nuestro país. A pesar de que el Perú tiene la suerte de contar con diversidad de especies animales, son muy pocos los casos que pueden ser mencionados, en los que dicha diversidad pueda ser traducida en bienes y servicios para los peruanos. Una manera de utilizar estos recursos es mediante la caza deportiva.

Si bien en el Perú existen muchos cazadores, no son muchas las licencias de caza existentes, ni las autorizaciones emitidas anualmente. Esta ausencia de formalidad es uno de los motivos por los que esta actividad puede llegar al extremo de ser mal vista. Sin embargo no se puede negar que es una estrategia importante para la redistribución de los ingresos desde la ciudad hacia el campo y además es una forma de darle valor a la fauna silvestre. Adicionalmente, la caza deportiva ha sido referida como uno de los mejores métodos de conservación existentes ya que un buen cazador desea seguir practicando su deporte a lo largo del tiempo y para ello necesita mantener el hábitat en óptimas condiciones para que las especies de interés no se vean afectadas.

Para poder utilizar los recursos cinegéticos, es necesario contar con un plan de manejo de la especie de interés para un área específica, el cual define cuotas de caza, temporadas, armas permitidas y todas las acciones que deben y pueden ser realizadas, con el fin de lograr cosechas sostenibles de los animales deseados. Uno de los pocos lugares, en donde se aplica un plan de manejo cinegético en el Perú es el Coto de Caza El Angolo en Piura.

En esta área natural protegida, existe un contrato de administración parcial suscrito con el Club de Caza, Pesca y Turismo – Piura (CCPTP) para la administración de la sexta parte de la extensión total del coto (9918 ha). Desde el año 2003, ésta es la entidad encargada de elaborar y llevar a cabo el manejo del venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), la principal especie de interés cinegético de ese lugar.

El manejo de las poblaciones de venados en el Coto de Caza El Angolo se basa en la experiencia que ha ido adquiriendo el CCPTP en alianza con la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Entre otros componentes, se analiza la edad de los individuos cobrados. De este modo, se puede asegurar que el promedio de edad de los ejemplares cazados, se encuentra por encima del límite reproductivo, habiéndoles brindado el tiempo suficiente para fortalecerse, crecer y alcanzar un lugar en la escala social que les otorgue la oportunidad de reproducirse y transmitir sus genes a la siguiente generación.

La edad actualmente se estima utilizando el método de análisis del desgaste y la erupción de las piezas dentales (Severinghaus 1949), sin embargo, existen otros métodos como el de conteo de los anillos dentales de crecimiento, la visualización del porte del animal, la medición del tamaño de los pedicelos, entre otros, que serán mencionados a lo largo del presente documento, los cuales también podrían utilizarse para el mismo fin.

El método utilizado, cuenta con muchos seguidores en todo el mundo, principalmente por la facilidad de aplicación y por la calidad de los resultados que se logran con su utilización, pero lamentablemente, no existe un estudio sobre el mismo para el Perú, ni tampoco muchos trabajos que traten el tema, a escala de región. Ante la ausencia de un estudio en el ámbito regional que lo respalde, se vuelve necesario un trabajo que lo contraste con otra metodología que también ha brindado éxito en el manejo de cérvidos en otros lugares, como el de conteo de anillos dentales de crecimiento (Gilbert 1966, Erickson *et al.* 1970, Lockard 1972, Hamlin *et al.* 2000).

El objetivo del presente trabajo es elegir, mediante una comparación entre los dos métodos de estimación de edad más populares para cérvidos, el más conveniente para los venados cazados en El Angolo, teniendo en cuenta los requerimientos de información existentes: el CCPTP, como manejador del área, necesita poder contar con un método que otorgue la oportunidad de asignar edades de manera rápida, práctica, a un costo accesible y de manera individual a cada mandíbula, para luego obtener un promedio por temporada.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL VENADO DE COLA BLANCA

El venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es una especie de amplia distribución. Ocurre desde el sur de Canadá a 60° latitud norte, hasta los 17° latitud sur en los Andes Peruanos. Existen 38 sub-especies reconocidas y una de ellas es la que encontramos en el territorio nacional: *Odocoileus virginianus peruvianus*. En el Perú, esta especie se encuentra protegida en más de 22 Áreas Naturales Protegidas del SINANPE (Club de Caza, Pesca y Turismo – Piura 2011).

El venado de cola blanca se presenta en una gran variedad de hábitats debido a su amplia distribución. En el Perú se le encuentra en los bosques secos del Nor Oeste, así como en los valles interandinos; del mismo modo existen reportes para las punas, los páramos, las lomas costeras y las partes bajas de los valles de la vertiente occidental de los Andes (Club de Caza, Pesca y Turismo – Piura 2011).

La alimentación del venado de cola blanca está compuesta principalmente de hojas, flores y frutos de plantas arbustivas, aunque consume también pastos palatables. Debido a esta capacidad de adaptación, se han reportado invasiones de campos de cultivo de alfalfa, habas, papas y otros tubérculos (Club de Caza, Pesca y Turismo – Piura 2011). Para El Angolo, estudios llevados a cabo por la UNALM, indican el consumo de 62 especies vegetales: 28 especies arbóreas, 21 arbustivas/herbáceas, siete epífitas y seis cactáceas (Vásquez *et al* 2007).

Cuando escasea el forraje nutritivo, los venados se ven forzados a consumir forrajes de menor calidad, lo cual influye en el aumento de peso, el desarrollo de cornamentas y la cantidad de nacimientos. Este aspecto debe ser de suma importancia en la elaboración de planes de manejo con fines cinegéticos, debido a que una mala alimentación no será capaz de producir animales con cornamentas de calidad. En los machos, el desarrollo de la cornamenta refleja principalmente alimentación, edad y carga genética; ellos mayormente desarrollan pequeños

“botones” cuando son crías y *spikes* (“cuernitos”) no ramificados o astas ramificadas los años sucesivos (Sauer 1984).

En latitudes templadas del hemisferio norte, el venado de cola blanca responde a los cambios en las estaciones. La reproducción ocurre durante una estación del año y es determinada por el fotoperiodo. Del mismo modo, otros sucesos de la vida de los venados (como la caída de astas, el amamantamiento, entre otros) también se dan en una época determinada (Verme y Ullrey 1984).

Conforme se avanza hacia zonas tropicales, en donde la estacionalidad es menos marcada, la reproducción depende más del crecimiento y la disponibilidad del alimento, así como los otros sucesos de la vida de éstos animales que también muestran asincronía (Verme y Ullrey 1984). Para el Coto de Caza El Angolo, se ha registrado el cortejo (celo) desde que las cornamentas se encuentran en hueso (mayo) hasta mediados de junio o principio de julio, aunque puede prolongarse (entrevistas personales con guías de la zona y cazadores). Cambios en las condiciones climáticas pueden afectar este calendario, pero no se cuenta con información válida como para hacer una sentencia adecuada. La falta de regularidad en el ciclo reproductivo podría explicarse por la cercanía al Ecuador y por la ausencia de temperaturas extremas entre invierno y verano (Club de Caza, Pesca y Turismo – Piura 2011). Coincidentemente, observaciones de la misma especie en cautiverio en Lima, muestran una asincronía similar en la caída de astas y el celo.

2.2 LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE EDAD DEL VENADO DE COLA BLANCA

2.2.1 GENERALIDADES

Existe más de un método para calcular la edad en los venados, así como mitos relacionados con el cálculo de la misma. Algunos son simples y de moderada facilidad, mientras que otros requieren equipo más especializado y son más complicados. Uno de ellos

utiliza simple observación del porte del animal, la cornamenta y el largo de las patas, pero ésta aproximación requiere corroborarse con otros métodos (QDMA 2007).

Un mito popular sobre la edad de los venados menciona que el número de puntas corresponde al número de años que tiene el animal, mientras que, como ya se dijo, el desarrollo de la cornamenta, si bien depende en parte de la edad, también es un reflejo de la calidad de la alimentación durante ese año y de la carga genética.

Otro método utilizado con otras especies, es el uso del peso de los cristalinos. Para éste método se debe coleccionar y preservar los cristalinos en el menor tiempo posible después de muertos los animales, tener una muestra de animales de edad conocida del área en cuestión y una tabla con los rangos de los pesos por categoría de edad (Erickson *et al* 1970). No obstante, para algunos autores, el método ofrece estimaciones precisas solamente hasta dieciocho meses de edad (Connolly *et al* 1969).

Por otro lado, un estudio de corzos (*Capreolus capreolus*) intentó relacionar el diámetro de los pedicelos con la edad, pero los resultados no fueron alentadores, dándole preferencia a otras metodologías (Mystereud y Østbye 2006).

Finalmente, los métodos que se tratarán en el presente trabajo son más conocidos y ampliamente utilizados, uno por su relativa facilidad de aplicación y bajo costo, y el otro por la objetividad que le atribuyen muchos autores: el método de desgaste y erupción de las piezas dentales, y el método de conteo de los anillos dentales de crecimiento respectivamente. Ambos cuentan con usuarios pues son los que mayor confiabilidad han demostrado para el manejo cinegético.

2.2.2 MÉTODO DE DESGASTE Y ERUPCIÓN DE LAS PIEZAS DENTALES

Severinghaus (1949) propuso una serie de criterios y mediciones para asignar edades a los venados, basados en dentaduras de venados de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) de edad conocida de Albany, Nueva York, Estados Unidos. Muchos autores citan a Severinghaus como el pionero de esta metodología (Brox 1972, DeYoung 1989, Hamlin *et al* 2000, Deelen

et al 2000, Nelson 2001, Gee *et al* 2002) por lo que para este trabajo consideraremos a este autor como la referencia más antigua.

El primer paso descrito por Severinghaus (1949) fue determinar la fórmula dental. Para efectos prácticos se presenta la fórmula dental de un individuo adulto y una figura de la dentadura de un ungulado (Figura 1). El numerador y el denominador indican las partes superior e inferior de las maxilas derecha e izquierda respectivamente y la cantidad de dientes de cada tipo. La letra *i* representa a los incisivos, la *c* a los caninos, *pm* a los premolares y *m* a los molares (Halls 1980).

$$i \frac{0-0}{3-3}; c \frac{0-0}{1-1}; pm \frac{3-3}{3-3}; m \frac{3-3}{3-3}$$

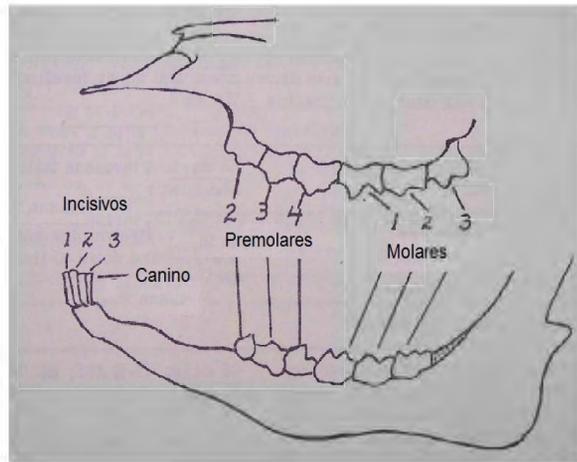


Figura 1 : Dentadura de un ungulado. Adaptado de Taber, 1960.

Severinghaus (1949) realizó mediciones desde las encías hasta las cúspides de los dientes a distintas edades, para determinar cómo éstos se iban desgastando. Luego elaboró gráficos en donde se aprecia mejor este proceso (Figuras 2 y 3).

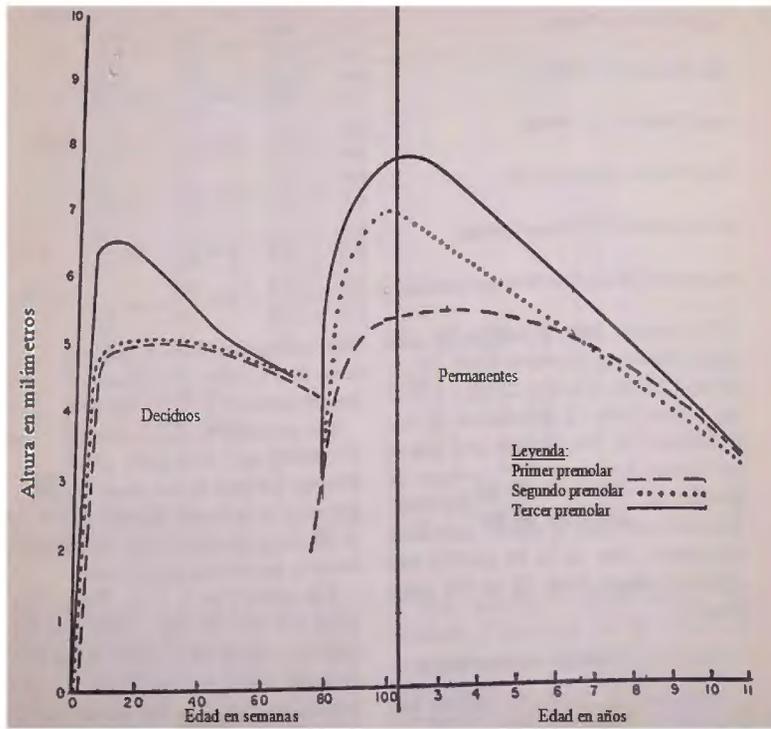


Figura 2 : Desarrollo y declinación de los premolares deciduos y permanentes de venados de cola blanca, indicando la altura de las crestas por encima de las encías a distintas edades (Severinghaus 1949).

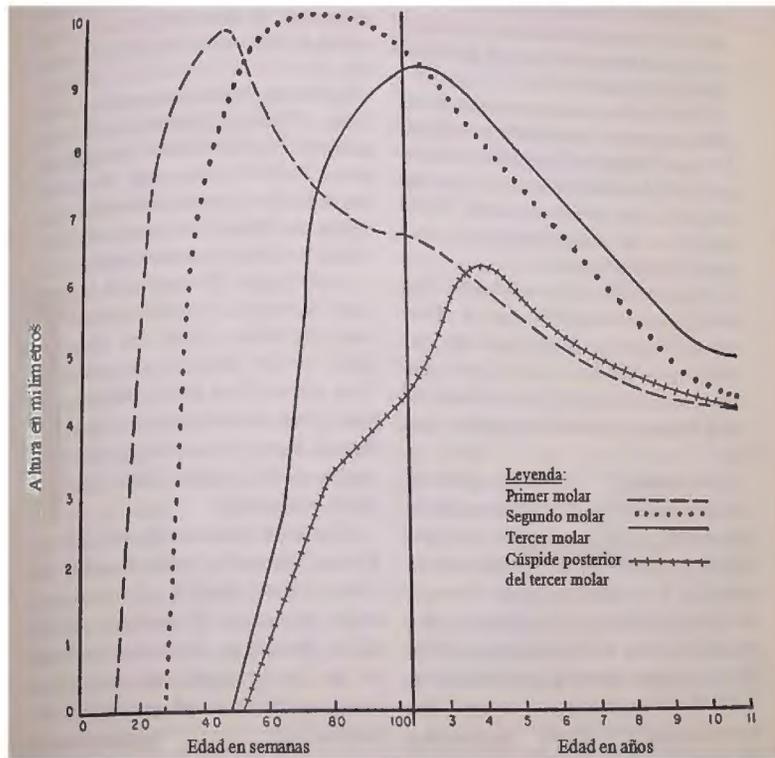


Figura 3 : Desarrollo y declinación de los molares de un venado de cola blanca, indicando la altura de las crestas por encima de las encías a distintas edades (Severinghaus 1949).

Para asignar edades a los individuos más jóvenes, Taber (1960) utilizó la erupción de los dientes y el desgaste de la dentadura. La erupción funciona para los venados mula (*Odocoileus hemionus hemionus*) cuando los individuos alcanzan una edad de hasta 30 meses, y luego debe estimarse la edad de acuerdo al desgaste. Para el venado de cola blanca (*O. virginianus*) la técnica es similar pero el cronograma de erupción y el desgaste varían ligeramente como se observa en los Cuadros 1 y 2 y en diversos esquemas de desgaste (Severinghaus 1949).

Cuadro 1 : Erupción dental en la maxila inferior para el venado mula

Edad	Incisivos			Canino	Premolares				Molares		
	1	2	3		1	2	3	4	1	2	3
1 - 3 semanas	M	M	M	M	(M)	M	M				
2 - 3 meses	M	M	M	M	M	M	M	(A)			
6 meses	M	M	M	M	M	M	M	(A)	(A)		
12 meses	A*	M/A	M	M	M	M	M	A	(A)		
18 meses	A	A	A	A	M	M	M	A	A	(A)	
24 meses	A	A	A	A	(A)	(A)	(A)	A	A	(A)	
30 meses	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	

* El reemplazo y la erupción se dan en este momento

Nota: M=dientes de leche o deciduos, A=dientes adultos o permanentes. Los paréntesis indican que el diente está en proceso de erupción en ese momento en articular.

Fuente: Taber 1960.

Cuadro 2 : Erupción dental para el venado de cola blanca

Edad	Incisivos			Canino	Premolares				Molares		
	1	2	3		1	2	3	4	1	2	3
1 - 3 semanas	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)				
2 - 3 meses	M	M	M	M	M	M	M	(A)			
6 meses	A	M	M	M	M	M	M	(A)			
12 meses	A	A	A	A	M	M	M	A	(A)		
18 meses	A	A	A	A	A	(A)	(A)	A	A	A	
24 meses	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	

M=dientes de leche o deciduos; A=dientes adultos; los paréntesis indican que el diente está en proceso de erupción en ese momento

Fuente: Taber 1960.

Taber (1971) refiere la misma información sobre la metodología de desgaste y erupción de las piezas dentales y proporciona dibujos sobre el desgaste progresivo, pero además habla del método de conteo de anillos dentales citando a Gilbert (1966) y Ransom (1966), y menciona que el número de anillos constituye un indicador preciso de todas las edades.

Posteriormente, en 1984, fue publicado el *Speedager* por Wildlife Heritage Productions. Éste es un producto comercial consistente en una cartilla con fotografías y texto explicativo que

muestran el desgaste y permiten asignar una categoría de edad a los venados por simple observación. Las clases o categorías de edad que se indican en esta cartilla, al igual que en otros esquemas, son: cría, 1,5 años, 2,5 años, 3,5 años, 4,5 años, 5,5 años y 6,5 + años. Dicha herramienta, es luego referida por Kroll (1994) como un método confiable para la determinación de edad de los venados de cola blanca.

La cuarta edición del Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre se refiere al método de desgaste de la dentadura como un método bien ilustrado para distintos tipos de ciervos, pero incide en la variación geográfica existente (Larson y Taber 1987).

Paralelamente, al final de los años 50, se empezó a dudar de la precisión de este método para la estimación de edad de cérvidos. Es así que surgieron referencias que cuestionaban la confiabilidad del mismo debido a las características individuales de cada ciervo: distinto tipo de alimentación, estructura del suelo, cantidad de material abrasivo, factores ecológicos, ambientales, subjetividad del método, etc., como se expone a continuación.

Trabajos con alces (*Alces alces*) como con venados mula (*O. h. hemionus*) de distintas regiones de Norteamérica (Terranova y Colorado respectivamente) sugirieron que el método de desgaste de dentadura mostraba precisión para las clases inferiores de edad, es decir para individuos de hasta dos años. Asimismo, dicho método se mostró eficaz al separar individuos jóvenes de adultos, pero surgían problemas cuando había que asignar edades a animales mayores de 28 meses debido a las variaciones en la tasa de desgaste (Sergeant y Pimlott 1959, Erickson *et al.* 1970).

Otros autores, al trabajar con venados de cola blanca (*O. virginianus*), no reportaron la precisión anteriormente referida para las clases de edad inferiores, sino que la discutieron por problemas de subestimación y sobrestimación de la edad real de los animales. Los individuos mayores mostraron una subestimación de hasta tres años y los menores una sobrestimación de hasta dos años (Gilbert y Stolt 1970 y Lockard 1972). Estos trabajos abarcaron un rango amplio de Norteamérica (quince estados estadounidenses y una provincia canadiense).

También se reportaron discrepancias entre las edades obtenidas por desgaste y por conteo de anillos (Low y Cowan 1963), variaciones regionales y sugerencias respecto a la búsqueda de un método más general y preciso (Gilbert 1966) y limitaciones inherentes al método (Ransom

1966, Connolly *et al.* 1969). Dichas posiciones se basaron en trabajos con muestras pequeñas a lo largo de Estados Unidos y Canadá tanto con venados de cola blanca (*O. virginianus*) como con venados mula (*O. h. hemionus*) y de cola negra (*O. hemionus columbianus*).

Casi 30 años después, trabajos con ciervos de las Montañas Rocosas (*Cervus canadensis nelsoni*), venados mula (*O. hemionus*) y venados de cola blanca (*O. virginianus*) de Montana, Estados Unidos, volvieron a reportar limitaciones del método de desgaste y erupción de la dentadura, además de discutir la objetividad del mismo al obtener estimaciones individuales diferentes por distintos profesionales de vida silvestre (Hamlin *et al.* 2000).

2.2.3 MÉTODO DE CONTEO DE ANILLOS DENTALES DE CRECIMIENTO

Por otro lado, con los trabajos de Scheffer (1950) y Laws (1953) (citados por Sergeant y Pimlott 1959 y Low y Cowan 1963) para pinnípedos en general, se empezó a desarrollar un nuevo método de estimación de edad para cérvidos: el conteo de los anillos dentales de crecimiento.

A) ANTECEDENTES DEL MÉTODO

Este método consiste, en líneas generales, en cortar secciones histológicas de los dientes, que luego al ser colocadas al microscopio, permiten la visualización y el conteo de los anillos dentales anuales de crecimiento (Fig. 4).

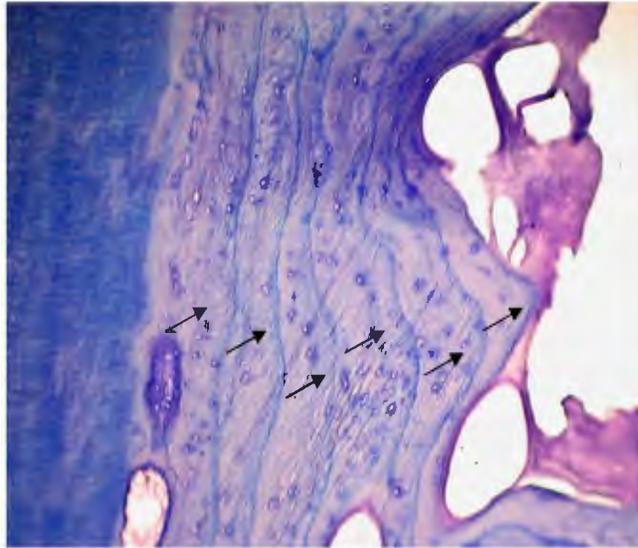


Figura 4 : Visualización de los anillos de crecimiento en el cemento dental de un venado de cola blanca de Nueva York, en un corte histológico magnificado. Tomado de Laboratorios Matson, Montana (www.matsonslab.com). Último acceso: 19/10/2010.

Algunos autores obtuvieron gran precisión en el cálculo de edades de alces (*Alces alces*) con el método de los anillos dentales (Sergeant y Pimlott 1959). Otros aseguraron que el método de conteo de anillos ofrecía mucha mayor precisión y sugirieron que, para regiones sureñas y zonas áridas (donde el verano representa la mayor interferencia en el crecimiento normal), sería necesario establecer un patrón de cemento adecuado para la circunstancia medioambiental. También sugirieron que las zonas claras y oscuras alternas representan los periodos de abundancia de comida y restricción de la misma, como primavera e invierno del hemisferio norte, respectivamente (Low y Cowan 1963).

Más adelante, se demostró completa concordancia entre los anillos encontrados y la edad real de venados de edad conocida y se comprobó la presencia de anillos en venados de edad desconocida, brindando buenas luces para el método. Además se formularon sugerencias respecto al método, como la región más recomendable para la lectura de los anillos y la posibilidad de aplicarlo a todo el rango norte de la especie (Gilbert 1966); otros mencionaron que el método de conteo de anillos brindó mejores resultados y que los molares también mostraron el patrón de capas claras y oscuras pertenecientes a los períodos de abundancia y escasez de alimento (Ransom 1966); aún trabajos con otras especies de cérvidos, como renos

de Noruega (*Rangifer tarandus*) y venados mula norteamericanos (*O. hemionus*), demostraron completa o alta concordancia entre las edades estimadas y las edades reales (Reimers y Nordby 1968, Erickson y Seliger 1969).

Lockard (1972) encontró anillos en al menos 95 por ciento de las piezas dentales procesadas, provenientes de venados de cola blanca (*O. virginianus*) de distintos lugares de Estados Unidos. Asimismo, expuso que el número de líneas o anillos identificados correspondía exactamente con el número de años en los individuos de edad conocida de la muestra. Sin embargo, los individuos provenientes de estados sureños subtropicales como Florida, Alabama, Texas y Arizona, mostraron dificultades al momento de preparar las láminas. Los dientes fueron más pequeños que los demás y las líneas estaban más juntas, lo que ocasionaba mayor dificultad para el análisis.

Estudios realizados en 37 ejemplares de venados de cola negra (*O. h. columbianus*) silvestres, mostraron presencia de anillos y correspondencia de edad en el 100 por ciento de los casos. Con el tiempo, la cantidad de cemento depositada disminuía, pero fue visible incluso en un individuo de 19.5 años de edad. El trabajo utilizó venados de Columbia Británica, Canadá (Thomas y Bandy 1973).

En el ámbito nacional, se efectuó un solo trabajo en otra especie de mamífero, que fue el de De La Torre (1981), quien realizó un trabajo similar al de Severinghaus (1949) pero para vicuñas (*Vicugna vicugna*) de la Reserva Nacional Pampa Galeras. A pesar de que dicho trabajo se centra en características dentales, trata levemente el tema de la presencia de anillos. No hace una discusión clara acerca de la formación de los mismos, pero sí habla de una correcta concordancia para determinados animales y la facilidad de la lectura para otros.

Aparentemente ni el sexo ni los cambios fisiológicos (celo o preñez) alteran el modelo de cemento de los dientes, los cuales resultan indicadores muy precisos de la clase de edad, como fuera indicado por Larson y Taber (1987). Sin embargo, al referirse al efecto del clima, dichos autores advirtieron que las poblaciones de climas continentales mostraban los anillos con mayor claridad, que las de climas marinos o ligeramente continentales. Finalmente, respecto a la efectividad de la técnica, afirman que ésta puede resultar adecuada siempre y cuando se cuente con el equipo y la habilidad para identificar dichas capas de crecimiento.

Hamlin *et al.* (2000) refirieron alta precisión para las tres especies con las que trabajaron: ciervos de las Montañas Rocosas (*Cervus canadensis nelsoni*), venados mula (*O. hemionus*) y venados de cola blanca (*O. virginianus*). La muestra utilizada abarcó gran parte de los Estados Unidos. Para el caso específico del venado de cola blanca (*O. virginianus*) se pudo estimar correctamente 85.1 % de los ejemplares de edad conocida analizados.

A pesar de estos éxitos, otros autores no consiguieron resultados positivos y pusieron en tela de juicio la validez del método. Éstos, infieren que las razones por las que el modelo no resultó favorable fueron los inviernos poco severos y con poca estacionalidad en algunas regiones y el poco contraste entre algunas capas, así como las irregularidades presentes en ciertos dientes (anillos falsos, divididos y/o compuestos) (Connolly *et al.* 1969, Gasaway *et al.* 1978, Rice 1980).

Otra referencia regional, además de la de De la Torre (1981), es el trabajo de Brokx (1972) para venados de cola blanca venezolanos (*O. virginianus gymnotis*). Este autor encontró dificultades en el momento del conteo de los anillos y reportó que fue necesario concentrarse en pequeñas secciones de la circunferencia del diente. Asimismo, el conteo en animales mayores resultó más sencillo. Fue imposible afirmar algo acerca de la precisión del método debido a la ausencia de material de edad conocida.

Asimismo, Brokx (1972) habló de la interfase dentina-cemento, la cual estaba bordeada por una zona pálida de cemento que no se distinguía fácilmente de la interfase. Una línea oscura tenue fue considerada como la línea de erupción del diente y se contó como la primera línea debido a la estimación de que el primer incisivo erupciona a los 8 meses de edad.

Los resultados de Brokx (1972) indicaron una correlación correcta entre la cantidad de anillos observada y la cantidad de anillos esperada, de acuerdo al desgaste de la dentadura. 28 de 40 individuos estudiados (70 %) presentaron resultados positivos, mientras que el resto fue sub o sobre estimado.

Además menciona que la mayor limitante del trabajo fue la ausencia casi total de material de edad conocida e indica una necesidad de investigación sobre el cemento dental de mamíferos tropicales y los factores tanto fisiológicos como ecológicos que influyen en la producción de anillos (Brokx 1972).

Existieron otros trabajos comparativos entre ambos métodos. Cook y Hart (1979), en su trabajo en Texas, obtuvieron resultados muy distantes con ambas metodologías. Hackett *et al.* (1979) obtuvieron distribuciones poblacionales totalmente distintas e infirieron que para la región en la que trabajaron (Mississippi, Sureste de Estados Unidos) no se debe utilizar el método de los anillos a menos que se encuentre calibrado con individuos de edad conocida. Y finalmente Jacobson y Reiner (1989), luego de utilizar animales de Mississippi y Virginia, recomendaron un trabajo conjunto con ambas técnicas, puesto que el método de desgaste les proporcionó mayor precisión para las clases hasta 3.5 años, mientras que el de los anillos fue más preciso para las clases mayores. Es importante indicar que los tres estudios, utilizaron animales de regiones sureñas cercanas al trópico, de Estados Unidos, brindando así evidencia de que el análisis de anillos dentales podría funcionar en nuestro medio.

Finalmente, trabajos en el Chaco Boliviano (Maffei y Becerra 2000) con ungulados tropicales (*Tayassu spp* y *Mazama guazoubira*), encontraron dificultades para poder leer los anillos, las cuales, fueron superadas después de utilizar distintas formas de tinción. Así, recomendaron el uso del método de conteo de anillos dentales de crecimiento, pero dada la necesidad de más recursos para su aplicación, terminaron sugiriendo el uso del método del desgaste de la dentadura, siempre y cuando, éste se encuentre debidamente calibrado.

B) APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Sergeant y Pimlott (1959) eligieron el primer incisivo de los alces (*Alces alces*) con los cuales trabajaron debido a que es el más grande de los incisivos y es el primero en hacer erupción. Trabajaron de la siguiente manera:

Las mandíbulas fueron hervidas en una olla de presión o un autoclave durante 45 minutos a una presión de quince libras. Los dientes fueron cortados longitudinalmente utilizando una sierra circular de joyero o de banda. La hoja de la sierra circular fue montada en un cabezal de esmeril y tenía un diámetro de tres pulgadas, 0.20 pulgadas de espesor y media pulgada de agujero central, con 24 dientes por pulgada. La sierra de banda estaba equipada con 24 dientes y una banda de media pulgada para cortar metal.

El corte se iniciaba en la raíz y corría hacia la base de la corona para poder observar el cemento a lo largo de todo el diente y llevar a cabo el análisis en la parte más gruesa; luego la corona era removida con un corte transversal. Para preparar las secciones una mitad cortada era colocada en un bloque de madera adecuadamente preformado para recibir al diente. Aquí, utilizando la sierra circular se cortó una sección gruesa longitudinalmente como en el corte anterior. Esta sección fue desgastada hasta ser translúcida con una piedra de asentar.

Las caras pulidas de los medios dientes fueron luego humedecidas con alcohol y examinadas utilizando un microscopio Zeiss de 10 y 40 aumentos. Las secciones delgadas fueron montadas en alcohol y analizadas con un microscopio compuesto.

Low y Cowan (1963) al trabajar con venados de cola negra, eligieron el primer incisivo para el análisis de edad por ser el primero de la dentadura permanente en erupcionar; además la existencia de una única raíz, hacía más fácil el manejo que los molares. La metodología se detalla a continuación:

Los dientes fueron removidos del cráneo en agua sin hervir, puesto que esto podría alterar las propiedades de teñido de los tejidos. Luego fueron descalcificados en ácido fórmico al 5 %. Después de la descalcificación fueron colocados en una solución de litio carbonado en alcohol al 70 % para neutralizar el ácido remanente. A continuación los dientes fueron deshidratados e infiltrados mediante inmersiones sucesivas por periodos de 12 horas en soluciones de etanol al 70 %, 95 % y celoidín en metil benzoato al 1 %.

Después fueron limpiados en benceno durante media hora y transferidos a una mezcla 1:1 de benceno y Tissuemat (sustituto de la parafina, punto de fusión 54-56° C) en un horno a 60° C. Luego recibieron tres baños sucesivos de Tissuemat, una hora el primero y dos horas los siguientes. Luego los dientes fueron incrustados en Tissuemat.

Fueron cortadas secciones sagitales de diez (10) micrones con un micrótomo estándar. De este modo se pudo verificar una porción de engrosamiento del cemento para el análisis que fue denominada “*boss*”. Varias secciones de cada diente fueron sujetadas a láminas portaobjeto utilizando albúmina fijadora de Mayer. Se removió

el Tissuemat por procedimientos estándar. Las secciones fueron cubiertas por celoidín al 1 % en una mezcla 1:1 de alcohol absoluto y éter. Luego fueron hidratadas y teñidas en hematoxilina de Erlich. Durante el teñido fueron examinadas en intervalos de 5 minutos para determinar cuando estuvieran deseadamente teñidas. Las preparaciones fueron azuladas y deshidratadas por métodos estándar y montadas en Permount™. Las secciones montadas fueron examinadas con un microscopio compuesto utilizando luz blanca y luz polarizada. La luz polarizada ofreció un mejor contraste.

Gilbert (1966) es uno de los autores más citados al describir la metodología de corte y preparación de las láminas histológicas. Él utiliza el primer diente incisivo debido a la facilidad de extracción y descalcificación del mismo, y utiliza cortes longitudinales para poder analizar todas las áreas de cemento ya que algunas podrían estar localmente dañadas, sin embargo concuerda con Low y Cowan (1963) en cuál es la mejor área para el conteo de anillos (“boss”). El procedimiento utilizado se describe a continuación:

Primero se descalcifica el diente en ácido fórmico al 30 % por 96 horas o más en caso fuera necesario. Luego se sumerge en Cellusolve (solvente) por 24 horas. Se aplican tres baños sucesivos de parafina por tres, dos y dos horas. Se seccionan los dientes longitudinalmente a un grosor de 10 micrones con un micrótopo. Las secciones se tiñen con técnicas estándar utilizando hematoxilina de Delafield, por un periodo máximo de media hora. Finalmente, el examen de las secciones montadas con bálsamo de Canadá con luz transmitida demostró ser satisfactorio.

Ransom (1966) utilizó un procedimiento más sencillo y económico al trabajar con molares:

Cortó primero la mandíbula inmediatamente antes del primer molar. El segundo corte dividió al molar transversalmente en dos partes. Luego del pulido de la superficie anterior del diente con un esmeril y de humedecerlo con alcohol al 70 %, fue observado con un microscopio stereo y analizado bajo distintas intensidades de luz reflejada y diferentes magnificaciones.

Reimers y Nordby (1968) describen la metodología de “seccionamiento en frío” de la siguiente manera:

La mandíbula se deja reposar en agua durante una noche. Luego de lo cual, los dos primeros dientes incisivos pueden ser removidos fácilmente. Los dientes son descalcificados en ácido nítrico al 5 % (0.8N) durante 24 horas y luego lavados en agua por otras 24 horas. Las secciones longitudinales son preparadas por un micrótopo criostato. Es importante que las secciones cubran todo el largo de la pulpa. Para lograr esto los dientes pueden ser reajustados durante el seccionamiento. Las secciones fueron teñidas en hematoxilina de Mayer sin clorhidrato (mezcla de hematoxilina y alumbre) por 10 a 15 minutos y luego lavadas en agua corriente. Ocho a diez secciones (aquellas con la pulpa más visible) fueron montadas en gelatina/glicerol calentado y examinadas en el microscopio a una magnificación de 125x.

Erickson y Seliger (1969) utilizaron la siguiente metodología con mandíbulas de venados mula (*Odocoileus hemionus hemionus*):

Los incisivos de los venados recién muertos fueron extraídos con pinzas para extracción de dientes, etiquetados y colocados en formol al 10 %. Se cortó la encía y la membrana periodontal (Figura 5) en algunos casos para evitar la ruptura del diente.

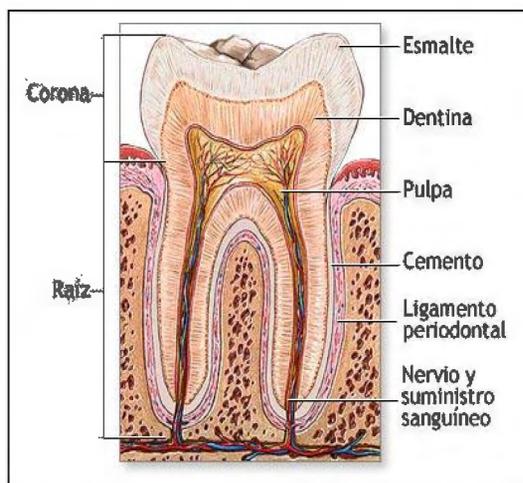


Figura 5 : Partes de un diente. La membrana o ligamento periodontal une a la encía con el diente en la parte del cemento, tal como se aprecia en la figura. Adaptado de <http://www.lifespan.org/adam/indepthreports/10/000024.html>. Último acceso 25 de octubre de 2010.

Los dientes fueron remojados en resina no catalizada durante la noche. Luego de escurridos, se les extrajo la resina restante y después fueron colocados en resina catalizada a 6-8 mm de profundidad en el molde. Cinco incisivos fueron colocados en una capa en el fondo de un molde desechable de 22 por 30 mm. La remoción de las coronas con alicates facilitó el posicionamiento de los dientes en los moldes. Se colocó una etiqueta permanente en cada bloque y la resina se endureció durante la noche. El endurecimiento final en un horno a 60° C duró entre tres y cuatro horas. Luego de enfriar los moldes lentamente, éstos se encontraban listos para ser cortados.

Para este trabajo fueron utilizados dos sistemas de corte: un micrótopo de rotación y una sierra de corte fino. La sierra demostró ser un método más rápido y sencillo que el micrótopo y se usó para el estudio. Dicha sierra tenía un espesor de 305 micras y podía cortar secciones de un espesor de 95 micras. Del mismo modo se probó orientaciones longitudinales y transversales, resultando mejor las transversales por el mayor número de cortes que era posible realizar y por mostrar siempre el área de mayor cemento a una altura del eje longitudinal.

Las secciones cortadas fueron colocadas en cápsulas para procesamiento de tejidos, desmineralizadas en una solución al 5 % de ácido fórmico comercial (88 %) durante

15 minutos, enjuagadas posteriormente en agua durante un minuto y luego fueron llevadas a una solución de carbonato de litio en etanol al 70 % durante 15 minutos para neutralizar el ácido remanente. A continuación fueron lavadas en agua durante dos minutos y fueron teñidas en hematoxilina de Harris. Las secciones fueron sumergidas luego en agua durante un minuto para diferenciar el teñido, enjuagadas durante dos minutos en etanol al 35 % y tratadas por 20 segundos en una solución de 0,5 % H₂SO₄ en etanol al 70 % para remover el tinte levemente retenido. Las secciones fueron luego deshidratadas en etanol al 70 %, 95 %, dos veces al 100 %, acetona y dos veces xileno. Dicha deshidratación se dio durante dos minutos en los alcoholes y tres minutos en los otros compuestos.

Las secciones fueron montadas permanentemente en portaobjetos de vidrio y cubiertas con cubreobjetos. Se ahorró tiempo y materiales cuando las secciones fueron montadas sin deshidratación. Una solución de 0,5 % de bicarbonato de sodio en etanol al 50 % fue utilizada para diferenciar el tinte. Las secciones fueron montadas entre dos placas de vidrio usando una mezcla 3:1 de glicerina y agua como medio de montaje.

Lockard (1972) trató molares e incisivos de venados de cola blanca (*O. virginianus*). Para los últimos siguió el siguiente procedimiento:

Las mandíbulas secas fueron remojadas en agua para soltar los tejidos conectivos. El primer incisivo fue removido y se eliminó cuidadosamente el tejido pegado al diente. Se cortó el diente justo debajo del cuello para evitar el esmalte y luego fue seccionado. Resultó mucho más sencillo desgastar secciones de las raíces que descalcificarlas y utilizar técnicas histológicas.

Se hicieron varias secciones (cortes) transversales de cada diente para asegurar que todas las líneas pudieran ser contadas, ya que no existe un indicador confiable del área de mayor deposición de cemento y formación de anillos.

Se cortó primero secciones de 350 micras, las cuales luego fueron reducidas a 150 y 80 sucesivamente. Dichas secciones fueron descalcificadas en ácido nítrico (6-7 %) por 30 minutos y lavadas en agua de caño por media hora. Luego fueron neutralizadas en hidróxido de amonio por cinco minutos y nuevamente enjuagadas

en agua. A continuación fueron neutralizadas en humo de hidróxido de amonio por cinco minutos y nuevamente enjuagadas en agua. Luego, las secciones fueron lavadas en alcohol étílico al 70 % durante cinco minutos para eliminar todo resto de compuesto abrasivo, hidratadas en agua corriente durante cinco minutos y teñidas. Luego del teñido, las secciones fueron colocadas entre dos láminas para microscopio y secadas durante al menos doce horas.

Posteriormente, Gasaway *et al.* (1978) siguieron el siguiente procedimiento:

Prepararon secciones longitudinales y transversales de alces de Alaska cuando ambos incisivos I₁ estaban disponibles. Se desgastó las superficies laterales de los dientes para producir una sección longitudinal delgada y poder apreciar correctamente los anillos a lo largo de todo el diente. Los lados alternos fueron pulidos hasta que la sección se volvió translúcida y las capas del cemento podían ser distinguidas con un microscopio de 10 y 30 aumentos. El cemento de la parte dorsal del diente tiene las capas que mejor se distinguen y fue la porción utilizada para la estimación de edad.

Para desgastar los dientes se utilizó un esmeril con una rueda abrasiva fina debido a que prevenía el quemado del diente y se limpiaba automáticamente. Las secciones fueron colocadas en una solución de 70 % de alcohol, 29 % agua y 1 % glicerina.

Las secciones transversales fueron cortadas con una hoja de sierra de dientes finos. Se aplicó gotas de aceite sobre el diente para prevenir el quemado. Se preparó cinco secciones de 0,3 mm de espesor de la mitad mas cercana a la raíz y colocadas en la solución citada anteriormente. El tiempo de preparación de láminas fue similar en ambos casos para un individuo experimentado, pero el costo de las secciones transversales fue mayor.

Más adelante, Rice (1980) reportó la siguiente metodología:

Se retiró la corona de los dientes y luego se colocó la raíz en una solución para descalcificar durante tres a cinco horas dependiendo de la cantidad de calcio presente. Las raíces descalcificadas fueron colocadas en una solución de alcohol reactivo al 70 %. Tres secciones longitudinales de 16 micras cada una fueron

cortadas en el centro de la raíz utilizando un micrótopo criostato. Esta orientación favorecía la distinción de anillos falsos o divididos. Las secciones fueron montadas en láminas con la ayuda de un instrumento estabilizador que evitaba dobleces y arrugas. Las muestras fueron teñidas con un tinte múltiple y examinadas con un microscopio de diez aumentos.

Finalmente, Hamlin *et al.* (2000) reportaron la metodología seguida por el laboratorio Matson de Montana, Estados Unidos, a quien encargaron el procesamiento de sus dientes:

Los incisivos fueron descalcificados en una solución ácida débil, enjuagados en agua, deshidratados en alcohol isopropilo, limpiados con tolueno y colocados en Paraplast® (en vez de parafina). Dichos tacos conteniendo los dientes fueron cortados a un grosor de 14 micras con un micrótopo de rotación Leica modelo SP9000. Las secciones fueron montadas en láminas de microscopio (portaobjetos), teñidas con “tinte sangre Giemsa” y cubiertas por otra laminilla (cubreobjetos) utilizando resina Hypermount. Las secciones fueron analizadas con un microscopio compuesto Leitz en aumentos desde 50 hasta 200 veces. Finalmente se asignó un código indicando la fiabilidad de los resultados: A = resultado casi seguro, B = error posible y C = error probable.

A pesar de las variaciones propuestas entre las metodologías sugeridas, existen generalizaciones que deben ser consideradas. Existen tres grandes tipos de seccionamiento que son: (1) secciones preparadas histológicamente cortadas con un micrótopo luego de la descalcificación, (2) secciones transparentes cortadas con una sierra fina y pulido suficiente para observación con luz transmitida, y (3) secciones aserradas y/o pulidas para observación con luz reflejada (Fancy 1980). El mismo Fancy (1980) reportó que los procedimientos histológicos producen los resultados más consistentes pero requieren mayor tiempo y esfuerzo que otros métodos.

La interpretación es realizada usualmente con un microscopio, aunque otros recomiendan la utilización de un microproyector (Lockard, 1972). En ocasiones el tipo de luz y el tipo de microscopía utilizada ofrecieron mejor contraste y mejor visualización de los anillos. (Low y Cowan 1963, Aggarwal *et al.* 2008, Pundir 2009).

Como ya se vio, la elección del diente, así como la del plano de corte puede variar. Cada una de estas opciones ofrece sus respectivas ventajas, pero existen algunos hechos claros: el primer incisivo (I_1) es el diente más utilizado para ungalados (Fancy 1980) por ser el más grande, el primero en hacer erupción (Cuadro 2) y el más fácil de extraer y descalcificar (Sergeant y Pimlott 1959, Gilbert 1966, Thomas y Bandy 1973), además de poseer una sola raíz como los otros dos incisivos y el canino (Low y Cowan 1963).

En cuanto a la orientación del corte, si bien los cortes longitudinales permiten una visualización a lo largo de todo el cemento, resulta más difícil orientar adecuadamente al diente para cortarlo (Miller 1974). Las secciones transversales, por su parte, ofrecen mayor facilidad de trabajo y pueden ser cortadas más secciones de un solo diente (Rickson y Seliger 1969), asimismo, exponen el cemento a lo largo de toda la circunferencia (Thomas y Bandy 1973, Fancy 1980).

2.3 ESTADÍSTICAS NO PARAMÉTRICAS

Las pruebas estadísticas no paramétricas, a diferencia de sus pares paramétricas, no requieren condiciones sobre los parámetros de la población de la cual proviene la muestra (normalidad de la población, igualdad de varianzas) y además pueden ser trabajadas con datos más “crudos” (se pueden trabajar datos en escala nominal u ordinal) (Siegel y Castellan 1988). En este sentido, son la elección para pruebas con muestras sobre las que no se quiere hacer ninguna asunción y además son comúnmente utilizadas para trabajos con fauna silvestre (Majluf 1987).

2.3.1 LA PRUEBA DE CHI-CUADRADO

La prueba de Chi-cuadrado se utiliza para comparar distribuciones de frecuencias y probar si existen diferencias de cualquier tipo entre grupos. Se utiliza cuando los datos pueden ser ordenados en frecuencias que se encuentren al menos en una escala nominal (Siegel y Castellan 1988). Trabajos similares han utilizado comúnmente pruebas de Chi-cuadrado para realizar este tipo de comparaciones (Hamlin *et al* 2000).

2.3.2 LA PRUEBA DE RANGOS CON SIGNO DE WILCOXON PARA DATOS PAREADOS

La prueba de Wilcoxon es utilizada cuando se trabaja con datos pareados y se desea compararlos uno a uno. Prueba si existen diferencias entre condiciones, tratamientos o evaluaciones utilizando la magnitud de las diferencias entre ellos y la dirección de las mismas. Es recomendable utilizarla cuando los datos se encuentran al menos en una escala ordinal. Se basa en calcular diferencias mediante una resta, asignar rangos a base de estas diferencias y utilizarlos para obtener un estadístico de prueba (Siegel y Castellan 1988). Existen ejemplos de su uso para las ciencias sociales (Hurst y Siegel 1956, citados por Siegel y Castellan 1988), investigaciones médicas (Ferrán 1996) y trabajos con fauna silvestre (Merenlender et al 1998, Wagner y Conover 1999).

2.3.3 LA PRUEBA DE FRIEDMAN

La prueba de Friedman se utiliza para probar si más de dos muestras provienen de la misma población o son iguales, utilizando las sumatorias de los rangos que son asignados a los datos. Dado que las muestras están relacionadas, en cada una el número de casos es el mismo. La prueba determina si el tamaño de los rangos asignados depende de la condición o tratamiento (Siegel y Castellan 1988). Esta prueba ha sido utilizada para investigaciones médicas (Grosslight y Radlow 1956, citados por Siegel y Castellan 1988), así como para trabajos con fauna silvestre (Belden y McCown 1995, Sterner 1997).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 EL ÁREA DE ESTUDIO

El Coto de Caza El Angolo está ubicado en la costa norte del Perú en el departamento de Piura, provincias de Sullana y Talara. Geográficamente se ubica entre las coordenadas $4^{\circ} 11'$ a $4^{\circ} 26' 37''$ LS y $80^{\circ} 37' 57''$ a $80^{\circ} 56' 45''$ LO (Figura 6). La extensión oficial es de 65 000 ha y el Sector Sauce Grande, ubicado en el extremo sur este del coto, tiene una extensión de 9 918 ha (Vásquez *et al.* 2007).

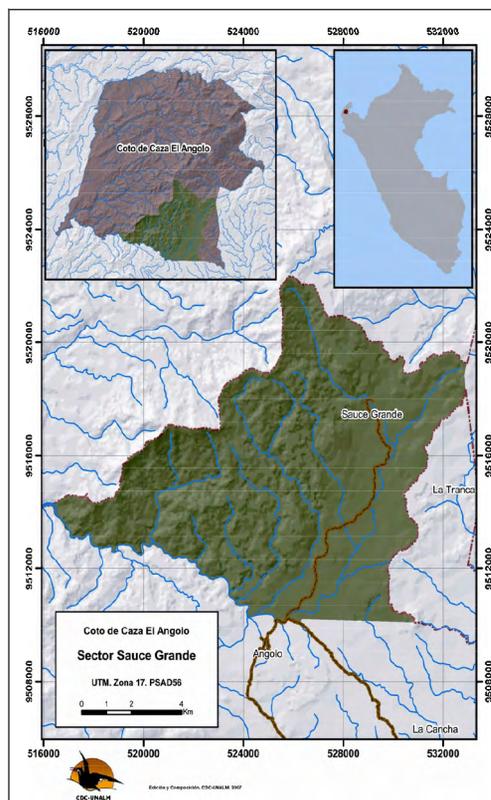


Figura 6 : Ubicación del Coto de Caza El Angolo. Fuente: Vásquez *et al.* 2007.

El Angolo es uno de los dos únicos cotos de caza existentes en el Perú. Fue establecido oficialmente como coto de caza en 1975 por Resolución Suprema N° 264-75-AG y fue

reconocido como área de manejo de recursos hasta 1990, cuando pasó a formar parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE) por Decreto Supremo N° 010-90-AG. En 1992, y sin desviarse del objetivo original que era contribuir con la conservación de recursos por medio de la caza deportiva, se entregó en concesión el Sector Sauce Grande al CCPTP, entidad que hasta el día de hoy continúa administrando dicho sector bajo la modalidad actualizada de acuerdo a la Ley de Áreas Naturales Protegidas: el contrato de administración parcial (SERNANP 2011).

De acuerdo al Mapa Ecológico del Perú (ONERN 1976, citado por Vásquez *et al* 2007), el Angolo presenta tres zonas de vida y una transición, Estas son: bosque seco-Premontano Tropical, monte espinoso-Tropical, monte espinoso-Premontano Tropical y la transición matorral desértico-Premontano Tropical a matorral desértico-Tropical. Además se encuentra en la provincia biogeográfica del Bosque Seco Ecuatorial (Udvardy 1975, citado por Vásquez *et al* 2007).

El Angolo se encuentra en la parte sur de la cordillera de los Amotapes la cual se reconoce como un centro de diversidad florística. Se han registrado 510 especies de plantas en la Reserva Nacional de Tumbes y 404 en el Parque Nacional Cerros de Amotape (WWF y IUCN 1997, citado por Vásquez *et al* 2007); estas dos Áreas Naturales Protegidas y el Coto de Caza El Angolo, forman la Reserva de Biosfera del Noroeste Peruano, reconocida por la UNESCO en 1977.

En El Angolo predominan los árboles deciduos y el material arbustivo, además de las plantas espinosas y las cactáceas columnares. El contraste entre la época seca y la época de lluvias es muy notorio, cambiando la expresión del bosque. Con las lluvias los árboles deciduos se cubren de hojas, las quebradas se llenan de agua y las herbáceas fácilmente sobrepasan el metro de altura (Figuras 7 y 8). De acuerdo a un inventario florístico realizado a finales de la década de 1980 (Ríos 1989, citado por Vásquez *et al*. 2007) para el sector Sauce Grande se reportan 179 especies florísticas.



Figura 7 : El Angolo en época seca. Fotografía: Diego Olivera.

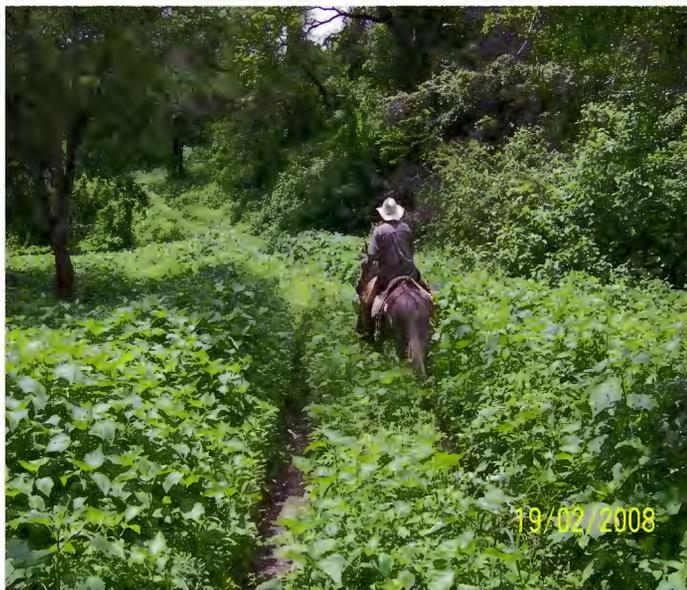


Figura 8 : El Angolo en época de lluvias. Fotografía: CCPTP.

La fauna del lugar, a pesar de no ser rica en diversidad de especies, llama la atención por la confluencia de especies de distintas regiones biogeográficas. Además, por pertenecer al Centro de Endemismo Tumbesino, existen especies que solamente ocurren en esta zona. La estacionalidad influye en la presencia de distintas especies a lo largo del año. Las principales especies de interés cinegético son el venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus peruvianus*) y el puma (*Puma concolor inca*). En total se han reportado 136 especies de aves, 29 especies de mamíferos, 16 de reptiles, siete de anfibios y tres de peces (Vásquez *et al* 2007).

Además, el área del Coto de Caza El Angolo, así como toda la Reserva de Biósfera del Noroeste Peruano, está fuertemente influenciada por la corriente de Humboldt, la corriente del Niño, la Cordillera de los Andes y el Ecuador; su ubicación geográfica hace que existan interacciones de componentes atmosféricos tanto continentales como marinos, por eso posee características distintas al resto de la costa peruana. Las precipitaciones son muy variables incluso dentro del área perteneciente al contrato de administración, registrando un promedio anual de 483,8 mm para la estación meteorológica instalada en Sauce Grande. Los suelos predominantes son vertisoles y yermosoles, siendo los primeros los que sostienen mayormente la biomasa de los bosques. Toda el área del Coto de Caza está asentada en tres cuencas, ubicándose el sector Sauce Grande sobre la quebrada El Espino – Barbacoas – Angolo (Vásquez *et al* 2007).

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

- Para limpieza y rotulado de las mandíbulas
- Útiles de escritorio
- Mascarilla de polvo
- Guantes de látex
- Cepillo dental y cepillo con cerdas de metal
- Bolsas de plástico

- Aspiradora
- Para la asignación de edad mediante el método de desgaste y erupción de las piezas dentales
- *Speedager* (tabla de clasificación de edad del venado de cola blanca basada en desgaste y erupción de las piezas dentales)
- Para la extracción y empaquetado de los dientes que conforman parte de la muestra
- Navaja
- Alicata
- Sobres de papel
- Vasos descartables
- Agua
- Para servicio de montaje de láminas dentales

Reactivos, soluciones y compuestos

- Formol
- Ácido Nítrico
- Etanol
- Parafina líquida
- Hematoxilina de Harris
- Neo-Clear® Merck Chemicals
- Entellan® Merck Chemicals

Equipos

- Micrótopo de rotación Leica Modelo RM 2125®
- Estufa Thelco® (FISHER SCIENTIFIC)
- Baño de flotación Scientific Products®
- Microscopio Carl Zeiss modelo Axiostar Plus®

Materiales

- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Cassettes de inclusión de tejidos
- Pinzas
- Para analizar las láminas histológicas de los dientes
- Microscopio Olympus BH-2® con cámara incorporada Canon Powershot S-50®
- Microscopio Leica DMLS2® con cámara Motic Moticam 2000® incorporada
- Para procesamiento de las fotografías digitales
- Image Tool 3.0 2002 (University of Texas Health Science Center in San Antonio)
- Microsoft Paint® 2003
- Para procesamiento de los datos y preparación del documento
- Microsoft Excel® 2003
- Microsoft Word® 2003
- SPSS 15.0 para Windows. Versión 15.0.1 ©SPSS Inc. 1989 - 2006

3.3 METODOLOGÍA PARA ASIGNACIÓN DE EDAD:

La metodología utilizada sigue las siguientes fases:

- 1) El método de desgaste y erupción de las piezas dentales
- 2) El método de conteo de los anillos dentales de crecimiento
- 3) Comparación entre los resultados de la asignación mediante el método del desgaste y el método de los anillos.

Cada fase consta de distintos pasos que se presentan a continuación:

3.3.1 EL MÉTODO DE DESGASTE Y ERUPCIÓN DE LAS PIEZAS DENTALES

- Limpieza y rotulado de las mandíbulas

Este trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Fauna Silvestre de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), lugar donde las mandíbulas fueron acondicionadas y almacenadas.

Las mandíbulas que conforman la población fueron colectadas durante las temporadas de caza desde 1996 hasta 2009; se cuenta con mandíbulas de todas estas temporadas excluyendo la de 1998. En total se cuenta con una población de 306 mandíbulas distribuidas a lo largo de las temporadas de la siguiente manera:

Cuadro 3 : Número de individuos existentes por temporada.

Temporada	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Individuos	15	12	21	19	21	16	5	24	19	17	35	41	61

Se contaba con un registro de los venados cazados por temporadas y se mantuvo la misma numeración (año – número, p. ej.: 2008 - 14). Cuando existieron numeraciones dobles o alternativas (p. ej.: NN o desconocido), se continuó con una numeración correlativa manteniendo el estilo existente (año – número).

El rotulado fue realizado con plumón indeleble. Las mandíbulas fueron marcadas en la maxila izquierda y también la bolsa que las contenía para facilitar la manipulación. Asimismo se determinó cuales mandíbulas eran útiles para el estudio, teniendo en cuenta la presencia o ausencia de dientes incisivos.

- Asignación de edad mediante el método de desgaste y erupción de la dentadura

Se asignó una clase de edad a cada mandíbula utilizando la cartilla de determinación de edad *Speedager* siguiendo las instrucciones al pie de la letra (Anexo 2). Debido al número de mandíbulas existente, la asignación de edades se realizó en varias etapas. El método consiste en comparar detenidamente cada mandíbula con las fotos y descripciones presentes en la cartilla, pertenecientes a las distintas clases de edad y decidir a que categoría pertenecen. Para la asignación de edad se estimó algunas edades con ayuda del asesor (Ing. Pedro Vásquez Ruesta) para obtener experiencia y luego se trabajó de manera independiente.

El total de ellas fue clasificado en las siguientes clases: cría, 1,5 años, 2,5 años, 3,5 años, 4,5 años, 5,5 años y 6,5+ años si fuera el caso. Para efectos prácticos, estas categorías tomaron los números 0, I, II, III, IV, V y VI+ respectivamente.

Una vez que todas las mandíbulas se encontraron clasificadas, se generó una base de datos que permitió graficar en un histograma la distribución de edades de los venados cazados de acuerdo a este método. Se elaboró gráficos por temporadas y también de la totalidad de los individuos.

- Prueba de consistencia del método de estimación de edad por desgaste y erupción de las piezas dentales

Se escogieron al azar todas las mandíbulas de algunas temporadas que sumaran un aproximado de 100 por considerarse una cantidad que cumplía adecuadamente con representar un buen porcentaje de la población (30% aproximadamente). Además, la proporción utilizada de la población, se encontraba de acuerdo con los porcentajes definidos por Cochran (1989) para muestreo con proporciones (Anexo 1).

A dichas mandíbulas se les asignó repetidamente una categoría de edad en distintas ocasiones, dejando pasar una o dos semanas entre cada vez. El fin de esta prueba es confirmar que trabajando adecuadamente (como indican las instrucciones), independientemente de la frecuencia y sin importar cuantas veces se le asigne una categoría de edad a una mandíbula, las estimaciones serán lo suficientemente similares para considerar al método como consistente.

El autor realizó cuatro evaluaciones y se realizó una en conjunto con el asesor. Todas las mediciones fueron realizadas sin conocer la categoría de edad que había sido asignada previamente durante el presente estudio, con el fin de evitar sesgos por un valor anterior.

Después se procesaron los resultados, se les tabuló en distintos cuadros y se obtuvo el promedio y el coeficiente de variabilidad que fueron discutidos. Finalmente se aplicó una prueba de Chi-cuadrado con Microsoft Excel® para probar la existencia de diferencias entre las distintas evaluaciones. El nivel de significancia de la prueba se fijó en $\alpha = 5\%$ y la H_0 indicó la no-diferencia entre las distintas fechas de medición. La prueba Chi-cuadrado siguió el procedimiento sugerido por Siegel y Castellan (1988):

- Se ordenan las frecuencias en una tabla $k \times r$, utilizando k columnas para las condiciones o en este caso fechas de evaluación.
- Se determinan las frecuencias esperadas para H_0 para cada celda multiplicando el total por fila, por el total por columna y dividiendo entre el total de las evaluaciones.
- Se calculan los grados de libertad de la prueba con g.l. = $(k - 1)(r - 1)$ y el estadístico Chi-cuadrado con la fórmula

$$x^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^k \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Donde O_{ij} = número de casos observados en la fila i de la columna j

E_{ij} = número de casos esperados para H_0 en la fila i de la columna j

$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^k$ indica la sumatoria de todas las celdas

- Se determina la probabilidad asociada al valor calculado de χ^2 en la tabla para la prueba Chi-cuadrado. Si la probabilidad calculada para los grados de libertad de la prueba, es igual o menor que α , se rechaza H_0 .

3.3.2 EL MÉTODO DE CONTEO DE LOS ANILLOS DENTALES DE CRECIMIENTO

- Muestreo

Por limitaciones presupuestales, la totalidad de las mandíbulas no fue evaluada mediante conteo de anillos. Por esta razón se realizó un proceso de muestreo al azar de las mandíbulas útiles y se tomó a las distintas temporadas como bloques. Para esto se utilizó una fórmula que se adecuara a los datos existentes y considerara probabilidades de éxito y fracaso de experimentos previos (Carlos López de Castilla Vásquez, comunicación personal¹) para ajustar los tamaños de la muestra.

Las fórmulas utilizadas fueron:

$$n_0 = \frac{z_{(1-\alpha)}^2 \times p \times q}{d^2}$$

$$n = \frac{n_0}{\left(1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}\right)}$$

Donde: z = valor tabular de z para el nivel de confianza seleccionado

$1 - \alpha$ = nivel de confianza especificado en 95 %

N = tamaño de la población (mandíbulas útiles)

n_0 = muestra sin ajustar

n = muestra ajustada

¹ Carlos López de Castilla Vásquez, Docente del Departamento de Estadística, Facultad de Economía y Planificación, UNALM. Última comunicación: 29/10/2010.

d = máximo error permisible especificado en 10 %

p = probabilidad de éxito = 70%. Basándose en Brokx (1972) por ser la aproximación regional más cercana.

q = probabilidad de fracaso $1 - p = 30\%$

Después se aplicó la siguiente fórmula para definir el tamaño de cada bloque y poder distribuir la muestra de manera proporcional al número de mandíbulas presentes por temporada. Cada uno se redondeó por exceso. El peso porcentual de cada temporada fue calculado dividiendo el número de mandíbulas útiles por temporada, entre el total de mandíbulas útiles.

$$n_t = n \times \frac{t}{N}$$

Donde: n_t = tamaño de muestra por temporada

n = tamaño de muestra ajustado

t = cantidad de mandíbulas útiles por temporada

N = población

Una vez redondeados los bloques (temporadas), se consideró un porcentaje de error basándose nuevamente en el trabajo de Brokx (1972); éste fue de 30%. Finalmente se aplicó nuevamente la fórmula anterior al tamaño final de muestra y se redondearon los resultados por defecto.

- Extracción y empaquetado de los dientes de la muestra

Se utilizó la metodología sugerida por el Laboratorio Matson (www.matsonslab.com, última consulta setiembre 2011) y los Laboratorios Analíticos de Vida Silvestre (www.deerage.com, última consulta setiembre 2011).

Las mandíbulas fueron remojadas en agua en vasos descartables durante una noche de modo que los tejidos se suavizaran. Después se utilizó una navaja para dividir las maxilas entre los dos dientes centrales. Para esto se colocó la punta entre ambos incisivos y se golpeó la navaja

en la dirección del corte. Luego se utilizó un alicate para sujetar el diente deseado y jalarlo hacia arriba. Adicionalmente se realizaron cortes similares al mencionado en los dientes adyacentes. Así se pudo hacer palanca a los incisivos centrales deseados.

Una vez extraídos los dientes se les colocó en sobres pequeños de papel y éstos fueron rotulados con el mismo código que la mandíbula de la cual provenían.

- Preparación de láminas histológicas

Este proceso fue realizado en el Laboratorio de Histología y Patología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Las muestras dentales fueron fijadas en formol al 10 % durante 48 horas. Luego se realizó un lavado con agua para eliminar el exceso de fijador.

Las muestras fueron descalcificadas en una solución al 5 % de ácido nítrico disuelto en etanol al 80 %. Esto se realizó durante aproximadamente una semana. La solución de ácido nítrico se renovó cada 48 horas y las muestras permanecieron en agitación constante para la mejor acción de dicha solución. Luego de comprobar el ablandamiento de las muestras, éstas fueron cortadas transversalmente aproximadamente en el tercio inferior del diente. Después fueron lavadas con agua corriente durante dos horas para eliminar la solución ácida del tejido.

Las muestras fueron deshidratadas con una serie gradual de soluciones de menor a mayor grado de agente deshidratante: etanol al 70 %, 90 %, 95 % y hasta al 100 % (una hora en cada solución).

Luego de deshidratar el tejido, se pasó a un producto comercial sustituto del xilol, denominado Neo-Clear® (el cual tiene la cualidad de ser miscible tanto con el alcohol, como con el medio de inclusión: parafina líquida) durante dos horas. Este proceso se denomina aclaramiento.

Posteriormente, las muestras fueron impregnadas de parafina líquida, debido a que en este estado, la parafina tiene la capacidad de penetrar y rodear el tejido; de esta forma se pudo producir el endurecimiento para formar un bloque sólido que pudiera ser cortado fácilmente en el micrótopo. La impregnación en parafina se realizó a 58° C durante cuatro horas. Después se

colocaron los dientes ya impregnados en moldes (cassettes de inclusión de tejidos) y se colocaron en la refrigeradora.

El taco formado fue cortado en secciones transversales de 10 micras de grosor para permitir el paso de la luz. Se cortó utilizando un micrótopo de rotación Leica RM2125RT®.

Los cortes fueron coloreados con Hematoxilina de Harris durante 10 minutos. Para ello previamente fueron desparafinados en Neo-Clear® e hidratados. Luego de la coloración se realizó una decoloración rápida en alcohol ácido (1 ml de ácido clorhídrico en 100 ml de etanol 70%) para posteriormente ser nuevamente deshidratados y montados en Entellan® (substituto del Bálsamo de Canadá, para pegar porta y cubre objetos en microscopía) para finalmente ser cubiertos con un cubreobjetos.

- Análisis de las láminas histológicas

Se utilizó las instalaciones del Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM, para analizar los cortes de las secciones dentales al microscopio y para obtener fotografías digitales, así como el Laboratorio de Histología y Patología de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH).

Las láminas listas fueron colocadas al microscopio y magnificadas 100x, 200x y 400x cuando fue necesario. El proceso consistió en ubicar una porción del borde del diente en donde se visualizaran claramente los anillos de crecimiento para luego contarlos y proceder con las capturas digitales. Los anillos empiezan a notarse en donde termina la dentina. Se distinguen como capas alternas claras y oscuras. El orden en el que se aprecian los elementos es: dentina, interfase dentina-cemento, banda clara de cemento, banda oscura de cemento (anillo de crecimiento), banda clara de cemento y así sucesivamente de acuerdo a la edad del animal y finalmente el borde del diente en donde muchas veces se aprecia la membrana periodontal. Además pueden presentarse entre los anillos otros elementos teñidos que pueden confundir al evaluador (Figura 9).

Dado que en muchos de los dientes utilizados las capas no eran visualizadas de manera tan sencilla, fue necesario definir un criterio para la asignación de edades. Se siguió la recomendación de Brokx (1972) acerca de contar el máximo número de anillos visibles, pero al mismo tiempo se decidió que para los casos en que no se tuviera total seguridad de que se alcanzaba un número determinado, se optaría por permanecer en la clase inferior. Por ejemplo, en caso se visualizaran dos anillos con total claridad, la clase asignada sería la II, es decir un rango de edad entre dos y tres años. Pero en caso de estar seguros de la presencia de un solo anillo, mas no del segundo, se optaría por permanecer en la clase I. Los anillos oscuros pueden visualizarse como anillos delgados (como en la Figura 4), así como bandas de un grosor similar a las delgadas (Figura 10). El criterio se muestra en las siguientes figuras explicativas de las partes que deben ser observadas en los cortes histológicos. Se muestra un diente con los anillos claramente marcados y uno con las bandas casi del mismo grosor, de mayor dificultad de análisis, además de un cuadro explicativo de cada clase.

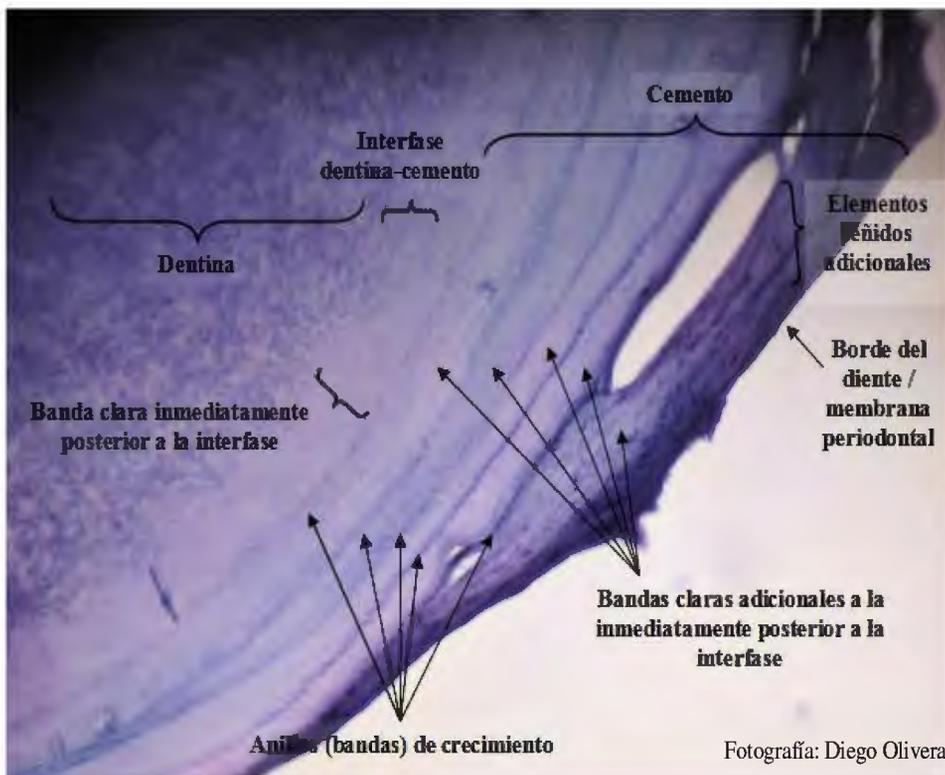


Figura 9 : Fotografía de una lámina histológica ideal mostrando los elementos que deben ser observados.

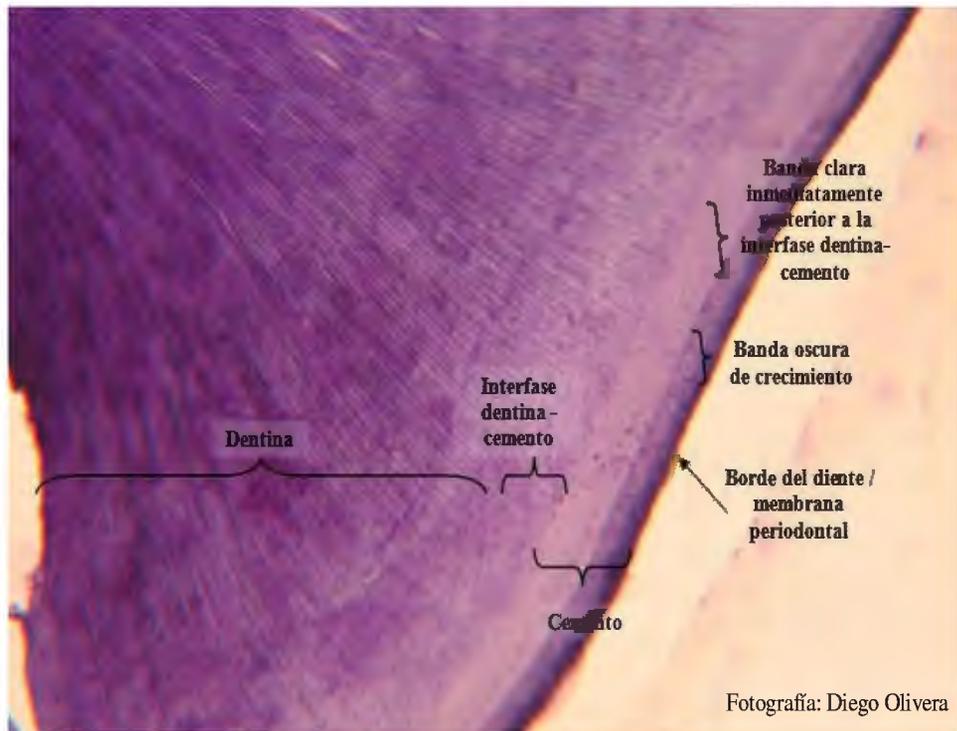


Figura 10 : Fotografía de una lámina histológica de mayor dificultad mostrando los elementos que deben ser observados.

Cuadro 4 : Criterio utilizado al momento de determinar la edad de los venados con el método de conteo de los anillos dentales de crecimiento.

Clase	Observación
0	No se distingue ningún anillo/banda oscura claramente luego de la interfase dentina-cemento, o se distingue uno o más elementos teñidos que no llegan a considerarse anillos. Existe sólo una banda clara luego de la interfase.
I	Se observa un anillo/banda dental oscura con total claridad y pueden o no presentarse además otros elementos teñidos. Se presenta hasta una banda clara adicional a la inmediatamente posterior a la de la interfase dentina-cemento.
II	Se observan dos anillos/bandas oscuras con total claridad y pueden o no presentarse además otros elementos teñidos. Se presentan hasta dos bandas claras adicionales a la inmediatamente posterior a la de la interfase dentina-cemento.
III	Se observan tres anillos/bandas oscuras con total claridad y pueden o no presentarse además otros elementos teñidos. Se presentan hasta tres bandas claras adicionales a la inmediatamente posterior a la de la interfase dentina-cemento.
IV	Se observan cuatro anillos/bandas oscuras con total claridad y pueden o no presentarse además otros elementos teñidos. Se presentan hasta cuatro bandas claras adicionales a la inmediatamente posterior a la de la interfase dentina-cemento.
V	Se observan cinco anillos/bandas oscuras con total claridad y pueden o no presentarse además otros elementos teñidos. Se presentan hasta cinco bandas claras adicionales a la inmediatamente posterior a la de la interfase dentina-cemento.
VI +	Se observan seis anillos/bandas oscuras con total claridad y pueden o no presentarse además otros elementos teñidos. Se presentan hasta seis bandas claras adicionales a la inmediatamente posterior a la de la interfase dentina-cemento.

Adaptado de Low y Cowan 1963, Gilbert 1966, Lockard 1972, Brokx 1972, Miller 1974, Gasaway et al. 1978, Hamlin et al. 2000.

Se asignaron edades a las muestras (láminas) siguiendo el criterio definido. Las edades tomaron los valores 0 – VI+, igual que en el método anterior. Una vez clasificados todos los dientes, se generó una base de datos, se realizó un cuadro resumen y se graficaron los resultados por temporadas y para el total de estimaciones.

3.3.3 COMPARACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS DE LA ASIGNACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DEL DESGASTE Y EL MÉTODO DE CONTEO DE ANILLOS

La prueba de Wilcoxon fue elegida por contar con datos pareados y siguió el procedimiento sugerido por Siegel y Castellan (1988):

- Para cada par de datos, se determina la diferencia (d_i) entre los dos valores existentes
- Se asigna un rango a estas diferencias considerando sólo el valor absoluto. Para las d 's empatadas se asigna el promedio de los rangos correspondientes
- Se añade a cada rango el signo (+ o -) de la d que representa
- Se determina T = la suma menor de los signos iguales (+ o -)
- Por conteo, se determina N = el número total de d 's que tienen un signo
- Para N mayor a 25, se calcula el estadístico z con la fórmula

$$z = \frac{T - \frac{N(N+1)}{4}}{\sqrt{\frac{N(N+1)(2N+1)}{24}}}$$

- Finalmente se determina la probabilidad asociada a H_0 con la tabla z . Para una prueba de dos colas, se duplica la probabilidad mostrada. Si dicha probabilidad es igual o menor que α , se rechaza H_0 .

Se utilizó a los individuos obtenidos del muestreo. La H_0 que se intentó probar fue: “*El método de desgaste y erupción de las piezas dentales para estimación de edad del venado de cola blanca puede ofrecer resultados similares al método de conteo de anillos dentales*”. El nivel de significancia de la prueba se fijó en $\alpha = 5\%$. La prueba fue de dos colas porque no establecía ninguna dirección en la hipótesis nula. Para la aplicación de la prueba, se utilizó el *software* SPSS 15.0. El Anexo 4 muestra un ejemplo de asignación de rangos y determinación de los valores N y T , así como los cuadros arrojados por SPSS.

- Comparación con individuos de edad conocida

Se pudo acceder a una muestra de mandíbulas de edad conocida que permitió comparar la edad real de los venados con las edades estimadas mediante ambos métodos. Así fue posible contar con un elemento de juicio adicional para el momento de la comparación. Se aplicó la prueba de Friedman para esta comparación y se siguió el procedimiento descrito por Siegel y Castellan (1988):

- Se colocan los valores en una tabla de doble entrada con k columnas (condiciones o tratamientos) y N filas (individuos).
- Se asigna un rango a los valores de cada fila desde 1 hasta k .
- Se determina la suma de los rangos en cada columna: R_j .
- Se calcula el estadístico x_r^2 con la fórmula

$$x_r^2 = \left[\frac{12}{Nk(k+1)} \times \sum_{j=1}^k R_j^2 \right] - 3N(k+1)$$

Donde: N = número de individuos

k = número de columnas

R_j = rangos totalizados

- Se determina la probabilidad de ocurrencia de H_0 asociada al valor calculado de x_r^2 dependiendo del tamaño de N y k . Si la probabilidad arrojada es igual o menor a α , se rechaza H_0 .

La H_0 señaló la no-diferencia entre los tres distintos valores existentes para cada mandíbula. El nivel de significancia fue fijado en $\alpha = 5\%$. La prueba fue realizada con el *software* SPSS 15.0.

Con todos estos recursos, se analizaron las similitudes y/o diferencias arrojadas entre ambas metodologías y se pudo contrastar ambos métodos con la edad real. Además se discutieron

factores que influyen en el uso de ambas metodologías. Finalmente fue posible decidir qué método es recomendable utilizar.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ASIGNACIÓN DE EDAD POR EL MÉTODO DE DESGASTE Y ERUPCIÓN DE LAS PIEZAS DENTALES

Se acondicionaron las 306 mandíbulas y se determinó que ocho de ellas no eran útiles para el estudio, resultando el tamaño de la población en 298.

Se presentan el cuadro resumen y los gráficos de cada temporada de manera independiente, así como el gráfico general de distribución de edades para la población de 298 mandíbulas (Cuadro 5, Figuras 11 y 12). Los cuadros con el total de las edades asignadas mediante este método se encuentran en el Anexo 7.

Cuadro 5 : Resumen de la distribución etaria por temporada y general según desgaste.

Temporada / Clase de edad	0	I	II	III	IV	V	Total
1996	2	1	5	7	0	0	15
1997	1	1	1	5	3	1	12
1999	0	5	11	3	1	0	20
2000	0	2	9	1	2	0	14
2001	1	2	8	8	1	0	20
2002	0	3	7	4	1	1	16
2003	0	1	3	1	0	0	5
2004	0	2	18	2	1	0	23
2005	0	1	11	6	1	0	19
2006	0	0	12	3	1	1	17
2007	1	0	16	13	5	0	35
2008	0	0	20	15	5	1	41
2009	0	3	39	12	5	2	61
Total	5	21	160	80	26	6	298

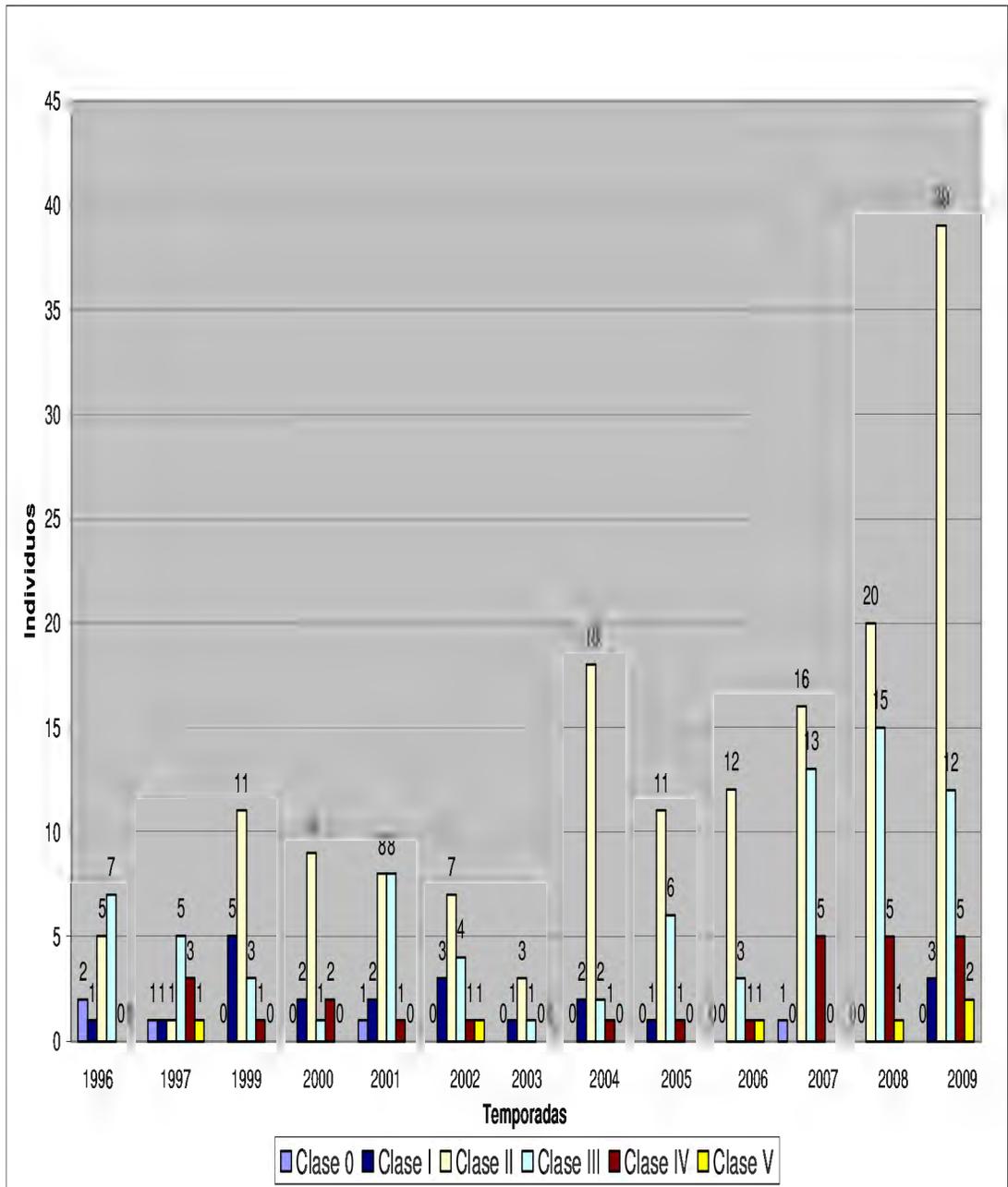


Figura 11 : Distribución etaria por temporada según desgaste.

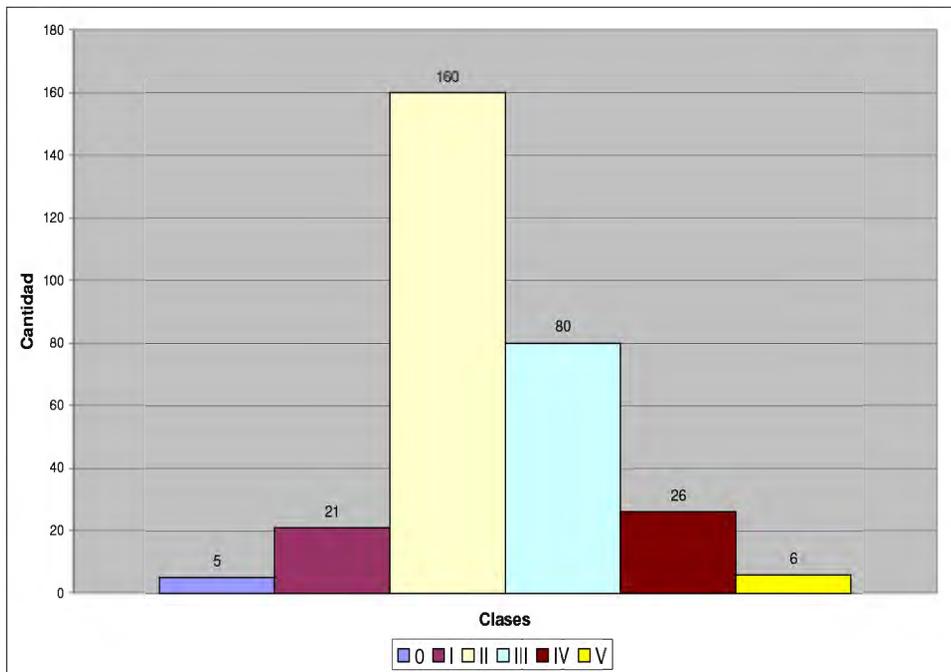


Figura 12 : Distribución etaria poblacional según desgaste.

Existe una mayoría de venados en la clase II, lo que significa que de acuerdo a este método, la mayor parte tiene entre dos y tres años al momento de ser cazados. También se observa una porción significativa en la clase III (tres a cuatro años). El promedio de edad al cual los animales son cobrados es de 2,89 años, resultando por encima del mínimo recomendable (Adams 2004) habiéndoles brindado a la mayoría de los animales la oportunidad de dejar sus genes, lo cual no representa amenazas contra la viabilidad de la población.

Las ideas expuestas en el párrafo anterior se apoyan también en ambos gráficos presentados, donde se observa que para muchas temporadas, los valores de la categoría II superan ampliamente a los de la III, y los de ésta, a su vez, superan ampliamente al resto de categorías. No obstante, no es posible hacer una generalización, puesto que en las temporadas más recientes, aparentemente se hace más común encontrar individuos en las clases mayores, como puede verse en las clases IV y V durante los últimos años.

Es importante señalar en relación a la idea anterior, que a lo largo de los años, la cuota anual de caza ha ido aumentando paulatinamente, así como el tamaño mínimo de cornamenta que deben superar los venados para considerarse reglamentarios. De este modo considerando la relación

entre alimentación, genes y edad, no es casualidad que en las temporadas más recientes, aparezca mayor cantidad de animales en las clases mayores. El Cuadro 6 otorga los valores de las cuotas de caza y los venados cobrados. Se resaltan los años en que se incluye o incrementa el puntaje mínimo de trofeo para que el animal se considere reglamentario.

Cuadro 6 : Valores de la cuota de venados y el número cobrado para distintas temporadas en el CCEA.

Temporada de caza	Cuota	Número mínimo de puntas	Venados cobrados
1995	15 venados	4	15
1996	25 venados	4	21
1997	25 venados	4	25
1998	25 venados	4	10
1999	40 venados	4	39
2000	40 venados	4	27
2001	40 venados	4	29
2002	45 venados	4	28
2003	45 venados	4	42
2004	45 venados	4	32
2005	45 venados	4	47
2006	55 venados	4	42
2008	55 venados	6	52
2010	80 venados	6	77

Adaptado de: Club de Caza, Pesca y Turismo Piura 2011.

Adicionalmente, se sabe que los venados de cola blanca desarrollan botones durante el primer año y posteriormente pequeños “cachitos” (*spikes*) o astas que van desarrollándose hasta donde la carga genética lo permita, de acuerdo a la calidad del alimento y la edad (Halls 1980, Sauer 1984). También es sabido que los cazadores buscarán a los ejemplares con mejores cornamentas, por lo que la probabilidad de que los animales cazados se encuentren en su primer o segundo año (clases 0 y I) es baja, y naturalmente eso es lo que se esperaría percibir en la distribución muestral.

- Análisis de consistencia en la medición del desgaste y erupción de las piezas dentales

Las temporadas elegidas se muestran en el Cuadro 7 y totalizaron 99 mandíbulas.

Cuadro 7 : Número de mandíbulas por temporada de caza empleadas para la prueba de consistencia.

Temporada	2001	2004	2005	2007	Total
Cantidad	21	24	19	35	99

Los resultados por cada una de las temporadas se presentan en los cuadros a continuación (Cuadros 8 a 11) y están ordenados por el promedio. En la columna vertical izquierda se indica el número de orden y en la columna horizontal superior la fecha de estimación. Se muestra también el promedio y el coeficiente de variabilidad por mandíbula. Cabe resaltar que para todos los cuadros, la última fecha corresponde a la medición conjunta con el asesor.

Cuadro 8 : Evaluaciones etarias sucesivas de la temporada 2001.

2001							
Nr.	7/4/10	23/4/10	15/5/10	5/6/10	9/6/10	Promedio	Coefficiente de variabilidad
13	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,50	0
20	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,50	0
19	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,50	0
8	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
17	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
10	2,5	2,5	2,5	3,5	2,5	2,70	0,1667
21	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
18	2,5	2,5	2,5	3,5	2,5	2,70	0,1667
9	2,5	3,5	2,5	3,5	2,5	2,90	0,1889
15	2,5	3,5	2,5	2,5	3,5	2,90	0,1889
4	3,5	3,5	3,5	2,5	2,5	3,10	0,1767
7	2,5	3,5	3,5	3,5	2,5	3,10	0,1767
1	3,5	2,5	2,5	3,5	3,5	3,10	0,1767
12	3,5	2,5	3,5	2,5	3,5	3,10	0,1767
5	2,5	2,5	3,5	2,5	3,5	2,90	0,1889
14	3,5	3,5	3,5	2,5	3,5	3,10	0,1767
16	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5	3,30	0,1555
6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,50	0
11	4,5	3,5	3,5	4,5	3,5	3,90	0,1404
3	4,5	3,5	2,5	4,5	4,5	3,90	0,2203

Cuadro 9 : Evaluaciones etarias sucesivas de la temporada 2004.

2004							
Nr.	7/4/10	23/4/10	15/5/10	5/6/10	9/6/10	Promedio	Coefficiente de variabilidad
19	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,50	0
20	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,50	0
21	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,50	0
7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
10	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
17	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
22	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
23	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
18	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
8	2,5	2,5	3,5	2,5	2,5	2,70	0,1850
3	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	2,90	0,1889
13	2,5	3,5	3,5	2,5	2,5	2,90	0,1889
15	2,5	2,5	3,5	2,5	2,5	2,70	0,1600
12	2,5	3,5	3,5	2,5	2,5	2,90	0,1767
14	2,5	3,5	3,5	3,5	2,5	3,10	0,1767
16	2,5	2,5	3,5	2,5	3,5	2,90	0,1889
11	2,5	3,5	3,5	3,5	2,5	3,00	0,1767
2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,50	0
9	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,30	0,1395
24	3,5	3,5	2,5	3,5	3,5	3,30	0,1395
1	2,5	3,5	3,5	4,5	4,5	3,70	0,2201
6	3,5	3,5	4,5	3,5	4,5	3,90	0,1404
4	5,5	5,5	4,5	5,5	5,5	5,30	0,0844

Cuadro 10 : Evaluaciones etarias sucesivas de la temporada 2005.

2005							
Nr.	7/4/10	23/4/10	15/5/10	5/6/10	9/6/10	Promedio	Coefficiente de variabilidad
12	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,50	0
1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
13	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
17	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
8	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
11	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0,944
16	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
14	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
15	2,5	2,5	3,5	2,5	2,5	2,70	0,656
9	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	2,90	0,889
6	3,5	3,5	2,5	3,5	3,5	3,30	0,355
7	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5	3,30	0,355
19	3,5	3,5	3,5	2,5	3,5	3,30	0,355
2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,50	0
10	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,50	0
5	3,5	4,5	3,5	4,5	4,5	4,10	0,336
18	4,5	4,5	3,5	4,5	4,5	4,30	0,040

Cuadro 11 : Evaluaciones etarias sucesivas de la temporada 2007.

2007							
Nr.	7/4/10	23/4/10	15/5/10	5/6/10	9/6/10	Promedio	Coefficiente de variabilidad
25	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,70	0,0089
3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
10	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
23	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
34	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
8	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,50	0
9	2,5	2,5	3,5	2,5	2,5	2,70	0,1636
17	2,5	3,5	3,5	2,5	2,5	2,90	0,1889
7	2,5	3,5	2,5	3,5	2,5	2,90	0,1889
16	2,5	2,5	2,5	3,5	2,5	2,70	0,1636
31	2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	2,70	0,1636
6	2,5	3,5	2,5	3,5	2,5	2,90	0,1889
14	3,5	3,5	3,5	2,5	2,5	3,10	0,1767
15	3,5	3,5	2,5	3,5	2,5	3,10	0,1767
33	3,5	3,5	2,5	3,5	3,5	3,30	0,1935
11	3,5	3,5	2,5	3,5	3,5	3,10	0,1889
18	2,5	4,5	2,5	2,5	3,5	3,10	0,2085
29	2,5	3,5	3,5	3,5	2,5	3,10	0,1767
27	3,5	3,5	3,5	3,5	4,5	3,70	0,2309
30	3,5	4,5	3,5	2,5	4,5	3,70	0,2309
13	3,5	4,5	3,5	3,5	3,5	3,70	0,2309
19	3,5	3,5	3,5	3,5	4,5	3,70	0,2309
24	3,5	3,5	3,5	3,5	4,5	3,70	0,2309
26	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,50	0
28	3,5	3,5	3,5	3,5	4,5	3,70	0,2309
12	3,5	4,5	3,5	4,5	3,5	3,90	0,2464
21	3,5	4,5	3,5	3,5	4,5	3,90	0,2464
32	3,5	3,5	3,5	4,5	3,5	3,70	0,2309
4	3,5	4,5	4,5	4,5	3,5	4,10	0,2330
35	3,5	4,5	3,5	4,5	5,5	4,30	0,2946
1	4,5	4,5	4,5	5,5	4,5	4,70	0,1952
20	4,5	4,5	4,5	3,5	5,5	4,50	0,2571
22	5,5	3,5	5,5	4,5	4,5	4,70	0,1780
2	3,5	4,5	4,5	5,5	5,5	4,70	0,1780
5	3,5	5,5	5,5	4,5	5,5	4,90	0,1825

Gracias al ordenamiento, se aprecia que los valores de las clases inferiores se presentan similares entre fechas de estimación; esta característica será denominada consistencia. A medida que se aumenta la clase, los valores asignados empiezan a variar. Esto se apoya en el coeficiente de variabilidad que tiende a subir a medida se aumenta de categoría de edad, lo que sucede en cada uno de los cuadros previos e indicaría que el aumento de la variabilidad guarda relación directa con el de las clases etarias. Para las clases inferiores, muchas veces las estimaciones son constantes a lo largo de las distintas fechas en que fueron trabajadas, mostrando un coeficiente de variabilidad de valor cero. En todos los casos, salvo contadas excepciones, el valor es inferior al 20%, lo cual sugiere una alta similitud entre los valores de las distintas fechas y por ende precisión aceptable. Este hecho sugeriría que los criterios utilizados para las clases inferiores resultan más objetivos que los de las clases superiores, y podrían incluir cierto elemento de error a medida que se sube de clase. Sin embargo, tal grado de error podría no representar problemas dada la precisión lograda entre repeticiones.

Las Figuras 13 a 16 muestran la dispersión del coeficiente de variabilidad y el promedio de edad. Se puede apreciar cierta tendencia a que a medida se aumenta de clase, sucede lo mismo con el coeficiente de variabilidad.

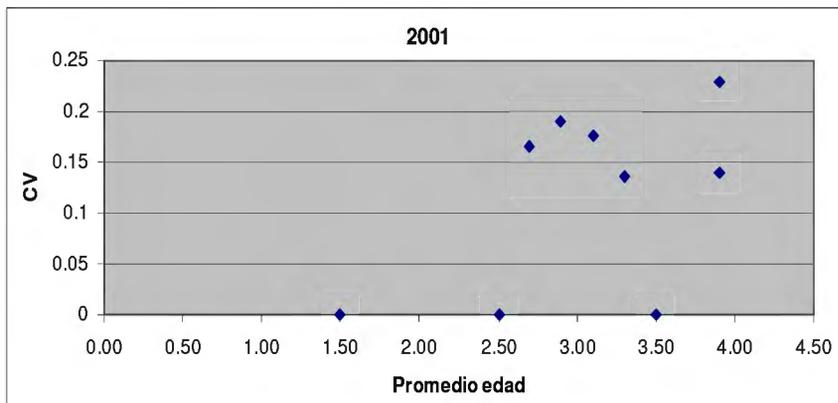


Figura 13 : CV vs. Promedio de edad temporada 2001

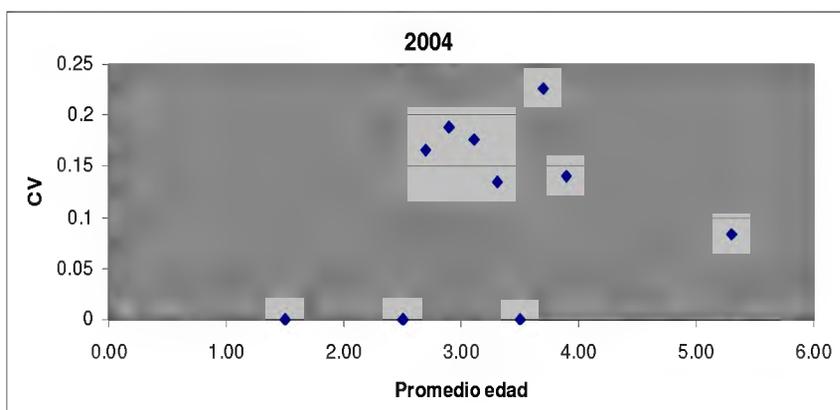


Figura 14 : Desviación vs. Promedio de edad temporada 2004

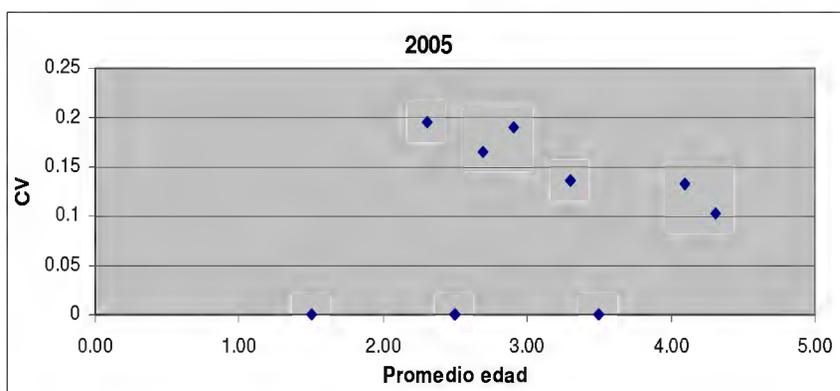


Figura 15 : Desviación vs. Promedio de edad temporada 2005

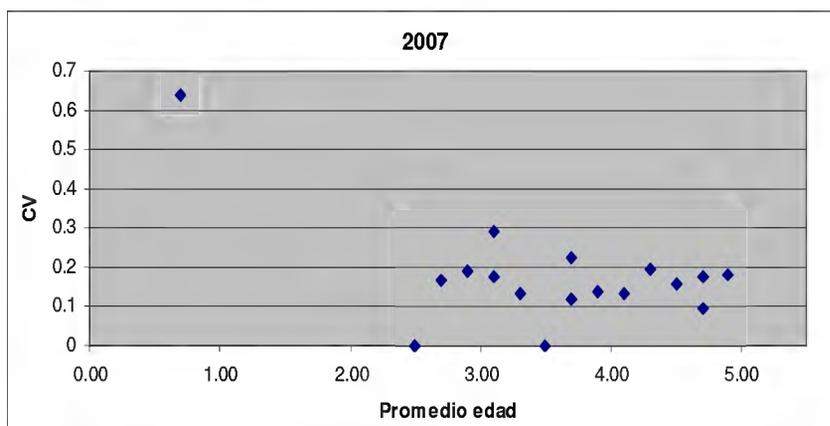


Figura 16 : Desviación vs. Promedio de edad temporada 2007

Del análisis del coeficiente de variabilidad en las distintas fechas de evaluación se desprende también un análisis referente a la cantidad de repeticiones recomendables para lograr que dicho coeficiente se encuentre dentro de parámetros aceptables. Los gráficos del Anexo 3 muestran las curvas suavizadas de cómo varía el CV, en relación al número de repeticiones. Se observa que en la mayoría de casos, éste es inferior al 20% y tiende a estabilizarse a partir de la tercera repetición.

De manera adicional se presenta la Figura 17, que muestra los promedios de la estimación del autor y las estimaciones conjuntas con el asesor, solamente para denotar la similitud entre ambas.

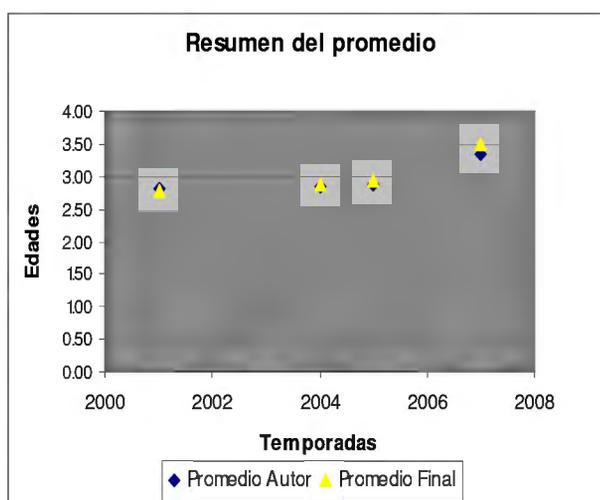


Figura 17 : Dispersión del promedio de edad por temporada.

Los valores casi se traslapan lo cual reitera la similitud entre las estimaciones del autor y la estimación conjunta. La prueba presentada a continuación realiza indirectamente una comparación de tal estadístico.

Se presenta la prueba de Chi-cuadrado comparando la similitud entre las distintas fechas de medición. La Figura 18 muestra el gráfico de frecuencias de las distintas fechas de evaluación y de las frecuencias esperadas². Los cuadros de frecuencias se encuentran en el Anexo 2. Se

² Dado que la frecuencia esperada es la misma para todos los casos se grafica una sola vez.

agrupó a la clase 0 y la clase I para cumplir con los requerimientos sugeridos por Siegel y Castellan (1988).

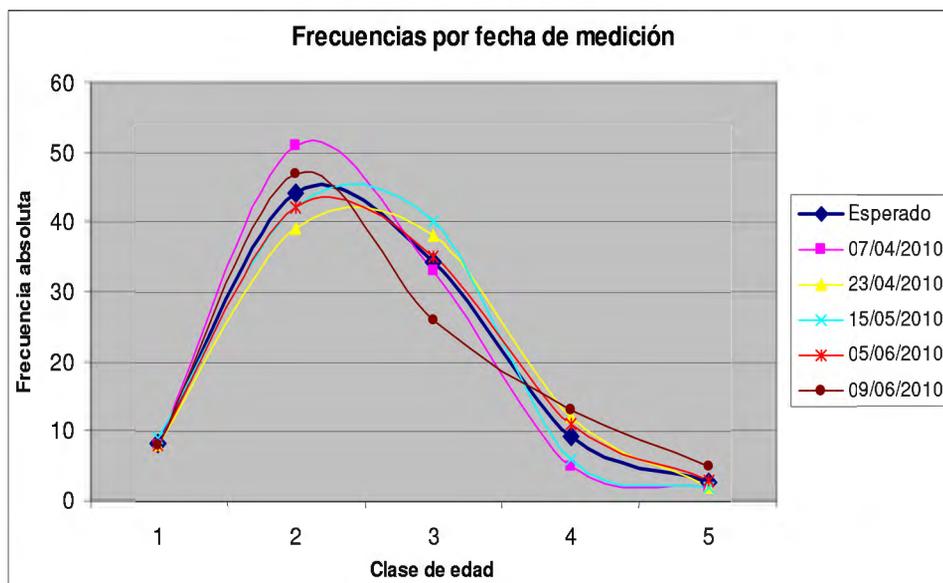


Figura 18 : Curvas de frecuencias para distintas fechas de estimación.

Las curvas se encuentran muy próximas entre sí e incluso se traslapan. Para cada fecha, se aprecia la misma tendencia que en los resultados de las estimaciones de toda la población: la mayoría de observaciones se concentra en las clases II y III. Se resalta la frecuencia esperada para denotar que las mediciones se asemejan entre sí.

La prueba se realizó con cinco categorías posibles (k) y cinco fechas de estimación (r), es decir 16 grados de libertad. El valor tabular y el valor calculado detallado del estadístico se encuentran en el Anexo 2.

No existieron diferencias significativas entre las distintas fechas de evaluación ($\chi^2 = 13,64$, $p = 0,6249$). No se rechaza H_0 , lo que indica que las evaluaciones son similares entre sí. En este sentido, el método de medición de desgaste y erupción de las piezas dentales es suficientemente consistente siempre y cuando se cuente con el patrón de comparación a lo largo de todo el proceso.

4.2 ASIGNACIÓN DE EDAD POR EL MÉTODO DE CONTEO DE LOS ANILLOS DENTALES DE CRECIMIENTO

Luego de la aplicación de las fórmulas propuestas para el muestreo, se obtuvo los siguientes resultados:

Tamaño inicial de muestra (n_0) \rightarrow 99,5970

Tamaño ajustado de muestra (n) \rightarrow 63,65 \approx 64

Tamaño de muestra después de redondear cada temporada por exceso \rightarrow 72

Tamaño final de muestra luego del 30% de seguridad \rightarrow 95

La muestra se distribuyó como lo presenta el Cuadro 12:

Cuadro 12 : Tamaño de muestra por temporada

Temporada	Ponderación	Muestra redondeada
1996	5,03%	5
1997	4,03%	4
1999	6,71%	6
2000	4,70%	5
2001	6,71%	6
2002	5,37%	5
2003	1,68%	2
2004	7,72%	7
2005	6,38%	6
2006	5,70%	6
2007	11,74%	11
2008	13,76%	13
2009	20,47%	19
Total	100%	95

La extracción de los dientes no presentó problemas. La metodología seguida demostró funcionar adecuadamente.

- Preparación de láminas

El plano transversal fue elegido para la obtención de láminas histológicas debido a que ya existía evidencia de la zona que mejor muestra los anillos (Low y Cowan 1963), resultando más sencillo para el encargado de esta parte del estudio, trabajar con esta orientación. Asimismo, como ya se mencionó, en muchos casos los anillos pueden ser visualizados alrededor de toda la circunferencia del diente (Thomas y Bandy 1973) y además algunos autores habían señalado que el plano transversal podría brindar mejor resolución en las capas de cemento, lo que facilita la identificación de las mismas (Gasaway *et al.* 1978 y Avadhani 2009).

Existieron algunas muestras histológicas que tuvieron que ser cortadas más de una vez para buscar un corte lo suficientemente bueno, que permitiera visualizar las estructuras que deben observarse para aplicar con éxito la metodología. Por esta razón el tiempo requerido de preparación de láminas fue mayor al estimado inicialmente.

- Análisis de láminas histológicas

A pesar de los múltiples cortes que se debieron aplicar a algunos dientes de la muestra, se debió descartar algunos de ellos. Éstos resultaron inservibles para el estudio debido a la imposibilidad de asignarles una edad, ya fuera por errores de montaje o por haberse malogrado. El tamaño final de la muestra fueron 82 dientes. Con éste número, al calcular el error real cometido, utilizando las fórmulas de manera inversa, se obtuvo 8,45 %, lo cual es inferior al 10 % planteado inicialmente como error permisible para el muestreo, y colocando a este último en una posición mejor que la inicial. Los tamaños finales de muestra se aprecian en el Cuadro 13.

Cuadro 13 : Tamaños definitivos de muestra

Temporada	Muestra definitiva
1996	3
1997	4
1999	5
2000	5
2001	4
2002	4
2003	1
2004	2
2005	6
2006	6
2007	10
2008	13
2009	19
Total	82

El Cuadro 14 muestra el resumen de los resultados obtenidos, y las Figuras 19 y 20 muestran los histogramas por temporada y general. Los cuadros de todas las asignaciones se encuentran en el Anexo 8.

Cuadro 14 : Resumen de la distribución de edades por temporada y general según anillos.

Temporada / Clase de edad	0	I	II	III	IV	V	Total
1996	0	0	1	1	1	0	3
1997	0	0	1	2	1	0	4
1999	0	1	1	2	1	0	5
2000	0	1	1	3	0	0	5
2001	0	2	2	0	0	0	4
2002	1	2	1	0	0	0	4
2003	0	0	1	0	0	0	1
2004	0	0	2	0	0	0	2
2005	0	1	3	2	0	0	6
2006	0	4	2	0	0	0	6
2007	0	4	2	3	1	0	10
2008	0	1	2	4	2	4	13
2009	1	8	4	6	0	0	19
Total	2	24	23	23	6	4	82

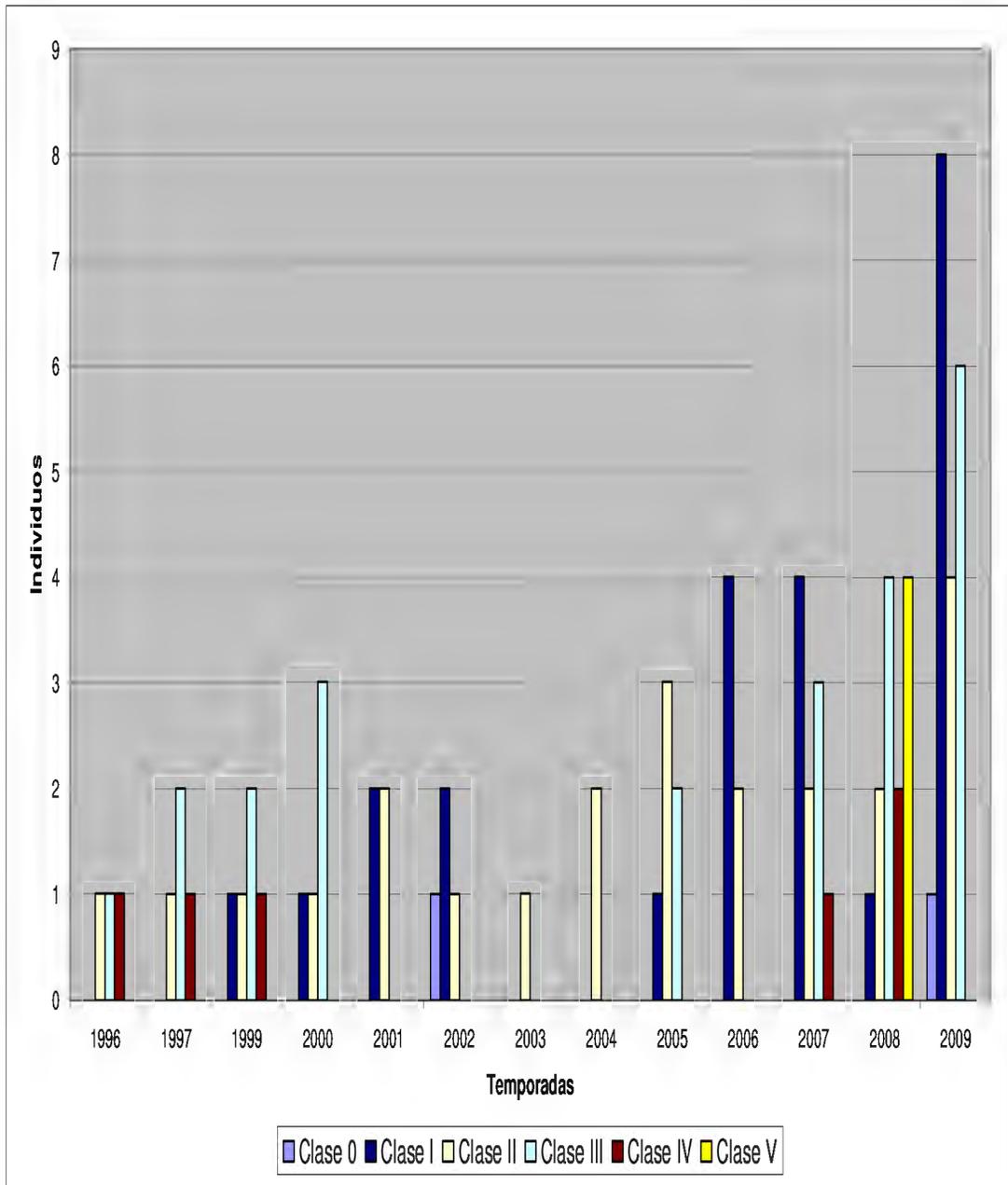


Figura 19 : Distribución etaria muestral por temporada por temporada según anillos.

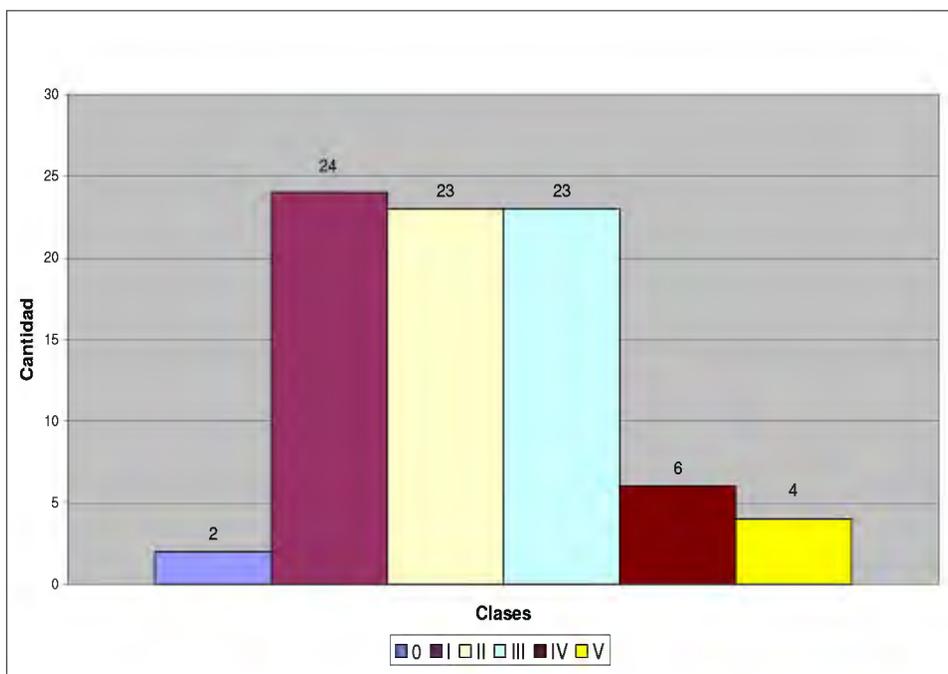


Figura 20 : Distribución etaria muestral según anillos.

Para este método se nota una clara acumulación en las clases I, II y III, lo cual podría sugerir que el método tiende a agrupar en este rango, es decir en edades que fluctúan entre uno y cuatro años. Los números en las clases IV y V (cuatro a cinco y cinco a seis años), permanecen bajos, sin superar el valor de seis en ninguna de las tres, mientras que, para las clases previamente mencionadas (I, II y III), las frecuencias superan los 20 individuos³. El promedio general de edad alcanza los 2,73 años, rebasando al mínimo recomendable para la cosecha (Adams 2004).

Se podría sugerir que la metodología de conteo de anillos tendiera a agrupar los resultados en dos grandes bloques: los menores (clases I, II y III) y los mayores (IV y V), debido al similar número de existencias para las clases de ambos grupos. Este hecho podría sugerir que el criterio para asignar edades no ofrecería suficientes elementos de juicio para hacer una buena distinción entre las clases I, II y III por un lado, y las clases IV y V por otro.

³ No se comenta la clase 0, puesto que el Reglamento elaborado por el CCPTP para el sector Sauce Grande, prohíbe la caza de crías y por ende no se espera la presencia de dicha clase en los resultados de la cosecha.

4.3 COMPARACIÓN ENTRE AMBOS MÉTODOS

La prueba de Wilcoxon no presentó diferencias significativas entre ambos métodos ($z = -1,939$, $p = 0,053$). Existieron 21 coincidencias, es decir que se utilizaron 61 pares de datos para la comparación (N). La H_0 no se rechaza, lo que significa que la utilización de cualquiera de los dos métodos para asignar edad a los venados es equivalente. Los cuadros arrojados por SPSS se muestran en el Anexo 5. Ante resultados no diferenciados entre ambos métodos, otros factores cobran importancia para la elección de uno.

- Comparación con individuos de edad conocida

El conteo de anillos resultó complicado por los múltiples cortes que se debió realizar y la cercanía entre líneas, en todos los casos las estructuras observadas permitieron colocar a los individuos en la clase de edad a la que pertenecían. Incluso con los animales de edades altas (VI+), se logró un buen acercamiento.

El método de análisis del desgaste resultó más sencillo de aplicar y fue mucho más rápido. No se contó con tanta precisión como en el caso del conteo de anillos para las clases altas (VI+) pero el ajuste fue bueno. Naturalmente, en este método no es posible asignar edades a venados mayores de la clase VI+, por lo que se les agrupa. En tres de siete casos, la categoría de edad asignada fue la correcta y en el resto fue una cercana, coincidiendo con la precisión reportada por la prueba de objetividad.

No existieron diferencias significativas entre los resultados de la edad real, la estimación mediante desgaste y la estimación mediante conteo de anillos ($\chi^2 = 0$, $p = 1,00$). La prueba se realizó con $N = 7$ y $k = 3$. La H_0 no se rechaza, lo que indica que ambos métodos se ajustan correctamente a la edad real de los animales. Los cuadros previos a la aplicación de la prueba y los cuadros arrojados por SPSS 15.0 se presentan en el Anexo 6.

Dadas las similitudes entre los resultados arrojados por ambos métodos, es necesario considerar criterios adicionales para la elección de un método. Se muestran dos cuadros referenciales comparando las actividades e insumos y las características más importantes de ambos métodos (Cuadros 15 y 16). Los costos indicados son los costos reales en que se debería incurrir para

realizar un estudio similar. En otros solamente se indica la descripción de la actividad o el ítem con una X. Un guión indica que tal actividad/ítem no es necesaria para el método.

Cuadro 15: Actividades e insumos necesarios para cada método.

Insumo / actividad	Desgaste	Anillos
Extracción de las maxilas inferiores	X	X
Limpieza de las maxilas extraídas	X	X
Almacenado de maxilas en El Angolo	X	X
Transporte de maxilas a Lima	X	X
Almacenado de maxilas en la UNALM	X	X
Extracción de los dientes incisivos	-	X
Almacenado de los dientes incisivos	-	X
Cartilla de determinación de edad (útil para múltiples veces)	S/. 19**	-
Servicio de cortado y montaje de láminas histológicas dentales por unidad (diente)*	-	S/. 30 por unidad
Uso de microscopio y captura digital (Precio por foto: S/. 5.00, se requiere aprox. tres fotos por individuo)***	-	S/. 15 por unidad
Tiempo del evaluador de las quijadas o de las láminas dentales	X	X
Costo total por individuo analizado	Al menos S/. 19	Superior a S/. 45

* Incluye insumos requeridos (materiales, equipos, reactivos, tintes, etc.) y tiempo del técnico encargado. Fuente: Laboratorio de Histología y Patología. Facultad de Veterinaria y Zootecnia – UPOCH.

**Fuente: www.forestry-suppliers.com a un T/C de S/. 2.7. Último acceso: agosto 2011.

*** Fuente: Laboratorio de Anatomía de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales – UNALM.

Para el método de desgaste es necesario incurrir en siete actividades con un costo, mientras que para el análisis de láminas histológicas de los dientes para conteo de anillos dentales, se requieren diez. Seis de éstas son necesarias para ambos métodos, pero algunas son específicas y determinantes. Para el caso de los anillos, el servicio de preparación de láminas histológicas y de uso de microscopio y captura digital, son elementos clave.

El costo es mayor al utilizar el método de conteo de los anillos dentales. Los valores referenciales indican el valor mínimo que se tendría que invertir para utilizar el método de los anillos por cada individuo analizado. En el caso del desgaste, el valor pretende solamente indicar que el costo será necesariamente menor que el del método de los anillos.

A continuación se presenta un cuadro que puede ayudar a una toma de decisión de cuál método elegir dependiendo de los objetivos que se busque conseguir.

Cuadro 16: Cuadro comparativo de las características más importantes mostradas por ambos métodos.

Categoría	Desgaste	Anillos
Entrenamiento requerido	Medio	Medio-alto
Facilidad	Alta	Poca
Equipamiento necesario	Bajo	Alto
Tiempo requerido	Corto	Extenso
Costo	Bajo	Medio-alto

El bajo costo, el poco tiempo y equipamiento requerido y la facilidad de aplicación que ofrece el método de desgaste, son características que lo distinguen del método de conteo de anillos. Considerando también el resultado obtenido de la prueba de Wilcoxon y el resultado de la prueba de Friedman, el factor económico se vuelve fundamental al momento de la elección y recomendación de un método.

- Factores que pueden dificultar el uso del método de conteo de los anillos dentales de crecimiento:

Si bien, en líneas generales, el método de conteo de los anillos dentales podría resultar de muy fácil aplicación (Columbia Británica – Low y Cowan 1963, Noruega – Reimers y Nordby 1968, Columbia Británica - Thomas y Bandy 1973, Montana – Hamlin *et al* 2000), tal no es necesariamente el caso estudiado. A pesar de que los resultados entre ambos son similares, se debe tener en cuenta que la observación de anillos requirió múltiples cortes y no fue sencillo diferenciarlos en las fotografías. Se infiere que las condiciones ambientales presentes en el área de estudio pueden dificultar la formación y lectura de las bandas en el cemento de los dientes de los venados (Brokx 1972, Aggarwal *et al* 2008, Pundir *et al* 2009), por lo que no resulta práctico su uso.

La estacionalidad del bosque seco del noroeste peruano podría no ser suficiente para influenciar cambios drásticos en el crecimiento de los animales. En latitudes altas se tiene un largo período del año en el que los animales deben conformarse con la poca comida que puedan encontrar y

la calidad de la misma variará ampliamente. En El Angolo, no existe un fenómeno tan fuerte que cubra toda la vegetación durante largos meses. Las plantas consumidas por el venado de cola blanca siempre permanecen ahí; la única diferencia es que en época húmeda el follaje será más abundante, pero aun así la especie podrá optar entre distintas opciones nutricionales y no se verá relegada a comer o morir de inanición, como puede suceder en otras latitudes (países templados). La vegetación del bosque seco, es una clara respuesta a las lluvias, las cuales se grafican en la Figura 21.

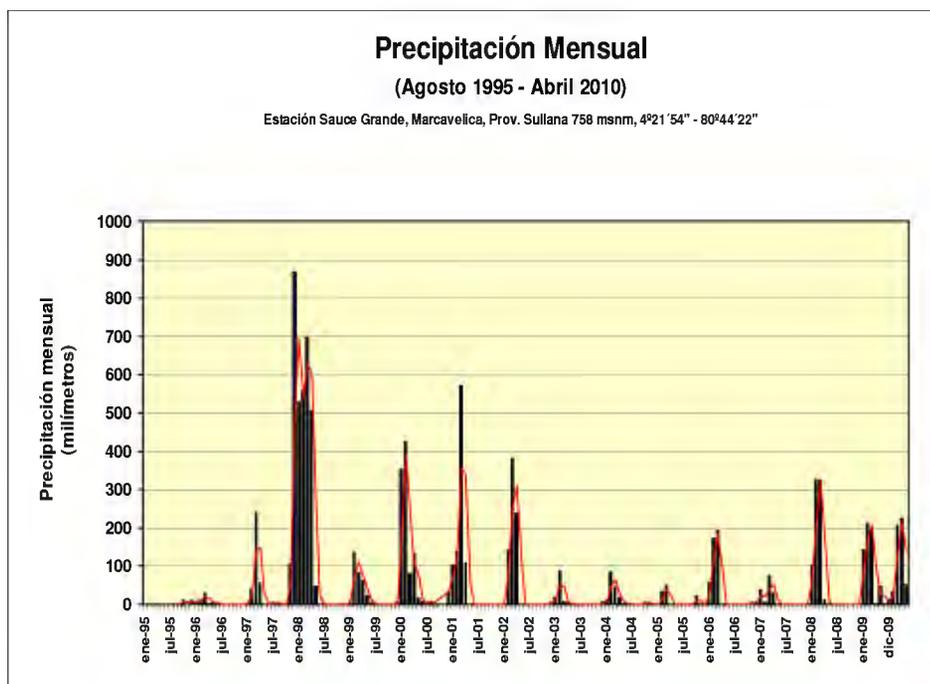


Figura 21 : Precipitación en la Estación Sauce Grande, El Angolo

De aquí se deriva que la situación estudiada podría asemejarse a la formación de anillos en las especies arbóreas de zonas templadas y las de zonas tropicales. Si bien algunas especies tropicales muestran anillos de crecimiento perfectamente definidos, no son la mayoría. Lo mismo podría ocurrir con los dientes del venado de cola blanca.

Existen investigaciones médicas que advierten de un fenómeno importante. Luego de estudiar las causas de la formación de anillos dentales en humanos, se llegó a la conclusión de que las líneas son momentos donde la calcificación se detiene o se ve reducida. Además, entre otros

factores, hormonas como la hipertiroidia, juegan un rol importante en la formación de los anillos. Dicha hormona regula la absorción de calcio, la cual también es influenciada por la vitamina D, que es directamente influenciada por la cantidad de horas de exposición a la luz solar (Aggarwal *et al.* 2008, Pundir *et al.* 2009). Naturalmente los trópicos presentan más horas de luz que las regiones templadas, como se observa en el Cuadro 17:

Cuadro 17: Duración predicha del día en horas para distintas latitudes donde se presenta el venado de cola blanca, para el año 2011.

Latitud	Longitud	Lugar de referencia	Duración del día para 2011 en horas	
			21 de junio	22 de diciembre
0° 00'	80° 00' O	-	12:07	12:08
2° 53' S	79° 00' O	Cuenca, Ecuador	11:57	12:18
4° 21' S	80° 44' O	El Angolo, Piura, Perú	11:52	12:23
10° 3' N	66° 58' O	Caracas, Venezuela	12:43	11:32
21° 09' N	86° 50' O	Cancún, México	13:13	10:51
24° 01' N	104° 39' O	Durango, México	13:37	10:39
25° 47' N	80° 17' O	Miami, Florida, Estados Unidos	13:45	10:32
29° 45' N	95° 22' O	Houston, Texas, Estados Unidos	14:03	10:14
35° 13' N	80° 50' O	Charlotte, Carolina del Norte, Estados Unidos	14:32	09:47
40° 43' N	74° 0' O	Nueva York, Estados Unidos	15:06	09:15
46° 35' N	112° 1' O	Helena, Montana, Estados Unidos	15:50	08:34
51° 2' N	114° 3' O	Calgary, Alberta, Canadá	16:33	07:55
59° 23' N	112° 59' O	Parque Nacional del Búfalo de los Bosques, Alberta/Territorios del Noroeste, Canadá	18:38	06:04

Fuente: United States Naval Oceanography Portal

Este fotoperiodo prolongado, sumado a la ausencia de condiciones muy contrastantes en términos de temperatura (diferencias del orden de valores por debajo de cero grados en invierno y veranos que bordeen los veinte grados centígrados) y de carestía de nutrientes (forzando a los animales a alimentarse de brotes escasos que no proporcionen los nutrientes necesarios), podrían ser los factores determinantes en la formación de los anillos dentales en los mamíferos del trópico, ocasionando que éstos se encuentren en una situación de crecimiento/calcificación constante. O, en su defecto, que los momentos en los que el

crecimiento se detiene, sean muy cortos, como para formar líneas lo suficientemente visibles (Lockard 1972, Brokx 1972). De este modo podría explicarse lo tenue de algunas líneas presentes en los dientes, lo juntas que se visualizan o incluso la ausencia de ellas (Pundir *et al*, 2009; Aggarwal *et al*, 2008).

Por otro lado, es importante tener especial atención durante todo el proceso de elaboración de láminas dentales para facilitar el análisis posterior de las mismas. Ya se comentó que en muchas ocasiones hubo que volver a realizar los cortes para buscar el indicado. A pesar de que el área reportada en la literatura (Low y Cowan 1963) como la mejor zona del diente para visualizar los anillos se cumple, hay que tener en cuenta el tiempo que permanecen los dientes en el ácido, el correcto montaje de las láminas, tiempo suficiente en el baño de flotación y el correcto teñido. Se perdieron trece dientes por efecto excesivo del ácido y en otros casos hubo que repetir cortes debido a mal montaje de las láminas, que puede ser atribuible a muy poco tiempo en el baño de flotación (Roy Andrade, comunicación personal)⁴. Del mismo modo, existen diversos tipos de tinción reportados por distintos autores y en este estudio solamente se utilizó la hematoxilina. De este modo, se debe considerar que la metodología no es rígida y debe ir adaptándose por el especialista encargado, lo cual naturalmente puede elevar los costos.

En este sentido, existen dos fuentes de error a las cuales atribuir las dificultades observadas en el uso del método de conteo de anillos: los factores medioambientales y el cuidado al momento de la preparación de las láminas dentales. Estos dos factores pueden influenciar la existencia y correcta visualización de los anillos y por ende la facilidad y practicidad de un método basado en dicha variable.

⁴ Roy Andrade, Tecnólogo Médico. Laboratorio de Histología y Patología, Facultad de Veterinaria y Zootecnia – UPCH.

- Consideraciones prácticas del uso del método de desgaste y erupción de las piezas dentales

En un ejercicio de aplicación del método de desgaste y erupción de la dentadura, para las 298 mandíbulas existentes en todas las temporadas trabajadas se obtendría el siguiente resultado.

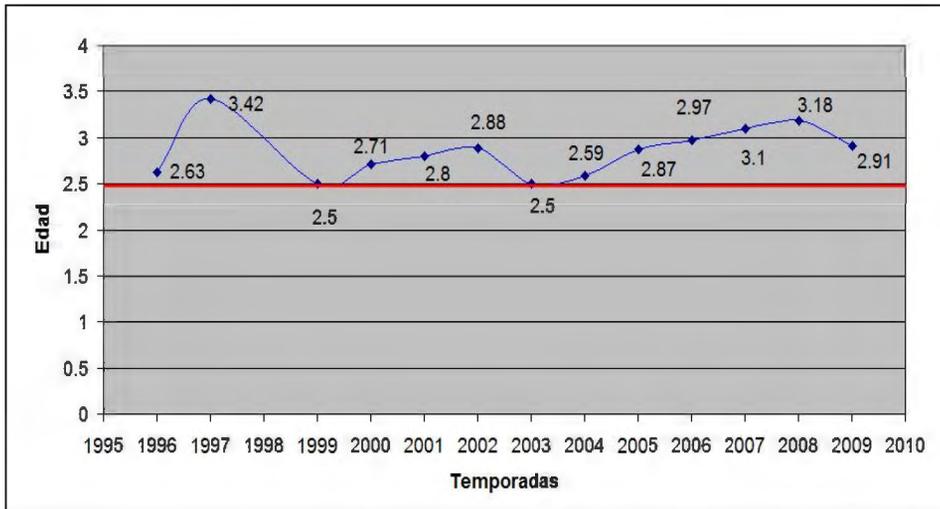


Figura 22 : Edades promedio por temporada según desgaste.

En todas las temporadas, el promedio etario es mayor o igual a 2,5 años, alcanzando 2,89 como promedio general, lo cual califica positivamente al efecto que surge de la aplicación del método.

5. *CONCLUSIONES*

- El método de desgaste y erupción de las piezas dentales se desarrolla con menor costo, menor tiempo y mayor facilidad.
- El método de conteo de anillos dentales tiene un costo mayor que el de desgaste, requiere más tiempo y equipos y presenta dificultades en la lectura de los anillos.
- La experiencia y el uso constante de un patrón para comparación, son elementos fundamentales para la estimación de edad mediante el método de desgaste y erupción de las piezas dentales.
- Realizar más de una repetición al trabajar con el método de desgaste y erupción de las piezas dentales brinda la oportunidad de reducir los errores que puedan presentarse (cansancio, ausencia de luz, etc.)
- Ambos métodos cumplen con asignar una edad a las mandíbulas de los venados, pero el método de desgaste no asigna más allá de la clase VI+, mientras que el de los anillos sí lo permite. Su uso, podría ser recomendable para determinadas situaciones.
- Ambos métodos arrojaron resultados similares y mostraron un ajuste correcto a los animales de edad conocida. Dados los resultados equivalentes y las diferencias en cuando a los requerimientos y los costos, el método de desgaste y erupción de las piezas dentales es la elección para un caso como el del Coto de Caza El Angolo.

6. RECOMENDACIONES

- Al utilizar el método de desgaste y erupción de las piezas dentales, hay dos elementos a tener en cuenta: las mandíbulas deben encontrarse debidamente acondicionadas y se debe contar siempre con el patrón de comparación para aplicar correctamente el método.
- Se recomienda considerar como norma, al trabajar con el método de desgaste y erupción de las piezas dentales, realizar tres o más repeticiones.
- Es de suma importancia contar con una muestra de animales de edad conocida suficientemente grande que cubra las diferentes clases de edad, para calibrar adecuadamente ambos métodos, en especial las clases críticas.

BIBLIOGRAFÍA

ADAMS, K. 2004. Deer Management Strategies. Quality Deer Management Association QDMA. Consultado el 26 de Septiembre de 2010. Disponible en: <http://www.qdma.com/what-we-do/articles/deer-biologymanagement/deer-management-strategies/>

AGGARWAL, P; SAXENA, S; BANSAL, P. 2008. Incremental lines in root cementum of human teeth: An approach to their role in age estimation using polarizing microscopy. Indian J Dent Res, 19: 326-30.

AVADHANI, A; TUPKARI JV; KHAMBATY, A; SARDAR, M. 2009. Cementum annulations and age determinations. Journal of Forensic Dental Sciences, 1(2): 73 – 76.

BELDEN, R C; McCOWN, JW. 1996. Florida panther reintroduction feasibility study. Fla. Game and Fresh Water Fish Comm., Bur. Wildl. Res. Final Rep. 70pp.

BROKX, PA. 1972. Age Determination of Venezuelan White-Tailed Deer. The Journal of Wildlife Management, 36(4): 1060-1067.

BROKX, PA. 1984. South America. En: White Tailed Deer, Ecology and Management. Ed. LK Halls. Wildlife Management Institute. Stackpole Books. Harrisburg, Pennsylvania, US. p. 525 – 546.

COCHRAN, WG. 1998. Técnicas de Muestreo. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. Décimo tercera impresión. México. p. 83.

CONNOLLY, GE; DUDZINSKI, ML; LONGHURST, WM. 1969. An Improved Age-Lens Weight Regression for Black-Tailed Deer and Mule Deer. *The Journal of Wildlife Management*, 33(3): 701-704.

COOK, RL; HART, RV. 1979. Ages assigned known age Texas white-tailed deer: tooth wear versus cementum analysis. *Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies*, 33: 195-201.

CLUB DE CAZA, PESCA Y TURISMO – PIURA. 2011. Plan de Manejo del Venado de Cola Blanca *Odocoileus virginianus* (Gray, 1874). Coto de Caza El Angolo. Sector Sauce Grande. 51 p.

DE LA TORRE RÍOS, MU. 1981. Determinación de la edad de la vicuña según características y desgaste dentario. Tesis Médico Veterinario. Chincha, PE. Universidad San Luis Gonzaga de Ica. 40 p.

DEYOUNG, CA. 1989. Aging live white-tailed deer on southern ranges. *The Journal of Wildlife Management*. Vol 53(3): 519 – 523.

ERICKSON, JA; ANDERSON, AE; MEDIN, DE; BOWDEN, DC. 1970. Estimating Ages of Mule Deer - An Evaluation of Technique Accuracy. *The Journal of Wildlife Management*, 34(3): 523-531.

ERICKSON, JA; SELIGER, WG. 1969. Efficient Sectioning of Incisors for Estimating Ages of Mule Deer. *The Journal of Wildlife Management*, 33(2): 384-388.

FANCY, SG. 1980. Preparation of mammalian teeth for age determination by cementum layers: a review. *Wildlife Society Bulletin*, 8(3): 242 – 248.

- FERRÁN, M.** 1996. SPSS para Windows. Programación y análisis estadístico. McGraw-Hill. Madrid. p. 176 – 184.
- GASAWAY, WC; HARKNESS, DB; RAUSCH, RA.** 1978. Accuracy of Moose Age Determinations from Incisor Cementum Layers. *The Journal of Wildlife Management*, 42(3): 558-563.
- GILBERT, FF.** 1966. Aging White-Tailed Deer by annuli in the cementum of the first incisor. *The Journal of Wildlife Management*, 30(1): 200-202.
- GILBERT, FF; STOLT, SL.** 1970. Variability in aging Maine white-tailed deer by tooth-wear characteristics. *The Journal of Wildlife Management*, 34(3): 532-535.
- HACKETT, EJ; GUYNN, DC Jr.; JACOBSON, HA.** 1979. Differences in age structure of white-tailed deer in Mississippi produced by two aging-techniques. *Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies*, 33: 25 – 29.
- HALLS, LK.** 1980. White-tailed Deer. En: *Big Game of North America, Ecology and Management*. Eds. JL Schmidt; DL. Gilbert. Wildlife Management Institute. Stackpole Books. Harrisburg, PA, US. Segunda impresión. p. 43 – 65.
- HAMLIN, KL; PAC, DF; SIME, CA; DeSIMONE, RM; DUSEK, GL.** 2000. Evaluating the Accuracy of Ages Obtained by two Methods for Montana Ungulates. *The Journal of Wildlife Management*, 64(2): 441-449.

- JACOBSON, HA; REINER, RJ.** 1989. Estimating age of white-tailed deer: tooth wear versus cementum annuli. Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies, 43: 286-291.
- KROLL, J.** 1994. A Practical Guide to Producing and Harvesting White-tailed Deer. Institute for White-tailed Deer Management and Research. Center for Applied Studies in Forestry. College of Forestry. Stephen F. Austin State University. Nacogdoches, Texas, US. 591 p.
- LARSON, JS; TABER, RD.** 1987. Criterios de Sexo y Edad. En: Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre. 4 ed. en español. Ed. R Rodríguez Tarrés. Trad. B Orejas Miranda; A Fontes Riganti. The Wildlife Society. Maryland, US. p. 151 – 164.
- LOCKARD, GR.** 1972. Further Studies of Dental Annuli for Aging White Tailed Deer. The Journal of Wildlife Management, 36(1): 46-55.
- LOW, WA; COWAN, IM.** 1963. Age Determination of Deer by Annular Structure of Dental Cementum. The Journal of Wildlife Management, 27(3): 466-471.
- MAFFEI, L; BECERRA, MN.** 2000. Técnica básica para determinar la edad en ungulados silvestres en base al análisis de dientes. Ecología en Bolivia, 34: 39 – 44.
- MAJLUF, P.** 1987. Reproductive ecology of female South American fur seals of Punta San Juan Peru. Ph.D. Thesis. University of Cambridge, UK. 119 p.
- MATSON'S LABORATORY:** Cementum aging and wildlife services. Consultado el 20 de octubre de 2010. Disponible en: <http://www.matsonslab.com/>.

- MERENLENDER, A; KREMEN, C; RAKOTONDRATSIMA, M; WEISS, A.** 1998. Monitoring Impacts of Natural Resource Extraction on Lemurs of the Masoala Peninsula, Madagascar. *Conservation Ecology*, 2(2):5.
- MILLER, FL.** 1974. Age determinations of caribou by annulations in dental cementum. *The Journal on Wildlife Management*, 38(1): 47 – 53.
- MYSTEREUD, A; ØSTBYE, E.** 2006. Comparing single methods for aging roe deer *Capreolus capreolus*: are any of them useful for management? *Wildl. Biol.*, 12: 101 – 107.
- NELSON, ME.** 2001. Tooth extractions from live-captured white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin*, 29(1): 245-247.
- PUNDIR, S; SAXENA S; AGGARWAL, P.** 2009. Estimation of age based on tooth cementum annulations using three different microscopic methods. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 1(2): 82 – 87.
- QDMA Staff.** 2007. Age This! Quality Deer Management Association. Consultado el 22 de mayo de 2011. Disponible en: <http://www.qdma.com/what-we-do/articles/age-this/age-this-article/>.
- RANSOM, AB.** 1966. Determining Age of White-Tailed Deer from Layers in Cementum Molars. *The Journal of Wildlife Management*, 30(1): 197-199.
- REIMERS, E; NORDBY, Ø.** 1968. Relationship between Age and Tooth Cementum Layers in Norwegian Reindeer. *The Journal of Wildlife Management*, 32(4): 957-961.

- RICE, LA.** 1980. Influences of Irregular Dental Cementum Layers on Aging Deer Incisors. *The Journal of Wildlife Management*, 44(1): 266-268.
- SAUER, PR.** 1984. Physical Characteristics. En: *White Tailed Deer, Ecology and Management*. Ed. LK Halls. The Wildlife Management Institute. Stackpole Books. Harrisburg, PA, US. p. 73 – 90.
- SERGEANT, DE; PIMLOTT, DH.** 1959. Age Determination in Moose from Incisor Teeth. *The Journal of Wildlife Management*, 23(3): 315-321.
- SERNANP.** 2011. Coto de Caza El Angolo. Consultado el 25 de mayo de 2011. Disponible en: <http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/zonaturismoj.jsp?ID=21>.
- SEVERINGHAUS, CW.** 1949. Tooth Development and Wear as a Criteria of Age in White-tailed Deer. *The Journal of Wildlife Management*, 13(2):195-215.
- SIEGEL, S; CASTELLAN, NJ Jr.** 1988. *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. 2 ed. McGraw Hill. Boston, Massachusetts, US. p. 45 – 51.
- STERNER, R.** 1997. Sheep Predation by Coyotes: A Behavioral Analysis. 13th Great Plains Wildlife Damage Control Workshop Proceedings. p. 89 – 100.
- TABER, RD.** 1960. Criteria of Sex and Age. En: *Manual of Game Investigational Techniques*. Ed. HS Mosby. The Wildlife Society. Blacksburg, Virginia, US. p. 6:45 – 6:54.

TABER, RD. 1971. Criteria of Sex and Age. En: Wildlife Management Techniques. 3 ed. Rev. Ed. RH Giles Jr. The Wildlife Society. Washington DC, US. p. 379-390.

THOMAS, DC; BANDY, PJ. 1973. Age Determination of Wild Black Tailed Deer from Dental Annulations. The Journal of Wildlife Management, 37(2): 232-235.

UNITED STATES NAVAL OCEANOGRAPHY PORTAL. Consultado el 28 de febrero de 2011. Disponible en: www.usno.navy.mil .

VARGAS, C. 2008. Resumen para aplicar pruebas de hipótesis. Separata del curso de Estadística Forestal, Dpto. de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 8 p.

VÁSQUEZ P; BURNEO F; CANZIANI E; RÍOS J. 2007. Las plantas silvestres en la alimentación del venado cola blanca. Coto de Caza El Angolo-Piura. Guía de campo para su reconocimiento. Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 154 p.

VERME, LJ; ULLREY, DE. 1984. Physiology and Nutrition. En: White Tailed Deer, Ecology and Management. Ed. LK Halls. The Wildlife Management Institute. Stackpole Books. Harrisburg, PA, US. p. 91 – 118.

WAGNER, K; CONOVER, M. 1999. Effectiveness of Preventive Coyote Hunting on Sheep Losses to Coyote Predation. The Journal of Wildlife Management, 63(2): 606 – 612.

WILDLIFE ANALYTICAL LABORATORIES (Laboratorios Analíticos de Vida Silvestre). Consultado el 21 de octubre de 2010. Disponible en: <http://www.deerage.com/>.

WILDLIFE HERITAGE PRODUCTIONS. 1984. Speedager (cartilla de determinación de edad para el venado de cola blanca con fotos que muestran el patrón de desgaste).

ANEXO 1

**TAMAÑOS DE MUESTRA Y PROPORCIÓN DE LA POBLACIÓN
CORRESPONDIENTE PARA DISTINTOS VALORES DE P. 1-A = 95% Y E = 10%.
CUADRO ELABORADO SEGÚN COCHRAN (1998).**

p	n	nc	Proporción de la población
0.1	35	32	11%
0.15	49	43	14%
0.2	62	52	17%
0.25	73	59	20%
0.3	81	64	21%
0.35	88	68	23%
0.4	93	71	24%
0.45	96	73	24%
0.5	97	74	25%
0.55	96	73	24%
0.6	93	71	24%
0.65	88	68	23%
0.7	81	64	21%
0.75	73	59	20%
0.8	62	52	17%
0.85	49	43	14%
0.9	35	32	11%

ANEXO 2

SPEEDAGER

SPEEDAGER™ WHITE-TAILED DEER AGING CARD

You should have little difficulty in aging a fawn. Their body size alone usually gives the age away. However, if there is some doubt, count the lower jaw teeth. Fawns are less than the animal is a fawn. Note the erupting fifth tooth.

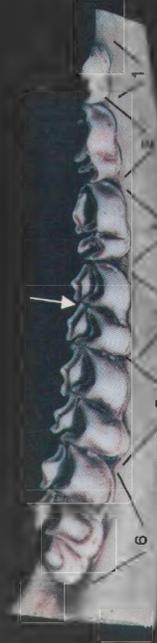


TONGUE SIDE

LIP SIDE

FAWN

In the 2-1/2 year old, the first three teeth have been shed and replaced with permanent two-cusped teeth. Look at the fourth tooth. The cusps are sharp and the dentine (brown) is not wider than the enamel (white). If the 4th tooth does not show wear, then stop. You have a 2-1/2 year old deer.



2-1/2 YEARS

The long-yearling is called so because it is around 18 months of age. It has all 6 lower jaw teeth, but the first three milk teeth have not yet been shed. The giveaway is the smooth, chalky appearance of the first three teeth, and the 3 cusps on the third tooth. In this photograph you even can see the new tooth coming in below the 3rd tooth.*



LONG-YEARLING

By 3-1/2 years, the 4th tooth begins to show wear. Look again at this tooth and compare it to the 2-1/2 year old. Note that the dentine is as wide as or wider than the enamel. Now look at the 5th tooth. The dentine is NOT wider than the enamel, so the fawn is 3-1/2 years old.



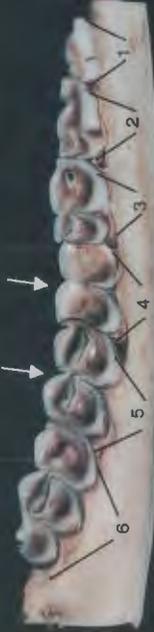
3-1/2 YEARS

At 4-1/2 years, wear has spread to the 5th tooth. Notice that the dentine is wider than the enamel in both the 4th and 5th jaw teeth. Now look at the 6th tooth. The dentine is NOT wider than the enamel, so it is 4-1/2 years old.



4-1/2 YEARS

Since deer are usually mature at 6-1/2 years, we do not normally age beyond this point; hence, the age 6-1/2+. Look at the 4th tooth. At this age, the enamel is completely gone. The 5th and 6th teeth should have only a small amount of enamel left in their centers. In older deer, all six teeth may be worn smooth. If the 4th, 5th, and/or 6th teeth are smooth, place the deer in the 6-1/2+ age class.



6-1/2 + YEARS

Wear has spread over all 6 jaw teeth by 5-1/2 years. The dentine is wider than the enamel on all teeth, including the 6th tooth. Since the 4th tooth is the oldest, it will wear out earlier. Note that only a small amount of enamel is left in the middle of the 4th tooth—a sure sign of the 5-1/2 year old.



5-1/2 YEARS

INSTRUCTIONS FOR USING THE SPEEDAGER™

This card is the result of years of effort to acquire the best representatives of the various age classes of whitetails. The jaws were collected from known aged animals, painstakingly photographed and printed for top quality color and clarity.

To use the card, all you have to do is open the right side of the deer's jaw and hold the card next to it. Follow the instructions on each panel and match up the jaw that fits your deer.

DENTINE (BROWN)

ENAMEL (WHITE)



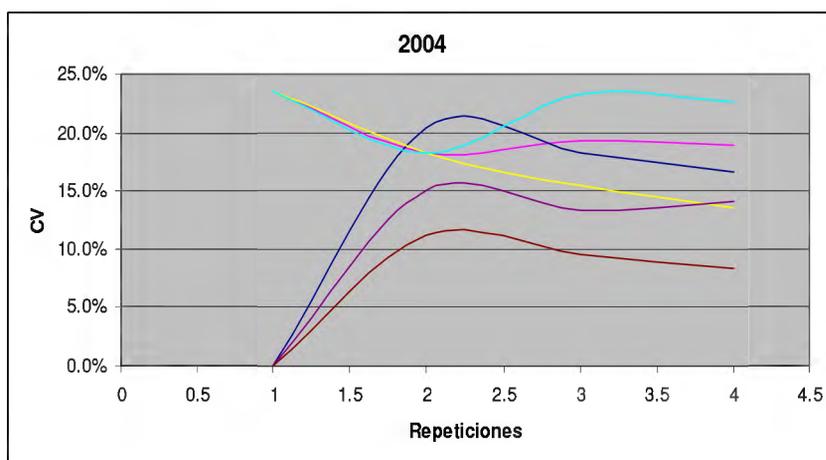
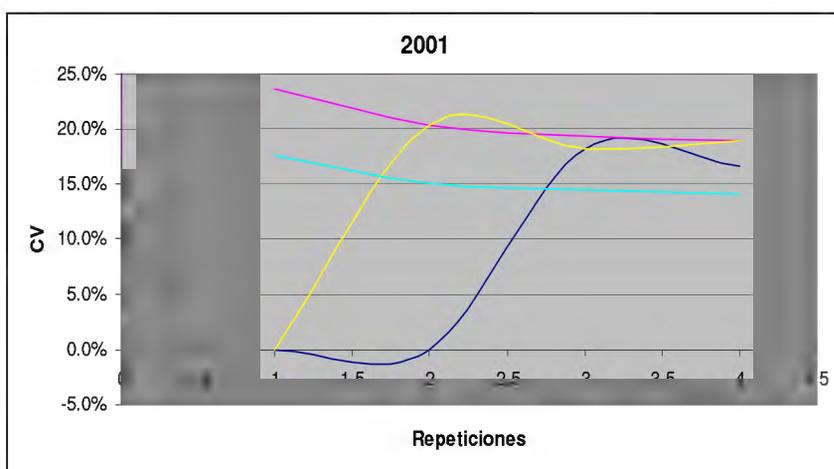
It is only necessary that you learn to recognize two parts of the tooth—the enamel and the dentine. Both are shown vividly in this photograph. Enamel will appear as whitish in color, while dentine usually will be brownish.

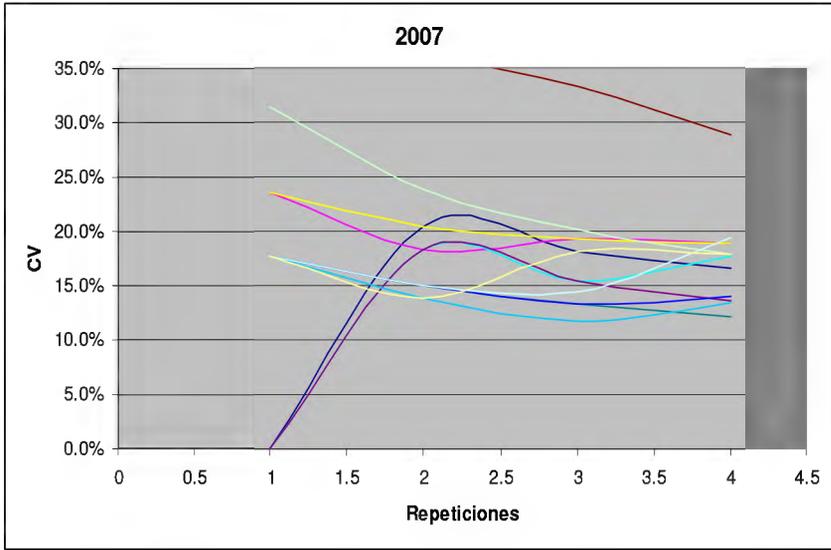
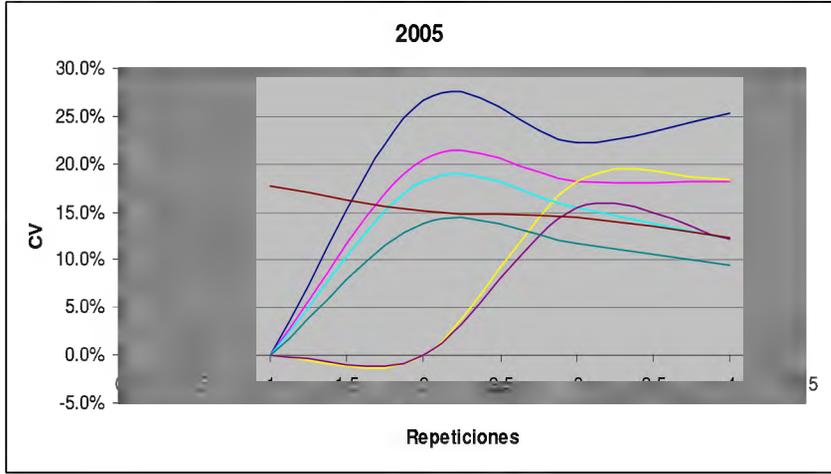
©Wildlife Heritage Productions, 1984

ANEXO 3

GRÁFICOS COMPARATIVOS DEL NÚMERO DE REPETICIONES EN EL USO DEL MÉTODO DE DESGASTE Y ERUPCIÓN DE LAS PIEZAS DENTALES Y EL COEFICIENTE DE VARIABILIDAD PARA LAS CUATRO TEMPORADAS UTILIZADAS EN LA PRUEBA DE OBJETIVIDAD

Se grafican todas las curvas observadas. Muchas se encuentran total o parcialmente traslapadas.





ANEXO 4

CUADROS DE FRECUENCIAS Y VALORES DE CHI-CUADRADO TABULAR Y CALCULADO

Tabla de frecuencias absolutas de las distintas evaluaciones realizadas.

Clases	7/4/10	23/4/10	15/5/10	5/6/10	9/6/10	Total
I	8	8	9	8	8	41
II	51	39	42	42	47	221
III	33	38	40	35	26	172
IV	5	12	6	11	13	47
V	2	2	2	3	5	14
Total	99	99	99	99	99	495

Frecuencias esperadas por clase y fecha de estimación.

Clases	7/4/10	23/4/10	15/5/10	5/6/10	9/6/10
I	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
II	44.2	44.2	44.2	44.2	44.2
III	34.4	34.4	34.4	34.4	34.4
IV	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4
V	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8

$$\chi^2_{\text{tab } \alpha=0,05 \text{ y } 16 \text{ g.l.}} = 26.30$$

$$\chi^2_{\text{calculado}} \rightarrow$$

0.00487805	0.00487805	0.07804878	0.00487805	0.004878049
1.04615385	0.61176471	0.10950226	0.10950226	0.177375566
0.05697674	0.37674419	0.91162791	0.01046512	2.051162791
2.05957447	0.71914894	1.22978723	0.27234043	1.378723404
0.22857143	0.22857143	0.22857143	0.01428571	1.728571429
				Total
				13.64698226

ANEXO 5

EJEMPLO DE ASIGNACIÓN DE RANGOS PARA LA PRUEBA DE WILCOXON Y CUADROS ARROJADOS POR SPSS 15.0

Cuadro que ejemplo de rangos suponiendo que existieran cuatro pares de datos:

Individuo	Edad desgaste	Edad anillos	Diferencia (<i>d</i>)	Rango	Rango con signo
1997 - 25	4	3	$4 - 3 = 1$	1.5	1.5
1999 - 4	3	4	$3 - 4 = -1$	1.5	- 1.5
2001 - 17	2	2	$2 - 2 = 0$		
2002 - 10	3	1	$3 - 1 = 2$	3	3
				Suma de rangos	$T^+ = 4.5$ $T^- = 1.5$

En las dos primeras filas se presenta el caso de diferencias del mismo tamaño, que les corresponderían los rangos de 1 y 2. Dado que son iguales, se toma al valor promedio (1.5) y el siguiente rango asignado es el 3. En la tercera fila, ocurre una resta de valor 0, por lo que no presenta rango y dicho dato se elimina de la prueba. Finalmente, en la última columna, se añade el signo de la diferencia a los rangos. En este caso $N = 3$ y $T = 1.5$.

Cuadros arrojados por SPSS

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Desgaste - Anillos	Rangos negativos	23(a)	30.02	690.50
	Rangos positivos	38(b)	31.59	1200.50
	Empates	21(c)		
	Total	82		

a Desgaste < Anillos

b Desgaste > Anillos

c Desgaste = Anillos

		Desgaste - Anillos
Z		-1.939(a)
Sig. asintót. (bilateral)		.053

a Basado en los rangos negativos.

ANEXO 6

CUADROS PREVIOS A LA APLICACIÓN DE LA PRUEBA DE FRIEDMAN Y CUADROS ARROJADOS POR SPSS 15.0

Clases etarias reales y asignadas

Individuo	Edad real	Edad desgaste	Edad anillos
EC1	II	V	II
EC2	II	III	II
EC3	VI+	III	VI+
EC4	VI+	VI+	VI+
EC5	VI+	VI+	VI+
EC6	VI+	IV	VI+
EC7	VI+	VI+	VI+

Rangos de edad asignados

Individuo	Edad real	Edad desgaste	Edad anillos
EC1	1.5	3	1.5
EC2	1.5	3	1.5
EC3	2.5	1	2.5
EC4	2	2	2
EC5	2	2	2
EC6	2.5	1	2.5
EC7	2	2	2
R	14	14	14

Cuadros arrojados por SPSS

	Rango promedio
Edad_real	2.00
Desgaste	2.00
Anillos	2.00

N	7
Chi-cuadrado	.000
gl	2
Sig. asintót.	1.000

ANEXO 7

EIDADES POBLACIONALES SEGÚN DESGASTE DE LA DENTADURA

Temporada	Número	Clase de edad
1996	1	III
1996	4	0
1996	5	0
1996	8	III
1996	9	III
1996	10	III
1996	11	II
1996	12	II
1996	13	III
1996	14	II
1996	15	II
1996	16	I
1996	17	III
1996	18	III
1996	21	II
1997	1	I
1997	2	V
1997	3	III
1997	5	III
1997	6	II
1997	11	III
1997	15	IV
1997	17	III
1997	22	III
1997	23	IV
1997	24	0
1997	25	IV
1999	1	I
1999	2	III
1999	3	I
1999	4	III
1999	5	II
1999	6	II
1999	7	II
1999	8	II
1999	9	II
1999	10	II
1999	11	II
1999	13	II
1999	32	III
1999	33	IV

Temporada	Número	Clase de edad
2006	6	II
2006	7	IV
2006	8	III
2006	9	III
2006	10	II
2006	11	III
2006	12	II
2006	13	II
2006	14	II
2006	15	II
2006	16	V
2006	17	II
2007	1	III
2007	2	IV
2007	3	II
2007	4	IV
2007	5	IV
2007	6	II
2007	7	II
2007	8	II
2007	9	II
2007	10	II
2007	11	II
2007	12	III
2007	13	III
2007	14	II
2007	15	II
2007	16	III
2007	17	II
2007	18	II
2007	19	II
2007	20	III
2007	21	III
2007	22	IV
2007	23	II
2007	24	III
2007	25	0
2007	26	III
2007	27	II
2007	28	III
2007	29	III

1999	34	II
1999	35	I
1999	36	I
1999	37	II
1999	38	II
1999	39	I
2000	1	II
2000	2	II
2000	4	I
2000	5	II
2000	6	IV
2000	7	IV
2000	8	II
2000	9	II
2000	10	II
2000	12	II
2000	13	III
2000	15	II
2000	17	I
2000	18	II
2001	1	III
2001	2	II
2001	3	IV
2001	4	III
2001	5	II
2001	6	III
2001	8	II
2001	9	III
2001	10	II
2001	11	III
2001	12	III
2001	13	0
2001	14	III
2001	15	II
2001	16	II
2001	17	II
2001	18	III
2001	19	I
2001	20	I
2001	21	II
2002	1	III
2002	2	III
2002	3	II
2002	4	IV
2002	5	II
2002	6	I
2002	7	V
2002	8	I
2002	9	I

2007	30	III
2007	31	II
2007	32	III
2007	33	III
2007	34	II
2007	35	IV
2008	1	IV
2008	2	III
2008	3	IV
2008	4	V
2008	5	IV
2008	6	III
2008	7	III
2008	8	III
2008	9	III
2008	10	II
2008	11	II
2008	12	III
2008	13	III
2008	14	IV
2008	15	III
2008	16	III
2008	17	III
2008	18	II
2008	19	IV
2008	20	III
2008	21	II
2008	22	III
2008	23	III
2008	24	II
2008	25	II
2008	26	II
2008	27	II
2008	28	II
2008	29	II
2008	30	II
2008	31	II
2008	32	II
2008	33	II
2008	34	II
2008	35	II
2008	36	II
2008	37	III
2008	38	II
2008	39	III
2008	40	II
2008	41	II
2009	1	II
2009	2	II

2002	10	III
2002	11	II
2002	12	III
2002	13	II
2002	14	II
2002	15	II
2002	16	II
2003	1	I
2003	2	II
2003	3	II
2003	4	III
2003	5	II
2004	1	II
2004	2	II
2004	3	II
2004	4	IV
2004	5	II
2004	6	III
2004	7	II
2004	8	II
2004	9	II
2004	10	II
2004	11	II
2004	12	II
2004	13	II
2004	14	III
2004	15	II
2004	16	II
2004	17	II
2004	18	II
2004	19	I
2004	21	I
2004	22	II
2004	23	II
2004	24	II
2005	1	II
2005	2	III
2005	3	II
2005	4	II
2005	5	III
2005	6	III
2005	7	III
2005	8	III
2005	9	II
2005	10	II
2005	11	II
2005	12	I
2005	13	II
2005	14	II

2009	3	II
2009	4	II
2009	5	III
2009	6	II
2009	7	II
2009	8	III
2009	9	III
2009	10	V
2009	11	II
2009	12	II
2009	13	II
2009	14	II
2009	15	II
2009	16	II
2009	17	II
200	18	II
2009	19	II
2009	20	V
2009	21	I
2009	22	I
2009	23	III
2009	24	II
2009	25	II
2009	26	II
2009	27	II
2009	28	IV
2009	29	II
2009	30	II
2009	31	IV
2009	32	II
2009	33	II
2009	34	II
2009	35	IV
2009	36	II
2009	37	II
2009	38	II
2009	39	III
2009	40	III
2009	41	II
2009	42	I
2009	43	IV
2009	44	IV
2009	45	II
2009	46	II
2009	47	II
2009	48	II
2009	49	III
2009	50	II
2009	51	III

2005	15	II
2005	16	II
2005	17	II
2005	18	IV
2005	19	III
2006	1	II
2006	2	II
2006	3	II
2006	4	II
2006	5	II

2009	52	III
2009	53	III
2009	54	II
2009	55	II
2009	56	III
2009	57	II
2009	58	II
2009	59	III
2009	60	II
2009	61	II

ANEXO 8

ESTIMACIONES ETARIAS MUESTRALES SEGÚN ANILLOS

Temporada	Número	Clase de edad
1996	1	III
1996	10	IV
1996	14	II
1997	11	II
1997	15	IV
1997	22	III
1997	25	III
1999	3	III
1999	4	IV
1999	5	III
1999	33	I
1999	38	II
2000	4	III
2000	5	III
2000	6	II
2000	10	III
2000	12	I
2001	4	I
2001	6	I
2001	16	II
2001	17	II
2002	2	II
2002	10	I
2002	11	I
2002	13	0
2003	2	II
2004	6	II
2004	16	II
2005	2	II
2005	8	II
2005	11	III
2005	13	III
2005	17	I
2005	19	II
2006	3	II
2006	5	I
2006	6	I
2006	11	II
2006	14	I

Temporada	Número	Clase de edad
2007	6	II
2007	7	I
2007	8	I
2007	13	III
2007	18	I
2007	19	II
2007	20	IV
2007	24	III
2007	35	III
2008	5	V
2008	6	V
2008	12	IV
2008	17	III
2008	19	IV
2008	20	V
2008	25	III
2008	27	II
2008	28	II
2008	31	I
2008	34	III
2008	39	V
2008	41	III
2009	4	I
2009	8	I
2009	9	I
2009	25	0
2009	26	I
2009	28	III
2009	30	I
2009	32	II
2009	34	II
2009	36	I
2009	39	II
2009	40	II
2009	45	III
2009	52	III
2009	55	III
2009	56	I
2009	57	III

2006	17	I
2007	3	I

2009	60	I
2009	61	III