
ENAMEL TYPES AND THEIR RELATIONSHIP TO BIOMECHANICS

TIPOS DE ESMALTE Y SU RELACIÓN CON LA BIOMECÁNICA

Andrea TANEVITCH; Susana BATISTA; Graciela DURSO; Adrián ABAL; Cristina ANSELMINO; Lila LICATA.

Facultad de Odontología. Universidad Nacional de La Plata. Calle 51 e/1 y 115 Telefax: 0221 423 6775/76. La Plata (1900). Argentina.

E-mail: histología@folp.unlp.edu.ar, gracieladurso@yahoo.com.ar

ABSTRACT. The aim of this work was to establish the relationship existing between the distribution of enamel types in human permanent teeth and their biomechanical adaptation. For this purpose we considered the classification proposed by Koenigswald about hierarchical levels of complexity in the structure of mammalian enamel, which has not yet been applied to the study of human enamel. For sample preparation we used Martin and Wahlert's technique (1999), already tested for the analysis of non human mammalian enamel types. The enamel types found were the following: radial enamel, enamel with Hunter Schreger bands and irregular enamel. These types were found in all the teeth with a different distribution in each tooth group according to the biomechanical exigencies to which each group is exposed. Since teeth concentrate masticatory forces in little areas, the enamel types have to combine in such a way that they can resist wear and fractures. We conclude that the presence of various enamels types and their combination constitute a specialization of enamel microstructure capable of responding to the varied biomechanical demand of the different tooth groups.

Key Words: enamel, microstructure, biomechanics.

RESUMEN. El propósito del presente trabajo fue establecer la relación entre la distribución de los tipos de esmalte en piezas dentarias permanentes humanas y la adaptación biomecánica. Para ello nos basamos en la clasificación propuesta por Koenigswald de niveles jerárquicos de complejidad del esmalte de mamíferos, la cual no fue aplicada al estudio del esmalte humano. Para la preparación de las muestras utilizamos la técnica de Martin y Wahlert (1999) ya probada para el análisis de los tipos de esmalte en mamíferos no humanos. Los tipos de esmalte encontrados fueron: esmalte radial, esmalte con bandas de Hunter Schreger y esmalte irregular, presentes en todas las piezas dentarias con diferente distribución en cada grupo dentario de acuerdo a las exigencias biomecánicas a que se expone cada uno. Dado que los dientes concentran en áreas pequeñas las fuerzas generadas durante la masticación, los tipos de esmalte deben combinarse de manera tal que estos puedan resistir desgastes y fracturas. Concluimos que la presencia de varios tipos de esmalte y su combinación constituye una especialización de la microestructura del esmalte apta para responder a la variada demanda biomecánica de los diversos grupos dentarios.

Palabras clave: esmalte, microestructura, biomecánica.

INTRODUCCIÓN

Los dientes concentran las fuerzas generadas por los músculos en áreas pequeñas como las superficies de contacto y cúspides o bordes incisales. El esmalte dental es el tejido más expuesto a fuerzas oclusales altas, por el extenso procesamiento de la comida en la cavidad bucal y la relación de contacto oclusal entre las piezas dentarias, por lo cual debe resistir desgastes y fracturas.

El esmalte es una estructura cristalina sumamente compleja. Los prismas del esmalte son haces de cristales de hidroxiapatita ordenados y densamente empaquetados por una delicada red de material orgánico que los envuelve. Se considera el prisma como la unidad estructural básica del esmalte y se denomina esmalte prismático al conjunto de prismas que constituye la mayor parte de la matriz mineralizada (1).

En la clasificación de niveles jerárquicos de complejidad del esmalte mamífero de Koenigswald (2) se consideran los siguientes niveles: 1) nivel cristalitos, 2) nivel prismas, 3) nivel tipo de esmalte, 4) nivel patrón y 5) nivel dentición. Este trabajo se ha basado en el nivel tipo de esmalte, que hace referencia a los esmaltes prismáticos. Estos frecuentemente están organizados en capas; dentro de cada capa los prismas tienen morfología, orientaciones y empaquetamientos similares. En el esmalte prismático se presentan volúmenes donde los prismas son paralelos unos con otros (esmalte radial y esmalte tangencial) o se entrecruzan entre sí de manera ordenada (esmalte con bandas de Hunter Schreger) o desordenada (esmalte irregular). A su vez, en el esmalte irregular el entrecruzamiento de prismas puede ser en haces (esmalte 3D) o en prismas individuales (3).

Los prismas que terminan en la superficie oclusal casi en ángulo recto, permiten conservar bajos rangos de abrasión y mejor borde cortante. Sin embargo, si tienen una orientación paralela entre sí, cuando las fuerzas de tensión superan valores críticos, pueden aparecer rajaduras o crack a lo largo del esmalte (4). Los dientes tienen

una tendencia a fracturarse a lo largo del eje mayor del prisma con mayor frecuencia respecto del eje menor. El entrecruzamiento de prismas provee un mecanismo de detención de rajaduras y potencia la resistencia a las fuerzas tensionales (5).

Dado que en cada uno de los tipos de esmalte de los prismas tiene una disposición óptima para responder a funciones específicas, el propósito del presente trabajo fue establecer la relación entre la distribución de los tipos de esmalte en piezas dentarias permanentes humanas y la adaptación biomecánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron piezas dentarias humanas permanentes extraídas por indicación pertenecientes a los grupos incisivo, canino y premolar del maxilar superior. Los dientes fueron seccionados longitudinalmente en sentido labio-palatino y cada hemisección fue incluida en resina epóxica. Cada corte fue desgastado en forma progresiva con lijas al agua de grosores de 200, 600, 1200 y 2.200 μm y pulido con óxido de aluminio en polvo de 5 μm de granulación. Las muestras fueron lavadas con agua a presión y con ultrasonido durante 10 minutos y posteriormente grabadas con una solución de ácido clorhídrico al 10% durante 4 segundos. La metodología de preparación de los especímenes puede ser consultada en Martin y Wahlert (1999) (6). Las muestras fueron observadas y fotografiadas bajo lupa binocular para obtener la plantilla que facilitó determinar las áreas de interés para observación mediante microscopio electrónico de barrido (MEB). Los especímenes fueron montados en portamuestras para microscopio electrónico de barrido, deshidratados con alcohol etílico, secados y metalizados en Fine Coat Sputer J.T.C.1100 con oro paladio. Las observaciones se realizaron en un microscopio electrónico de barrido modelo JSM-6360 LV (bajo vacío).

Las micrografías se registraron en las caras labial y palatina en tres zonas (cervical, media e incisal o cuspídea) y en las cúspides de

premolares, en la zona interna (próxima al límite amelodentinario) y externa.

RESULTADOS

Los tipos de esmalte identificados fueron esmalte radial, esmalte con bandas y esmalte irregular, con una distribución característica para cada uno de los grupos dentarios; no se encontró esmalte tangencial en ninguna de las muestras estudiadas.

El esmalte con bandas presentaba las típicas bandas claras y oscuras cuando era observado con baja magnificación, mientras que a mayores aumentos se confirmaba que este tipo de esmalte correspondía a bandas o capas alternantes de prismas seccionados longitudinalmente con otras de sección transversal.

En piezas dentarias del grupo incisivo, en las zonas incisal y media, se encontró esmalte con bandas en las caras labial y palatina. Las bandas se extendían desde el límite amelodentinario hacia la superficie externa y ocupaban la mayor parte del espesor del esmalte, presentaban una orientación ascendente cuando se acercaban a incisal, mientras que próximo a la superficie externa el esmalte era de tipo radial (Figs. 1 y 2)



Fig 1. Esmalte con bandas en la zona incisal de la cara labial en incisivo. Obsérvese la inclinación de las bandas (MEB x120).

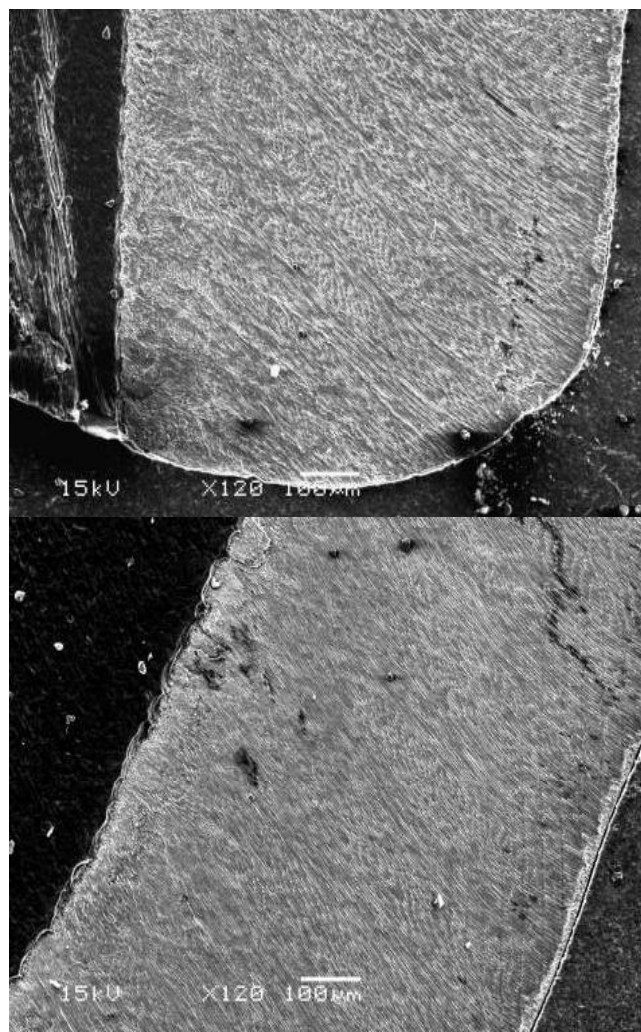


Fig 2. Bandas de Hunter Schreger ocupando los 2/3 internos del espesor del esmalte y esmalte radial externo. Zona media de la cara labial en incisivo (MEB x120).

En la zona cervical de la cara palatina se halló esmalte con bandas, mientras que en la cara labial, sólo se registró esmalte radial (Figs. 3, 4 y 5). En las caras libres (labial y palatina) los prismas del esmalte radial terminaban perpendiculares a la superficie externa en la zona media y oblicuos ascendentes en la zona cervical.

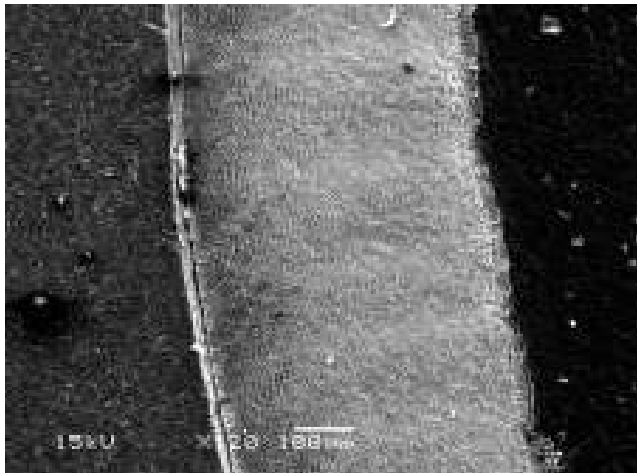


Fig 3. Esmalte con bandas en la zona cervical de la cara palatina en incisivo (MEB x100).

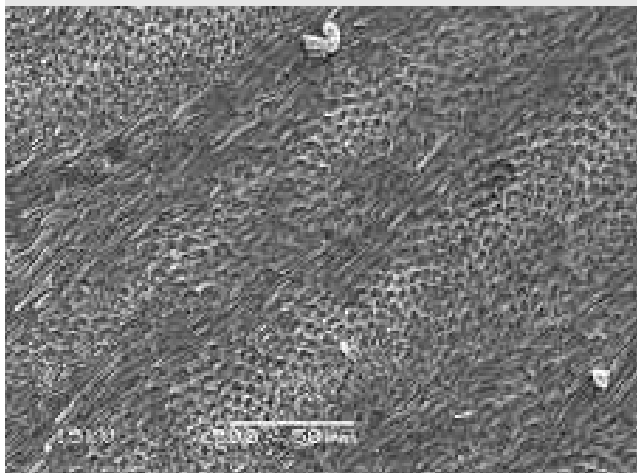


Fig. 4. Detalle de esmalte con bandas. Se alternan capas de prismas en sección transversal y longitudinal (MEB x500).

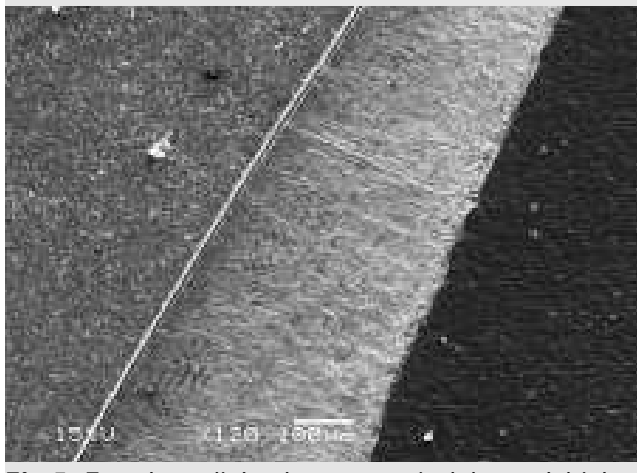


Fig. 5. Esmalte radial en la zona cervical de cara labial en incisivo (MEB x120).

En el grupo canino se observó esmalte con bandas en las zonas incisal y media, en las caras labial y palatina en el esmalte interno; el resto del espesor del esmalte era ocupado por esmalte radial (Figs. 6 y 7).

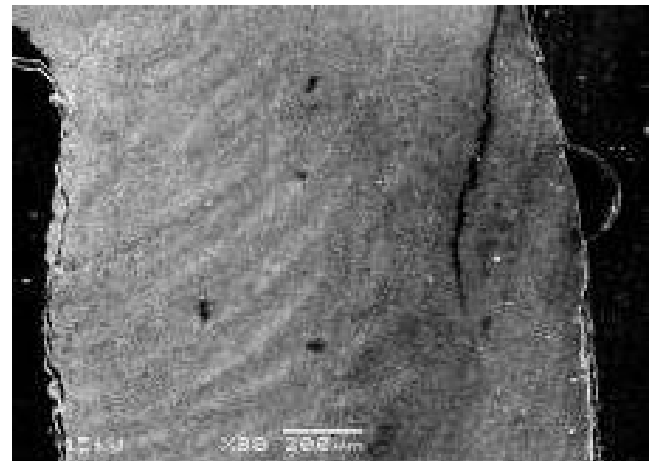


Fig. 6. Esmalte con bandas y esmalte radial en la zona incisal de cara labial en canino. Se aprecian estrias de Retzius en el esmalte radial (MEB x80).

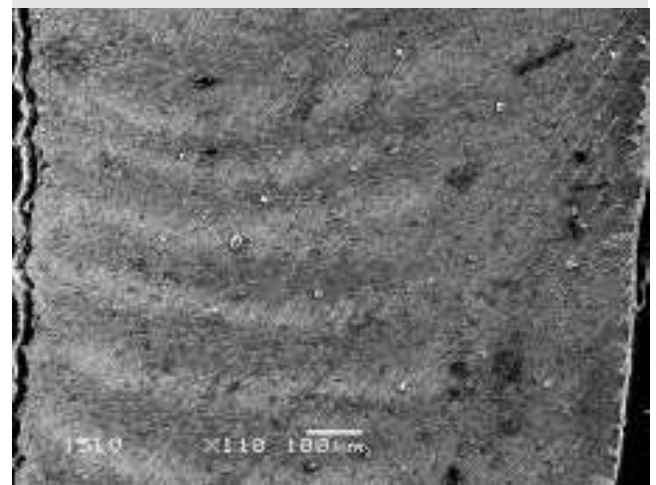


Fig. 7. Esmalte con bandas y esmalte radial en la zona media de la cara labial en canino (MEB x110).

Las bandas presentaron una inclinación ascendente hacia la cúspide, más destacada en la zona incisal. En el tercio cervical de ambas caras libres, en la zona interna observamos entrecruzamientos de prismas que no constituían las típicas bandas, disposición que corresponde a esmalte de tipo irregular (Fig. 8).

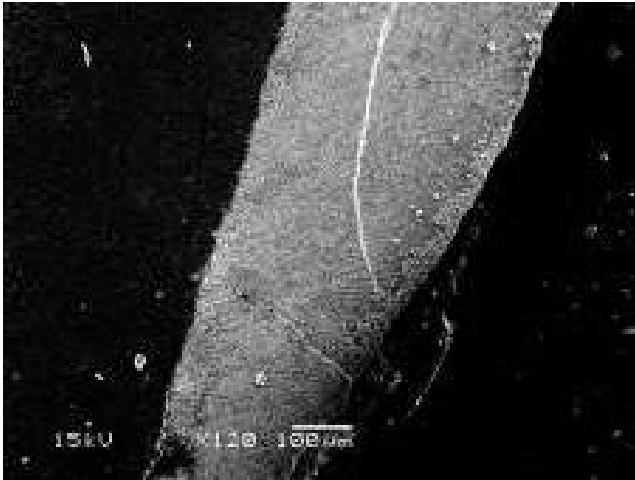


Fig. 8 Esmalte irregular en la zona cervical de la cara labial en canino (MEB x120)

En las cúspides de los premolares, en la zona interna del esmalte próxima al límite amelodentinario, se encontró esmalte irregular con un intrincado entrecruzamiento de grupos de prismas (Fig. 9). En los 2/3 externos de las cúspides se observó esmalte radial, con los prismas que mostraban un cambio de dirección para terminar perpendiculares a la superficie externa del esmalte. En las caras labial y palatina, las bandas ocupaban la mitad del espesor del esmalte con una disposición horizontal y en la mitad externa el esmalte era de tipo radial (Fig. 10).

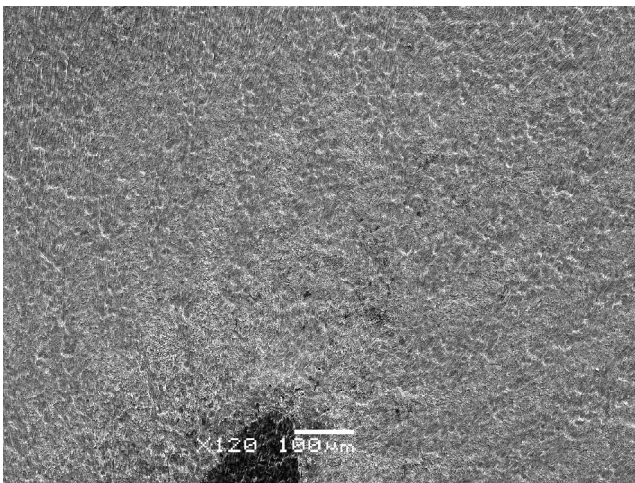


Fig. 9 Esmalte irregular en la zona cuspídea próxima al límite amelodentinario en premolar (MEB x120).

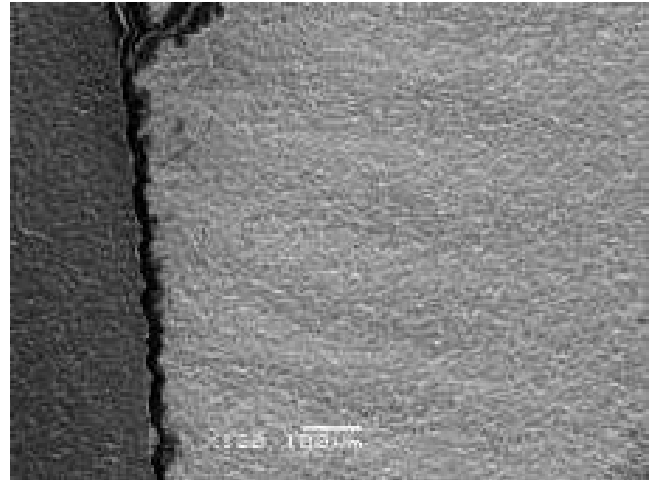


Fig. 10. Esmalte con bandas en disposición horizontal en la cara labial en premolar (MEB x120).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Identificamos esmalte radial, esmalte con bandas y esmalte irregular; por la disposición de los prismas cada uno de estos tipos de esmalte presenta propiedades biomecánicas diferentes. En el esmalte radial los prismas se disponen paralelos unos con otros y terminan en ángulo recto a la superficie externa. Rensberger y Koenigswald (1980) (7), Boyde y Fortelius (1986) (8) sostienen que estas características del esmalte radial permiten cumplir con uno de los requerimientos biomecánicos que es la resistencia a la abrasión y permite conservar un mejor borde cortante debido a la dirección de los cristales que conforman el prisma; por eso este tipo de esmalte se encuentra en la superficie externa del diente. De acuerdo a Shimizu y colaboradores (9) la capacidad de los prismas de disipar estrés de contactos en la superficie, puede influenciar en el promedio de desgaste del diente. Maas (1991) (10) tras estudiar el impacto de la microestructura del esmalte en el microdesgaste, considera que las diferentes respuestas a la abrasión de los esmaltes prismáticos reflejan la influencia de la estructura, pero a nivel de organización de cristalitos, más que a nivel de los prismas en sí.

En las muestras estudiadas, la disposición externa del esmalte radial observada en todos los grupos dentarios, revalida lo expresado por estos

autores con relación a su desempeño biomecánico.

El esmalte radial no resulta efectivo como mecanismo para la detención de rajaduras si las fuerzas de tensión superan valores críticos. Para esto, la presencia de bandas o esmalte irregular en la zona interna al esmalte radial actúa reduciendo el peligro de penetración de fracturas en el esmalte (4). Sin embargo un solo tipo de esmalte no es apto para cumplir todos los requerimientos biomecánicos del diente por lo que deben combinarse (3). Encontramos esmalte radial en la zona externa del esmalte combinado con esmalte irregular o con esmalte con bandas de Hunter Schreger en la interna.

En las zonas de mayor impacto de las fuerzas masticatorias, como las cúspides de premolares y molares, la marcada decusación de los prismas del esmalte en la parte interna de las mismas constituye un mecanismo de detención de fracturas (5). Según Dos Santos (1987) (11) las fuerzas masticatorias generan tensiones de resistencia internas que son de dirección opuesta,

por ello las estructuras de refuerzo se localizan próximas al límite con la dentina para resistir fracturas, como observamos en nuestro estudio. El esmalte irregular en las cúspides de los premolares mostró un marcado entrecruzamiento de prismas, a diferencia de las caras libres donde era menos evidente. El esmalte irregular de las cúspides resulta compatible con el esmalte nudoso descrito con microscopía óptica.

La organización de los prismas en los tipos de esmalte y la ubicación de estos en cada grupo dentario depende de la función del diente y optimiza su respuesta biomecánica.

Concluimos que la presencia de varios tipos de esmalte y su combinación constituye una especialización de la microestructura del esmalte apta para responder a la variada demanda biomecánica de los diversos grupos dentarios.

Agradecimientos

A la Sra. Patricia Sarmiento del Servicio de Microscopía Electrónica de Barrido del Museo de Ciencias Naturales de La Plata.

REFERENCIAS

1. Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz A. (2002) *Histología y Embriología Bucodental*. Ed. Médica Panamericana, Madrid, España.
2. Koenigswald W, Clemens W. (1992) Levels of complexity in the microstructure of mammalian enamel, and their application in studies of systematics. *Scanning Microscopy*; 6:195-218.
3. Koenigswald W, Sander P. (1997) Glossary of terms used for enamel microstructures. En: *Tooth enamel microstructure*, Koenigswald W, Sander P. (eds) Balkema, Rotterdam, Países Bajos, pp 267-297.
4. Rensberger J. (1997) Mechanical adaptation in enamel. En: *Tooth enamel microstructure*. Koenigswald W, Sander P. (eds) Balkema, Rotterdam, Países Bajos, pp. 237-257.
5. Jiang Y, Spears IR, Macho GA. (2003) An investigation into fractured surfaces of enamel of modern human teeth: a combined SEM and computer visualization study. *Archs Oral Biol*. 48: 449-457.1.
6. Martin T, Wahlert J. (1999) Preparing teeth for viewing with scanning electron microscope (SEM). <http://research.amnh.org/vertpaleo/enamel/prep.html> [Consulta: 6-1-2007]
7. Rensberge, J, Koenigswald, WV (1980) Functional and filogenetic interpretation of enamel microstructure in rhinoceroses. *Paleobiology*; 6: 477-495.1.
8. Boyde A, Fortelius M. (1986) Development, structure and function of rhinoceros enamel. *Zoological Journal of the Linnean Society*; 87:181-214.
9. Shimizu D, Macho GA, Spears IR. (2005) Effect of prism orientation and loading direction on contact stresses in prismatic enamel of primates: implications for interpreting wear patterns. *Am. J Phys Anthropol*; 126: 427-34.
10. Maas MC. (1991) Enamel structure and microwear: an experimental study of the response of enamel to shearing force. *Am. J Phys Anthropol*; 85: 31-49.
11. Dos Santos, José (1987) *Oclusión. Principios y conceptos*. Editorial Mundi, Buenos Aires, Argentina, pp.164.