

**TESIS DOCTORAL**

**ALEJANDRO MARTÍNEZ PÉREZ-PÉREZ**

**Evolución de la dieta en Cataluña y Baleares  
desde el Paleolítico hasta la Edad Media  
a partir de restos esqueléticos**

**Septiembre 1990**



## 1.4. Tierra de Fuego

La serie de Aborígenes de Tierra del Fuego ha sido analizada con el fin de caracterizar el estudio de una población de dieta fundamentalmente carnívora conocida (VILA *et al.*, 1985). Las muestras de hueso y las variables consideradas han sido tomadas durante las campañas realizadas en Tierra de Fuego. Los resultados que se muestran son una primera aproximación, ya que la muestra analizada es muy pequeña y, además, no se dispone, por el momento, de fauna herbívora de la misma zona con la que corregir el índice Sr/Ca. En cambio, sí se dispone de fauna marina carnívora (foca), que es la que se ha utilizado para calcular el índice O.R. Los valores de las concentraciones de Ca, Sr y Zn y los índices calculados para la serie de Aborígenes de Tierra del Fuego, se presentan en la tabla V.32. y figura V.38.

**Tabla V.32.** Concentraciones de Ca, Sr y Zn e índices en la serie de Aborígenes de Tierra del Fuego

		edad	sexo	Ca	std	n	Sr	std	n	Zn	std	n
Fueguinos				405.3	10.9	7	343.5	93.3	7	170.7	36.4	7
	J			393.1	1.8	2	365.1	14	2	149.8	7.6	2
	A			410.9	10	4	366	99.7	4	177	44.3	4
	M			407.3	0	1	209.9	0	1	187.1	0	1
	?			397.3	6.2	3	357.5	15.7	3	143.9	10.4	3
	F			415.7	12.3	2	293.4	8	2	189.6	50.5	2
	M			406.9	0.4	2	372.5	162.5	2	191.9	4.8	2

		edad	sexo	Zn/Ca	std	n	Sr/Ca	std	n	O.R.	std	n
Fueguinos				0.38	0.02	2	0.93	0.04	2	1.17	0.05	2
	J			0.43	0.1	4	0.89	0.25	4	1.13	0.32	4
	A			0.46	0	1	0.52	0	1	0.65	0	1
	M			0.36	0.03	3	0.9	0.05	3	1.13	0.07	3
	?			0.45	0.11	2	0.71	0.04	2	0.89	0.05	2
	F			0.47	0.01	2	0.92	0.4	2	1.15	0.5	2
	M											

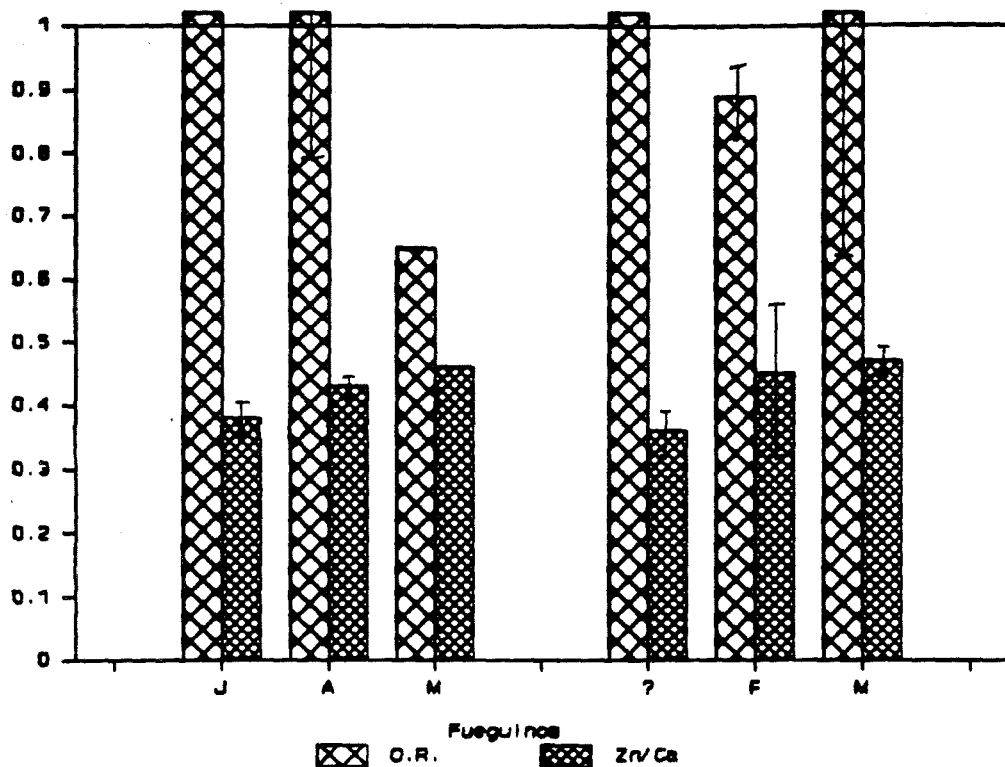


Figura V.38. Indices O.R. y Zn/Ca en la serie de Aborígenes de Tierra del Fuego

El índice O.R. obtenido es alto en todos los grupos considerados (algo superior a la unidad). Ello indicaría que la dieta de los individuos analizados sería similar a la de la fauna utilizada para corregir el índice (foca). Por lo que respecta al índice Zn/Ca el promedio para los individuos adultos es de tipo medio (0.43), prácticamente idéntico al observado en la fauna marina del mismo yacimiento (0.44) (tabla IV.8.).

## 2. Evolución de la dieta en Cataluña y Baleares

En el apartado IV.1.3. se ha presentado un modelo de evolución de los índices Sr/Ca(c) y Zn/Ca, a partir de las series estudiadas. A continuación se comenta la posible relación entre los marcadores alimentarios analizados por periodos y la información arqueológica e histórica generalmente aceptada para cada uno de ellos. También se comentan las diferencias observadas entre los grupos de edad y sexo y la variabilidad intrapoblacional de los índices analizados.

### 2.1. Patrón económico

#### 2.1.1. Agrícola

Relacionando la variación de los valores del índice O.R. con fluctuaciones del régimen económico asociado a la alimentación, podemos decir que en la evolución general en el tiempo, la dieta de las poblaciones analizadas tiende a basarse cada vez menos en una explotación exclusivamente agrícola. Evidentemente, la revolución neolítica supuso un avance tecnológico importante que permitió disponer, a través de la agricultura, de excedentes de producción (CARLSTEIN, 1982). El término **producción** no es aplicable a periodos anteriores en los que la relación obtención-consumo depende de la productividad natural, sin intervención tecnológica humana.

El periodo **Paleolítico**, caracterizado por el patrón económico cazador-recolector, no está representado en este estudio. La dieta de los grupos cazadores-recolectores, basada fundamentalmente en la recolección de frutos y otros vegetales más que en la caza, que es una actividad imprevisible, conduce durante la crisis del **Mesolítico**, periodo con una fuerte actividad migratoria de los animales en busca de alimento, a una mayor actividad recolectora, ya que la caza sería escasa (FEREMBACH, 1986). Las muestras analizadas del periodo Epipaleolítico indican que la dieta estaría basada fundamentalmente en recursos vegetales.

Durante el Neolítico las sociedades se complican tecnológicamente, se sedentarizan y se vuelven dependientes de un recurso estable: los cereales. El consumo de estos vegetales favorece la explosión demográfica ya que la alimentación se vuelve predecible en términos de producción y se acumulan excedentes. Con la domesticación de especies vegetales aparecen también los animales domésticos, no sólo para su explotación como recurso alimentario sino también como consecuencia de una mayor complejidad tecnológica al servicio de la agricultura. Los datos obtenidos con las series neolíticas estudiadas indican una economía fundamentalmente agrícola, pero con una reducción del índice O.R. respecto al periodo anterior, probablemente atribuible al cambio en la explotación del tipo de recurso vegetal como consecuencia de la agricultura. GILBERT (1985) indica que el aporte de Sr es mayor en una dieta basada en frutos que en granos y cereales, lo que podría explicar la reducción del índice O.R. del Epipaleolítico al Neolítico.

Ya durante el Neolítico Final, y especialmente en el Calcolítico, la explotación del ganado doméstico y la caza de animales salvajes se practica de forma intensiva (GURT, 1982). La agricultura sigue siendo la actividad preponderante, pero, en términos relativos, pierde importancia respecto a otras actividades. El índice O.R. medio de las series analizadas indica que la importancia de los recursos vegetales es, en este momento, la más baja desde el Epipaleolítico. Sin embargo, el patrón económico preponderante sigue siendo el agrícola, quizá con posibles variaciones en el espacio a lo largo de este periodo, que ya se han comentado anteriormente.

El Bronce pleno está mal representado en Cataluña. Tan solo una serie formada por tres individuos no puede ser representativa de todo el periodo. Los grupos de esta época siguen siendo agricultores y la ganadería se especializa según la zona ocupada. En cambio, los datos disponibles para el Bronce en Cataluña sugieren un mayor consumo de alimentos de origen vegetal. Sin embargo, las series analizadas del Bronce de la Península Ibérica presentan un índice de O.R. inferior a 0.5, dentro de los límites de la dieta mixta. Probablemente un dato de este tipo sea más informativo que el que se dispone, por el momento, para el Bronce de Cataluña.

El periodo Talayótico corresponde cronológicamente al I milenio a.C. en Cataluña, periodo en el que la incineración es habitual en la cuenca

mediterránea. Los pobladores de las islas en esta época tendrían la agricultura y la ganadería como base de su economía (PERICOT, 1975). El cultivo de trigo, cebada y leguminosas está documentado históricamente. También se cultivarían la bellota y, más tardíamente, la vid y el olivo. El ganado vacuno, ovino y caprino está ya presente y el porcino es especialmente abundante. La composición de la alimentación se repartiría entre los productos agrícolas, el ganado, la caza y la recolección de frutos, así como la pesca y recolección de moluscos y crustáceos (PERICOT, 1975). Los resultados obtenidos del análisis de la necrópolis de Son Real indican que la población presentaría una dieta mixta. De hecho, el índice O.R. obtenido en este periodo es el más bajo desde el Epipaleolítico y, por primera vez, se puede considerar claramente indicativo de dieta mixta. Las concentraciones absolutas de Sr y el índice Sr/Ca obtenidos en la Illa de Porros (SUBIRA, 1989) no se diferencian de los de la serie de Son Real.

La utilización de la necrópolis **tardo-romana** de Tarragona es máxima entre los siglos III al V, lo que corresponde al largo periodo de estabilidad del Imperio Romano y constituye una gran evidencia del mundo urbano que se desarrolla en Cataluña durante esta época (GURT, 1982). Tarraco y Barcino (quizá también Dertosa) son *colonias* romanas de gran importancia en el Mediterráneo. El comercio se desarrolla ampliamente y el cultivo de cereales, vid y olivo se intensifica. Los resultados obtenidos indican que en las series de época romana analizadas, la dieta sería también mixta. El índice O.R. se mantiene por debajo de 0.6.

La época **Medieval** representa un periodo de grandes variaciones tanto espaciales como temporales. La estratificación social del mundo medieval conduce incluso a diferencias intrapoblacionales. El índice O.R. medio indica un mayor consumo de vegetales, por término medio, que en la época romana. Sin embargo, hay que tener en cuenta las diferencias observadas entre las poblaciones analizadas: L'Esquerda, economía pastoril en zona de montaña y La Olmeda, economía agrícola en la Meseta.

### 2.1.2. Pastoril

La asociación entre valores bajos del índice O.R. (menor a 0.4) y altos del índice Zn/Ca (superior a 0.5) sería una clara evidencia de una economía basada, casi exclusivamente, en la explotación de recursos animales. Sin embargo, en un patrón económico de tipo pastoril la relación no es, necesariamente, constante. Cabría esperar, en términos relativos, que una disminución creciente del consumo de alimentos de origen vegetal conllevara una alimentación progresivamente más cárnica. Sin embargo, los índices estudiados nos indican, por un lado, la importancia relativa de la explotación de recursos vegetales respecto a los animales (índice O.R.) y, por otro, la importancia de la ingesta de proteínas de origen animal con la dieta.

Durante el periodo **Epipaleolítico** la actividad recolectora es preponderante. La caza debió tener una importancia crucial en las sociedades de esta época, quizá debido a su escasez y a su alto contenido alimenticio. El índice Zn/Ca obtenido en este periodo, a partir de las series analizadas, indica un aporte de proteínas de origen animal (carne, pescado y derivados animales) de tipo medio. Sin embargo, este periodo presenta el valor medio más alto de todos. En las sociedades cazadoras-recolectoras la recolección de frutos, tubérculos y otros vegetales se complementa con el producto de la caza. En ocasiones se le ha dado mayor importancia a la caza, por sus connotaciones sociales más que por su importancia relativa. Sin embargo, la carne es una importante fuente de proteínas, indispensable en las sociedades primitivas. Si interpretamos el elevado índice O.R. de las series epipaleolíticas como causado por una dieta basada en frutos, nueces y otros vegetales de elevado contenido en Sr, la actividad cazadora, aunque sea importante, no afectará a los valores del índice O.R. En este caso, un mayor consumo de carne no se traduce en un menor consumo de Sr.

El cambio de dieta del periodo **Neolítico** se traduce en una reducción del índice O.R. ya que se abandona, en gran parte, la recolección de frutos por el cultivo de cereales, de menor contenido en Sr. La ganadería, incipiente al principio, no se reserva exclusivamente al consumo humano sino que se hace dependiente, de forma progresiva, de la actividad agrícola. La alimentación base es de origen vegetal, fundamentalmente cerealística, y la caza, posiblemente, seguiría siendo importante, aunque quizá de forma especializada. El índice Zn/Ca disminuye respecto al periodo anterior, aunque

sigue indicando un aporte de proteínas de origen animal de tipo medio. Es importante destacar las diferencias entre las series estudiadas. L'Avellaner es un yacimiento Neolítico con un valor de Zn/Ca muy elevado (0.68), ya sea debido a una actividad ganadera o de caza, o ambas, importante. En las demás series neolíticas los valores son inferiores. No parece apropiado, pues, desligar agricultura de consumo de proteína animal.

La explotación ganadera se desarrolla ampliamente en el periodo **Calcolítico**. El índice Sr/Ca(c) disminuye y se aproxima a un patrón económico mixto, aunque sigue siendo agrícola. El consumo de proteínas de origen animal se puede considerar de tipo medio, aunque el índice Zn/Ca disminuye respecto al periodo anterior, en las series estudiadas. Si el consumo de carne fuese mayor, esperaríamos que el índice aumentase. Sin embargo, sucede al contrario, disminuye. La variación en los índices O.R. y Zn/Ca del periodo Calcolítico podría interpretarse como una creciente importancia de la ganadería sobre la alimentación, respecto a la agricultura, pero con un cambio en la explotación ganadera, quizá debida a la selección de variedades o a un cambio en la importancia de la explotación de ganado ovino, caprino, bovino o vacuno.

El índice Zn/Ca del periodo del **Bronce** obtenido con las series analizadas sugiere que el aporte de proteínas de origen animal sigue siendo de tipo medio y el patrón económico preponderante es el agrícola. En las series analizadas de la Península, en cambio, el índice Zn/Ca obtenido indica un consumo de proteínas de origen animal alto, con un patrón económico mixto. Las variaciones locales pueden tener importancia durante este periodo.

En las Islas Baleares, la serie del periodo **Talayótico** estudiada (Son Real) presentaría un patrón económico mixto con un aporte pobre de proteínas de origen animal (Zn/Ca = 0.27). La Illa de Porros (SUBIRA, 1989) presentaría un valor de tipo intermedio (Zn/Ca = 0.39, calculado a partir de los promedios). PERICOT (1975) ya indica la importancia de la agricultura, la ganadería y la recolección de frutos y moluscos en las Islas Baleares en época talayótica.

En la época romana, las series analizadas presentan un patrón económico mixto. El consumo de proteínas animales se puede considerar casi



de tipo medio, aunque el valor Zn/Ca es ligeramente inferior a 0.35. En cualquier caso, no sería de extrañar la existencia de fluctuaciones intrapoblacionales.

Donde sí existen amplias diferencias entre las series estudiadas es en la época Medieval. El consumo de proteínas animales parece responder a distintas variables, en función de la situación del yacimiento, contexto histórico, especialización de la actividad, etc. En conjunto el promedio Zn/Ca aumenta, sin dejar de ser de tipo medio. Sin embargo, hay series con valores altos, superiores a 0.5, (La Muntanyeta, Artés, L'Esquerda y Martí Xic), medios (Ripoll, Oliana, Segàs y Lleida) y otras con valores bajos, inferiores a 0.35. (Queralt, Montjuïc y Cardona). El mundo medieval parece, pues, un mundo heterogéneo con grandes fluctuaciones alimentarias.

## 2.2. Variabilidad intrapoblacional

### 2.2.1. Grupos de edad

No están representados en todas las series estudiadas los distintos grupos de edad. Diferencias en los índices de los oligoelementos analizados respecto a los grupos de edad podrían estar asociados a diferencias metabólicas, sobre todo por lo que respecta a los individuos infantiles y juveniles.

En el yacimiento Neolítico de l'Hort d'en Grimau los individuos infantiles presentan una concentración de Sr mayor que los adultos y una concentración de Zn menor que aquéllos. Sin embargo, al calcular los índices de Zn/Ca y O.R. las diferencias son menos evidentes. En las series Calcolíticas de la Cova de la Guineu i la Balma de la Sargantana los individuos infantiles, juveniles y subadultos también presentan mayores concentraciones de Sr y Zn que los adultos. En este caso, las diferencias se mantienen al analizar los índices. En la serie del Polígono de St. Pere Molanta se observa la misma tendencia, pero sólo en las concentraciones absolutas de oligoelementos y lo mismo en la serie Medieval de Artés para el índice Zn/Ca y en la serie de Castellón Alto para el índice O.R. En cambio, no hay diferencias en los índices en la serie de La Olmeda, mejor representada que las anteriores.

Es evidente, por tanto, la relación que existe entre la concentración de oligoelementos y los grupos de edad, que se manifiesta en casi todas las series estudiadas donde estos grupos están representados. Es conveniente, por tanto, utilizar tan sólo los individuos adultos para la caracterización alimentaria de las series que se analicen. Sin embargo, la información que se pueda obtener de los individuos infantiles puede ser relevante en otro tipo de estudios.

### 2.2.2. Sexo

Deducir diferencias sociales o económicas intrapoblacionales a partir de diferencias en el contenido de oligoelementos entre los sexos, en relación a un acceso diferencial a los distintos tipos de recursos alimentarios es en principio arriesgado. Hay que considerar la posibilidad de que los niveles de algunos oligoelementos puedan verse afectados por variables fisiológicas asociadas al sexo (ciclo menstrual, lactancia, etc.).

En las series analizadas se pueden observar en algunos casos diferencias marcadas entre sexos en los índices calculados. En la serie del Polígono de St. Pere Molanta, los individuos femeninos presentan un índice O.R. (0.93) muy superior al de los masculinos (0.38). Esto sugeriría un consumo de materia vegetal mayor en mujeres que en hombres. En la serie talayótica de Son Real ambos índices son algo mayores en los individuos masculinos, mientras que en los Romanos de Tarragona el índice Zn/Ca es superior en los masculinos (dieta más carnívora) y el índice O.R. es superior en los femeninos (dieta más herbívora). En la serie de La Esquerda la relación es, sin embargo, a la inversa y en la serie de St. Martí Xic ambos índices son superiores en los femeninos. En la serie de Fuente Amarga, mientras el índice O.R. es similar en los dos sexos, el índice Zn/Ca es superior en los masculinos.

Como se puede observar, las diferencias, en algún caso evidentes, no son siempre en el mismo sentido. No parece posible, pues, asociar un mayor consumo de carne con un estatus social superior del sexo masculino. Sólo si se dispone de otro tipo de información complementaria (fundamentalmente arqueológica) que sugiera la presencia de diferencias de estatus o de acceso a

los recursos alimentarios entre sexos, se podrán interpretar las diferencias en el contenido de oligoelementos. Por ejemplo, en la serie de la Basílica de Ceuta, los individuos femeninos presentan un índice Zn/Ca (0.64) superior al de los masculinos (0.43). Esto podría estar relacionado con el elevado índice Zn/Ca obtenido para el individuo femenino situado en el *martyria*, lugar privilegiado en la basílica, generalmente asignado a los individuos más destacados.

### 2.2.3. Coeficientes de variación

El análisis de los coeficientes de variación de los índices calculados para las series analizadas puede ser indicativo del acceso diferencial a los recursos alimentarios de los distintos individuos de la población. Es posible que poblaciones altamente jerarquizadas presenten diferencias entre clases sociales, mientras que sociedades más equitativas presenten una dieta más homogénea.

A partir de los datos obtenidos, aunque en algunos casos las muestras no son suficientemente representativas, se observa que la variabilidad intrapoblacional es, en general, elevada. En la serie Neolítica de l'Avellaner, de régimen agrícola rico, el coeficiente de variación del índice Zn/Ca es muy elevado. Esto podría indicar que existiría un acceso diferencial a los recursos alimentarios de origen animal, mientras que los recursos vegetales, por ser la base de la alimentación, se distribuirían de forma más homogénea. En cambio, en la serie de régimen económico pastoril de l'Hort d'en Grimau, el coeficiente de variación del índice O.R. es mayor que el de Zn/Ca. En este caso, podría ser la alimentación a base de recursos vegetales el factor determinante de posibles diferencias intrapoblacionales. Ambas series pertenecen al periodo Neolítico, aunque presentan regímenes económicos distintos.

En el periodo Calcolítico no parece haber heterogeneidad intrapoblacional por lo que respecta a la dieta. La serie Talayótica de Son Real presenta un coeficiente de variación del índice Zn/Ca superior al valor crítico del 20% indicado por SCHOENINGER (1979). En esta serie los individuos masculinos presentan un índice Zn/Ca superior a los femeninos (tabla IV.17.), lo que podría explicar el elevado coeficiente de variación. Lo

mismo puede observarse en la serie de Tarragona, donde el índice Zn/Ca es superior en los individuos masculinos. En cambio, en ambos casos el coeficiente de variación del índice O.R. es inferior al 20%.

Por lo que respecta a los yacimientos medievales, los regímenes económicos son variables, pero en casi todas las series el coeficiente de variación del índice Sr/Ca es superior al del índice Zn/Ca. Esto sugiere que la distribución de los recursos vegetales podría estar asociada a condiciones sociales y/o económicas variables entre distintos grupos poblacionales. En La Esquerda, el coeficiente de variación del índice Zn/Ca es también alto, lo que pone de relieve la importancia de los recursos alimentarios de origen animal en este yacimiento.

En la serie de la Basílica de Ceuta el coeficiente de variación del índice Zn/Ca es muy alto. Como se verá más adelante, dicho índice presenta una distribución diferencial en las muestras analizadas en función de la localización del enterramiento en la Basílica. Los individuos alejados del centro o fuera de la misma presentan valores bajos, mientras que los más próximos tienen valores altos. El coeficiente de variación obtenido pondría de manifiesto el posible acceso diferencial a los recursos de origen animal.

En el periodo del Bronce de Granada, las series analizadas, todas ellas de patrón económico mixto, no presentan diferencias intrapoblacionales marcadas. En las series Medievales castellanas, el coeficiente de variación del índice Sr/Ca es superior al del índice Zn/Ca, especialmente en La Olmeda. En este yacimiento, aunque presenta un patrón económico agrícola, los recursos alimentarios de origen vegetal parecen distribuirse de forma heterogénea en la población, en parte debido a diferencias entre los sexos (tabla IV.21.).

En la serie de los Aborígenes Fueguinos los coeficientes de variación de los índices Zn/Ca y Sr/Ca son superiores al 20%. En esta población, de dieta fundamentalmente carnívora de origen marino, no es de esperar que existan diferencias en cuanto al acceso a los recursos alimentarios. Los recursos vegetales son escasos o prácticamente inexistentes y los marinos se distribuían equitativamente en el núcleo familiar (GUSINDE, 1989).

Todos los periodos (tabla IV.25.) presentan coeficientes de variación del índice Sr/Ca altos. Aunque se trata de una estimación sesgada por las series analizadas, podríamos decir que los recursos vegetales estarían en la base de la estructuración social de las poblaciones. Respecto a los recursos animales, la variabilidad intragrupal depende de su escasez o abundancia.

## **2.3. Contexto Mediterráneo**

A lo largo de esta memoria se han citado estudios sobre el contenido de oligoelementos realizados por otros autores. En ellos, se presentan datos poblacionales que nos permiten situar las series analizadas de Cataluña en su contexto mediterráneo. Nos interesa destacar aquí aquellos estudios que proporcionan datos poblacionales con los que poder comparar las series estudiadas en el presente trabajo y, en particular, aquéllos que proporcionan los índices de Sr/Ca(c) y Zn/Ca para series de diversas épocas y áreas geográficas.

### **2.3.1. Series del Mediterráneo**

En la tabla V.33. se presentan las series de la zona del Mediterráneo, recopiladas de la bibliografía. La clasificación del patrón económico corresponde a la clasificación asignada por los autores de cada estudio. La tabla V.34. muestra los índices O.R. y Zn/Ca obtenidos en dichas series y por sexos. En la tabla V.35. se han calculado las medias de estas series agrupadas por periodos. Son pocos los estudios donde se utilicen los índices O.R. y Zn/Ca. Otros autores (FRANCALACCI y BORGOGNINI, 1987) proporcionan datos de las concentraciones de oligoelementos, sin considerar las correcciones con el Calcio. La figura V.39. muestra la evolución por periodos de los promedios de los índices O.R. y Zn/Ca para las series de la tabla V.33. Las figuras V.40. y V.41. presentan la evolución de los índices por sexos (hombres y mujeres, respectivamente), para los periodos de los que se dispone de datos. La figura V.39. para las series del Mediterráneo se puede comparar con la figura IV.33. para Cataluña y Baleares. Aunque los periodos no coinciden exactamente, se puede observar la tendencia general en ambas figuras.

**Tabla V.33. Series del Mediterráneo analizadas por otros autores para la determinación del contenido de oligoelementos**

Serie	Yacimiento	Localidad	Epoca	Dieta	Referencia
1	Tabun	Israel	Paleolítico medio (70000 a.P.)		(1,2)
2	Skhul	Israel	Paleolítico medio (30-35000 a.P.)		(1,2)
3	Qafzeh	Israel	Paleolítico medio (30-35000 a.P.)		(1,2)
4	Kebara C	Israel	Paleolítico superior (15000 a.P.)		(1,2)
5	Hayonim	Israel	Mesolítico (11950-90 a.P.)		(2)
6	El Wad	Israel	Meso-Epipaleolítico (10000 a.P.)		(1,2)
7	Kebara B	Israel	Meso-Epipaleolítico (10000 a.P.)		(1,2)
8	Ganj Dareh		Neolítico? (9000-11000 a.P.)	agrícola	(2)
9	Hayonim	Israel	Neolítico (9970-90 a.C.)	agrícola	(1)
10	Hajji Firuz	Irán	Neolítico (7000 a.P.)	agrícola	(2)
11	Piano Vento	Agrigento	Proto-Eneolítico	agrícola	(3)
12	Kalinkaya	Turquía	Calcolítico (4000-3000 a.C.)	agrícola rica	(1,3,4)
13	Atenas	Grecia	Hierro primitivo	agrícola mixta	(3,5)
14	Karatash		Bronce primitivo		(4)
15	Kalinkaya	Turquía	Bronce (3000-2000 a.C.)	agrícola rica	(1,3,4)
16	Nichoria	Grecia	Bronce tardío (1600-1150 a.C.)		(1,2,3,4)
17	Atenas	Grecia	Clásica	agrícola	(4,5)
18	Atenas	Grecia	Helenística	agrícola rica	(4,5)
19	Tarquinia	Grecia	Helenística (s. III a.C.)	agrícola	(2)
20	Nichoria	Grecia	Micénica	mixta pobre	(5)
22	Alba	Cuneo	Romano tardío (ss. III-IV d.C.)	agrícola	(2)
21	Atenas	Grecia	Romana	agrícola	(4,5)
23	Alba S. Cassiano	Piemonte	Tardo romana (ss. III-IV d.C.)	agrícola	(5)
24	V. dei Gordiani	Roma	Tardo romana (s. IV d.C.)	mixta rica	(2,5)
25	Settefinestre	Toscana	Tardo romana (ss. III-V d.C.)	pastoril	(2,5)
26	Constantinopla		Bizantina	mixta	(4)
27	Gortina	Creta	Bizantina	pastoril	(1,5)
28	Kalenderhane	Estambul	Bizantina	mixta	(1,5)
29	Atenas	Grecia	Bizantina	mixta rica	(5)
30	Nichoria	Grecia	Bizantina		(1,4)
31	Sarezzo	Brescia	Medieval (s. VII d.C.)	mixta	(2)
32	Villa Carcina	Brescia	Medieval (s. VII d.C.)	pastoril	(2)
33	Paciuri	Calabria	Alto medieval (Longobarda)		(1,4)
34	Cornus	Cerdeña	Medieval (ss. VII-VIII d.C.)	mixta pobre	(2)

(1) FORNACIARI (1982), (2) FORNACIARI y MALLEGGI (1987), (3) FORNACIARI y PARENTI (n/p), (4) NAVARI *et al.* (1982), (5) FORNACIARI *et al.* (1984)

**Tabla V.34.** *Indices O.R. y Zn/Ca de las series del Mediterráneo analizadas por otros autores para la determinación del contenido de oligoelementos*

Serie	Totales					Mascullinos					Femeninos				
	n	O.R.	std	Zn/Ca	std	n	O.R.	std	Zn/Ca	std	n	O.R.	std	Zn/Ca	std
1	1	0.66													
2	5	0.64	0.05												
3	5	0.66	0.17												
4	9	0.66	0.24												
5	14	0.78	0.10												
6	21	0.93	0.21												
7	6	0.88	0.18												
8	16	0.66	0.28												
9	14	0.73													
10	16	0.67	0.23												
11	12	0.67	0.15	0.49	0.13	8	0.69	0.16	0.50	0.09	1	0.82		0.41	
12	10	0.71	0.22	0.61	0.19										
13	15	0.78	0.18	0.48	0.09	7	0.55	0.12	0.51	0.12	8	0.98	0.24	0.45	0.06
14	10			0.44	0.16										
15	32	0.81	0.36	0.72	0.60										
16	26	0.55	0.11	0.38	0.09										
17	6	0.76	0.18	0.43	0.06	5	0.79	0.18	0.42	0.05	1	0.60		0.49	
18	17	0.68	0.23	0.51	0.12	4	0.86	0.51	0.58	0.23	12	0.61	0.11	0.47	0.08
19	35	0.82	0.36	0.34	0.16										
20	26	0.55	0.11	0.38	0.09	12	0.58	0.13	0.38	0.06	14	0.53	0.09	0.38	0.12
22	5	0.88	0.11	0.45	0.17										
21	5	0.71	0.11	0.47	0.06	2	0.51	0.15	0.47	0.02	3	0.84	0.07	0.47	0.08
23	5	0.88	0.11	0.45	0.17	4	0.86	0.11	0.38	0.09	1	0.97		0.72	
24	32	0.54	0.17	0.54	0.20	21	0.54	0.14	0.52	0.14	11	0.54	0.21	0.57	0.30
25	4	0.16	0.12	0.68	0.19	3	0.14	0.13	0.76	0.10	1	0.21		0.43	
26	28	0.44	0.09	0.44	0.07	20	0.45	0.09	0.46	0.08	8	0.42	0.09	0.40	0.04
27	22	0.31	0.07	0.52	0.10	15	0.32	0.07	0.51	0.11	7	0.29	0.06	0.53	0.06
28	28	0.44	0.09	0.44	0.07	20	0.45	0.09	0.46	0.08	8	0.42	0.09	0.40	0.04
29	5	0.49	0.13	0.49	0.12	3	0.39	0.17	0.56	0.19	2	0.64	0.06	0.54	0.01
30	2	0.31	0.08												
31	16	0.40	0.18	0.46	0.22										
32	30	0.25	0.21	0.59	0.35										
33	16	0.72	0.14												
34	3	0.44	0.03	0.31	0.02										

**Tabla V.35.** *Promedios de los índices O.R. y Zn/Ca, por periodos, de las series del Mediterráneo analizadas por otros autores para la determinación del contenido de oligoelementos*

Periodo	series	O.R.	std	Zn/Ca	std
Paleolítico	4	0.66	0.01		
Epipaleolítico	3	0.86	0.06		
Neolítico	3	0.69	0.03		
Calcolítico	2	0.69	0.02	0.55	0.06
Hierro	1	0.78	0.18	0.48	0.09
Bronce	2	0.68	0.13	0.51	0.15
Griego	4	0.70	0.10	0.42	0.06
Romano	5	0.64	0.27	0.52	0.09
Bizantino	5	0.40	0.08	0.47	0.02
Medieval	4	0.45	0.17	0.45	0.12
Hombres					
Calcolítico	1	0.69	0.16	0.50	0.09
Hierro	1	0.55	0.12	0.51	0.12
Griego	3	0.74	0.12	0.46	0.09
Romano	4	0.51	0.26	0.53	0.14
Bizantino	4	0.40	0.06	0.50	0.04
Mujeres					
Calcolítico	1	0.82		0.41	
Hierro	1	0.98	0.24	0.45	0.06
Griego	3	0.58	0.04	0.45	0.05
Romano	4	0.64	0.30	0.55	0.11
Bizantino	4	0.44	0.12	0.47	0.07



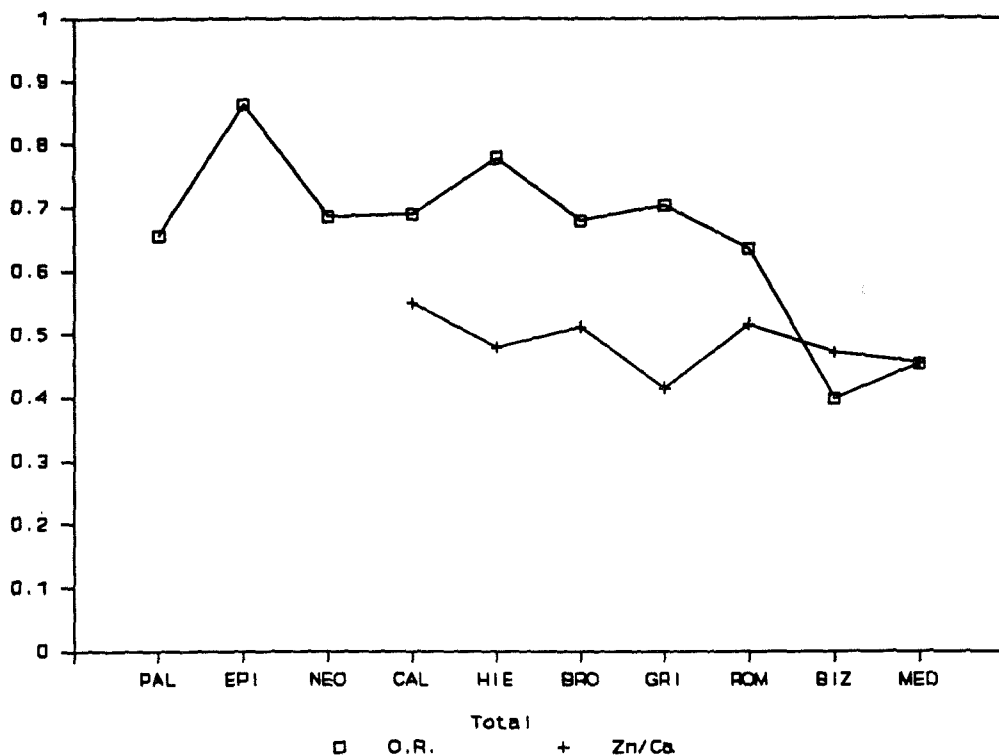
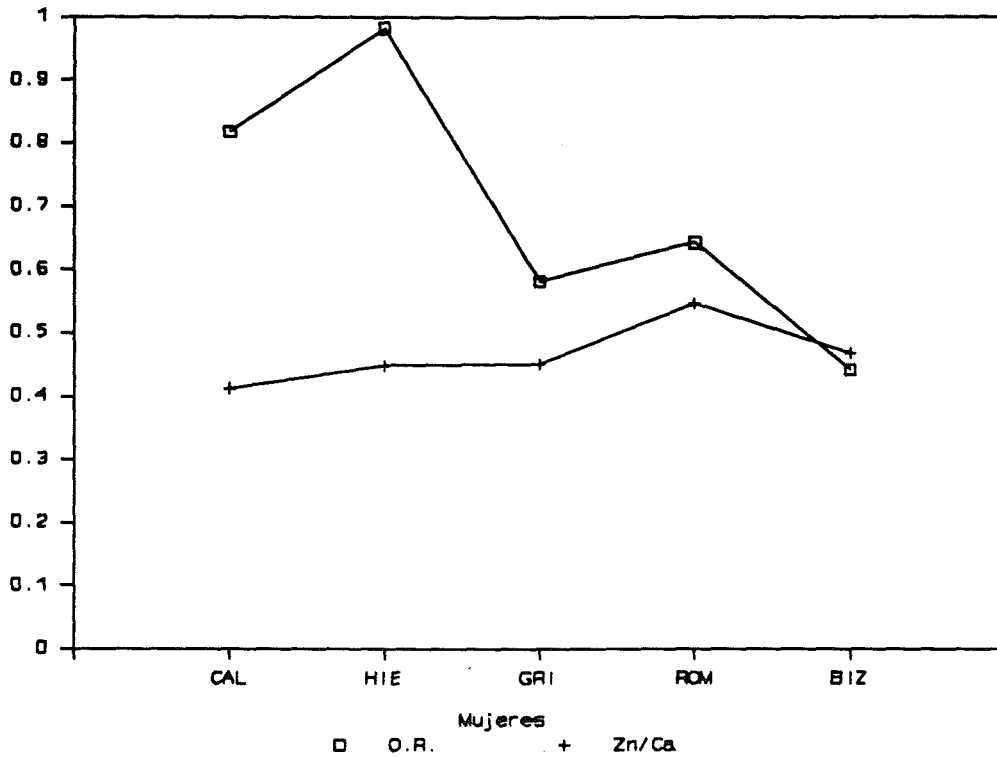


Figura V.39. Evolución de los índices O.R. y Zn/Ca por periodos en series del Mediterráneo

En términos globales, se observa una tendencia a disminuir del índice O.R. en el tiempo. El patrón económico basado en la explotación de recursos vegetales es sustituido por un régimen económico de tipo mixto, con fluctuaciones locales en función de una mayor o menor especialización alimentaria.



**Figura V.40.** *Evolución de los índices O.R. y Zn/Ca por periodos en las mujeres de series del Mediterráneo*

El índice O.R. en la mujeres tiende a ser mayor que en los hombres en los periodos iniciales y tienden a igualarse en etapas posteriores.

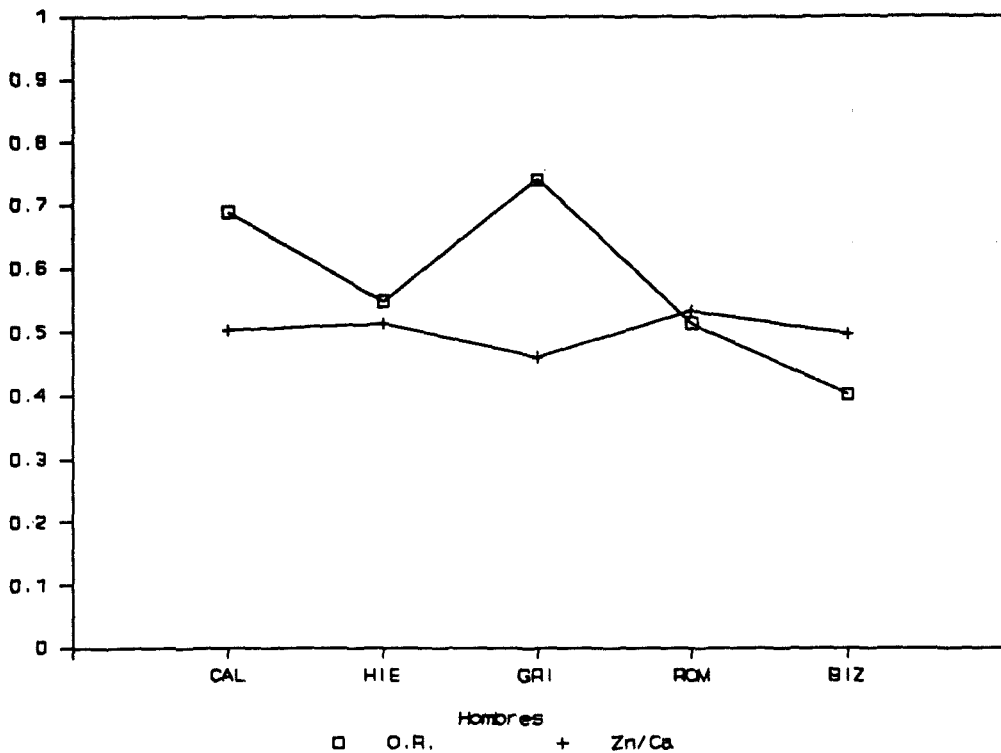


Figura V.41. Evolución de los índices O.R. y Zn/Ca por periodos en los hombres de series del Mediterráneo

El índice Zn/Ca no presenta diferencias marcadas entre hombres y mujeres respecto a los periodos de que se dispone información.

Además de los estudios ya citados, cabe destacar, entre otros, el de los periodos Paleolítico y Epipaleolítico realizado por SCHOENINGER (1982). En él se concluye que no se produjo ningún cambio de dieta de las series analizadas en Israel entre 70.000 y 35.000 a.P. (*H. sapiens* arcaico). La proporción entre material cárnico y vegetal en la dieta no sufrió ninguna modificación durante este periodo, representado por los yacimientos de Tabun, Skhül y Qafzeh. Si algún cambio se produjo, estaba relacionado, más bien, con la introducción de metodologías alternativas de obtención y preparación del alimento, lo cual estaría asociado a la evidencia de un cambio en la morfología de los utensilios utilizados. Parece, por tanto, que no hubo cambios nutricionales paralelos a la disminución de la robustez del esqueleto. Entre 30.000 y 15.000 años a.P. se produjo una disminución en la robustez pero no en la dieta, tal como muestra el mantenimiento del índice de Sr/Ca(c) para el yacimiento de Kebara (nivel C) respecto a las series de periodos anteriores. En los yacimientos posteriores (Epipaleolíticos hacia 10.000 BP) de Kebara (nivel B) y el-Wad, el índice corregido se modifica hasta alcanzar valores en torno a 0.9 (siendo en torno a 0.65 en los yacimientos anteriores). Esto indicaría que el cambio en la dieta ocurrió con posterioridad a los cambios morfológicos. A partir del material arqueológico encontrado parece evidente que el énfasis en el procesamiento de materia vegetal era mayor en la última parte del periodo Epipaleolítico que anteriormente, lo que parece apoyado también por la evidencia del Sr/Ca(c).

FORNACIARI (1982) utiliza datos de diversos autores (entre ellos los de SCHOENINGER (1982)) para concluir que la proporción de elementos vegetales en poblaciones cazadoras recolectoras paleolíticas era abundante. Con la crisis de Mesolítico se pasa a una economía fundamentalmente recolectora. Con el Neolítico aumenta el contenido de materia animal en la dieta, tendencia que se acentúa en el Bronce tardío, posiblemente por la mejora de la irrigación y de la rotación de cultivos y desarrollo paralelo de la ganadería. En periodos protohistóricos la situación se complica considerablemente.

NAVARI *et al.* (1982) utilizan datos de BISEL (1980) y la población que analizan ellos mismos para contrastar los índices O.R. y Zn/Ca y las concentraciones de los contaminantes Pb y Cd entre distintas épocas. FORNACIARI *et al.* (1984) dan datos de una población tardo-romana (s. IV d.C.) y la comparan con otras europeas. FORNACIARI y MALLEGNI (1987) aportan datos de poblaciones prehistóricas y históricas y FORNACIARI (1982) de poblaciones de Próximo Oriente.

SILLEN (1984) observa una variación del índice de Sr/Ca en epipaleolíticos y neolíticos de Israel. Se observa una disminución (en el Natufiense tardío) previa a la introducción de la agricultura, posiblemente a una inadecuada ingesta de cereales/vegetales, y también una disminución posterior al desarrollo de la ganadería, asociada a un incremento de la estatura.

SCHOENINGER y PEEBLES (1981) comparan dos poblaciones con dietas diferentes: terrestre y marina.

### 2.3.2. Series de la Península Ibérica

Además de las series presentadas aquí, son pocos los estudios realizados con series de la Península Ibérica. Ya hemos comentado el estudio de SUBIRA (1989), de la Universidad Autónoma de Barcelona, por grupos de edad y sexo en la serie de s'Illot des Porros, con un tamaño muestral considerable. Otro grupo de la Universidad de La Laguna en Tenerife, está realizando estudios sobre el contenido de Sr en series de las Islas Canarias (ARNAY DE LA ROSA *et al.*, 1987; HERRERA *et al.*, 1987).

### 3. Estriación dentaria

Los Aborígenes de Tierra del Fuego (GUSINDE, 1989) constituyen un grupo humano, ya extinguido, en el que las características ambientales del hábitat que ocupaban les imponía un régimen de vida en condiciones extremas. El clima frío de Tierra del Fuego impide el crecimiento de vegetales comestibles. Tan solo el calafate, un tipo de fruto silvestre, crece bajo dichas condiciones, pero su importancia en la alimentación de las poblaciones aborígenes de esta zona es prácticamente nula. La dieta de estas poblaciones era fundamentalmente carnívora. Respecto a la alimentación, se distinguían claramente los grupos cazadores-recolectores, nómadas terrestres formados básicamente por el grupo de aborígenes denominado Ona, de los canoeros, pueblos también nómadas pero adaptados al medio marino, integrados por los grupos Yámana y Alacaluf. Los Aborígenes terrestres se alimentarían a base de la carne de Guanaco y Coruro (roedor de gran tamaño), así como de aves marinas, peces y, probablemente, moluscos recogidos en las zonas costeras. En cambio, los aborígenes canoeros se alimentarían básicamente de los productos obtenidos de la pesca y de la recolección de moluscos, así como de focas, leones marinos y mamíferos marinos.

La dieta de las poblaciones aborígenes de Tierra del Fuego está bien documentada. Su carácter eminentemente carnívoro convierte a los Aborígenes Fueguinos en un grupo excelente para el estudio de indicadores alimentarios.

El patrón de estriación dentario es un indicador alimentario cuya capacidad de discriminación depende de dos aspectos: 1) homogeneidad del patrón de estriación dentaria en poblaciones de dieta similar conocida y 2) correlación positiva entre el patrón de estriación y otros indicadores de la dieta.

Este segundo punto se discute en el apartado V.4. Veamos aquí el patrón de estriación en la serie analizada de Aborígenes de Tierra del Fuego, de alimentación carnívora conocida.

### 3.1. Dieta carnívora

Se han analizado un total de 30 réplicas dentarias de Aborígenes de Tierra del Fuego, correspondientes a dientes distintos, de los grupos Ona y Yámana. Una dieta blanda, como es la dieta carnívora, tenderá a presentar menor número de estrías que una dieta más consistente, con más partículas abrasivas (PUECH y PANT, 1980, PUECH *et al.*, 1983b). Ya hemos visto al comentar los resultados, que es fundamentalmente el número medio de estrías lo que nos permite diferenciar poblaciones de dieta distinta (tabla IV.56.). La cuestión más importante en este momento es, sin embargo, si el patrón observado para los Aborígenes de Tierra del Fuego es constante en otras series de dieta carnívora. En realidad, no podemos contestar a esta pregunta en este momento ya que no disponemos de otras series carnívoras de comparación. No obstante, sí podemos definir el patrón observado en nuestra serie carnívora para caracterizarlo y establecer un nivel de comparación.

La serie analizada de Aborígenes de Tierra del Fuego presenta un número medio de estrías para la dentición yugal estudiada (Pm4 y M1) que varía entre 11.0 y 34.5, según el diente. En la serie agrícola de La Olmeda el promedio fluctúa entre 64.5 y 90.0. La longitud media de las estrías varía en los Aborígenes, según el diente, entre 51.9  $\mu\text{m}$  (las horizontales) y 140.5  $\mu\text{m}$  (las verticales), mientras que en la serie de La Olmeda varía entre 50.5  $\mu\text{m}$  (las horizontales) y 134.8  $\mu\text{m}$  (las verticales). No hay diferencias, por tanto, en los rangos de variación de la longitud, pero sí las hay en los promedios del logaritmo de la longitud de las estrías (tabla IV.50.). La variabilidad ( $\pm 2\text{std}$ ) de la longitud media de estrías por diente en la serie carnívora está entre 10.8  $\mu\text{m}$  y 339.2  $\mu\text{m}$ , y entre 8.4 y 416.4 en la serie herbívora. La desviación estándar del logaritmo de la longitud de las estrías varía, según el diente, entre 0.35 y 0.79 en los Aborígenes y entre 0.72 y 0.80 en La Olmeda (tabla IV.61.).

El patrón de estriación dentaria de la serie carnívora de Aborígenes de Tierra del Fuego analizada presenta, pues, cinco características básicas respecto al patrón de la serie de La Olmeda, de régimen fundamentalmente agrícola con un aporte de proteínas de origen animal de tipo medio (tabla V.36.).

---

**Tabla V.36.** *Características básicas del patrón de estriación dentaria en individuos de dieta exclusivamente carnívora respecto a un patrón económico agrícola*

---

1. Reducido número de estrías (tabla IV.55.).
  2. Menor longitud media de las estrías (variable logaritmo, tabla IV.49.).
  3. Similitud en los rangos de variación de la longitud media de las estrías (tabla IV.41.).
  4. Menor desviación estándar media del logaritmo de la longitud para todos los dientes (tabla IV.61.).
  5. Mayor dispersión de la desviación estándar del promedio de la longitud de las estrías para cada diente (tabla IV.61.).
- 

En resumen, podemos decir que una dieta carnívora presentará una tendencia a producir (1) menor número de estrías, (2) más cortas por término medio, (3) de todos los tamaños posibles, pero (4) menos variables por término medio, aunque (5) más dispersas.

Este efecto es más evidente al considerar la totalidad de las estrías que al dividir las según el tipo de orientación. El patrón de estriación dentaria podría ser consecuencia de un efecto acumulativo independiente de la orientación, por lo que cuantas más estrías se analicen más se pondrá de manifiesto.



## 3.2. Variabilidad intrapoblacional

### 3.2.1. Variación interdientaria

Al analizar la variabilidad intrapoblacional en la serie de La Olmeda, hemos visto que prácticamente no hay diferencias significativas en el promedio de la longitud de las estrías dentarias entre dientes (tabla IV.46) ni en función del lado o maxilar estudiado (figuras IV.46 a IV.49). Esto nos indicaría que el patrón de estriación dentario es, al menos en lo que se refiere a la longitud de las estrías, constante para un mismo individuo. La longitud de las estrías no dependería del diente analizado. Esto sólo es extensible a los 8 dientes de yugales medios analizados (Pm4 y M1). Hay evidencias de que para la dentición anterior el patrón puede ser distinto (WALKER, 1976) y no hay datos para el resto de la dentición.

Si, como hemos visto, el número de estrías dentarias caracteriza mejor el patrón de estriación que su longitud, lo fundamental en la caracterización del patrón de estriación dentaria sería la representatividad de la muestra, más que el diente analizado.

Esta conclusión es fundamental en el estudio del patrón de estriación para la caracterización de la dieta. Si el patrón observado variara aleatoriamente según el diente observado, sería imposible aplicar este tipo de análisis.

### 3.2.2. Variación interindividual

Los coeficientes de variación del número de estrías dentarias son en general bastante altos (tablas IV.54. a IV.57.). Lo mismo sucede para la longitud de las estrías (tablas IV.47. a IV.51.). De nuevo, la variabilidad interindividual dependerá de la representatividad de la muestra. Ya que el patrón de estriación no depende del diente estudiado, conviene reducir el número de piezas a analizar en cada individuo (1 es probablemente suficiente) y aumentar lo más posible el número de individuos de la serie para que los datos sean representativos.

### 3.3. Variabilidad interpoblacional

Se han obtenido diferencias significativas tanto en el promedio del número de estrías como de su longitud y desviación al comparar series de dieta diversa (tablas IV.51., IV.58. y IV.64.). Pero para discriminar poblaciones en función del patrón de estriación dentario es necesario, no sólo que los promedios comparados difieran, sino que la variabilidad interpoblacional sea mayor que la intrapoblacional. Esta relación se ha observado en algunas de las comparaciones indicadas en dichas tablas.

La variabilidad interpoblacional es, en general, alta debido a que la propia variabilidad intrapoblacional es alta. Pero, además, en aquellos casos en los que los promedios difieren y las dispersiones de los grupos comparados son similares, la variabilidad interpoblacional será mayor que la intrapoblacional.

### 3.4. Caracterización de la dieta

Para poder determinar la dieta de una población a partir del estudio del patrón de estriación dentario será necesario estudiar el mayor número de series posibles con un tamaño suficientemente representativo. La variabilidad del patrón de estriación dentaria característico de un conjunto de series de dieta equivalente deberá ser menor que la variabilidad del patrón de estriación dentaria para distintos tipos de dieta. En nuestra aproximación al estudio poblacional podríamos tomar la serie de L'Esquerda como caso problema. La única referencia de que disponemos como elemento de comparación es el patrón de los Aborígenes de Tierra del Fuego (carnívoros) y el de La Olmeda (agrícola). En las figuras IV.71. a IV.75. se pueden observar los patrones para las tres series en cada diente. Respecto al número de estrías la serie de L'Esquerda se sitúa en un punto intermedio entre los Fueguinos y La Olmeda. Esto podría sugerir que L'Esquerda presentaría un esquema económico intermedio entre carnívoro y agrícola. Un modelo que entraría dentro de este margen sería una economía mixta, con agricultura y ganadería al mismo tiempo. Este modelo podría aproximarse a los resultados obtenidos para L'Esquerda mediante el análisis de oligoelementos (tabla V.21 y figura V.21). Sin embargo, la aproximación es muy poco precisa.

El modelo sugerido por PUECH *et al.* (1980) para discriminar una dieta carnívora de otra vegetariana, aunque visualmente es muy atrayente, no se observa en la series analizadas en el presente trabajo. En todos los casos, las

estrías verticales son más largas en promedio que las demás y las horizontales son las más cortas. Además, las horizontales son las menos frecuentes, por lo que variaciones individuales en su número o longitud no son representativas. Esto indicaría que el patrón de estriación dentario sería siempre del tipo que PUECH *et al.* (1980) señala como indicador de dieta carnívora.

### 3.5. Otras series estudiadas

Se han realizado bastantes estudios sobre las estriaciones dentarias, tanto en individuos aislados como en series prehistóricas o históricas.

#### 3.5.1. Análisis de individuos y series

Además de los estudios ya citados, se pueden destacar algunos más, que inciden en la caracterización alimentaria a partir del patrón de estriación dentaria.

PUECH *et al.* (1986) analizan la superficie dentaria de los primeros homínidos (*Australopithecus* y *H. habilis*) y PUECH *et al.* (1983a) presentan el análisis de muestras de Laetoli, Hadar y Olduvai. PUECH y ALBERTINI (1981) estudian el hombre de Lazaret, PUECH *et al.* (1980) el de Broken Hill y PUECH *et al.* (1983b) analizan cráneos egipcios.

Además de los estudios con microscopía de escaning, también se han realizado análisis con microscopía de luz incidente (*light microscopy*) (GORDON, 1983; PUECH, 1976; PUECH y ALBERTINI, 1981; PUECH *et al.* 1983a, 1983b, 1980).

Se han podido detectar correlaciones entre el tipo de dieta ingerido y el patrón de estriación. Se han detectado incluso variaciones estacionales (WALKER, A., 1979). Un estudio experimental muestra que diferencias en la dieta son identificables por el patrón de estriación (TEAFORD, 1986).

Se han realizado estudios morfológicos de los tipos de microdesgaste y su posible interpretación (LUKACS y PASTOR, 1988), estudios de la relación entre el desgaste de la dentición anterior y actividades culturales como la confección de útiles (LARSEN, 1985) o del microdesgaste en homínidos de Laetoli y Hadar que indican similitud en los patrones de comportamiento entre Papio y los primeros homínidos (PUECH y ALBERTINI, 1984).

### 3.5.2. Resultados en series españolas

Hasta el momento, no se encuentran estudios del microdesgaste dentario con series de la Península Ibérica. Tan sólo cabe destacar el análisis de dientes de la cueva de las Graderas, Molinos (Teruel) (LORENZO, 1986), donde se interpreta la dieta en función de porcentajes calculados a partir de la longitud de las estrías dentarias, y de la cueva del Rascaño (Santander) (GUERRERO y LORENZO, 1981).

## 4. Relación indicadores alimentarios-dieta

### 4.1. Oligoelementos y dieta

Es difícil distinguir entre los conceptos de dieta y patrón económico. La presencia de oligoelementos en hueso está determinada por su distribución en la cadena trófica. Si consideramos que la correlación entre un elemento y un determinado alimento es muy alta, el análisis de oligoelementos nos estará indicando la dieta, en la medida que podamos localizar la procedencia de dicho elemento. Sin embargo, los elementos minerales están distribuidos en diferentes tipos de alimentos y los conocimientos que tenemos actualmente sobre su procedencia tan solo nos permite diferenciar entre los grandes modelos alimentarios (herbívoro, mixto, carnívoro), que están estrechamente relacionados con el concepto de patrón económico (agrícola, mixto, pastoril).

Quizá sea más adecuado, pues, hablar de patrones económicos en relación a la explotación de recursos alimentarios, al interpretar el contenido de oligoelementos de una serie analizada. Puede haber variaciones intragrupalas pero el promedio poblacional nos permitirá caracterizar el modelo de la sociedad analizada.

### 4.2. Estriación y oligoelementos

La correlación entre estriación y dieta a nivel intrapoblacional no se ha podido determinar de forma clara. Sin embargo, las correlaciones obtenidas entre la longitud de las estrías y el contenido de Zn, aunque pequeñas, en general son significativamente distintas de cero y, sobre todo, son de signo negativo. Si esta relación llegara a ponerse de manifiesto a nivel interpoblacional, se podría utilizar la longitud de las estrías como indicador de dieta herbívora, aunque la variable más discriminante, en nuestro estudio, parece ser el número de estrías, más que su longitud.

Estudios preliminares (GORDON, 1986) sugieren que la correlación entre el patrón de estriación dentaria y otros indicadores de la dieta (isótopos estables y oligoelementos) es estadísticamente significativa en casos extremos.

La sensibilidad del método en una zona del espectro alimentario menos extremo, donde las diferencias puedan ser más sutiles, parece sugerir, en nuestro estudio, que sería principalmente el número de estrías dentarias la variable más sensible a variaciones en la dieta.

### **4.3. Estriación dentaria y dieta**

El hecho de que el contenido de oligoelementos presente o no una correlación significativa respecto al patrón de estriación dentaria no parece que sea una cuestión determinante de la relación entre dieta y estriación dentaria. Dicha relación podría parecer evidente desde un punto de vista intuitivo, sin embargo, hay que tener en cuenta la capacidad discriminadora de las variables utilizadas.

Los índices calculados a partir de las concentraciones de oligoelementos no pueden ser interpretados como un gradiente alimentario continuo del nivel de explotación de un determinado recurso alimentario, sino, preferentemente, como un criterio de clasificación en categorías discretas (no continuas) a partir de una variable continua en la que definimos valores discriminantes.

De forma similar, el patrón de estriación dentaria no puede interpretarse como un porcentaje continuo de dieta carnívora respecto a dieta herbívora, como parece plantear LORENZO (1986).

El patrón de estriación dentaria es característico de la serie estudiada e independiente del diente analizado. Es necesario un estudio de la variabilidad interpoblacional en series de dieta conocida, para poder establecer la relación entre la explotación de recursos alimentarios y el patrón de estriación dentaria. La variabilidad intrapoblacional, aunque elevada, parece ser, en función de los datos analizados en este estudio, menor que la variabilidad interpoblacional.

## 5. Cuestiones metodológicas

### 5.1. Fuentes de error

La cuantificación del error de medición es relevante en todo tipo de estudios donde se requiera realizar comparaciones entre grupos. La fiabilidad de los parámetros calculados dependerá del error cometido. Llamaremos error de medición a la desviación de los valores obtenidos de las variables analizadas respecto a la magnitud real de dicho parámetro. Si el error de medición es aleatorio, la media de estimaciones repetidas de un parámetro se aproximará al valor real. En muchas ocasiones no es posible repetir las estimaciones por lo que el error de medición puede ser significativo al interpretar las variables.

A continuación presentaremos las estimaciones del error de medición asociado a las técnicas que se han empleado (análisis de oligoelementos y del patrón de estriación dentaria).

#### 5.1.1. Oligoelementos

El análisis de las concentraciones de oligoelementos por Espectroscopía de Absorción Atómica no presenta grandes particularidades. El fundamento técnico del análisis es el mismo en cualquier caso. Donde pueden darse variaciones que pueden introducir errores es en el procesado de la muestra de hueso.

##### 5.1.1.1. Procesado de la muestra

El procesado básico de las muestras de hueso para su análisis consiste en una incineración inicial seguida de una digestión con ácido en caliente. En la bibliografía se pueden observar ligeras variaciones en la técnica utilizada. FORNACIARI *et al.* (1982) proporciona una amplia descripción de la metodología utilizada por ellos. SCHOENINGER (1982) proporciona una breve descripción y algunas citas de la técnica básica y LAMBERT *et al.* (1984) presenta también una breve descripción. La metodología seguida por NAVARI *et al.* (1982) y SILLEN (1984) que hemos seguido en este trabajo la describe detalladamente FORNACIARI *et al.* (1984).

Aunque, en general, la bibliografía es bastante coincidente en cuanto a las grandes líneas metodológicas, hay varios puntos que son de gran importancia y que conviene aclarar. SPUNAR *et al.* (1978) advierten sobre la necesidad de obtener una completa digestión y disolución de las muestras con ácidos. Para ello, la digestión se realiza hasta sequedad (SZPUNAR *et al.*, 1978) para posibilitar su completa digestión (BLAKELY y BECK, 1981). El control de la completa disolución de la muestra se puede realizar analizando el papel de filtro utilizado para eliminar el sílice no disuelto.

Además de la completa disolución de la muestra para la lectura por Espectroscopía de Absorción Atómica, es necesaria la eliminación de interferencias causadas por la formación de compuestos estables entre cationes y aniones en la llama (SCHOENINGER, 1979). PERKIN-ELMER (1971) añade La y K para compensar la ionización y la interferencia de los fosfatos. SCHOENINGER (1982) sugiere que la elevada proporción de fosfatos en la solución de hueso hace que añadir sólo La no compense totalmente el efecto de los iones fosfato, por lo que sería más conveniente utilizar el método de adición estándar, o bien determinar el contenido de elementos en presencia de una solución de  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  al 5% y no al 1% como describe SPUNAR *et al.* (1978), para eliminar completamente las interferencias de otros componentes de la matriz ósea (NAVARI *et al.* 1978; FORNACIARI *et al.* 1984). En el presente estudio, se ha utilizado una solución de  $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  al 5% y  $\text{HNO}_3$  al 10% (156.75 g de  $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  + 100 ml  $\text{HNO}_3$  en un volumen final de 1000 ml  $\text{H}_2\text{O}$ ).

Durante el procesado de la muestra hay que tener en cuenta otros parámetros que pueden variar las lecturas que obtengamos. Por una parte, el factor de dilución utilizado va a condicionar los patrones con los que debemos calibrar las lecturas. La dilución deberá depender de las concentraciones del elemento analizado en la muestra respecto al límite de resolución del espectrofotómetro. Además, el peso de la muestra a analizar es importante. Si pesamos 0.5 gramos de ceniza estaremos analizando una muestra de concentración 10 g/l. Si disponemos de menor cantidad de muestra, debemos mantener la concentración de la solución madre en 10 g/l disminuyendo el volumen final que calcularemos de la forma:

$$V_f = \text{peso} * (50\text{ml}/0.5\text{g}) = \text{peso} * 100$$

Si sólo dispusiéramos, por ejemplo, de 0.3723 g, la solución madre debería tener un volumen de 37.23 ml. Mantener los 50 ml de volumen final es factible pero podría contribuir a aumentar el error de medición cuanto



menor sea el peso de la muestra disponible. Enrasar volúmenes variables es prácticamente imposible con matraces aforados. Se podría aproximar la medición utilizando una probeta. Esto es aconsejable en caso de que la cantidad de muestra disponible sea considerablemente pequeña. De lo contrario, la resolución del espectrofotómetro es lo suficientemente alta y las lecturas obtenidas son fiables.

### **5.1.1.2. Lectura de las absorbancias**

El error de medición calculado mediante repetición dos veces del análisis de una muestra es muy variable. Para material arqueológico SCHOENINGER (1982) obtuvo errores del  $\pm 6\%$  para hueso de vaca y de  $\pm 15\%$  para conejo y considera aceptable un  $\pm 10\%$  de fluctuación en mediciones repetidas.

En las repetición del análisis de muestras analizadas de la serie de Son Real, el error de medición para los individuos masculinos adultos ha sido del 5.4% para el Ca, 23.0% para el Sr y 15.1% para el Zn (tabla IV.10.). Este error de medición depende de las variaciones en el procesado de la muestra que, aunque pequeñas, pueden alterar la lectura. El error también depende de la muestra analizada. Una segunda muestra del mismo individuo, tomada de una zona adyacente puede proporcionar resultados distintos si existen diferencias en la distribución del elemento en el hueso.

El error de lectura del Espectrómetro es pequeño ya que se ha compensado considerando como lectura válida la media de tres lecturas sucesivas realizadas a intervalos de 4 segundos. La dispersión de los valores nunca es superior a 0.020 unidades de absorbancia. Para el calcio ello puede representar unas 2 ppm (alrededor de 20 mg/g de dispersión máxima entre el valor máximo y el mínimo), aproximadamente un 5% de fluctuación de las lecturas repetidas.

### **5.1.1.3. Normalidad de las distribuciones**

En general la mayoría de autores asumen normalidad en la distribución de las concentraciones de oligoelementos en el momento de comparar poblaciones. Sin embargo FINE y CRAIG (1981) observaron una distribución de frecuencias logarítmica-normal. Al analizar fauna herbívora SILLEN (1988) también encontró distribuciones no normales.

En el presente estudio, también hemos observado que las distribuciones del contenido de oligoelementos y de los índices calculados no siguen distribuciones normales. Los tests estadísticos paramétricos usuales no pueden ser utilizados con estas variables. Nosotros hemos limitado el análisis a la caracterización de las series analizadas a partir de los valores de los índices obtenidos (FORNACIARI y MALLEGGNI, 1987). Las diferencias o similitudes entre las series la establecemos en función de su clasificación en categorías iguales o distintas y de la desviación de los índices calculados.

#### **5.1.1.4. Tamaño muestral**

La muestra mínima necesaria para inferir conclusiones nutricionales entre dos poblaciones se puede calcular por la fórmula indicada por SILLEN (1988):

$$n = (2\sigma^2/(\mu_1 - \mu_2)^2) * (Z_\alpha + Z_\beta)^2$$

- $\sigma$  : desviación estándar
- $\mu_1, \mu_2$  : promedios poblacionales hipotéticos
- $Z_\alpha$  : 1.96 para un nivel de significación  $\alpha$  del 0.05
- $Z_\beta$  : 1.29 para un intervalo de confianza 1-B de 0.80

Si considerásemos que los valores obtenidos se han extraído de distribuciones normales, para detectar diferencias, por ejemplo, de 0.1 puntos en los índices calculados, para una desviación conjunta de 0.1, necesitaríamos como mínimo 212 individuos. Obtener este tamaño muestral en cada serie analizada es imposible. Además, las diferencias observadas son generalmente inferiores a 0.1 y las desviaciones superiores a 0.1.

Es importante, sin embargo, que el valor que obtengamos para cada serie analizada sea lo más representativo. Es aconsejable utilizar no menos de 30 individuos por serie, cuando sea posible.

#### **5.1.1.5. Variables analizadas**

La interpretación de la dieta en función de los resultados obtenidos de las concentraciones absolutas de los oligoelementos puede presentar serios inconvenientes.

Como hemos visto anteriormente, la concentración de oligoelementos en hueso humano depende, además de en la proporción de recursos alimentarios en la dieta, de la disponibilidad de dichos elementos. Dicha disponibilidad NO viene indicada por el contenido de elementos en la tierra circundante. Este dato puede incluso NO ser indicador de contaminación de las muestras ya que ello depende también de factores como la movilidad de los elementos, su situación en la estructura cristalina del hueso y propiedades químicas como solubilidad, radio iónico, etc (NEWSELY, 1988). La disponibilidad depende de la cantidad de elemento circulante accesible que, a su vez depende de factores como la acidez del terreno, composición, cuestiones climáticas como pluviosidad, tipo de cubierta vegetal, etc.

En este sentido es importante considerar las características de la serie analizada en cada caso. Además, no se conoce adecuadamente la importancia del aporte de elementos por parte de los diferentes tipos de recursos alimentarios. El elemento más estudiado es el Sr, pero no están claros algunos aspectos, especialmente los que se refieren a la dieta marina. El Zn parece claro que tiene una procedencia animal en la dieta, pero se desconoce su presencia en diferentes tipos de vegetales (setas, algas). De los demás elementos, en algunos casos sólo se tienen indicios de su comportamiento en la cadena trófica, principalmente deducidos de su similitud química con otros elementos (caso del Ba). En otros, no se puede decir que su presencia en cierto tipo de producto alimentario sea suficiente para asegurar su importancia en la discriminación de la dieta.

#### *5.1.1.6. Interpretación de las variables*

La interpretación de las variables que se estudian no siempre es evidente. La primera cuestión a considerar es qué variable utilizar.

Los resultados obtenidos por absorción atómica se expresan en ppm. Estos valores deben ser corregidos en función de la dilución de las muestras y del peso de la misma. Muchos autores expresan este nuevo valor también en ppm, lo cual, aún siendo cierto, puede inducir a error ya que se trata en realidad de las concentraciones en microgramos del elemento considerado respecto a los gramos de ceniza analizados ( $\mu\text{g/g}$ ).

Por otra parte, la utilización de estas concentraciones en la interpretación de la dieta presenta dificultades, ya que la concentración del

elemento en cuestión depende, como ya se ha dicho, de los niveles disponibles a través de la dieta. Es conveniente, pues, expresar los resultados respecto a los niveles de un animal base. Con el Sr, dada su procedencia principal de alimentos de origen vegetal, la corrección de las concentraciones debe realizarse con un herbívoro. Existe el problema, sin embargo, de que los valores de los herbívoros son variables según su tipo de dieta herbívora particular. Esta corrección proporciona un índice generalmente menor a la unidad. Valores superiores podrían ser debidos a tres factores principalmente: 1) la elevada proporción de Sr en algunos frutos y semillas, que al ser ingeridos aumentan los niveles en el hueso humano respecto a los del herbívoro comparado, 2) la ingestión de aquellas partes de peces y moluscos que contienen altas concentraciones de Sr (espinas y caparazones) (SILLEN y KAVANAGH, 1982) y 3) la utilización de un herbívoro inapropiado en función de la disponibilidad en el yacimiento.

Si además la dieta marina afecta al contenido de Sr, no queda más remedio que interpretar la dieta a partir de oligoelementos comparadamente con datos arqueológicos o en base a otros datos disponibles. El estudio de la fauna actual realizado sugiere que los niveles altos de Sr se encuentran principalmente en la parte esquelética de dichos organismos tanto para peces como para moluscos. Como sugiere KLEPINGER (1979) una dieta marina podría afectar a los niveles de Sr en el caso de que se consuma todo el animal (como parece probable en el caso de boquerones, pequeñas sardinas, etc.).

Los niveles de Sr en tejido de peces encontrados fluctúan entre 1.2 y 5.4  $\mu\text{g/g}$ , lo mismo que indica GILBERT (1985) para granos, cereales y vegetales. Sin embargo, los niveles en espina de peces varían entre 137 y 483  $\mu\text{g/g}$ . En moluscos actuales, los niveles en tejido son algo mayores (entre 5.4 y 31.7), mientras que en exoesqueleto varían entre 570.7 y 1062.9  $\mu\text{g/g}$ .

Es posible, pues, que una dieta principalmente constituida por alimentos de origen marino incida en los niveles de Sr, como mínimo en la misma magnitud que una dieta herbívora.

En lo que se refiere a la fauna terrestre, la corrección del índice Sr/Ca respecto a un herbívoro presenta un serio inconveniente cuando se analizan series recientes, incluso a partir del neolítico con la domesticación. La utilización de fauna doméstica tiene el inconveniente de que la alimentación de estos organismos herbívoros por parte del hombre puede diferir considerablemente de su alimentación natural en condiciones de libertad.

Es de esperar que con la creciente complejidad de los sistemas de producción, la alimentación animal se base progresivamente en alimentos preparados, cada vez más homogéneos en su composición. Si bien esto tiene la ventaja de la uniformidad en la dieta de los animales, puede que ésta no sea representativa de una dieta estrictamente herbívora. La utilización de fauna salvaje está condicionada a la diversidad ya mencionada en cuanto a los recursos alimentarios utilizados.

## 5.1.2. Estriación dentaria

### 5.1.2.1. Obtención de las réplicas

Al obtener las réplicas dentarias hay que tener en cuenta dos cuestiones. Por un lado, al seleccionar la superficie del diente a replicar se debe evitar la inclusión de desgaste producido por actividades distintas a la alimentación. Por ello, GORDON (1982) sólo utiliza molares y PUECH *et al.* (1980) se ciñe al estudio de la dentición yugal media (Pm4 y M1). Las estriaciones dentarias de la cara oclusal parecen estar influenciadas por la faceta estudiada, por la posición del diente y por el contacto interdentario (GORDON, 1982). En cambio, la cara vestibular estaría libre de estas influencias (PUECH *et al.*, 1980).

Por otro lado, la limpieza de la superficie del diente a replicar debe evitar la formación de estrías. En ausencia de dentífrico o jabón, la utilización de un cepillo de dientes blando para limpiar el material no produce estriaciones (GORDON, 1982). Es preferible, sin embargo, no frotar la superficie a replicar. El método utilizado aquí consiste en descartar sucesivas réplicas hasta obtener una lo suficientemente limpia. Cada réplica arrastra consigo parte de los depósitos situados sobre la superficie del diente.

El material que se utilice para obtener la réplica puede ser muy diverso. Nosotros hemos utilizado Triafol ya que es un polímero de fácil manejo y gran fidelidad a 100 aumentos. En otros casos se han utilizado otros compuestos como Epoxy (GORDON, 1982), Xantopren (FINE y CRAIG, 1981) o Nitrocelulosa (PUECH y ALBERTINI, 1981).

### **5.1.2.2. Microscopía de Escaning**

Las fuentes de error relacionadas con la obtención de la fotografía de escaning pueden ser de tres tipos principales: 1) orientación, 2) ampliación y 3) tipo de fotografía.

#### ***Orientación***

La orientación de los especímenes bajo el microscopio electrónico se puede hacer de diferentes formas. GORDON (1982) estandarizó el procedimiento disponiendo el diente con el hipofléxido (depresión transversal entre el protocónido y el hipocónido) paralelo al eje x de la pantalla (para el estudio de la cara oclusal). También se puede utilizar la línea amelocementaria o el plano de desgaste oclusal. En este trabajo hemos orientado las réplicas en relación a la línea amelocementaria. Si se utilizan diferentes técnicas para la orientación se observarán diferencias entre los datos obtenidos en cada caso.

Ya hemos comentado anteriormente los errores que se producen al orientar la réplica dentaria en los tres niveles de trabajo (en el diente, SEM y IBAS). Es de esperar que estos errores sean aleatorios y se compensen errores positivos y negativos.

La medición de la orientación se ha limitado a estrías de 0° a 180° sin tener en cuenta una clasificación de 0° a 360°. En otros casos puede interesar determinar la dirección de cada estría (GORDON, 1984).

#### ***Ampliación***

PUECH *et al.* (1983a) consideran que la utilización de más de 100 aumentos resulta en una pérdida de precisión. Por su parte, GORDON (1982) obtuvo microfotografías a 120-130 aumentos dado que parece que para este autor representa el mejor compromiso entre superficie cubierta y claridad de detalle.

Nosotros hemos utilizado 100 aumentos, cubriendo un área de aproximadamente 0.25 mm<sup>2</sup> (superficie cuadrada de 500 µm de lado). El negativo fotográfico obtenido con el microscopio JEOL presenta una relación de 0.57 respecto a los aumentos utilizados, por lo que la ampliación real del negativo es de 57X.

Es evidente que la magnitud de la longitud de las estrías está limitada por el área cubierta, por lo que los valores obtenidos no son, *a priori*, comparables entre distintos observadores, a menos que utilicen los mismos aumentos. Esto quizá podría solucionarse expresando las longitudes de las estrías por unidad de área analizada ( $1 \text{ mm}^2 = 10^6 \mu\text{m}^2$ ).

### ***Tipo de imagen***

Otra problema, que ya planteamos anteriormente, es el método utilizado para el conteo de las estrías dentarias. Un estudio de grandes muestras, como es nuestro caso, precisa de la estandarización de la metodología para reducir el tiempo invertido, en ocasiones a costa de la pérdida de parte de la información. En este sentido, la utilización de imagen topográfica aumenta el contraste de la fotografía, pero puede eliminar aquellas estructuras cuya señal sea anulada por el efecto de la suma de las señales de los dos detectores de la unión PNJ del microscopio electrónico. En algunas ocasiones, estructuras observables con imagen de composición o secundaria desaparecían en la imagen topográfica, especialmente aquéllas que presentaban un componente de direccionalidad horizontal por ser esta orientación perpendicular a la unión de los dos detectores.

Para determinar la importancia de este efecto se analizaron numéricamente series de los tres tipos de fotografías en las que se pudo observar la desaparición de algunas estructuras. Los resultados obtenidos (tablas V.33. y V.34.) sugieren que no hay diferencias significativas respecto a las longitudes de las estrías (estadístico t de Student, \*\*\*:  $p < 0.01$ , \*\*:  $p < 0.05$ ). Si se consideran las distintas orientaciones, se presentan diferencias en la longitud de las estrías cuando el número de estrías observadas es bajo. Por lo que respecta al número de estrías, sólo en algún caso en la imagen topográfica se observan menos estrías que en las demás. La diferencia no es, sin embargo, ni muy marcada ni constante, sino que parece depender de las características particulares de ciertas réplicas.

En general, no se puede decir que en la imagen TOPO se detecte consistentemente un menor número de estrías ni más cortas o largas. En algún caso sí se observa menor número de estrías pero en otros no. La combinación de imágenes no aporta información más relevante que la que se puede observar en las imágenes no combinadas.

**Tabla V.37.** Comparación del patrón de estriación dentaria del individuo 100188.101 de La Olmeda, estimado a partir de los distintos tipos de imágenes de escaning (SEI, TOPO y combinaciones de SEI, TOPO y COMPO)

imagen	Orient.	Longitud			ln(longitud)			t
		Media	Std	N	Media	Std	N	
TOPO	DM	83.81	77.49	10	4.22	0.54	10	
	H	55.48	0.01	2	4.02	0.00	2	
	MD	104.57	135.87	13	4.27	0.72	13	
	V	111.54	76.01	49	4.54	0.57	49	
		105.05	89.64	74	4.43	0.61	74	
SEI	DM	124.05	114.41	6	4.51	0.74	6	0.84
	H	66.75	8.59	3	4.19	0.13	3	1.43
	MD	121.34	136.56	11	4.46	0.71	11	0.62
	V	124.61	83.07	43	4.65	0.57	43	0.91
		121.23	96.78	63	4.58	0.61	63	1.42
TOPO-COMPO	DM	100.15	77.39	12	4.43	0.53	12	0.87
	H	77.74	25.07	3	4.30	0.34	3	0.90
	MD	188.99	170.69	5	4.93	0.72	5	1.64
	V	127.89	92.93	39	4.67	0.58	39	1.04
		124.88	100.10	59	4.62	0.59	59	1.80
TOPO-SEI	DM	106.19	121.22	11	4.35	0.66	11	0.47
	H			0			0	
	MD	109.98	99.18	8	4.46	0.62	8	0.90
	V	101.27	61.14	51	4.49	0.49	51	1.28
		103.04	78.52	70	4.46	0.54	70	0.77

El tamaño de la muestra parece un factor importante al considerar las distintas orientaciones o réplicas que presenten un reducido número de estrías. Las fluctuaciones se verán compensadas si analizamos diversos individuos de la misma población y calculamos la media para todos ellos.



**Tabla V.38.** Comparación del patrón de estriación dentaria de las réplicas 100188.100, 100201.100 y 100201.101 de La Olmeda, estimado a partir de los distintos tipos de imágenes de escaning (TOPO y TOPO-COMPO)

imagen	Orient.	Longitud			ln(longitud)			t
		Media	Std	N	Media	Std	N	
<b>100188.100</b>								
TOPO	DM	160.65	125.08	5	4.71	0.89	5	
	H	107.23	63.00	3	4.52	0.54	3	
	MD	89.66	45.53	13	4.38	0.48	13	
	V	136.44	84.05	40	4.74	0.59	40	
		127.02	83.78	61	4.65	0.62	61	
TOPO-COMPO	DM	136.79	100.66	7	4.66	0.72	7	0.10
	H	102.82	55.11	14	4.51	0.50	14	0.03
	MD	121.09	59.68	9	4.70	0.43	9	1.53
	V	154.07	110.87	37	4.85	0.58	37	0.81
		137.13	96.95	67	4.74	0.58	67	0.09
<b>100201.101</b>								
TOPO	DM	131.00	110.82	4	4.55	0.77	4	
	H	39.45	14.12	4	3.63	0.31	4	
	MD	115.63	57.22	9	4.60	0.58	9	
	V	144.35	98.39	54	4.76	0.65	54	
		134.05	95.43	71	4.66	0.69	71	
TOPO-COMPO	DM	154.09	117.74	7	4.81	0.64	7	0.54
	H	68.78	20.70	9	4.19	0.29	9	2.89**
	MD	123.31	85.38	12	4.61	0.62	12	0.04
	V	167.73	125.91	63	4.91	0.64	63	1.24
		151.03	118.36	91	4.79	0.65	91	1.22
<b>100201.100</b>								
TOPO	DM	35.71	7.42	4	3.55	0.23	4	
	H	40.66	13.30	6	3.65	0.36	6	
	MD	128.58	145.49	11	4.41	0.90	11	
	V	134.41	106.00	53	4.69	0.62	53	
		120.60	110.75	74	4.50	0.74	74	
TOPO-COMPO	DM	121.00	0.00	1	4.80	0.00	1	4.21***
	H	71.97	40.62	9	4.11	0.62	9	1.53
	MD	110.45	56.09	25	4.55	0.59	25	0.54
	V	148.29	116.44	69	4.74	0.70	69	0.41
		132.33	102.44	104	4.64	0.69	104	1.29

Otros autores (WALKER, 1990) prescinden del tipo de imagen y sugieren que un estudio automatizado mediante análisis de imagen podría ser también representativo del patrón de estriación dentaria. Este tipo de cuantificación proporciona información sobre las estructuras observadas en una imagen binarizada que se aparta sensiblemente de la realidad. Podría ser que el patrón de estriación dentaria se manifieste independientemente de la metodología utilizada siempre que esta sea homogénea para todos los casos estudiados.

En cualquier caso, respecto a la técnica de imagen topográfica utilizada en nuestro estudio, la pérdida o aumento de información que se pudiera observar afectaría principalmente a estructuras de relieve poco marcado, que a nivel poblacional no representaría un error significativo.

### **5.1.2.3. Tamaño muestral**

No existe en la bibliografía ningún estudio del patrón de estriación dentaria en series amplias. Usualmente se describen casos individuales de análisis de réplicas dentarias (PUECH *et al.* 1980, 1981, 1983) y sólo en una ocasión FINE y CRAIG (1981) llegan a analizar 9 casos. De ello se deduce que la principal fuente de error puede ser el tamaño muestral. La variabilidad del logaritmo de la longitud de las estrías dentarias observado es de 2 unidades, excepto para las estrías horizontales, donde llega hasta 4 unidades, lo que representa una variación entre 200 y 400  $\mu\text{m}$  del promedio de la longitud de las estrías entre distintos dientes. Si bien a nivel poblacional no existen diferencias significativas en la distribución de la variable ni entre dientes ni para el maxilar o el lado, el estudio de casos individuales sí puede proporcionar resultados diferentes.

Utilizando la fórmula descrita por SILLEN (1988) (apartado V.5.1.1.4.) para calcular el número de individuos necesario para detectar diferencias de 0.5 unidades del logaritmo de las estrías, con una desviación estándar conjunta de 0.5, obtenemos que se precisaría un tamaño muestral de 42 individuos. Las diferencias observadas entre las series analizadas son en ocasiones menores, pero también las hay mayores. Aquí volveríamos a insistir en la necesidad de obtener un tamaño muestral representativo, quizá en torno a 30 individuos por serie.

#### 5.1.2.4. Variables analizadas

Aunque este tipo de análisis depende en gran manera de los atributos métricos del microdesgaste, hay varias fuentes de error potencial que hay que considerar: 1) encogimiento de las réplicas al polimerizar el plástico, 2) cambios de tamaño debido al metalizado en oro, 3) variación en los aumentos reales causados por oscilaciones del voltaje del SEM y 4) mediciones sobre fotografías en dos dimensiones en lugar de sobre estereofotografías. Las medidas reales también están afectadas por la curvatura y *tilt* de la superficie analizada (GORDON, 1982). Además, la medición de las estrías impone la definición de una zona de observación con unos límites perfectamente definidos (PUECH, 1976).

Estas fuentes de error son, sin embargo, inherentes a la propia metodología. El patrón dentario observado será siempre una aproximación al patrón real, que desconocemos.

#### 5.1.2.5. Error entre observadores

La replicabilidad del análisis es también importante al analizar el patrón de estriación dentaria. Dado que el análisis es semiautomático, el registro de las estrías dentarias depende del observador. Los criterios seguidos en este estudio para el reconocimiento de las estrías en el analizador de imagen se pueden resumir en 7 puntos: una estría es una estructura 1) de componente lineal, 2) longitud superior a 10  $\mu\text{m}$ , 3) al menos 3 veces más larga que ancha, 4) de grosor inferior a 20-30  $\mu\text{m}$ , 5) no entrecortada o con zonas de entrecortamiento inferiores a 2-3 veces la anchura, 6) sin angulaciones acusadas y 7) sin curvaturas pronunciadas ni cambios de curvatura.

Para estimar el error que se podría esperar entre observadores al analizar las réplicas dentarias, dos observadores contabilizaron en momentos distintos y por separado, las estrías dentarias de los mismos negativos. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla V.35.