

Microdesgaste dental *in vivo*: modelo preliminar para interpretar su formación y variabilidad en grupos humanos antiguos

ROMERO A¹, MARTÍNEZ-RUIZ N¹,
AMORÓS A², DE JUAN J¹

Rev. Esp. Antrop. Fis. (2003/4) 24: 5-18

Aceptado: 7 enero 2005

¹ Dpto. Biotecnología, Fac. de Ciencias, Universidad de Alicante Ap. C. 99, 03080 Alicante

² Servicios Técnicos de Investigación. Análisis Instrumental. Universidad de Alicante.

arr@ua.es

Palabras clave: microdesgaste, diente, dieta, *in vivo*, prehistoria, historia.

El análisis microscópico del esmalte dental ha mostrado una asociación entre el microdesgaste y las estrategias de alimentación en primates humanos y no humanos. Sin embargo, hay pocos estudios en sujetos actuales que pueden resolver diferentes cuestiones acerca de sus procesos de formación. El objetivo de este estudio es analizar el patrón de microdesgaste en un grupo de voluntarios de edad adulta con dietas no inducidas y su comparación con el obtenido en grupos humanos antiguos. Los resultados preliminares a nivel intergrupar sugieren una progresiva reducción de la abrasividad de la dieta desde los grupos prehistóricos a los actuales, probablemente relacionado con la cantidad de partículas abrasivas masticadas.

© 2004 Sociedad Española de Antropología Física

Introducción

El análisis del microdesgaste dental se centra en la cuantificación de la longitud, anchura y orientación de las improntas, que a nivel microscópico se encuentran en el esmalte dental. Estos rasgos microscópicos se producen a lo largo de la vida del individuo, generalmente por la masticación de alimentos que contienen partículas abrasivas de mayor dureza que el esmalte (Gügel *et al.* 2001; Teaford & Lytle 1996; Teaford *et al.* 2001). Las plantas dicotiledóneas y monocotiledóneas, que incluyen varios tipos de cereales, producen en sus tejidos partículas microscópicas de naturaleza silíceas o cálcicas preferentemente, son denominadas fitolitos. Estas pequeñas partículas, según la escala de Mohs, poseen una mayor dureza que el esmalte siendo por lo tanto, los agentes que producen su desgaste, junto al propio esmalte en su contacto interdental. De igual modo, otras partículas abrasivas de características físico-químicas similares, pueden adherirse al alimento ingerido a través del medio ambiente o por su manipulación mecánica y durante su masticación, producir un fenómeno similar (Gügel *et al.* 2001; Danielson & Reinhard 1998; Teaford & Glander 1996).

La interacción entre el alimento y la pieza dental superior e inferior que lo comprime, produce un fenómeno que conocemos como abrasión. Durante este proceso, las partículas abrasivas presentes en el alimento impactan en el esmalte dental. Sobre su superficie encontramos dos tipos de rasgos microscópicos: unos cuya longitud y anchura es similar (*pits*) y otros cuya longitud es al menos cuatro veces mayor que su anchura (estrías). Dependiendo de la zona analizada se observa una proporción diferente de ambos rasgos. En la superficie oclusal predominan los denominados *pits*, sin embargo, las estrías definen mayoritariamente el patrón de microdesgaste sobre la superficie bucal del diente (Gordon, 1988; Pérez-Pérez *et al.* 2003). En ambas superficies del esmalte, en primates humanos y no humanos con dieta conocida, el análisis de microdesgaste nos permite la configuración de modelos del carácter abrasivo de los alimentos masticados, y su relación con estrategias de alimentación (Galbany & Pérez-Pérez

2004; Lalueza *et al.* 1996; Molleson *et al.* 1993; Pérez-Pérez *et al.* 1994, 2003; Romero *et al.* 2004; Schmidt 2001; Teaford, 1994; Teaford & Glander 1996; Teaford *et al.* 2001). Entre especies, la función de la dentición post-canina, las propiedades físico-químicas del esmalte, las características de la topografía oclusal, así como los tipos y cantidad de agentes abrasivos en la dieta, son factores que deben influir marcadamente en los procesos de masticación y en la pérdida del esmalte (Cuy *et al.* 2002; Lucas & Peters 2000; Maas & Dumont 1999; Teaford, 1994). Por tanto, la variabilidad interespecífica que obtenemos, debería ser entendida como modelos derivados de unas estrategias de adaptación y dieta específicas.

Estudios in vivo sobre microdesgaste dental

El análisis del registro dental recuperado de un yacimiento arqueológico nos ofrece el último mapa de información sobre la vida de la especie. Este aspecto es particularmente importante en el estudio del desgaste dental y especialmente sobre el análisis de microdesgaste. Diferentes agentes abrasivos o condiciones particulares del medio geoquímico, pueden afectar al esmalte transformando la información *ante-mortem*. Afortunadamente estudios experimentales y comparativos nos permiten hoy distinguir los procesos *post-mortem* que lo afectan (King *et al.* 1999; Martínez & Pérez-Pérez 2004; Romero *et al.* 2004; Pérez-Pérez *et al.* 2003), sin embargo no hay una clara asociación entre el efecto producido por diferentes partículas abrasivas. Los análisis sobre microdesgaste dental en especies *in vivo*, ofrecen una información directa sobre sus procesos de formación, que en última instancia, podrían responder acerca de la asociación entre la pérdida progresiva de esmalte con la edad o debidas a las propiedades físicas de la dieta (Teaford & Tylenda 1991; Romero & De Juan 2003). Estudios experimentales en laboratorio con *Cercopithecus aethiops*, ofrecieron la posibilidad a finales de la década de los años ochenta de obtener información sobre el desgaste y microdesgaste dental en especies *in vivo* (Teaford & Oyen 1989a-b). Los resultados centrados en la superficie oclusal, mostraron un grado de transformación del patrón de microdesgaste muy rápido, en especial en el grupo que había sido alimentado con una dieta más abrasiva; aspecto que influía marcadamente en la pérdida de esmalte dental a largo término.

En la misma línea, estudios con especies capturadas en su hábitat natural, han buscado una asociación entre las propiedades físicas de la dieta y la formación de un patrón de microdesgaste específico. Tras la observación del tipo y cantidad de alimentos consumidos en especies de prosimios como *Eulemur* (*E. fulvus* y *E. rubiventer*) o *Propithecus diadema*, este último mostró un microdesgaste relacionado con el consumo de alimentos de mayor dureza que *Eulemur*, ya que en su alimentación había ingerido una mayor cantidad de frutos que de hojas (Strait & Overdorff 1994). Sin embargo, los resultados de microdesgaste obtenidos en *Brachyteles arachnoides*, cuando se compararon con otras especies de la familia Atelinae, como *Ateles* o *Alouatta*, fueron de difícil interpretación (Noble *et al.* 1994). Las tres especies muestran estrategias de alimentación centradas en un hábitat arbóreo, la morfología dental de *Brachyteles* y *Alouatta* es superficialmente muy similar, pero la dieta y estructura social puede ser diversa. Ambas especies consumen un mayor porcentaje de hojas que de frutos pero el microdesgaste observado en *Brachyteles*, no responde a una estrategia de alimentación folívora predominante. El estudio a largo término llevado a cabo en Hacienda La Pacífica, en la provincia de Guanacaste (Costa Rica) con *Alouatta palliata*, se ofrece como un modelo referente de desgaste y microdesgaste oclusal *in vivo* (Teaford & Glander 1996; Dennis *et al.* 2004). En el margen de los ríos Corobici y Tenorio que circundan la zona de La Pacífica, se encuentran una gran variedad de especies de árboles, resultando una disponibilidad de recursos significativamente diferentes entre las zonas de bosque tropical cercanas a los ríos de las alejadas a los mismos, donde se encuentran zonas abiertas de pasto. Los *Alouatta palliata* son grandes consumidores de hojas pero también se alimentan de frutos y flores, cuyas proporciones varían en

función de la estación. Los resultados de microdesgaste en diferentes muestras de museo e *in vivo* sobre *Alouatta palliata*, han mostrado un modelo básico de dieta folívora caracterizado por un porcentaje reducido de *pits* cuando se compara con especies frugívoras (Teaford, 1994). Sin embargo, resultados particulares atendiendo a un micro-hábitat específico y los diferentes índices pluviométricos que marcan el carácter estacional de La Pacífica, han planteado cuestiones que ofrecen una implicación directa en la interpretación del registro fósil. La densidad de rasgos microscópicos en el esmalte de los grupos capturados durante la estación húmeda o en zonas cercanas a los ríos, es significativamente menor que aquellos capturados durante la estación seca o en zonas menos húmedas alejadas de los ríos, demostrando que el microdesgaste oclusal en primates no humanos está influido marcadamente por la disponibilidad y características de recursos consumidos en determinados hábitats (Teaford, 1994; Teaford & Glander 1996; Teaford & Runestad 1992). Por ejemplo, la acumulación de polvo en las hojas de las zonas altas de los árboles, consumidas preferentemente por esta especie, es un agente extrínseco con gran poder de abrasión. Estas partículas, observadas con métodos de recogida y análisis, mostraron una composición mayoritaria de sílice de origen volcánico, probablemente derivada de la actividad volcánica que tuvo Costa Rica. Similar asociación ha sido descrita para *Papio hamadryas* en el Parque Nacional de Awash (Etiopía) (Nystrom *et al.* 2004).

Por último, en sujetos humanos actuales, los resultados han mostrado un grado de transformación en el patrón de microdesgaste a corto término, menor que en primates no humanos (Teaford & Lytle 1996; Teaford & Glander 1996; Teaford & Tylenda 1991; Teaford & Oyen 1989a). En este sentido, cabe señalar que con independencia de la especie analizada, la aparición de un porcentaje mayor de nuevos rasgos microscópicos en el esmalte oclusal, se corresponde con un aumento de partículas abrasivas incorporadas a la dieta.

Microdesgaste dental en poblaciones bioarqueológicas

La progresiva adaptación a la agricultura en diferentes continentes durante la Prehistoria, ha sido uno de los aspectos más desarrollados en el análisis de microdesgaste dental sobre poblaciones bioarqueológicas. Todos los análisis encaminados a este objetivo, se han centrado sobre el esmalte oclusal (Danielson & Reinhard 1998; Mahoney, 2003; Molleson *et al.* 1993; Pastor 1992; Rose *et al.* 1991; Schmidt, 2001; Teaford *et al.* 2001). Desde una perspectiva de estudio tanto cualitativa como cuantitativa, se ha intentado delimitar las diferencias entre una estrategia de caza-recolección hacia la pre-adaptación y completa adaptación a la agricultura, identificando qué patrón de microdesgaste explica el tipo de dieta.

En el continente americano, las zonas donde mejor se observa este cambio económico desde un punto de vista arqueológico, se sitúan en el sur y sureste de Norteamérica. Las diferencias entre los periodos de forrajeo y agricultura del maíz, se describen por la presencia de superficies cada vez menos pulidas del esmalte y con fracturas microscópicas particulares, asociadas a la masticación de fibras vegetales y frutos de diferente consistencia como higos o nuez de nogal americano (Rose *et al.* 1991). Progresivamente, la presencia de *pits* sería menos significativa hacia un patrón mayoritario de estrías, entidades relacionadas con la intromisión de partículas extrínsecas incorporadas tras la molienda del grano cultivado (Danielson & Reinhard 1998; Rose *et al.* 1991). En este contexto, los periodos culturales se encuentran bien definidos y configuran modelos concretos de subsistencia. Por ello, en algunos estudios, los periodos más arcaicos y los que definen una pre-adaptación, han mostrado diferencias en el microdesgaste dental (Schmidt, 2001). De igual modo, el carácter abrasivo de la dieta en los grupos de La Florida y Georgia prehispánica, obedece a diferencias más significativas entre los indígenas asentados en zonas cercanas y alejadas al mar, con técnicas de preparación y tipos de alimentos específicos, que al consumo generalizado de maíz (Teaford *et al.* 2001).

En la India, se encuentran diferentes yacimientos limitando con los ríos Indo y Ganges que establecen una secuencia temporal desde el Mesolítico al Calcolítico. El análisis de microdesgaste mostró que la transición progresiva a la adopción de la agricultura desde el Neolítico pre-cerámico significó una reducción gradual en el carácter abrasivo de la dieta (Pastor, 1992). Sin embargo, los resultados obtenidos para el Norte de Israel o en abu Hureyra (Siria), muestran que la transición a la domesticación del cultivo de cereales no significó una reducción gradual de la abrasividad de la dieta (Mahoney, 2003; Molleson *et al.* 1993). La cantidad y tipo de grano consumido, pero sobre todo su procesamiento, ofrecían particularidades entre los períodos considerados. Este grano, durante los primeros estadios de adaptación se encontraría toscamente molido, no se obtenía el refinamiento necesario para la obtención de harina fina, por lo que sería común encontrar semillas duras y piedras adheridas de los molinos, no eliminadas en su cocción por su resistencia y cuyo efecto en el esmalte era claramente previsible. Las diferencias en el microdesgaste oclusal en este sentido, se muestran más significativas en zonas concretas y atendiendo a períodos cronológicos extensos que sobre períodos culturales intermedios.

Desde que Puech (1976) propuso una relación entre las improntas microscópicas en la superficie bucal y el carácter abrasivo de la dieta, análisis cuantitativos a nivel intergrupar han mostrado diferencias significativas en la densidad y longitud media de las estrías entre grupos de cazadores-recolectores de dieta conocida y poblaciones del Paleolítico (Lalueza *et al.* 1996; Pérez-Pérez *et al.* 2003). Estas diferencias se reducen sustancialmente en grupos humanos homogéneos adaptados a una economía agrícola imperante (Pérez-Pérez *et al.* 1994). En ocasiones, es posible encontrar modelos concretos para diferentes grupos de un periodo similar (Romero *et al.* 2004) y cuya interpretación debe asociarse quizá más a un diferente procesamiento del alimento que a la disponibilidad de los tipos de recursos para el consumo.

Material y métodos

El presente estudio se basa en el examen y cuantificación de microdesgaste en piezas dentales post-caninas excluyendo el tercer molar y atendiendo al complejo Pm3-M2 mediante un Microscopio Electrónico de Barrido (*SEM*). Su aplicación se centró sobre la superficie oclusal y bucal en sujetos actuales (muestra *in vivo*) y antiguos a partir de material dental de diferentes poblaciones bioarqueológicas localizadas en el Este y Sur-Este de la Península Ibérica (Tabla 1). El método de obtención de réplicas de alta resolución y análisis por *SEM* se ha centrado en la adaptación de diversos métodos descritos (Galbany *et al.* 2004; Gordon, 1988; Romero *et al.* 2004; Teaford & Oyen 1989a).

Muestra *in vivo*

Para la obtención de un modelo de microdesgaste *in vivo* (*IV*), la muestra se centró en sujetos adultos (entre 23 y 32 años) sobre los que se obtuvieron réplicas de alta resolución (ver más abajo) de los maxilares inferiores completos o parcialmente de la dentición

Tabla 1. Muestra de individuos y piezas dentales analizadas*

Grupo	S	ns	nt	Pm3	Pm4	M1	M2	%a	na
Prehistórico	P	29	98	9	15	31	43	20,1	29
Histórico-a	Ha	41	95	0	7	49	39	9,2	41
Histórico-b	Hb	22	52	2	6	23	21	15,4	22
<i>In vivo</i>	<i>IV</i>	22	22	0	0	22	0	68,1	15
Total		114	267	11	28	125	103	16,5	107

*Símbolo de los grupos (S); número de individuos seleccionados (ns); número de dientes analizados (nt); porcentaje de dientes excluidos para el análisis (%a); número de individuos analizados (na). Cada individuo está representado por un único diente con preferencia a M1 o M2 inferior izquierdo

post-canina del lado izquierdo. Los individuos seleccionados mostraban todas las piezas dentales permanentes, sin prótesis odontológicas, oclusión normal y no padecían bruxismo. De cada voluntario se tomaron diferentes datos relativos al sexo, edad, peso aproximado y se apuntó el día y hora de la obtención del molde dental. A su vez, se obtuvieron datos derivados de su salud buco-dental y hábitos alimentarios. También se consideraron visitas a clínicas odontológicas para limpiezas dentales, patologías, empastes o la posibilidad de haber llevado alguna prótesis en momentos anteriores y la frecuencia y modo de cepillado de dientes, entre otros aspectos. Por otro lado, todos los individuos mantenían una dieta mediterránea normal, sin embargo se consideró importante la cantidad de cítricos consumidos durante una semana, vegetales, cereales, pan de tipo integral o de semillas así como la cantidad de bebidas gaseosas consumidas.

Grupos bioarqueológicos

Para el análisis comparativo, se seleccionó material dental osteoarqueológico obtenido de diferentes Colecciones y Museos de las provincias de Alicante, Castellón, Murcia y Valencia. De los grupos humanos examinados, se separaron cronológicamente dos principales: el primero o prehistórico (P) está compuesto por siete subgrupos cuya datación calibrada se sitúa entre finales de la segunda mitad del III milenio a.C. y mediados del II milenio a.C. y el segundo, comprende el periodo histórico (H), con nueve subgrupos con dataciones entre el 50 d.C. y el 1400 d.C., muestra que a su vez subdividió en cinco grupos humanos entre el 50 d.C. y 1000 d.C. (Ha) y cuatro grupos entre el 1000 d.C. y 1400 d.C. (Hb). El estudio bioantropológico se desarrolló siguiendo diferentes protocolos descritos (Buikstra & Ubelaker 1994) y en función del estado del material. Los grupos bioarqueológicos están representados por un número mayor de individuos que los escogidos para el presente estudio, orientado en un primer momento a observar las diferencias entre las poblaciones y sobre un patrón de edad adulta.

Análisis de microdesgaste dental

En primer lugar, se obtuvieron moldes de las piezas dentales con materiales de impresión de vinil polisiloxano (Imprint™ II, 3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN o Coltène® President Plus Jet, Coltène AG, Altstätten, Suiza). En el caso de los sujetos actuales, tras un enjuague bucal (Lacer®, Barcelona, España) y reducción de la salivación con un compresor de aire manual, se aplicó directamente sobre el maxilar inferior una silicona de baja viscosidad. Pasado un minuto, se presionó con una silicona de cuerpo pesado a través de una cubeta odontológica para impresiones de acero inoxidable (tamaño L5), obteniendo el molde tras su consolidación (~3 min.).

Para las piezas dentales osteoarqueológicas se frotó la corona con algodón mojado en acetona, realizando una posterior limpieza con etanol y agua bidestilada. Tras su secado a temperatura ambiente, los moldes fueron realizados con cuerpos regulares de silicona cuya base y catalizador se mezclan de forma automática y consolidan en pocos minutos. Para la obtención de los positivos, se aplicó a los moldes resina transparente Araldite® 2020 (Vantico AG, Basel, Suiza) o Feropur PR-55 (Feroxa Composites SL), una resina de poliuretano que se ha empleado para la muestra *in vivo* tras su reciente validación en el estudio de microdesgaste (Galbany *et al.* 2004), evitando para ambas resinas la creación de burbujas en su consolidación mediante su centrifugado o la inclusión de los moldes en una olla polimerizadora.

Cada una de las réplicas resultantes se montaron en soportes de latón con silicona termofusible, se metalizaron con 15-30nm de oro, dependiendo del tiempo de exposición en el *Sputter Coater* y se aplicó plata coloidal Balzers® en algunos puntos de la base con el objetivo de minimizar cargas de electrones.

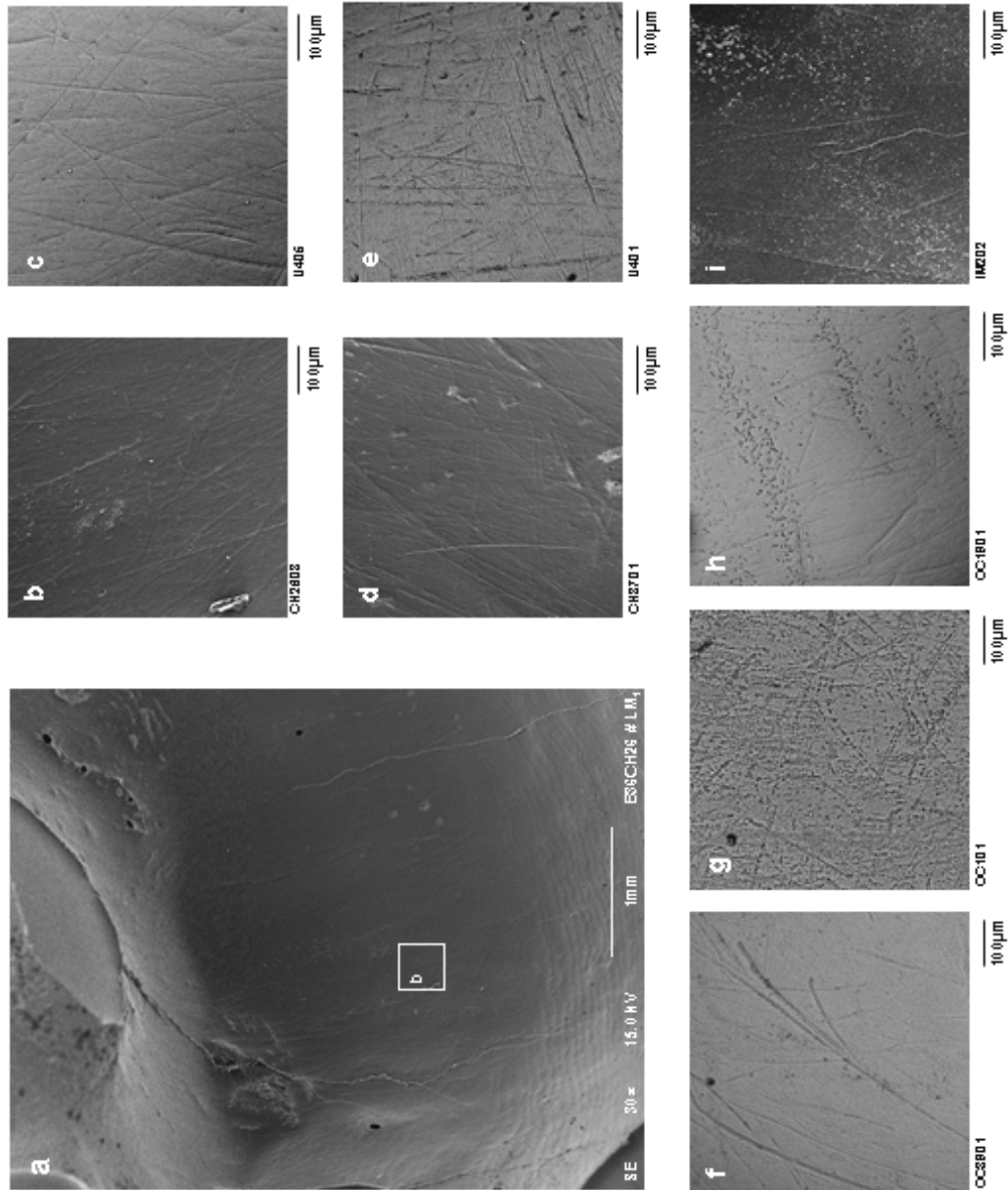


Figura 1. Micrografías obtenidas de la superficie bucal en dientes molares sobre réplica de alta resolución en modo SE (a, b, d, i) y sobre la pieza original en BSE2 (c, e-h) a 100× (b-i). Áreas de esmalte bien preservado (a-d) y áreas de esmalte con diferente grado y tipo de afectación: arrastre sedimentológico (e-f), grado de afectación elevado (g) y moderado (h) por las condiciones del suelo, burbujas por salivación tras la obtención de un molde *in vivo* (i).

Tabla 2. Resultados del microdesgaste oclusal entre diferentes grupos humanos*

Grupo	Cronología	n	NT		Pa		Ea		Pits%	R
			m	s	m	s	m	s		
Abu Hureyra	Neolítico 2A	-	273	94	2,27	0,8	1,2	0,7	48,0	Molleson <i>et al.</i> 1993
Abu Hureyra	Neolítico 2B	-	247	81	2,90	0,9	0,9	0,1	52,1	Molleson <i>et al.</i> 1993
Indiana	2500-2000 a.C.	21	-	-	10,2	4,2	1,8	0,5	18,8	Schmidt, 2001
Este España	2000-1500 a.C.	10	161,6	18,5	2,3	0,2	0,7	0,09	55,1	Romero & De Juan 2003
Indiana	0-600 d.C.	21	-	-	12,8	8,2	1,4	0,7	26,4	Schmidt, 2001
Costa de Georgia y Florida	400 a.C.-1150 d.C.	7	52,2	8,1	7,3	0,9	1,6	0,3	41,1	Teaford, 1991
Costa de Georgia y Florida	0-1550 d.C.	34	299	24	2,5	0,1	0,8	0,03	47,2	Teaford <i>et al.</i> 2001
Costa de Georgia y Florida	1607-1680 d.C.	10	51,5	8,7	7,7	2,2	1,4	0,3	18,3	Teaford, 1991
Costa de Georgia y Florida	1600-1700 d.C.	58	261	14	2,3	0,07	0,9	0,03	46,0	Teaford <i>et al.</i> 2001
<i>In Vivo</i>	Feb – Jun 2004	6	181,5	34,4	3,2	0,2	0,7	0,1	62,2	Este estudio

*Todos los resultados corresponden a la cuantificación de microdesgaste sobre facetas del esmalte de dientes molares permanentes. Número de individuos analizados (n); número total de rasgos microscópicos cuantificados (NT); anchura de *pits* (Pa); anchura de estrías (Ea); porcentaje de *pits* (Pits%); referencia (R). Media (m) y desviación estándar (s).

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) y Bonferroni *post-hoc* test (Bt) de los resultados sobre microdesgaste no oclusal. Combinación entre grupos[†].

Grupos	NT		L		SL		PO		SPO	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
IV – P – H	32,222	0,000	37,472	0,000	14,050	0,000	0,839	0,435	7,975	0,001
IV – P	12,017	0,001	46,165	0,000	14,462	0,000	1,036	0,315	12,396	0,001
IV – H	3,381	0,070	24,478	0,000	2,265	0,136	1,616	0,208	5,691	0,020
IV – Ha	3,714	0,059	18,750	0,000	0,725	0,398	1,479	0,229	4,815	0,033
IV – Hb	1,377	0,249	23,083	0,000	5,308	0,027	0,875	0,356	2,990	0,093
P – Ha	49,432	0,000	33,213	0,000	22,376	0,000	0,000	0,984	4,773	0,032
P – Hb	26,861	0,000	15,429	0,000	5,473	0,023	0,006	0,938	6,850	0,012
Ha – Hb	0,702	0,405	1,138	0,290	4,140	0,046	0,012	0,912	0,234	0,630
Bonferroni test										
IV – P	-46,4621		-59,5122		-29,4839		-4,3595		7,9120	
IV – H	14,6857		-27,0826		-7,7513		-4,3017		4,4605	
P – H	61,1478		32,4296		21,7326		0,0578		-3,4515	
IV – Ha	16,7902		-25,2287		-4,4666		-4,4144		4,7177	
IV – Hb	10,7636		-30,5376		-13,8728		-4,0917		3,9811	
P – Ha	63,2523		34,2835		25,0173		-0,0549		-3,1942	
P – Hb	57,2257		28,9746		15,6111		0,2678		-3,9309	
Ha – Hb	-6,0266		-5,3089		-9,4062		0,3227		-0,7367	

[†]Ver material y métodos para la descripción de los grupos, cronologías y variables; $p < 0,05$ (en gris)

Casi la totalidad de las muestras analizadas son réplicas, no obstante la cesión de algunos materiales permitió el análisis de piezas originales. El *SEM* empleado es un Hitachi S3000N que posibilita dos modos de trabajo diferente. Las muestras en modo de presión variable y con electrones retrodispersados (BSE2) no necesitan metalización. En el caso del análisis de microdesgaste con este modo, se ha observado a 20kV una mejor calidad de imagen que a un kilovoltaje menor (Romero & De Juan 2003; Romero *et al.* 2004). Para el examen de réplicas por el contrario, entre 10-15Kv y en modo de trabajo con electrones secundarios (SE), ofrece un sistema óptimo de imagen, ya que en BSE2 no se observan determinados rasgos, especialmente aquellos con distribución horizontal (Galbany *et al.* 2004).

El examen por microscopía de las piezas dentales, se desarrolló en posición horizontal o vertical en función de la faceta bucal u oclusal a examinar y en ambos casos paralelo al objetivo de captura del *SEM*. Para la faceta oclusal, el análisis consistió en la observación de la cúspide 1 o mesio-bucal a 200X y capturando imágenes a 500X (640×480 píxel) en zonas de esmalte relacionadas con la Fase II de masticación (Gordon, 1988) en piezas de la muestra *in vivo* (n = 6) (ver Tabla 1). La superficie bucal fue examinada a 30-40X, capturando imágenes a 100X (1.280×960 píxel) bajo la cúspide 1 para la muestra *in vivo* y en ésta cuando fue posible o bajo la cúspide 3 para los grupos bioarqueológicos, en su tercio medio y evitando zonas en contacto oclusal o cervical (Figura 1a-b). Cada imagen fue analizada con programas semiautomáticos de análisis (Microware 3.0ß y 4.02) (Ungar 1995, 2002) sobre micrografías que representan 0,02mm² para el esmalte oclusal y 0,56mm² para el bucal, procesadas en Adobe PhotoshopTM v.7.0. Todas las micrografías analizadas representan áreas de esmalte bien preservado (Figura 1). Se cuantificaron y midieron (en µm) los rasgos microscópicos atendiendo a la *ratio* formada entre su longitud y anchura (4:1) en un plano de 0°-180°, en función de la posición y faceta de esmalte analizada (Gordon, 1988; Pérez-Pérez *et al.* 1994). Las variables obtenidas derivan del número total de rasgos microscópicos (NT), rasgos cuya longitud es similar a su anchura (*pits*), rasgos cuya longitud es al menos cuatro veces mayor que su anchura (E), media de la longitud de los rasgos microscópicos (L), orientación preferente (PO) y desviación estándar (S). Los resultados se analizaron con el paquete estadístico SPSS 11.0 para WindowsTM. Todas las variables atendidas mostraron una distribución normal (Kolmogorov-Smirnov test) lo que ha permitido aplicar tests estadísticos paramétricos.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos sobre microdesgaste oclusal se muestran en la Tabla 2, donde se comparan los datos *in vivo* con otros grupos humanos. La Tabla 3 representa el análisis de varianza (ANOVA-un factor y Bonferroni *post-hoc* test) aplicado a los datos de microdesgaste bucal en la muestra *in vivo* y los diferentes grupos antiguos analizados. La Figura 2 muestra el aspecto general de microdesgaste sobre la superficie oclusal y bucal en sujetos actuales.

Variabilidad entre grupos

El problema derivado de analizar microscópicamente áreas del esmalte de la superficie oclusal, es que éste se encuentra condicionado por el grado de exposición de la dentina. Las facetas de esmalte examinadas, son fundamentalmente aquellas áreas relacionadas con alguna cúspide, ya que el área de esmalte ocluso-bucal presenta una variación de microdesgaste siempre más reducida (Gordon, 1988). En los grupos antiguos, la presencia de esmalte para M1 o M2 inferiores, puede reducirse a muy pocas piezas o estar afectadas por procesos post-deposicionales, influyendo en la representación de la muestra (Romero & De Juan 2003).

Entre los diferentes grupos y cronologías consideradas, se muestran diferencias en la densidad de rasgos microscópicos y porcentaje de *pits* (Tabla 2). La anchura de las estrías ha mos-

trado variaciones más acusadas entre grupos de cazadores-recolectores y agricultores que entre diferentes especies de primates no humanos (Teaford & Runestad 1992; Teaford *et al.* 2001). Estudios experimentales y comparativos plantean la posibilidad que la morfología de los *pits* puede estar afectada tanto por el tamaño de la partícula abrasiva como por el contacto interdental (Teaford & Oyen 1989a; Teaford & Runestad 1992). A partir de estos planteamientos, el elevado porcentaje de *pits* obtenido en la muestra *in vivo* debe responder a un mayor contacto interdental, ya que la anchura de las estrías se encuentra en un rango asociado a una dieta de abrasividad reducida. Con todo, se ha demostrado que el grado de transformación sobre esta superficie es extremadamente rápido (Teaford & Tylenda 1991; Teaford & Lytle 1996).

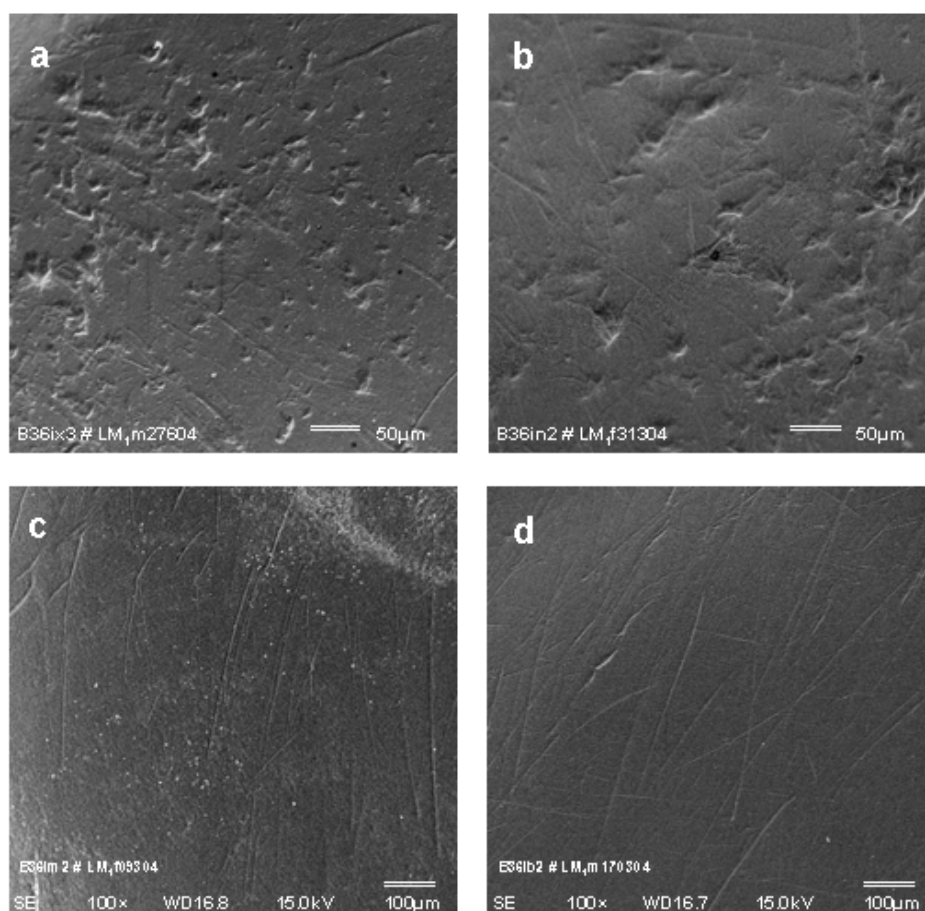


Figura 2. Micrografías obtenidas sobre el esmalte oclusal (a-b) y bucal (c-d) en sujetos actuales

No conocemos el grado de transformación sobre la superficie bucal del diente. Sin embargo, diferentes estudios han mostrado una mayor variabilidad intergrupala que intragrupal en la densidad y longitud media de las estrías en el esmalte (Galbany & Pérez-Pérez 2004; Lalueza *et al.* 1996; Pérez-Pérez *et al.* 2003; Romero *et al.* 2004). Se ha sugerido a su vez, que la densidad de estrías en la superficie bucal debe responder a un proceso acumulativo a lo largo de la vida del individuo (Pérez-Pérez *et al.* 1994). Los resultados obtenidos en las variables de densidad (NT) y longitud media (L), han mostrado diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los

grupos atendiendo a su cronología (Tabla 3). Cabe destacar que estas diferencias no se han encontrado en la orientación (PO) que responde a una distribución en dirección oclusal-cervical preferente. El grupo humano actual muestra un microdesgaste bucal muy diferente a los grupos prehistóricos, grupos que a su vez se diferencian de los históricos, sobre todo con respecto al segundo periodo considerado (Hb). Parece dibujarse por tanto una reducción gradual de la abrasividad de la dieta desde la Prehistoria a periodos históricos, incluida la muestra *in vivo*. Estas diferencias no son visibles en las variables NT y L cuando se atiende a los periodos históricos (Ha vs Hb) ni cuando la muestra *in vivo* se compara con el grupo histórico en conjunto (H). Los dos primeros factores obtenidos en el Análisis Discriminante atendiendo a las variables principales consideradas y grupos por periodos, explican un 87,4% de la varianza total. Los factores (F1 75,6% y F2 11,8%) mostraron correlaciones (r de Pearson) más altas para las variables NT, L, SL y SPO que para PO. Estos resultados establecen básicamente para las variables de densidad y longitud media una clara diferencia entre los grupos (Figura 3).

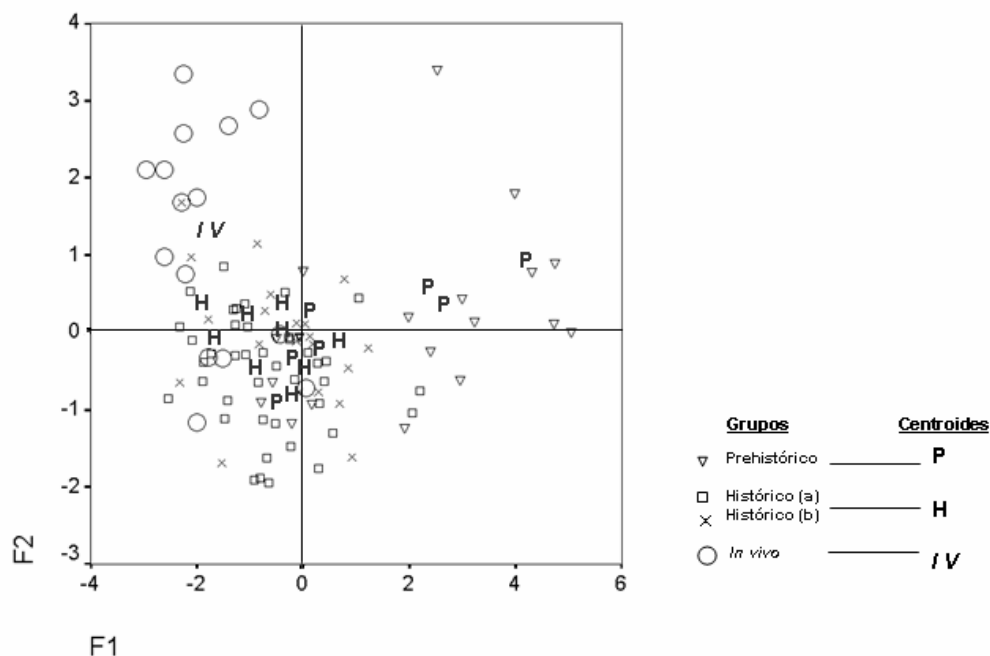


Figura 3. Representación gráfica de las dos primeras funciones obtenidas en el Análisis Discriminante

El patrón de microdesgaste bucal en la muestra *in vivo* debe estar relacionado con un efecto abrasivo menor que en los grupos antiguos. A nivel interindividual la densidad y longitud media no ofrece características especiales si consideramos la cantidad o tipos de alimentos consumidos por los sujetos actuales. El tipo de dieta y hábitos higiénicos son homogéneos. No se ha descrito por otro lado, un efecto abrasivo de importancia a nivel microscópico en experimentos *in vivo* basados en el cepillado con diferentes dentífricos europeos actuales (Meyers *et al.* 2000).

Respuestas a los procesos de formación

Las características del esmalte y topografía oclusal son factores de importancia en el desarrollo del desgaste dental. Algunos análisis han demostrado que las propiedades de dureza

no son similares en la superficie oclusal y no oclusal (Cuy *et al.* 2002). A su vez la forma y angulación de las cúspides se relacionan con la estructura de los prismas de esmalte condicionando marcadamente su resistencia durante la masticación (Maas & Dumont 1999). Para la dentición molar permanente, el grado de desgaste en humanos se ha establecido en 29µm por año (Lambrechts *et al.* 1989), un decrecimiento muy diferente al calculado para primates no humanos. En *Cercopithecus aethiops* se calcula una pérdida anual de esmalte entre 89 µm y 210 µm en función del grado de abrasividad de la dieta control (Teaford & Oyen 1989b). El patrón de microdesgaste para la misma especie, se muestra en mayor medida afectado a corto término en áreas oclusales que en zonas de contacto bucal, aspectos que se han observado de igual modo en humanos (Teaford & Oyen 1989a-b; Teaford & Tylenda 1991). Sin embargo, en *Alouatta palliata* el microdesgaste se muestra más afectado en las áreas de esmalte en contacto oclusal-buccal, aspecto muy relacionado con el grado de transformación de su topografía a largo término (Dennis *et al.* 2004; Teaford & Glander 1996). Al observar diferentes resultados sobre microdesgaste, se deduce que los factores biomecánicos durante la masticación, influyen marcadamente en el porcentaje y tipo de trazas microscópicas en el esmalte (Gordon, 1988; Teaford, 1994). *Alouatta palliata* se caracteriza por un esmalte de menor grosor que *Homo sapiens*, sin embargo muestra a corto término un mayor porcentaje de nuevos rasgos microscópicos que deben influir marcadamente en los cambios de su topografía oclusal en dirección bucal (Dennis *et al.* 2004; Teaford & Glander 1996; Teaford *et al.* 2003). Si las partículas abrasivas presentes en la dieta entran en contacto con el esmalte oclusal durante el proceso de masticación, la pérdida progresiva de las cúspides que conforman su topografía, facilitarán la intromisión de estas mismas partículas hacia la superficie bucal. En el modelo *in vivo* de microdesgaste oclusal obtenido, el porcentaje de *pits* quizá se encuentre más relacionado con un contacto interdental que por el efecto abrasivo de los alimentos masticados. Por el contrario, la superficie bucal ha mostrado diferencias más acusadas en la longitud media de las estrías que en su densidad y orientación preferente con respecto a otros grupos humanos. En este sentido, son necesarios estudios longitudinales *in vivo*, pero al comparar los resultados con grupos humanos antiguos, la longitud de las estrías puede estar condicionada por partículas de tamaño más reducido relacionadas con un tipo de dieta general más blanda. Por otro lado, en cierta medida puede esbozarse un proceso acumulativo en el microdesgaste dental sin poder precisar el ritmo de formación. En una edad adulta y en función del tipo de dieta, el patrón de microdesgaste obtenido pudiera representar el conjunto de estrías creadas hasta ese momento en función del grado de pérdida de esmalte dental. Este factor es especialmente importante para futuros modelos *in vivo* con dietas controladas.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Assumpció Malgosa su inestimable colaboración e invitación a participar en este volumen. A Alejandro Pérez-Pérez por su continuo apoyo y sugerencias en nuestra investigación y a las personas que han hecho posible la obtención de los resultados de microdesgaste *in vivo*, en especial a Mercedes Díaz, Yolanda Segovia y José Luis Girela, miembros del Departamento de Biotecnología por su paciencia y a Jordi Galbany, Laura Martínez, Ferran Estebaranz y Olga Hiraldo de la Secció d'Antropologia de la Universitat de Barcelona por contribuir con su ayuda a nuestro trabajo. Proyecto subvencionado con fondos del DGICYT PB-96-0414, GV04B-521 y Vicerrectorado de Investigación (Universidad de Alicante).

Bibliografía

- BUIKSTRA JE, UBELAKER DH (1994) *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. Arkansas Archeological Survey, Fayetteville AR. 206 pp.

- CUY JL, MANN AB, LIVI KJ, TEAFORD MF, WEIHS TP (2002) Nanoindentation mapping of the mechanical properties of human molar tooth enamel. *Arch. Oral Biol.* **47**: 281-291.
- DANIELSON DR, REINHARD KJ (1998) Human dental microwear caused by calcium oxalate phytoliths in prehistoric diet of the Lower Pecos region, Texas. *Am. J. Phys. Anthropol.* **107**: 297-304.
- DENNIS JC, UNGAR PS, TEAFORD MF, GLANDER KE (2004) Dental topography and molar wear in *Alouatta palliata* from Costa Rica. *Am. J. Phys. Anthropol.* **125**: 152-161.
- GALBANY J, PÉREZ-PÉREZ A (2004) Buccal enamel microwear variability in Cercopithecoidea primates as a reflection of dietary habits in forested and open savanna environments. *Anthropologie* **42**: 13-19.
- GALBANY J, MARTÍNEZ LM, PÉREZ-PÉREZ A (2004) Tooth replication techniques, SEM imaging and microwear analysis in primates: methodological obstacles. *Anthropologie* **42**: 5-12.
- GORDON KD (1988) A review of methodology and quantification in dental microwear analysis. *Scanning Microsc.* **2**: 1139-1147.
- GÜGEL IL, GRUPE G, KUNZELMANN K-H (2001) Simulation of dental microwear: characteristic traces by opal phytoliths give clues to ancient human dietary behavior. *Am. J. Phys. Anthropol.* **114**: 124-138.
- KING T, ANDREWS P, BOZ B (1999) Effect of taphonomic processes on dental microwear. *Am. J. Phys. Anthropol.* **108**: 359-373.
- LALUEZA C, PÉREZ-PÉREZ A, TURBÓN D. (1996) Dietary inferences through buccal microwear analysis of Middle and Upper Pleistocene human fossils. *Am. J. Phys. Anthropol.* **100**: 367-387.
- LAMBRECHTS P, BRAEM M, VUYLSTEKE-WAUTERS M, VANHERLE G (1989) Quantitative *in vivo* wear of human enamel. *J. Dent. Res.* **68**: 1752-1754.
- LUCAS PW, PETERS CR (2000) Function of postcanine tooth crown shape in mammals. En: *Development, Function and Evolution of Teeth*. Eds. Teaford MF, Smith MM, Ferguson MWJ. Cambridge University Press, Cambridge. pp: 282-89.
- MAAS MC, DUMONT ER (1999) Built to last: the structure, function, and evolution of primate dental enamel. *Evol. Anthropol.* **8**: 133-152.
- MAHONEY P (2003) Human dental microwear during the development from a hunter-gatherer to an agricultural economy in northern Israel. *Am. J. Phys. Anthropol.* **S36**: 145.
- MARTÍNEZ LM, PÉREZ-PÉREZ A (2004) *Post-mortem* wear as indicator of taphonomic processes affecting enamel surfaces of hominin teeth from Laetoli and Olduvai (Tanzania): implications to dietary interpretations. *Anthropologie* **42**: 37-42.
- MEYERS IA, MCQUEEN MJ, HARBROW D, SEYMOUR GJ (2000) The surface effect of dentifrices. *Aust. Dent. J.* **45**: 118-124.
- MOLLESON T, JONES K, JONES S (1993) Dietary change and the effects of food preparation on microwear patterns in the Late Neolithic of Abu Hureyra, northern Syria. *J. Hum. Evol.* **24**: 455-468.
- NYSTROM P, PHILLIPS-CONROY JE, JOLLY CJ (2004) Dental microwear in anubis and hybrid baboons (*Papio hamadryas, sensu lato*) living in awash national park, Ethiopia. *Am. J. Phys. Anthropol.* **125**: 279-291.
- NOBLE VE, TEAFORD MF, GLANDER KE (1994) Dental microwear in wild-caught *Brachyteles* and other cebid genera. *Am. J. Phys. Anthropol.* **S18**: 154.
- PASTOR RF (1992) Dietary adaptations and dental microwear in Mesolithic and Chalcolithic South Asia. *J. Hum. Ecol.* **2**: 215-228.
- PÉREZ-PÉREZ A, LALUEZA C, TURBÓN D (1994) Intraindividual and intragroup variability of buccal tooth striation pattern. *Am. J. Phys. Anthropol.* **94**: 175-187.
- PÉREZ-PÉREZ A, ESPURZ V, BERMÚDEZ DE CASTRO JM^a, DE LUMLEY MA, TURBÓN D (2003) Non-occlusal dental microwear variability in a sample of Middle and Late Pleistocene human populations from Europe and the Near East. *J. Hum. Evol.* **44**: 497-513.
- PUECH P-F (1976) Recherche sur le mode d'alimentation des hommes du Paléolithique par l'étude microscopique des couronnes dentaires. En: *La Préhistoire Française*. Ed. de Lumley H. C.N.R.S., Paris. pp: 708-709.
- ROMERO A, DE JUAN J (2003) Relación entre el microdesgaste no-oclusal y oclusal: implicaciones en la pérdida de esmalte dental por la abrasividad de la dieta. *XII Congreso Nacional de Histología e Ingeniería Tisular*, Valencia. p: 209.
- ROMERO A, MARTÍNEZ-RUIZ N, DE JUAN J (2004) Non-occlusal dental microwear in a Bronze-Age human sample from East Spain. *Anthropologie* **42**: 65-69.
- ROSE JC, MARKS MK, TIESZEN LL (1991) Bioarchaeology and subsistence in the Central and Lower portions of the Mississippi Valley. En: *What Mean These Bones?*. Eds. Powell ML, Bridges PS, Wagner Mires AM. University of Alabama Press, Tuscaloosa. pp: 7-21.
- SCHMIDT CW (2001) Dental microwear evidence for a dietary shift between two nonmaize-reliant prehistoric human populations from Indiana. *Am. J. Phys. Anthropol.* **114**: 139-145.
- STRAIT SG, OVERDORFF DJ (1994) A preliminary examination of molar microwear in Strepsirhine primates. *Am. J. Phys. Anthropol.* **S18**: 190.
- TEAFORD MF (1991) Dental microwear: what can it tell us about diet and dental function?. En: *Advances in*

- Dental Anthropology*. Eds. Kelley MA, Larsen CS. Alan R. Liss, New York. pp: 341-356.
- TEAFORD MF (1994) Dental microwear and dental function. *Evol. Anthropol.* **3**: 17-30.
- TEAFORD MF, GLANDER KE (1996) Dental microwear and diet in a wild population of mantled howling monkeys (*Alouatta palliata*). En: *Adaptive Radiations of Neotropical Primates*. Eds. Norconk MA, Rosenberger AL, Garber PA. Plenum Press, New York. pp: 433-449.
- TEAFORD MF, LYTLE JD (1996) Brief communication: diet-induced changes in rates of human tooth microwear: a case study involving stone-ground maize. *Am. J. Phys. Anthropol.* **100**: 143-147.
- TEAFORD MF, OYEN OJ (1989a) *In vivo* and *in vitro* turnover in dental microwear. *Am. J. Phys. Anthropol.* **80**: 447-460.
- TEAFORD MF, OYEN OJ (1989b) Differences in the rate of molar wear between monkeys raised on different diets. *J. Dent. Res.* **68**: 1513-1518.
- TEAFORD MF, RUNESTAD JA (1992) Dental microwear and diet in Venezuelan primates. *Am. J. Phys. Anthropol.* **88**: 347-364.
- TEAFORD MF, TYLEND CA (1991) A new approach to the study of tooth wear. *J. Dent. Res.* **70**: 204-207.
- TEAFORD MF, LARSEN CS, PASTOR RF, NOBLE VE (2001) Pits and scratches: microscopic evidence of tooth use and masticatory behavior in La Florida. En: *Bioarchaeology of Spanish Florida: The Impact of Colonialism*. Ed. Larsen CS. University Press of Florida, Gainesville. pp: 82-112.
- TEAFORD MF, WEINER M, DARNELL L, WEIHS TP (2003) Mechanical properties of molar enamel in *Homo sapiens* and *Alouatta palliata*. *Am. J. Phys. Anthropol.* **S36**: 206-207.
- UNGAR PS (1995) A semiautomated image analysis procedure for the quantification of dental microwear II. *Scanning* **17**: 57-59.
- UNGAR PS (2002) Microware software, Version 4.02. A semi-automated image analysis system for the quantification of dental microwear. Unpublished: Fayetteville, AR USA.

Abstract

Microscopic analysis of dental enamel have shown association between microwear and feeding behaviors in human and non-human primate species. However, there are scanty studies of molar microwear in living subjects that could resolve several questions regards to formation processes. The aim of this study was to analyze microwear pattern from *in vivo* adult human volunteers under non-induced diet and compared with obtained from ancient human groups. Preliminar intergroup results suggest a progressive hardness diet reduction from prehistoric to actual human people probably related to amount of chewing abrasive particles.

***In vivo* dental microwear: a preliminary model to the interpretation of its formation processes and variability in ancient human groups**

Key words: microwear, teeth, diet, *in vivo*, prehistory, history