

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



Las nuevas actividades económicas (agricultura y ganadería) convirtieron la caza, pesca, y recolección de moluscos en complemento de una dieta basada principalmente en la explotación de especies domésticas.

Se han propuesto tres hipótesis para la interpretación de la aparición de la agricultura en Cataluña:

Difusionista: considera el origen de la agricultura en el Próximo Oriente y su llegada a Cataluña se debería a la difusión de poblaciones que emigraron a través del Mediterráneo.

Aculturacionista: la neolitización sería un proceso gradual en el que las nuevas ideas sobre agricultura y ganadería, traídas de Próximo Oriente, irían penetrando en el sustrato local mesolítico.

Poligenista: para esta corriente, los procesos de neolitización europeos occidentales serían independientes de los de las zonas más civilizadas del Próximo Oriente, siendo una consecuencia natural de la propia evolución cultural del sustrato mesolítico.

1.1.3.1. Neolítico Antiguo (5.000 a.C. - 3.500 a.C.)

Se caracteriza por el desarrollo en Cataluña de una cultura neolítica con cerámica **Cardial** o **Montserratina**. Es una cultura más ganadera que agrícola, dada su distribución geográfica. Los hábitats son mayoritariamente en cuevas y abrigos localizados en las cordilleras montañosas litorales y prelitorales.

Las primeras culturas neolíticas en Cataluña se encuentran en lugares montañosos y se caracterizan por un género de vida mixto basado principalmente en una economía de pastoreo con un cultivo rudimentario de cereales. Es el caso de **Les Guixeres** (Vilobí, Alt Penedès) y **La Cova de la Guineu** (Font-rubí, Alt Penedès).

También empiezan a aparecer hábitats al aire libre, sobre todo en las depresiones y planicies litorales, lo que hace suponer un avance progresivo hacia una economía sustentada en la agricultura.

1.1.3.2. Neolítico Medio-Reciente (3.500 a.C. - 2.500 a.C.)

Caracterizado fundamentalmente por su sistema de enterramientos en sepulcros de fosa y cerámica lisa bien pulida, se desarrolla en las llanuras prelitorales y la actividad agrícola predomina sobre la ganadera.

Los sepulcros en fosa se encuentran casi siempre en terrenos fértiles y próximos a cursos de agua o fuentes. Son zonas de relieve poco pronunciado y gran riqueza agrícola (Bòbila Madurell, Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental).

1.1.3.3. Neolítico Final (≈ 2.500 a.C. - 2.000 a.C.)

En el periodo final del Neolítico se producen cambios profundos en la sociedad. Quizá la manifestación más evidente de esos cambios sea el fenómeno del megalitismo (sepulcros funerarios de Corredor, Galerías catalanas, Cámaras simples o pirenaicas y Cistas megalíticas) y de las cuevas o abrigos sepulcrales con enterramientos colectivos.

El paso del sistema de enterramiento individual a colectivo supone un cambio radical anterior a la llegada de la metalurgia. Los enterramientos colectivos se realizan a partir de este periodo aprovechando enterramientos individuales anteriores o enterrando de forma sucesiva en la misma fosa. Aparte de las fosas, se utilizan también las balmas (abrigos rocosos) y los sepulcros megalíticos. Los enterramientos son usualmente secundarios (descarnamiento inicial y traslado de los restos óseos).

Durante esta época se vuelven a repoblar las zonas montañosas, incluso por encima de los 1.000 m de altitud, en cuevas y abrigos rocosos. Los asentamientos al aire libre se localizan en los llanos. Hay una explosión demográfica desde el punto de vista arqueológico. Los enterramientos son

secundarios y colectivos y se localizan en cuevas o abrigos, en fosas al aire libre o sepulturas megalíticas.

Durante este periodo parece dominar la ganadería sobre la agricultura. La pesca y la recolección servirían de complemento.

1.1.4. Calcolítico o Eneolítico (2.000 a.C. - 1.800 a.C.)

El periodo Calcolítico se caracteriza por la aparición de la cerámica Campaniforme. Se distinguen dos periodos, definidos por los tipos decorativos: internacional o marítimo, sobre vasos de forma exclusivamente acampanada en el Calcolítico Inicial, e inciso-estampado sobre vasos algo más anchos, en el Calcolítico Reciente.

Los enterramientos son secundarios y sucesivos en un mismo yacimiento, ya sea una cueva, un abrigo o un sepulcro megalítico.

En esta época, los ganados de ovejas y cabras son mayoritarios frente al buey y el cerdo. La dieta cárnica se complementa con la caza de animales salvajes como el jabalí, zorro, conejo, ciervo, etc.

En el Calcolítico Reciente la ganadería adquiere más importancia que la agricultura.

1.1.5. Bronce (1.800 a.C. - 700 a.C.)

La edad del Bronce se extiende cronológicamente entre el 1.800 a.C. y el 700 a.C. El carácter definitorio de este periodo es el establecimiento definitivo de la metalurgia. Se realiza la aleación del cobre, utilizado ya durante el Calcolítico, con el estaño y se desarrolla una industria de fabricación de piezas con moldes.

Todo el periodo se desarrolla en un clima sub-boreal. En general se ha detectado una vegetación de pinos, robles, encinas, alcornoques, castaños y arbustos actuales. La explotación forestal sería considerable por diversos

motivos (ampliación de zonas de cultivo, construcción de casas y barcas, combustible para la actividad metalúrgica, cerámica y fabricación de pan).

Una parte de la población de la Edad del Bronce continúa viviendo en cuevas como en épocas anteriores. Otros viven al aire libre en los llamados fondos de cabaña. Además, se empieza a vivir en poblados. Todos los grupos siguen siendo agricultores, aunque la ganadería también es importante, particularmente de forma especializada a cada zona de hábitat. En general aumenta el ganado bovino y se mantienen las ovejas, cabras y cerdos. La recolección de frutos (moras, bellotas, aceitunas), la caza y la pesca siguen siendo actividades frecuentes.

En este periodo el componente mediterráneo recibiría aportes de braquicéfalos procedentes de Centroeuropa.

1.1.5.1. Bronce Antiguo (1.800 a.C. - 1.500 a.C.)

Es característico de este periodo el vaso campaniforme y vasos con decoraciones incisas. Durante el Bronce Antiguo y Medio perduran los enterramientos de inhumación colectiva en megalitos, cuevas o abrigos, junto al ajuar que incluye útiles metálicos.

1.1.5.2. Bronce Medio (1.500 a.C. - 1.200 a.C.)

Aparece la cerámica con **apéndice de botón**. La cerámica es de pasta gris o marrón imitando formas metálicas.

1.1.5.3. Bronce Final (1.200 a.C. - 700 a.C.)

Aparece un nuevo ritual funerario: la **incineración** o **cremación**. Las cenizas son introducidas en **urnas** de cerámica.

En el Bronce Final se inicia el urbanismo en Cataluña, haciéndose cada vez más frecuente la habitación al aire libre. El uso del hierro no es

importante hasta etapas posteriores y surge, en el periodo final, la cerámica muy bruñida de color gris oscuro con decoraciones finamente incisas.

1.1.6. Hierro (700 a.C. - 600 a.C.)

El desarrollo de la industria del hierro en esta época es más una consecuencia que la causa del cambio profundo que se produce en la sociedad de esta época. La razón primera de su aparición habría que buscarla en la expansión de los pueblos indoeuropeos iniciada en el Bronce Final. El desarrollo tecnológico va acompañado del abandono progresivo de las cuevas como lugar de habitación, en favor de la vivienda al aire libre.

Los contactos con pueblos navegantes se intensifican gracias al desarrollo del comercio de materias primas (metales sobre todo). Fueron principalmente los comerciantes griegos, etruscos y fenicios los que desarrollaron estos contactos ya desde el s. VII a.C. Estos contactos frecuentes culminan con la fundación, entre otras, de las ciudades de Ebussus (Ibiza) en el 654 a.C. y Emporion (Ampurias) en el 600 a.C. aproximadamente. El periodo comprendido entre estas dos fechas corresponde al apogeo del mundo Fenicio occidental.

El periodo del Hierro coincide con las Culturas Ibéricas de los pueblos indígenas no colonizados.

1.1.7. Ampurias y colonialismo griego (600 a.C. - 200 a.C)

La presencia griega en Cataluña podría ser anterior al s. VI a.C. con la fundación de Rhode (Rosas). Está bien documentada la presencia griega hacia el año 575 a.C. con la fundación de Emporion (Ampurias). Esta colonia creció progresivamente y estableció contactos con el interior (Ullastret). El periodo clásico de Ampurias (s. V-IV a.C.) se caracterizó por una actividad comercial muy intensa, con una considerable helenización de poblados indígenas circundantes. El comercio de cereales fué, muy probablemente, la causa de la expansión de la ciudad.

La influencia ejercida por la colonia griega sobre el mundo ibérico catalán es, pues, bastante limitada durante el s. VI a.C., aumenta considerablemente durante el s. V a.C. y se consolida en el s. IV con la helenización de los pueblos ibéricos. A partir del s. III a.C. tanto Ampurias como Rosas se mostraron fieles aliados de la nueva potencia del Mediterráneo: Roma.

1.1.8. Culturas Ibéricas (750 a.C. - 49 a.C.)

Las culturas Ibéricas son el resultado de la evolución social y cultural del sustrato local del Bronce Final después del aporte braquicéfalo centroeuropeo. Además, tiene gran influencia el contacto con culturas del Mediterráneo oriental.

La cultura funeraria de los pueblos íberos es variada pero presenta, en todos los casos, el denominador común de la incineración del cadáver, que ya se presentaba en el Bronce Final. Los enterramientos solían ser en urnas depositadas en sepulcros juntamente con un ajuar más o menos rico, al lado de las cenizas.

Las culturas Ibéricas presentaban un desarrollo cultural considerable, conocían la escritura, incorporaron el torno y desarrollaron una verdadera industria del hierro. Progresivamente fueron asimiladas por la cultura helénica.

A pesar del relativo desarrollo de la industria y de actividades como la ganadería, la pesca y la recolección, la agricultura no deja de ocupar el principal lugar en la subsistencia de la culturas íberas.

Debido al rito de la incineración, los restos humanos encontrados se limitan a los craneos enclavados de Puig Castellar y Ullastret.

1.1.8.1. Periodo de Formación (750 a.C. - 600 a.C.)

Se circunscribe al periodo del Bronce Final. Aparecen los primeros artefactos de hierro y se asientan las colonias de Ibiza y Ampurias.

1.1.8.2. Periodo Antiguo (600 a.C. - 450 a.C.)

Se extiende rápidamente la cultura ibérica presentando una gran uniformidad tanto espacial como temporal.

1.1.8.3. Periodo Ibérico (450 a.C. - 218 a.C.)

Aparición de núcleos pre-urbanos con división del trabajo y clases sociales. La influencia helénica se hace patente.

1.1.8.4. Periodo Final Ibero-romano (218 a.C. - 49 a.C.)

La ocupación romana se inicia en el 218 a.C. con el desembarco de Escipión en Ampurias. Los pueblos Iberos intervienen en las guerras Púnicas sin perder su identidad, y no es hasta el s. I a.C. que empieza definitivamente la romanización.

1.1.9. Mundo Romano (s. II a.C. - s. V d.C.)

En Cataluña la presencia romana presenta diferencias significativas entre el periodo de la república y en el periodo imperial.

1.1.9.1. La República Romana (218 a.C. - 49 a.C.)

La presencia romana definitiva en Cataluña empieza con el desembarco en Ampurias y la casi inmediata fundación de Tarraco (Tarragona). Esta presencia está marcada por el dominio militar y político. La división de la Península Ibérica en dos provincias romanas, Ulterior y Citerior, es un hecho reconocido oficialmente en el año 197 a.C., cuando se produjeron revueltas de las tribus de ambas provincias. Roma desembarca en Rhode (Rosas) y se hace rápidamente con el control de toda la zona costera hasta Tarraco. Posteriormente se pacifica toda la zona interior y Roma se hace con el control de toda Cataluña.

Las poblaciones indígenas se adaptan a la situación político-militar y mantienen durante bastante tiempo sus particularidades.

Al final del s. II a.C. tienen que enfrentarse con las invasiones de los pueblos del Norte de Europa, que llegaron a penetrar en la Hispania Citerior y saquearla.

A partir del s. I a.C. se produce un cambio sustancial en la presencia romana en tierras catalanas. Se concreta, sobre todo, en el aumento y desarrollo de los asentamientos y en un proceso de colonización urbana y agrícola, que se manifiesta en las Villas romanas. Se desarrolla el cultivo del olivo y, sobre todo, la vid. La cultura indígena irá desapareciendo progresivamente hasta el s. I d.C. en el que prácticamente ya no existe.

La romanización es tan profunda que se extiende el uso del latín. Las guerras civiles de Roma también afectan a Cataluña, que fue escenario del enfrentamiento entre Pompeyo y César en la batalla del Segre, o de Ilerda (Lérida). La victoria de César en el año 49 a.C. termina con la República Romana y da paso al largo periodo de paz del Imperio Romano.

1.1.9.2. El Imperio Romano (49 a.C. - 409 d.C.)

A partir del s. I d.C., después de la instauración del Imperio Romano, se intensificó el sistema de producción romano, basado sobre todo en la vid y el olivo, aunque también en los cereales. Tarraco adquiere una gran preponderancia, siendo la capital de la Hispania Citerior. Tras la romanización Cataluña entra de lleno en un modelo de sociedad urbana, estructurada en dos o tres colonias (Tarraco, Barcino y quizá Dertosa -Tortosa-) y varios municipios (Emporiae, Gerunda e Ilerda, entre otros).

Hacia el s. III d.C. llegan las primeras influencias de cristianismo a Cataluña, posiblemente desde los asentamientos paleocristianos del Norte de Africa, que está ya presente claramente en el s. IV d.C., en los sarcófagos cristianos de Sant Fèlix de Girona, tallados en Roma hacia el 310 d.C.

La necrópolis paleocristiana de Tarragona data entre los ss. III al V d.C. y fue abandonada hacia el s. VI ó VII d.C.

1.1.10. Visigodos (409 d.C. - 587 d.C.)

En el año 409 los pueblos suevos, vándalos y alanos entran en Hispania por los pasos del Oeste. En el 413 ya se ha restablecido el poder Imperial en las Galias, mientras que en Hispania, por medio de acuerdos con la autoridad romana, a los suevos y vándalos asdingos se les permite asentarse en Gallaecia, a los vándalos silingos en la región Bética y a los alanos en Lusitania. Tan solo las demarcaciones Tarraconense y Cartaginense permanecen bajo el control total del Imperio.

Mientras tanto, los visigodos, que saquean Roma en el 410, se establecen en Barcelona en el 415, donde el rey visigodo Ataúlfo es asesinado. Ante la presión romana, los visigodos intentan el paso a Africa pero fracasan. Entonces se federan con Roma contra los vándalos y alanos, a cambio de un suministro anual de trigo. De esta forma, la parte oriental de la Península se mantiene bajo la influencia romana, sin que el paso de los visigodos por Cataluña altere las estructuras sociales y políticas.

En el 472, los visigodos inician un periodo de expansión hacia las Galias y Hispania, llegando hasta Zaragoza, Pamplona y Tarragona. En cuanto al resto de la Península, llegan a asentarse en gran parte de la Meseta Norte, siendo su incidencia demográfica muy escasa en otras zonas.

El proceso de reunificación de la Península recibe un fuerte impulso con la conversión al Catolicismo del rey Recaredo en el 587.

El dominio visigodo de la Península no representó una rotura con el mundo romano imperial, sino una evolución. Se forman dos estamentos sociales: la aristocracia tardo-romana dirigente y la nobleza goda latifundista. Los trabajadores agrícolas constituyen la mayor parte de la masa productiva que está formada por los antiguos esclavos. Se van definiendo así las clases sociales que constituirán la base de la organización del mundo medieval posterior.

1.1.11. Epoca Medieval (s. V d.C. - s. XV d.C.)

La transición al mundo medieval está marcada por la decadencia del Imperio Romano, la conversión al Catolicismo de los Visigodos, que no se extinguen, y la diferenciación progresiva de los estamentos sociales.

La dominación árabe interrumpe el periodo de dominación de los visigodos que se retiran a la Catalunya Vella, cuya ocupación es más formal que real y está muy limitada en el tiempo. Los francos realizaron incursiones hacia el sur con más o menos éxito, hasta que se inicia la repoblación de las comarcas catalanas con Guifré el Pilós que impulsó la ocupación de las tierras bajas de la Catalunya Nova.

En las primeras fases de finales del s. IX y principios del X, el grupo humano que inicia la repoblación provenía de la Cerdanya. Durante el s. X la repoblación del Vallès tiene lugar con familias procedentes del Ripollès, que seguramente estaría superpoblado. A mediados del s. XII la repoblación alcanza a las zonas más meridionales. También se asientan en Cataluña franceses, que se acogen a los beneficios otorgados tras la conquista de Lérida hacia finales del s. XII o los que llegan como consecuencia de la huída de los cátaros hacia el Sur. En cualquier caso, la repoblación de la Catalunya Nova se realizó principalmente a partir de los excedentes de población de la Catalunya Vella.

En el mundo medieval la base alimentaria, tanto en las ciudades como en el campo, era el pan y el vino. El consumo de carne también era frecuente, aunque estaba regulado por los hábitos y costumbres religiosas. En zonas próximas a la costa también se consumía pescado fresco o en salazón. En zonas del interior el pescado fresco era escaso. Además se consumían huevos, queso, verduras y frutas estacionales (BATLLE, 1962).

1.2. Evolución humana en Baleares

Los periodos de ocupación humana de las Baleares se muestran en la tabla II.2. (PERICOT, 1975; ORFILA, 1984).

Tabla II.2. Definición de los periodos de ocupación humana y sus características principales y dataciones para las Islas Baleares

	Características	Datación aproximada
Poblamiento inicial	cuevas naturales	4.000 a.C. - 3.800 a.C.
Pre-Talayótico	cuevas naturales y artificiales cerámica incisa y lisa	2.000 a.C. - 1.500 a.C.
Talayótico I	navetas de enterramiento, talayots	1.500 a.C. - 1.300 a.C.
Talayótico II	grandes talayots y recintos amurallados	1.300 a.C. - 1.000 a.C.
Talayótico III	poblados amurallados, salas hipóstilas	1.000 a.C. - 750 a.C.
Pos-Talayótico	poblados talayóticos cuevas de inhumación	750 a.C. - 123 a.C.
Romano	conquista romana	123 a.C. - 425 d.C.
Vándalos	tributos a los vándalos	425 d.C. - 484 d.C.
Paleocristiano	basílicas paleocristianas	484 d.C. - 539 d.C.
Bizantinos	provincia Mauritania 2ª ausencia de visigodos	539 d.C. - 707 d.C.
Musulmanes	saqueo musulmán 707 d.C. y dominación	711 d.C. - 1.114 d.C.
Corona Catalano-Aragonesa	Ramón Berenguer III, intento de conquista	1.115 d.C.
	Jaume I, ocupación de Mallorca	1.229 d.C.
	ocupación de Ibiza	1.231 d.C.
	feudalización de Menorca	1.235 d.C.
	Alfonso III, ocupación de Menorca	1.287 d.C.

1.2.1. Poblamiento Neolítico

Es poco probable la ocupación de las islas durante el Paleolítico. Sin embargo, hacia el 6.000 a.C. el desarrollo de avanzadas culturas del Próximo Oriente determina la llegada en torno al 4.000 a.C. de las innovaciones Neolíticas a la Península Ibérica. Los hallazgos de cerámica incisa en Mallorca sugieren una ocupación, al menos inicial, en torno a la mitad del tercer milenio a.C.

1.2.2. Pretalayótico

Es un periodo caracterizado por la ocupación de cuevas, naturales o artificiales, de habitación. Se pueden distinguir tres fases. La primera (2.000-1.800 a.C.), de cuevas naturales de habitación o de enterramiento, principalmente de planta circular sin corredor, con ajuares con cerámicas incisas o lisas. La segunda (1.800-1.600 a.C.), de cuevas también naturales con una cámara circular grande y corredor sencillo, con ajuares cerámicos sin decoración. En la tercera (1.600-1.200 a.C.), aparecen cuevas artificiales de cámara alargada con o sin fosa central y ajuares más ricos.

1.2.3. Talayótico

El periodo Talayótico es el que define por excelencia a las Islas Baleares. La principal característica de este periodo es la presencia de construcciones megalíticas. Se trata de poblados amurallados, de los que quedan actualmente los denominados Taulas y Talayots, las Navetas o construcciones navetiformes, fundamentalmente de inhumación, dólmenes y otros tipos construcciones.

La división del periodo Talayótico se debe principalmente al tipo de construcción predominante.

1.2.3.1. Talayótico I

Se caracteriza por la presencia de las Navetas, construcciones de carácter funerario, y la utilización de cuevas de habitación. Es típica la cerámica decorada o lisa, punzones de hueso, botones y colgantes perforados en hueso y útiles diversos (punzones, puñales, brazaletes y espadas) en bronce y algunas piezas de cobre.

Datan de este periodo la cueva múltiple y las navetas del yacimiento de Son Oms en Mallorca.

1.2.3.2. Talayótico II

Es frecuente en este periodo la presencia de Talayots libres o aislados. Se trata de un elemento de la arquitectura urbana, generalmente incorporado a la planta de un poblado en calidad de refuerzo de la defensa del muro exterior o como elemento nuclear o inicial en torno a un conjunto urbano más o menos desarrollado. Abundan también bronce de diversos tipos (hachas, cinceles, punzones y adornos).

Son de esta época la cámara superior de la Escombrera de Son Real y el Talayot central del nivel inferior de S'Illet.

1.2.3.3. Talayótico III

Se observan en este periodo poblados amurallados con habitaciones adheridas a talayots y las características salas hipóstilas. Los poblados son eminentemente de carácter defensivo.

1.2.4. Postalayótico

Continúan los poblados talayóticos y pequeñas salas hipóstilas excavadas en la roca. Se utilizan cuevas naturales para los enterramientos y se practican tanto la inhumación como la incineración.

Datan de este periodo algunos niveles de Son Oms y el yacimiento de la Illa des Porros (480 ± 200 a.C. por ^{14}C).

La agricultura y la ganadería forman la base de la economía Talayótica. Está documentado el cultivo de cereales como el trigo y la cebada. También se conoce la utilización de arvejones y otras leguminosas mediterraneas, las bellotas, la vid y el olivo. Respecto a los animales domésticos, se conoce la existencia de ganado vacuno, ovino y caprino. El ganado porcino también es abundante. La presencia de mulos y gallos está también documentada en las islas (PERICOT, 1975).

1.2.5. Romano

Con la conquista romana en el 123 a.C. se inicia el abandono gradual de los poblados talayóticos. Los periodos sucesivos al Imperio romano supusieron drásticas alternancias en la dominación de las islas.

2. Series estudiadas

Se han estudiado tres tipos de series en función de su tamaño: 1) grandes series, con un tamaño muestral de al menos 30 individuos, 2) pequeñas series, donde no se disponía de un número elevado de individuos pero que permiten una mayor diversificación del estudio en el espacio y en el tiempo y 3) otras series de referencia, para contrastación de las técnicas o de interés específico por sus características (datación, localización, etc.). Se ha intentado obtener una muestra lo más amplia posible de yacimientos de diversas épocas, pero forzosamente limitada para evitar una dispersión demasiado grande que haría inviable el objetivo planteado.

Distinguiremos entre las series utilizadas para la determinación de la evolución de la dieta mediante análisis de oligoelementos y las muestras analizadas para la caracterización del patrón de estriación dentaria.

2.1. Muestras para análisis de oligoelementos

Las series de Cataluña y Baleares analizadas provienen de colecciones depositadas en los siguientes centros:

1. Facultad de Biología, Universidad de Barcelona.
2. Museo Arqueológico de Barcelona.
3. Museo Arqueológico de Tarragona.
4. Museo de Roda de Ter (Vic).

Las series de comparación analizadas de la Península Ibérica provienen de los siguientes centros:

1. Universidad Complutense de Madrid.
2. Instituto Oloriz de la Universidad de Granada.
3. Excavaciones arqueológicas de Ceuta.

2.1.1. Series de Cataluña

A continuación se presenta una breve descripción de los yacimientos de los cuales provienen las series estudiadas, con el fin de centrarlas en su contexto geográfico y cultural, prescindiendo de su procedencia pero ordenados cronológicamente.

2.1.1.1. *Epipaleolítico*

El Roc del Migdia (Osona, Barcelona)

Es un gran abrigo abierto al pie de las montañas de Vilanova de Sau. Se trata de un yacimiento Epipaleolítico datado en 11.520 ± 150 b.P., donde se encontró un enterramiento perfectamente conservado de una mujer de unos 50 años de edad en una sepultura compuesta por losas de gran tamaño y numerosos restos líticos y óseos y residuos de combustión (PAZ y VILA, 1988; FULLOLA, 1990; TURBON, 1983; 1987).

El Cingle Vermell (Osona, Barcelona)

Es un pequeño abrigo de 10 m de anchura por 5 m de profundidad ubicado en las montañas de Vilanova de Sau, perteneciente al periodo Epipaleolítico (9.760 ± 160 b.P.) según las dataciones de C^{14} , en un contexto de comunidades cazadoras-recolectoras (FULLOLA, 1990; TURBON, 1987).

2.1.1.2. *Neolítico*

L'Avellaner Cogolls (La Garrotxa, Gerona)

Se trata de un enterramiento colectivo del Neolítico Antiguo datado en torno al 3.900 a.C. Se encuentra en una zona montañosa, característica de este periodo. Es de esperar que presente un tipo de economía mixto basado principalmente en la ganadería y con cultivo de cereales.

L'Hort d'en Grimau Castellví de la Marca (Alt Penedès, Barcelona)

El yacimiento se encuentra situado en la depresión del Penedès cercano al macizo del Garraf. Se encontraron sepulturas en fosa de las que 5 presentaban inhumaciones individuales. Por la morfología de las sepulturas y el material asociado a ellas se trataría de grupos evolucionados del Neolítico Antiguo en transición hacia Neolítico Medio, hacia mediados del cuarto milenio b.C. (3.700 a.C.) (MESTRES, 1989; MERCADAL y PÉREZ-PÉREZ, 1989).

Les Guixeres Vilobí (Alt Penedès, Barcelona)

Se trata de un yacimiento individualizado datado también en el Neolítico Antiguo. (3.000 - 3.600 a.C.) donde se encontró un individuo, actualmente en estudio.

Mas de l'Abella (Priorat, Tarragona)

Se ha estudiado un solo individuo datado en el periodo del Neolítico Medio (3.000-3.300 a.C.).

2.1.1.3. Calcolítico***La Cova de la Guineu*** Font-rubí (Alt Penedès, Barcelona)

Es un enterramiento colectivo en cueva, quizá secundario, del periodo Eneolítico (Calcolítico) datado hacia el 2.000 a.C.

La Balma de la Sargantana (La Noguera, Lérida)

El yacimiento de la Balma de la Sargantana se encuentra situado en Renan, Oliola, en la comarca de La Noguera (Lérida). Es un yacimiento colectivo en balma cerrado y segmentado con losas, exclusivamente sepulcral y datado en torno al 2.000 - 1.800 a.C. (MERCADAL *et al.*, 1989). Los restos humanos estudiados del yacimiento de La Balma de la Sargantana

proceden de las campañas de excavación llevadas a cabo durante los años 1979, 1983 y 1984 (MARCET *et al.* (1982).

2.1.1.4. Bronce

Son poco frecuentes los enterramientos durante el Bronce de Cataluña, debido principalmente al frecuente rito de incineración. Se han podido estudiar dos yacimientos de Cataluña pertenecientes a este periodo.

***Malpàs Tarrasa* (Vallès Occidental, Barcelona)**

Es un yacimiento situado en Tarrasa (Barcelona). Su datación correspondería al periodo Calcolítico Final o Bronce Antiguo.

***Polígon St. Pere Molanta* (Alt Penedès, Barcelona)**

El yacimiento del Polígon de St. Pere Molanta está situado en la localidad de Olèrdola en la comarca del Alt Penedès en la provincia de Barcelona. Está datado en el Bronce Medio, en torno al 1.600 - 1.300 a.C.

2.1.1.5. Epoca Romana

***Necrópolis de Tarragona* (Tarragona)**

Se trata de una necrópolis tardo-romana de los siglos V al VII d.C., situada dentro de los límites de la ciudad de Tarragona, al lado del río Francolí, en el lugar conocido como la Tabacalera. También se han encontrado en el mismo lugar restos arqueológicos anteriores (siglo I a.C.) al cementerio tardo-romano. A mediados del siglo III d.C. el área se convierte únicamente en cementerio y hacia el siglo V se construye una basílica que fue abandonada a finales del siglo VI o principios del VII. Los restos óseos corresponden principalmente al periodo comprendido entre los siglos III y V d.C. (PONS, 1949).

L'Alforja (Baix Camp, Tarragona)

Es un yacimiento de época romana. Las características morfológicas de los individuos estudiados indican una similitud con la necrópolis romana de Tarragona (LALUEZA y GIMENEZ, 1990).

2.1.1.6. Medieval

Sta. Maria d'Artés (Bages, Barcelona)

Artés había sido un antiguo *castrum* romano-visigodo sobre el cual se construyó el castillo medieval. Está documentada su ocupación durante el siglo X. Los restos humanos estudiados proceden de la iglesia de Sta Maria d'Artés (VIVES, 1987; 1990).

Sta. Coloma de Queralt (Conca de Barberà, Tarragona)

Yacimiento medieval datado por la cerámica. Se han estudiado cuatro de los siete individuos encontrados en las excavaciones y descritos por GIMENEZ y LALUEZA (1988).

Santa Maria de Ripoll (Ripollès, Gerona)

Se trata de enterramientos encontrados en el Monasterio de Santa Maria de Ripoll, fundado por Guifré el Pilós en el año 879 y sometido a diversas ampliaciones en el 935 y 1032. Con ocasión de la restauración de la basílica se descubrieron unas 40 tumbas con restos humanos. La necrópolis es anterior al siglo XI según la tipología de las tumbas (sarcófagos antropomorfos de los siglos VII-VIII). Son tumbas reutilizadas. Podría tratarse también de una necrópolis tardo-romana ya que Ripoll podía haber sido un asentamiento romano o visigodo (VIVES, 1987; 1990).

L'Esquerda (Osona, Barcelona)

El yacimiento medieval de l'Esquerda se encuentra situado cerca de la localidad de Roda de Ter (Barcelona). Sus ruinas están emplazadas en un

agudo meandro de dicho río, a una considerable altura sobre su nivel. El asentamiento del poblado en este lugar data del siglo VIII y se extiende hasta principios del siglo XIV.

La necrópolis está constituida por aproximadamente un centenar de tumbas que corresponden probablemente a los siglos IX-XI. Algunas pueden llegar hasta el siglo XIII. No se puede identificar en el yacimiento la presencia visigoda, sino que la población estaría formada principalmente por el repoblamiento de esta zona después de la ocupación musulmana (OLLICH, 1980, 1981, 1982; VIVES, 1982, 1985).

El yacimiento domina toda la Plana de Vic, una gran extensión llana, con pequeñas colinas. Desde el punto de vista estratégico constituye un asentamiento excelente, pues posee tierras cultivables en su proximidad y tiene una zona montañosa próxima donde refugiarse en caso de necesidad. El asentamiento de L'Esquerda data del siglo VIII por los francos ante la necesidad de detener el avance musulmán. Contemporáneas a esta época son las cuatro sepulturas de La Muntanyeta, en el límite urbano de Roda de Ter, muy próximas a L'Esquerda (OLLICH y RAURELL 1989). En el año 826 la fortaleza es destruida durante la revuelta antifranca de Aissó y con Guifré el Pilós se inicia el repoblamiento de la Plana de Vic. La etapa de mayor esplendor (siglos X al XIII) culmina con el despoblamiento de L'Esquerda a finales del siglo XIII. A continuación, se fortifica el recinto y se suceden constantes luchas entre señores feudales. Los habitantes se trasladan progresivamente a un nuevo núcleo cerca del río, alejándose del antiguo lugar de asentamiento, que asume un carácter netamente militar. A principios del siglo XIV L'Esquerda es destruída definitivamente (OLLICH, 1980).

La Muntanyeta (Osona, Barcelona)

Este yacimiento está formado por cinco sepulturas contemporáneas a La Esquerda, situadas también en el límite del núcleo urbano de Roda de Ter y datadas en el primer periodo de ocupación en el s. VIII (LALUEZA y MARTI, 1989; OLLICH y RAURELL, 1989).

St. Martí Xic Masíes de Voltregà (Osona, Barcelona)

Es un asentamiento Medieval del siglo XI d.C. del que se han estudiado cuatro individuos.

Castell d'Oliana (Alt Urgell, Lérida)

Yacimiento Medieval de los siglos XI - XII d.C.

St. Andreu de Segàs (Berguedà, Barcelona)

Es una necrópolis medieval cuyo cementerio está datado en un período probablemente anterior al siglo XI, aunque algunas tumbas pueden corresponder a la primera mitad de dicho siglo (VIVES, 1987; 1990).

Judíos de Montjuïc (Barcelona)

Es un yacimiento formado por inhumaciones de una comunidad judía asentada en la actual montaña de Monjuïc de periodo Medieval (siglos XIII-XIV d.C.) (PREVOSTI, 1951).

Sant Martí de Lleida (Segrià, Lérida)

La iglesia de Sant Martí de Lleida fue construida a mediados del siglo XII y utilizada hasta finales del XVII, correspondiendo la necrópolis también a este período (VIVES, 1987; 1990).

Cardona (Bages, Barcelona)

Yacimiento Medieval de larga ocupación (siglos XI-XIX d.C.).

2.1.2. Series de Baleares

Son Real (Can Picafort, Mallorca)

La necrópolis Talayótica de Son Real está situada en medio de la bahía de Alcudia, en una pequeña meseta sobre el mar. Las aguas han destruido parte del yacimiento que se extiende al islote vecino de la *Illa des Porros*. La excavación mostró multitud de tumbas de formas diversas: circulares, rectangulares y navetiformes, sin apenas espacio entre ellas.

El ajuar es pobre, teniendo en cuenta el elevado número de tumbas descubiertas, sobre todo en lo que respecta a objetos metálicos, característicos de la edad del Bronce. La cerámica también es escasa. Se han encontrado objetos de hierro, por lo general fragmentos de cuchillos, lanzas, anillos y brazaletes.

La cronología del yacimiento no es anterior al siglo VIII a.C. y probablemente hay que situar su inicio en el siglo VII a.C. con las tumbas navetiformes. A ella seguirían las de planta circular (siglos V-IV a.C.) y finalmente las de planta rectangular, más toscas de ejecución, con signos de incineración (siglos IV-II a.C.). La utilización de la necrópolis se reanudó posteriormente en época romana (PERICOT, 1975).

En el yacimiento se encontraron más de un centenar de individuos con abundantes trepanaciones.

Illot des Porros

Una parte de las tumbas que la necrópolis de Son Real poseía originariamente fue arrasada por la acción del mar. A unas decenas de metros de la costa queda el llamado *Illot des Porros*, donde han sido descubiertas varias tumbas. Dos de ellas son de tipo monumental excavadas en la roca. Sobre este nivel, donde hay tumbas circulares de inhumación, se hallan las grandes tumbas de incineración que parecen pertenecer ya a época romana (PERICOT, 1975).

Los restos esqueléticos encontrados en este yacimiento han sido estudiados por MALGOSA (1985) y el estudio del contenido de

oligoelementos ha sido realizado por SUBIRA (1989). Este yacimiento no se analiza en el presente trabajo, pero se describe aquí a efectos comparativos con el yacimiento de Son Real.

2.1.3. Series de la Península Ibérica

2.1.3.1. Bronce

Los yacimientos del Bronce del sur de la Península Ibérica se enmarcan dentro de un amplio estudio de la antropología del Sud-Este de la Península Ibérica que se está llevando a cabo JIMENEZ (1987).

Son tres los yacimientos de las series analizadas:

Cerro de la Encina Monachil (Granada)

Castellón alto Galera (Granada)

Fuente Amarga Galera (Granada)

2.1.3.2. Medieval

La Torrecilla Arenas del Rey (Granada)

El yacimiento de La Torrecilla está constituido por una necrópolis islámica datada hacia los ss. IX al X d.C. Se utilizó también durante el s. XI y fue progresivamente abandonada, dejando de utilizarse definitivamente en el s. XIV.

Se trata del cementerio, con sepulcros en fosa, de una población de tipo rural bastante pobre y aislada (SOUICH, 1979). Probablemente, el sustrato social sería de tipo local islamizado (muladíes) con elementos alógenos, posiblemente bereberes o, incluso, mestizos de negros.

La actividad económica de la población de La Torrecilla se basaría en el cultivo de tierras de secano y algo en la vega. La cabaña ganadera sería de pequeñas dimensiones, localizada, principalmente, en zonas de montaña, a menudo transhumante, con ganado vacuno escaso, ovino y, fundamentalmente, caprino. La alimentación sería sencilla, a base de cereales, verduras, alguna fruta, queso y leche, volatería y poca carne.

La Olmeda Pedrosa de la Vega (Palencia)

El yacimiento de La Olmeda se encuentra en el término municipal de Pedrosa de la Vega (Palencia). La datación corresponde a los siglos VII al XIII d.C. por los hallazgos arqueológicos, la mayoría de los cuales pertenecen a la Edad Media. Se llevaron a cabo dos campañas de excavación de la necrópolis medieval durante los años 1982 y 1983. En las seis catas practicadas entre ambas campañas se hallaron restos de 239 individuos, la mayoría bien individualizados. Los enterramientos presentaban diferencias en cuanto a orientación, Oeste-Este (O-E) y Norte-Sur (N-S), y en cuanto a profundidad. En los niveles inferiores de La Olmeda se encontró algún enterramiento con ajuar visigodo. La necrópolis contiene más de 250 individuos, niños incluidos (TURBON Y HERNANDEZ, 1983, HERNANDEZ Y TURBON, 1983).

Wamba (Valladolid)

Yacimiento Medieval de los siglos XV al XVII d.C.

2.1.4. Series del Norte de Africa

La importancia del enclave de Ceuta en la época romana constituye todavía un punto de discusión. El puerto de Ceuta es la única escala posible del estrecho de Gibraltar ya que la costa no ofrece ningún otro refugio hasta la bahía de Tánger. Dado que la progresión hacia el interior es muy dificultosa, debido al relieve montañoso, es probable que Tánger fuera la ciudad más importante de la zona africana y Ceuta tan sólo un centro pesquero. Los hallazgos numismáticos, la abundancia de *sigillata* de diversos

tipos y la gran cantidad de restos de naufragios indican sin embargo que Ceuta mantenía relaciones comerciales con el resto del mundo romano.

El estrecho de Gibraltar, por su privilegiada situación, cuenta con un enorme potencial de recursos marinos que desde tiempos antiguos ha condicionado el poblamiento de la zona. El encuentro de dos masas de agua de naturaleza tan distinta como el Atlántico y el Mediterráneo provoca la estratificación de las corrientes atlántica (superficial templada) y mediterránea (profunda fría). La zona del estrecho actúa como un embudo y favorece la concentración de recursos pesqueros. Este factor, si bien probablemente fluctuante, debió incidir en la demografía de la zona. Algunas especies son particularmente abundantes, como los túnidos (*Thunnus thynnus*, *Auxis rochei*) o los escómbridos (*Scomber scombrus*). El paso del estrecho de estas especies se produce en períodos muy determinados del año, lo cual produciría una fuerte estacionalidad en la explotación de este recurso.

El paso migratorio de *Thunnus* y *Scomber* del Atlántico al Mediterráneo se produce entre abril y junio y es ligeramente más tarde para *Auxis*. El resto del año se utilizaba el excedente de las capturas en forma de salazones. Los restos de ictiofauna hallados en numerosos yacimientos del litoral andaluz parece confirmar que los romanos utilizaban almadrabas como sistema de pesca pelágica. En Ceuta se han hallado numerosos restos de vértebras de túnidos en niveles romanos, algunas con señales de cortes producidos por instrumentos afilados.

A escasa distancia del yacimiento de la Basílica paleocristiana se encontraron restos de estructuras romanas que mostraban gran semejanza con las de la fábrica de salazones de Cotta, cerca de Tánger. Los salazones eran productos para consumo de las clases populares. Sin embargo, el *garum* hispánico, una famosa salsa fabricada a partir de las entrañas de túnido, era un producto de lujo apreciado en todo el mundo romano, que se exportaba desde la factorías del norte de Africa y el sur de España. La mayoría de las ánforas recuperadas en el litoral de Ceuta corresponden a la tipología de las que contenían *garum*.

El mar proporcionaba además otro recurso alimentario. La presencia de un litoral rocoso accidentado y de baja profundidad permitía la proliferación

de algunos bivalvos comestibles y las fluctuaciones mareales, con pleamares máximas superiores a un metro, facilitan su recolección. En todos los yacimientos históricos estudiados en Ceuta aparecen gran número de conchas, lo cual indica la importancia de este recurso. Un estudio malacológico realizado en base a seis yacimientos de la zona (CHAMORRO, 1987) considera que las conchas no presentaban signos de erosión por el oleaje, por lo que fueron recogidas vivas. Los moluscos más abundantes en el yacimiento tardorromano del Paseo de las Palmeras son *Ostrea edulis*, *Spondylus gaedoropus*, *Charonia lampas*, *Patella*, *Pecten* y *Grycimeris*. Este último, sin embargo, aparece siempre ennegrecido, lo cual hace suponer que se utilizaba como lucerna. Las especies representadas son las que pueden recogerse más fácilmente en la franja intermareal, observándose mayoritariamente la presencia de ejemplares de gran tamaño. Esta recolección selectiva a lo largo de los siglos provocó probablemente una selección a favor de las variedades más pequeñas y colaboró en la desaparición del litoral ceutí de algunas especies como *Ostrea*. En los niveles tardorromanos de los yacimientos de El Mirador y La Basílica se descubrieron gran número de bivalvos, especialmente *Ostrea*, *Spondylus* y *Patella*.

La ganadería debía ser otro recurso explotado cuya importancia relativa es desconocida, ya que en la basílica aparecen restos de fauna en los niveles superiores o en las zonas más alteradas del yacimiento. Se han hallado restos de ovicápridos, équidos, súidos y bóvidos, muchos de ellos con señales de descarnación y fractura. La agricultura debió ser un recurso pobremente desarrollado, ya que se encuentra fuertemente limitada por el relieve accidentado, así como por la escasez de lluvias y la fuerte estacionalidad e irregularidad de las precipitaciones. Asimismo, el tipo de suelo de Ceuta es muy desfavorable a los cultivos.

2.1.4.1. Romano

Romanos de Ceuta

Se trata de dos inhumaciones del s. III d.C., contemporáneas a la Basílica paleocristiana, pero sin signos cristianos.

2.1.4.2. Paleocristiano (Tardoromano)

Basílica Paleocristiana de Ceuta

Es un yacimiento paleocristiano de los siglos III-V d.C. La utilización del enterramiento corresponde al periodo tardoromano (LALUEZA y PEREZ-PEREZ, 1989).

Mirador

Está constituido por un enterramiento de nivel tardoromano próximo a la Basílica paleocristiana de Ceuta.

2.1.4.3. Medieval

Jáudenes

Enterramiento anterior al s. XVIII muy revuelto. Podría tratarse de una inhumación medieval o romana.

2.1.4.4. Musulmán

Hacho

Se trata de dos sepulturas musulmanas próximas a la Basílica paleocristiana de Ceuta datadas por la cerámica en el s. XIV.

Todos los yacimientos estudiados se detallan en la tabla II.3 junto con su localización, periodo y datación. La figura II.1 muestra la localización de los yacimientos estudiados de Cataluña y Baleares la figura II.2. la de los de la Península Ibérica y Norte de Africa.

Tabla II.3. Yacimientos estudiados de Cataluña, Baleares, Península Ibérica, Norte de Africa y Tierra del Fuego, localización y datación

	Localidad	Periodo	Datación
El Cingle Vermell	Vilanova de Sau, Osona (Barcelona)	Epipaleolítico	9.760 160 b.P.
El Roc del Migdia	Vilanova de Sau, Osona (Barcelona)	Epipaleolítico	11.520 150 b.P.
L'Avellaner	Cogolls, La Garrotxa (Gerona)	Neolítico Antiguo	3.900 a.C.
L'Hort d'en Grimau	Castellví, Alt Penedès (Barcelona)	Neolítico Antiguo	3.700 a.C.
Les Guixeres	Vilobí, Alt Penedès (Barcelona)	Neolítico Antiguo	= 3.000 - 3.600 a.C.
Mas de l'Abella	Priorat (Tarragona)	Neolítico Medio	3.000 - 3.300 a.C.
La Balma Sargantana	Renan, Noguera (Lérida)	Eneolítico (Calcolítico)	2.000 - 1.800 a.C.
La Cova de la Guineu	Font-rubí, Alt Penedès (Barcelona)	Eneolítico (Calcolítico)	2.000 a.C.
Malpàs	Terrassa, Vallès Occ. (Barcelona)	Argárico	2.000 - 1.500 a.C.
Cerro de la Encina	Monachil (Granada)	Argárico	2.000 - 1.500 a.C.
Castellón alto	Galera (Granada)	Argárico	1.800 - 1.300 a.C.
Fuente Amarga	Galera (Granada)	Bronce Inicial	1.800 - 1.300 a.C.
Polígon S. Pere Molanta	Olèrdola, Alt Penedès (Tarragona)	Bronce Medio	1.600 - 1.300 a.C.
Son Real	Can Picafort (Mallorca)	Talayótico	ss. IV - II a.C.
Basílica	Ceuta	Paleocristiano	ss. III - V d.C.
Mirador	Ceuta	Tardoromano	ss. III - V d.C.
Romanos	Ceuta	Romano	s. III d.C.
Hacho	Ceuta	Musulmán	s. XIV d.C.
Jaudenes	Ceuta	Medieval	< s. XVIII d.C.
Necrópolis de Tarragona	Tarragona	Imperio Romano	ss. V - VII d.C.
L'Alforja	Baix Camp (Tarragona)	Tardo-romano	ss. III - V d.C.
La Muntanyeta	Roda de Ter, Osona (Barcelona)	Bajo Medieval	ss. VI - VII d.C.
Sta. Maria de Ripoll	Ripoll, Ripollès (Barcelona)	Bajo Medieval	ss. VII - X d.C.
Sta. Maria d'Artés	Artés, Bages (Barcelona)	Bajo Medieval	ss. VI - XII d.C.
La Torrecilla	Arenas del Rey (Granada)	Musulmán	ss. IX - XI d.C.
La Olmeda	Pedrosa de la Vega (Palencia)	Medieval	ss. VIII - XIV d.C.
L'Esquerda	Roda de Ter, Osona (Barcelona)	Medieval	ss. IX - XIII d.C.
St. Andreu de Segàs	Berguedà (Barcelona)	Medieval	s. XI d.C.
St. Martí Xic	Osona (Barcelona)	Medieval	s. XI d.C.
Castell d'Oliana	Oliana, Alt Urgell (Lérida)	Alto Medieval	ss. XI - XII d.C.
Judíos de Montjuïc	Barcelona	Alto Medieval	ss. XIII - XIV d.C.
Wamba	Valladolid	Alto Medieval	ss. XV - XVII d.C.
St. Martí de Lleida	Segrià (Lérida)	Alto Medieval	ss. XII - XVIII d.C.
Cardona	Bages (Barcelona)	Alto Medieval	ss. XI - XIX d.C.
Sta. Coloma de Queralt	Conca de Barberà (Tarragona)	Medieval	ss. IX - XIV d.C.

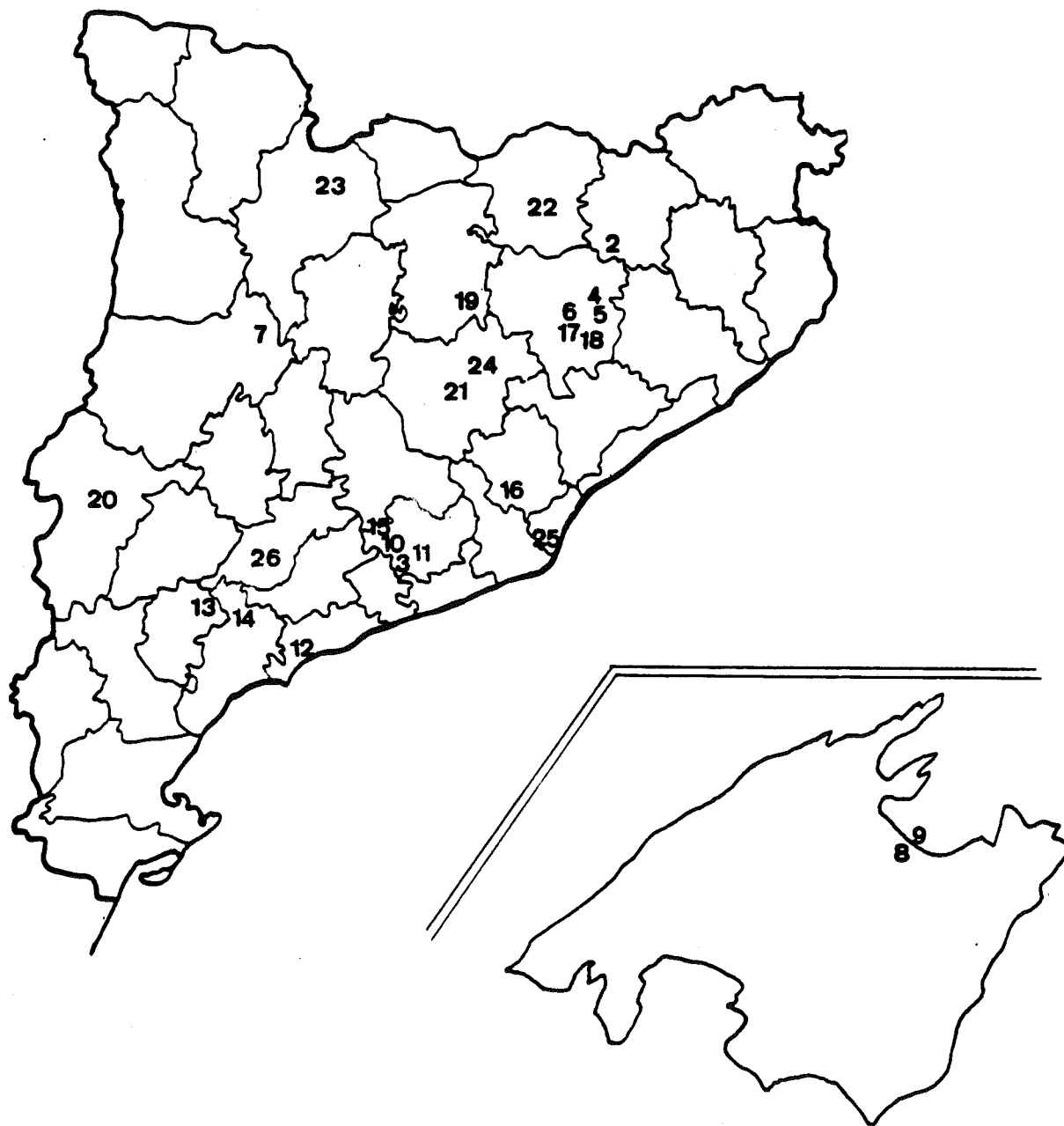


Figura II.1. Localización de los yacimientos estudiados de Cataluña y Baleares



Figura II.2. Localización de los yacimientos de la Península Ibérica y Norte de Africa estudiados

2.1.5. Tamaño de las muestras

El tamaño de las muestras analizadas por EAA para cada yacimiento depende de la disponibilidad de material. En general, se han seleccionado poblaciones bien representadas donde fuera posible disponer de al menos 30 individuos, 15 de cada sexo. Cuando no ha sido posible, se han analizado tantos como hubiese con el fin de representar al máximo los distintos periodos estudiados.

2.1.5.1. Distribución por yacimientos

En total se han analizado muestras de 38 series, 26 pertenecientes a yacimientos de Cataluña y Baleares, 6 series de la Península Ibérica, 5 del Norte de Africa y 1 de Tierra del Fuego (tabla II.4.). Se han realizado 619 determinaciones de oligoelementos. En cada yacimiento se han estudiado tres tipos de muestras: animales, restos humanos y tierra (Tabla II.5).

Tabla II.4. Número de series analizadas por áreas geográficas

<i>Series de Cataluña</i>	25
<i>Series de Baleares</i>	1
<i>Series de Andalucía</i>	4
<i>Series de Castilla</i>	2
<i>Series del Norte de Africa</i>	5
<i>Series de Tierra del Fuego</i>	1
TOTAL	38

Tabla II.5. Número de muestras animales (A), humanas (H) y de tierra (T) analizadas por EAA por yacimientos de Cataluña y Baleares

		A	H	T	Total
		---	---	---	---
Series de Cataluña					
1	ABELLA	0	1	0	1
2	ALFORJA	0	1	0	1
3	ARTES	0	12	0	12
4	AVELLANER	9	13	2	24
5	CARDONA	1	1	1	3
6	CINGLE	2	3	1	6
7	ESQUERDA	2	24	4	30
8	GRIMAU	1	9	1	11
9	GUINEU	4	29	1	34
10	HACHO	0	3	0	3
11	MALPAS	0	6	0	6
12	MARTI LLEIDA	0	13	0	13
13	MARTI XIC	0	4	1	5
14	MONTJUIC	0	7	0	7
15	MUNTANYETA	0	3	0	3
16	OLIANA	0	1	0	1
17	POLIGONO	2	5	1	8
18	QUERALT	0	4	0	4
19	RIPOLL	0	7	0	7
20	ROC	2	4	0	6
21	SARGANTANA	3	27	3	33
22	SEGAS	0	9	0	9
23	TARRAGONA	1	30	2	33
24	VILOBI	1	1	1	3
Serie de Baleares					
25	SON REAL	4	42	0	46

Para disponer de datos de comparación también se analizaron otras muestras de series de la Península Ibérica (Tabla II.6.).

Tabla II.6. Número de muestras animales (A), humanas (H) y de tierra (T) analizadas por EAA por yacimientos de la Península Ibérica, Norte de Africa y Tierra del Fuego

		A	H	T	Total
		-----	-----	-----	-----
Andalucía					
26	AMARGA	7	5	1	13
27	CASTELLON ALTO	0	27	0	27
28	ENCINA	0	9	1	10
29	TORRECILLA	0	30	0	30
Castilla					
30	OLMEDA	13	84	0	97
31	WAMBA	0	30	0	30
Series Norteafricana y de Tierra del Fuego					
32	CEUTA	9	57	1	67
33	FUEGUINOS	4	8	0	12

También se analizaron 22 muestras de tejido y caparazón de moluscos y músculo y vértebra de peces en fauna actual. Se incluyó, además, una muestra del papel de filtro que se utilizó para filtrar las soluciones digeridas de tierra y otra del conservante paraloid, usado generalmente para conservar el material frágil, con el fin de determinar la capacidad contaminante de estos materiales.

En total se analizaron 509 muestras de hueso humano, 87 de animales, 21 de tierra y 1 de papel de filtro y 1 de Paraloid.

2.1.5.2. *Distribución por periodos*

Las series estudiadas abarcan la mayoría de los periodos de ocupación humana en la Península Ibérica (tabla II.7, figura II.3).

Tabla II.7. Número de muestras animales (A), humanas (H) y de tierra (T) analizadas por EAA por periodos para todas las series estudiadas

	A	H	T	X	Total
Fauna actual	22	0	0		22
Epipaleolítico	4	7	1		12
Neolítico	11	24	4		39
Calcolítico	7	62	4		73
Bronce	9	46	3		58
Talayótico	4	42	0		46
Paleocristiano	9	58	1		68
Romano	1	33	2		36
Medieval	16	229	6		251
Fueguinos	4	8	0		12
PAPEL				1	1
PARALOID				1	1
Total	87	509	21	2	619

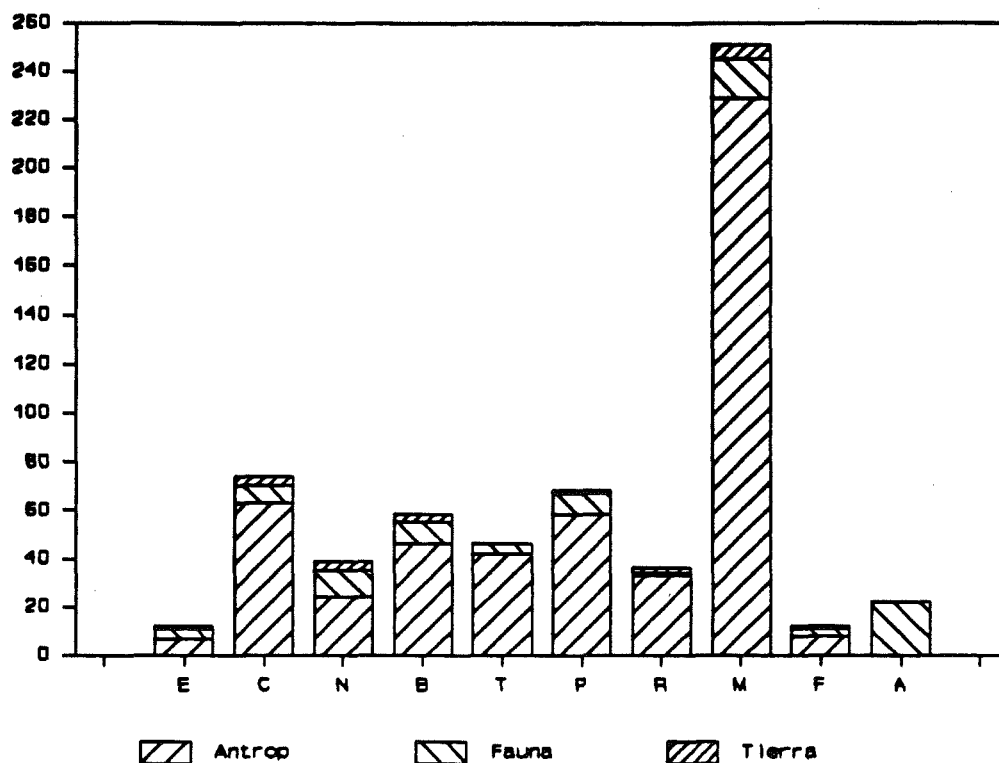


Figura II.3. Tamaños muestrales para EAA por periodos. E: epipaleolítico, C: calcolítico, N: neolítico, B: bronce, T: talayótico (Baleares), P: paleocristiano (Norte de Africa), R: época romana, M: época medieval, F: Tierra de Fuego, A: fauna actual

2.1.5.3. Distribución por tipo de muestra

Las muestras analizadas para cada yacimiento corresponden a cuatro tipos principales: 1) muestras de **fauna actual**, 2) muestras de **fauna fósil**, 3) muestras **antropológicas** y 4) muestras de **tierra** (Tabla II.8).

Tabla II.8. Número de muestras animales (A), humanas (H) y de tierra (T) analizadas por EAA por tipos de muestras

	A	H	T	Total
	-----	-----	-----	-----
Fauna actual				
crustáceos	1	0	0	1
tejido peces	7	0	0	7
vértebra peces	7	0	0	7
tejido moluscos	2	0	0	2
concha moluscos	5	0	0	5
Fauna fósil de los yacimientos				
herbívoro	46	0	0	46
omnívoro	2	0	0	2
carnívoro	12	0	0	12
pescado	3	0	0	3
roedor	1	0	0	1
cetáceo	1	0	0	1
Muestras antropológicas				
Hueso humano	0	509	0	509
Tierra del yacimiento				
tierra	0	0	21	21
Total	87	509	21	617

2.1.5.4. Distribución por grupos de edad

Se han seleccionado principalmente individuos adultos. Tan sólo en algún yacimiento se han analizado también individuos infantiles y juveniles. Algunos ejemplares de fauna corresponden también a individuos jóvenes (tabla II.9).

Tabla II.9. Distribución de las muestras analizadas por grupos de edad

	A	H	T	X	Total
Fauna y Tierra	82	0	21	2	105
Desconocida	0	4	0	0	4
Infantil	0	35	0	0	35
Juvenil	5	25	0	0	30
Subadulto	0	9	0	0	9
Adulto	0	397	0	0	397
Maduro	0	34	0	0	34
Senil	0	5	0	0	5
Total	87	509	21	2	619

2.1.5.5. Distribución por sexos

En aquellos casos que fue posible, se agruparon las muestras de huesos analizadas por sexo. La distribución resultante se muestra en la tabla II.10.

Tabla II.10. Número de muestras humanas (H) analizadas por sexos

	A	H	T	X	Total
	-----	-----	-----	-----	-----
Fauna y Tierra	87	0	21	2	110
Desconocido	0	242	0	0	242
Femenino	0	135	0	0	135
Masculino	0	132	0	0	132
Total	87	509	21	2	619

2.1.5.6. Distribución por tipo de hueso

El análisis de oligoelementos de muestras humanas se ha realizado prioritariamente en hueso compacto de la **Tibia**. En este caso la muestra se obtuvo de la cresta anterior en el punto medio de la mitad proximal del hueso. Si no era posible, se seleccionaba un fragmento de otro hueso largo, preferentemente fémur, siempre de hueso compacto. Sólo se analizó hueso esponjoso en algunos animales y cuando no se disponía de ningún otro fragmento.

Las muestras de fauna también corresponden a hueso compacto, en general. El tejido corresponde a masa muscular fresca y la concha a las valvas de moluscos actuales.

Las muestras de tierra están formadas por arena fina de los yacimientos, una vez eliminadas las piedras que contuviese (tabla II.11).

Tabla II.11. *Número de muestras animales (A), humanas (H) y de tierra (T) analizadas por EAA por tipos hueso*

	A	H	T	Total
	-----	-----	-----	-----
?	3	9	0	12
Asta	3	0	0	3
Clavícula	0	2	0	2
Concha	5	0	0	5
Costilla	0	9	0	9
Coxal	0	4	0	4
Cúbito	1	7	0	8
Exoesqueleto	1	0	0	1
Falange	0	1	0	1
Femur	3	85	0	88
Húmero	1	15	0	16
Mandíbula	3	0	0	3
Maxila	1	0	0	1
Metacarpo	0	1	0	1
Peroné	0	4	0	4
Radio	0	5	0	5
Tejido	9	0	0	9
Tibia	2	343	0	345
Tierra	0	0	21	21
Vértebra	11	1	0	12
Compacto sp.	37	20	0	57
Esponjoso sp.	7	3	0	10
Total	87	509	21	617

2.2. Muestras para el estudio de la estriación dentaria

Dos son los objetivos principales en el estudio de la estriación dentaria:
1) caracterización intra e inter-poblacional del patrón de estriación dentaria, y
2) análisis de la correlación entre la longitud de las estrías dentarias y el contenido de oligoelementos en hueso.

2.2.1. Series estudiadas

El estudio del patrón de estriación dentaria se ha centrado principalmente en la población de **La Olmeda**. Se trata de una serie ideal para este análisis debido a tres factores importantes: 1) buen estado de conservación de las piezas dentarias *in situ*, 2) los esqueletos se encuentran perfectamente individualizados y 3) se dispone de amplia información histórica y antropológica (edad, sexo, etc.). Según el contexto histórico la Olmeda podría tratarse de una población de hábitos fundamentalmente agrícolas.

Se ha estudiado también el patrón de estriación dentaria de la población de **L'Esquerda**, que presenta un patrón económico principalmente ganadero.

Como modelo de población de dieta carnívora se ha analizado una muestra de **Aborígenes de Tierra del Fuego**.

El número de individuos analizado en cada serie es el siguiente:

Fueguinos	31
L'Esquerda	12
La Olmeda	77
Total	120

2.2.2. Dientes analizados

En las tres series consideradas se tomaron réplicas dentarias del segundo premolar (Pm4) y del primer molar (M1). En total se estudiaron 208 dientes cuya distribución por tipo de diente en las series analizadas se muestra en la tabla II.12. y en las figuras II.4. y II.5.

Tabla II.12. *Número de piezas dentarias analizadas para la determinación del patrón de estriación dentaria*

Maxilar	Lado	Diente	Clave	FUE	ESQ	OLM	Total
Mandíbula	Izquierdo	M1	000	2	9	22	33
		Pm4	001		1	18	19
	Derecho	M1	010	1	6	28	35
		Pm4	011		2	16	18
Maxila	Izquierdo	M1	100		21	27	48
		Pm4	101	3		13	16
	Derecho	M1	110	4		21	25
		Pm4	111			14	14
		Total			10	39	159

La selección de la dentición yugal responde a los criterios definidos por PUECH (1980). La serie base en la que se estudiará el patrón de estriación dentario es La Olmeda. La selección del número de muestras para cada diente intenta representar al máximo cada muestra, en función de tres factores principales: 1) **disponibilidad** del material estudiado, 2) **limitación** en la utilización del servicio de microscopía electrónica y 3) **representatividad** del estudio.

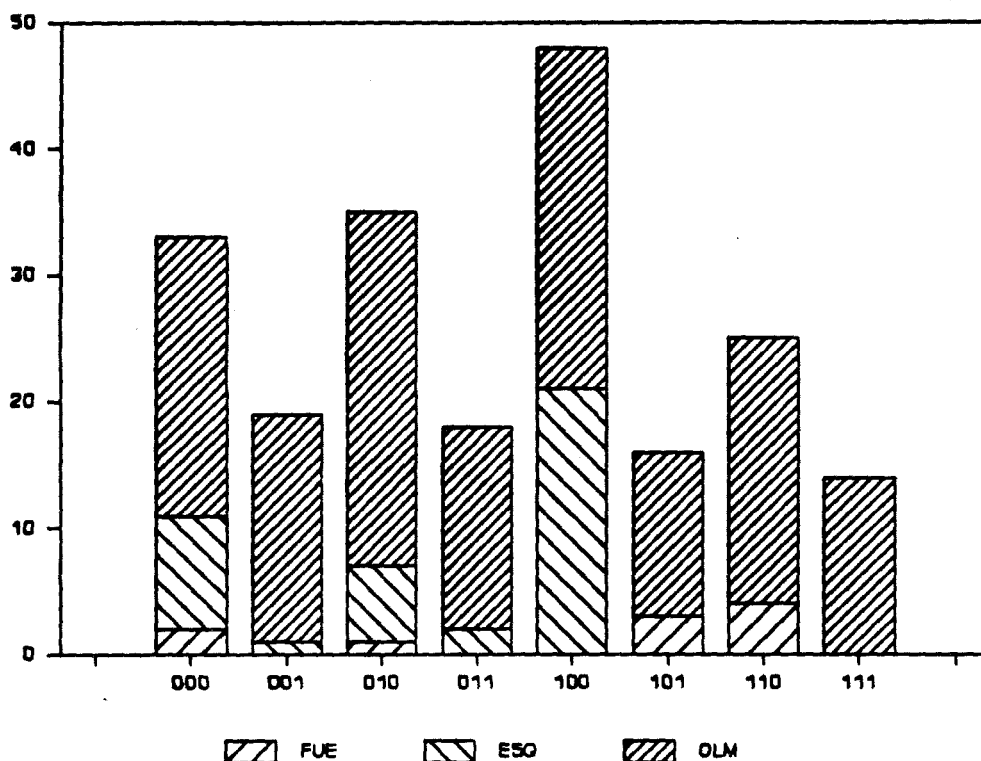


Figura II.4. Número de piezas dentarias analizadas para cada serie. FUE: Aborígenes de la Tierra del Fuego, ESQ: La Esquerda, OLM: La Olmeda. 000: M1 inferior izquierdo, 001: Pm4 inferior izquierdo, 010: M1 inferior derecho, 011: Pm4 inferior derecho, 100: M1 superior izquierdo, 101: Pm4 superior izquierdo, 110: M1 superior derecho, 111: Pm4 superior derecho

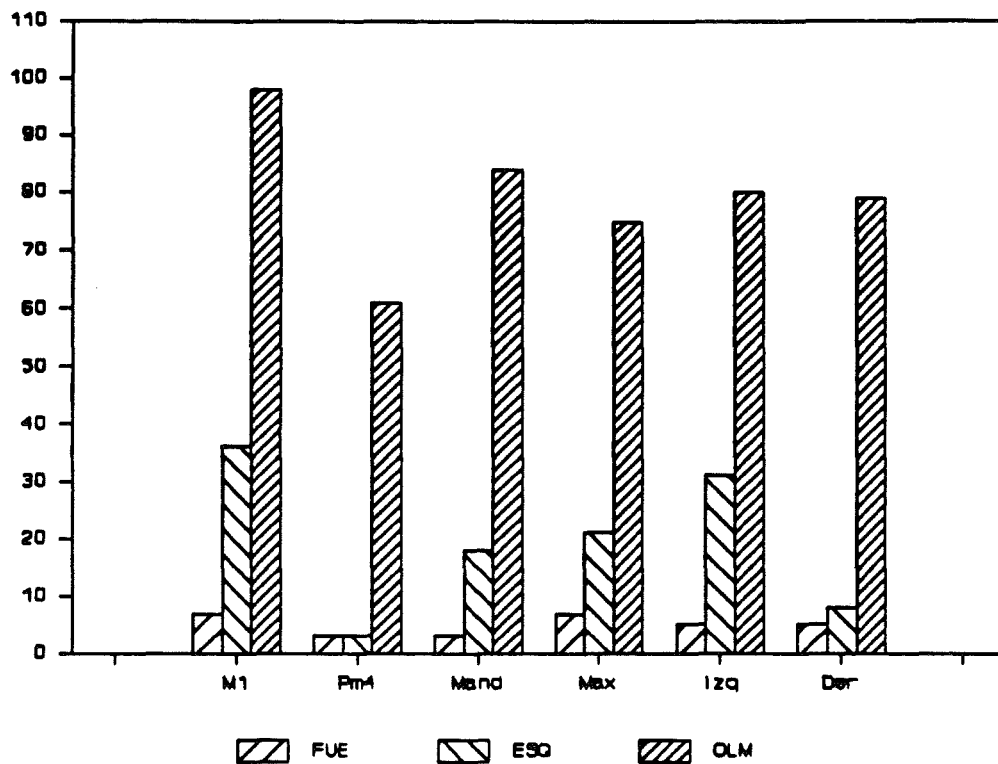


Figura II.5. Número de réplicas dentarias analizadas para el maxilar, lado y diente. M1: primer molar, Pm4: segundo premolar, Mand: mandíbula, Max: maxila, Izq: izquierdo, Der: derecho

III. METODO

III. METODO

1. Espectroscopía de Absorción atómica

El análisis de las concentraciones de oligoelementos en hueso se realizó, en la mayoría de los casos, mediante **Espectroscopía de Absorción Atómica**. Se siguió el mismo protocolo en la preparación de todas las muestras. hay que distinguir 8 pasos en todo el proceso: 1) obtención, 2) incineración, 3) digestión, 4) disolución, 5) dilución, 6) patrones, 7) lectura y 8) cálculo de las concentraciones (figura III.1.).

1.1. Obtención de la muestra

La muestra de hueso pulverizado se obtuvo mediante la utilización de una pieza de mano de dentista con una broca de 0.7 mm de diámetro.

Con ella se rebajó una capa del hueso superficial de aproximadamente 1mm de espesor. Se trata de la parte externa, en contacto con la tierra del yacimiento, de coloración más oscura que la parte interna, susceptible de intercambio de elementos con el medio.

Una vez expuesta la parte interna del hueso se taladró con la broca una zona circular de aproximadamente 1 cm de diámetro, rebajando el hueso progresivamente sin llegar a la zona cortical interna. El hueso pulverizado se recogió en un cubilete de plástico situado debajo de la zona de trabajo. Después de cada muestra se limpió de polvo el material utilizado antes de proceder a la extracción de la siguiente muestra.

La cantidad de muestra necesaria es de aproximadamente 1 g. Las muestras se guardaron en bolsas de plástico con cierre hermético, sigladas con un número identificativo, hasta su análisis posterior.

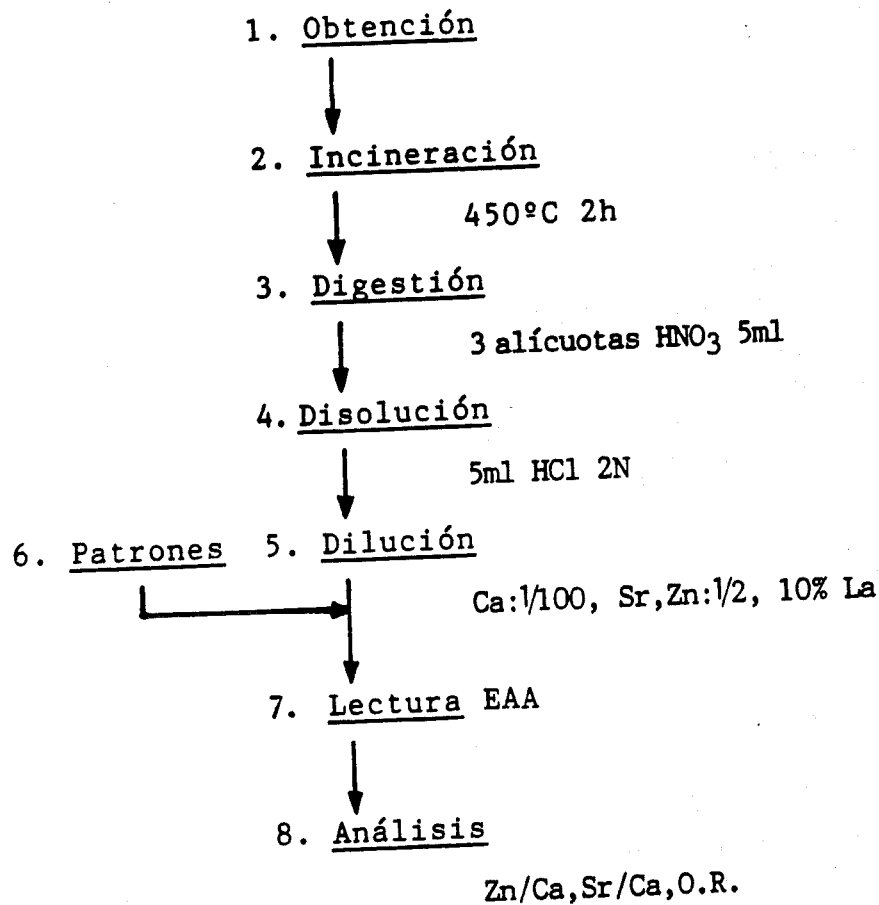


Figura III.1. Protocolo del análisis de oligoelementos mediante Espectroscopía por Absorción Atómica (EAA)

1.2. Incineración

La incineración de la muestra tiene por objeto eliminar toda la materia orgánica que pueda quedar en la misma y también el agua que contenga, ya que las concentraciones de los elementos se referirán al peso seco de las cenizas.

La incineración de la muestra se realiza en una mufla a 450°C durante 2 horas, con una rampa de subida de la temperatura de 30 min a 1 h. La incineración se realiza en cubiletes de porcelana. La utilización de cubiletes de Platino (Pt) se descartó debido al elevado número de muestras que se pretendía incinerar. La porcelana es un material muy estable que a la temperatura de 450-500°C no presenta un intercambio de materia apreciable. En cualquier caso, todas las muestras se incineraron de la misma forma para evitar diferencias en las condiciones del análisis.

Algunas muestras fueron pesadas antes de la incineración para calcular la pérdida de peso debida a la eliminación de materia orgánica y agua.

Después de la incineración, las muestras se mantenían en un desecador para evitar su hidratación y se pesaba un total de 0.500 g de ceniza (precisión hasta la milésima de g) o en su defecto la cantidad de que se dispusiera, con una balanza de precisión marca Sartorius, con un error instrumental de 0.0001 g, dentro de un vaso de precipitados de 50 ml de capacidad, de base lo más ancha posible.

Los vasos de precipitados con las muestras, una vez siglados, conteniendo una varilla de vidrio y tapados con un vidrio de reloj se situaban en un baño de arena a 150-200°C, durante aproximadamente 2.5 h, en el que se realizaba la digestión ácida.

1.3. Digestión ácida

La digestión de las muestras se realizó en un baño de arena, marca Bathsand modelo S-211-60 Selecta. Se añadían, en caliente, tres alícuotas de 5 ml de ácido nítrico concentrado (HNO₃, Erbatron Carlo Erba Acido

Nítrico 70% RSE, 1% Acidimétrico) y se dejaba evaporar cada alícuota lentamente hasta su completa desecación. Al término de la tercera digestión se dejaba secar completamente el vaso de precipitados en caliente durante 1-2 horas.

1.4. Disolución de la muestra

Tras el secado, la muestra se disuelve en 5 ml de ácido clorhídrico 2N (HCl Baker Analyzed[®] Reagent 36-38%) en caliente sin dejar evaporar totalmente. A continuación, se retira el vaso de precipitados del baño de arena y se procede a la recuperación de la muestra disuelta lavando todo el material con agua bidestilada (Milli-Q Water System, Millipore) intentando recuperar toda la muestra disuelta que pudiera quedar en sus paredes. La solución ácida obtenida se enrasa con agua bidestilada en un matraz aforado de 50 ml y se almacena en viales de plástico en frío a 4°C, para que se conserven sin intercambio de elementos con las paredes del recipiente de plástico, que es más estable que el cristal.

La solución madre así obtenida presenta una concentración de 0.5 g de ceniza en 50 ml (10 g/l) y una concentración de ácido aproximada de 1.6% de HCl.

1.5. Obtención de diluciones

A partir de los concentrados se obtuvieron soluciones diluídas para las lecturas por absorción atómica, según el elemento a analizar. Las diluciones se realizaron mediante un diluidor automático marca Milutor Programmable Liquid Processor de NICHIRYO. A las diluciones, que se guardaban también en viales de plástico, se les añade un 10% de solución modificadora de Lantano ($\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ al 5% + HNO_3 10%).

El Calcio, al ser un elemento mayoritario en hueso, requiere una dilución (D) mayor para realizar la lectura a las del Estroncio y el Zinc (tabla III.1.).

Tabla III.1. Diluciones realizadas para los elementos Ca, Sr y Zn

Ca (D=1/100)	0.2 ml de solución madre y 2 ml de solución modificadora de La en 20 ml totales. Muestra 1%, La 10%, HCl<0.02%
Sr (D=1/2)	4 ml de solución madre y 0.8 ml de solución modificadora de La en 8 ml totales. Muestra 50%, La 10%, HCl<1%
Zn (D=1/2)	4 ml de solución madre y 0.8 ml de solución modificadora de La en 8 ml totales. Muestra 50%, La 10%, HCl<1%

Las diluciones se conservan en nevera a 4°C hasta dos horas antes de su lectura.

1.6. Patrones

Las lecturas del espectrofotómetro de absorción atómica se expresan en unidades de absorbancia. La absorbancia es directamente proporcional a la concentración del elemento en la muestra analizada. La transformación entre unidades de absorbancia y concentración se realiza mediante la aplicación de curvas de regresión establecidas a partir del análisis de patrones de concentración conocida. Se prepararon patrones para los tres elementos analizados en un mismo matraz aforado de 50 ml según la tabla III.2., a partir de soluciones madre al 1% de HNO₃, de Ca de 200 ppm, Sr de 200 ppm y Zn de 20 ppm.

Tabla III.2. Composición de los patrones para la calibración del espectrómetro

Ca	Sr	Zn
2 ppm Ca (0.5 ml Ca 200 ppm)	+ 2 ppm Sr (0.5 ml Sr 200 ppm)	+ 0.2 ppm Zn (0.50 ml Sr 20 ppm)
4 ppm Ca (1.0 ml Ca 200 ppm)	+ 4 ppm Sr (1.0 ml Sr 200 ppm)	+ 0.5 ppm Zn (1.25 ml Sr 20 ppm)
8 ppm Ca (2.0 ml Ca 200 ppm)	+ 10 ppm Sr (2.5 ml Sr 200 ppm)	+ 1.0 ppm Zn (2.50 ml Sr 20 ppm)
20 ppm Ca (5.0 ml Ca 200 ppm)	+ 20 ppm Sr (5.0 ml Sr 200 ppm)	+ 1.5 ppm Zn (3.75 ml Sr 20 ppm)
40 ppm Ca (10.0 ml Ca 200 ppm)	+ 40 ppm Sr (10.0 ml Sr 200 ppm)	+ 2.0 ppm Zn (5.00 ml Sr 20 ppm)

1.7. Lectura de las muestras por Absorción Atómica

La lectura de la absorbancia de las muestra se realizó en un espectrómetro de absorción atómica marca Varian modelo AA-875.

La espectrometría de absorción atómica permite determinar las concentraciones de elementos químicos en solución a partir de la cantidad de energía luminosa absorbida al ser vaporizada la muestra en una llama irradiada por luz monocromática de longitud de onda (λ) correspondiente al nivel de resonancia del elemento analizado.

La muestra, aspirada y vaporizada al interior de una llama de aire-acetileno ($O_2-C_2H_2$), absorbe parte de la energía luminosa irradiada dentro de la llama. La diferencia entre la cantidad de energía emitida y la recibida por un detector detrás de la llama es directamente proporcional a la concentración del elemento considerado.

Las condiciones de trabajo del espectrómetro de absorción atómica utilizadas para cada elemento analizado se muestran en la tabla III.3.

Tabla III.3. *Características del Espectrómetro de Absorción Atómica para la lectura de cada elemento*

	Ca	Sr	Zn
Tipo de Llama	O ₂ -C ₂ H ₂	O ₂ -C ₂ H ₂	O ₂ -C ₂ H ₂
Composición en acetileno/aire	15/10	10/20	5/32
Caracter de la llama	reductora	oxidante	oxidante
Longitud de Onda	422.7 nm	460.7 nm	213.9 nm
Intensidad	7 mA	5 mA	5 mA
Altura del quemador	4 mm	8.5 mm	10 mm
Distancia de la base	1.1 cm	0.65 cm	0.5 cm
Slit (tamaño de la rejilla)	0.5 mm	0.5 mm	1 mm

La altura del quemador se mide desde el nivel cero situado 15 mm por debajo de la línea de entrada del haz de luz. La distancia a la base de la llama es la distancia desde el nivel de entrada del haz de luz hasta la base del quemador.

Las concentraciones de los elementos analizados se obtienen inicialmente en unidades de absorbancia. La unidad de medida es, sin embargo, en ppm (partes por millón). La transformación se realiza a partir de los patrones preparados.

En el caso del Ca las concentraciones se obtienen en unidades de absorbancia. Los patrones se pasan por el espectrómetro antes de las muestras, cada 15-20 muestras y al final, para controlar las posibles fluctuaciones de las lecturas. En cambio, las concentraciones del Sr y Zn se obtienen directamente en ppm mediante el calibrado con los patrones. El ordenador acoplado al espectrómetro rechaza coeficientes de correlación entre las concentraciones definidas para los patrones y sus absorbancias menores a

$r=0.999$. Los patrones se pasan de nuevo cada 15-20 muestras por si fuera necesario recalibrar la curva de regresión.

Si la fluctuación de los patrones de Ca no es significativa, las concentraciones de Ca en ppm se calculan mediante la curva de regresión lineal entre la media de las diferentes lecturas de los patrones y sus concentraciones, rechazándose la regresión si el coeficiente de correlación es inferior a 0.99.

1.8. Análisis de los datos de EAA

A partir de las lecturas realizadas se procede al cálculo de las concentraciones e índices para cada una de las muestras analizadas.

1.8.1. Concentraciones en $\mu\text{g/g}$ y mg/g

Las concentraciones de los elementos considerados se expresan respecto a la cantidad de ceniza analizada y en función de dilución efectuada. La transformación de ppm a $\mu\text{g/g}$ de ceniza se realizó mediante la fórmula:

$$\mu\text{g/g} = \text{ppm} * ((1/D)/(g/v))$$

donde:

- $\mu\text{g/g}$: microgramos del elemento en cuestión por gramo de ceniza
- ppm : partes por millón obtenidas con las regresiones de los patrones
- D : dilución para cada caso (Ca:0.2/20, Sr:4/8, Zn:4/8)
- g : gramos de ceniza (normalmente 0.5 g)
- v : volumen final del concentrado en ml (50 ml)

Las unidades de las ppm equivalen a $\mu\text{g/ml}$. Para cada elemento, siendo $g=0.5$ y $v=50$, la fórmula resulta:

$$\begin{aligned}\mu\text{g Ca / g ceniza} &= \text{ppm Ca} * (20/0.2)/(0.5/50) = \text{ppm} * 10000 \\ \mu\text{g Sr / g ceniza} &= \text{ppm Sr} * (8/4)/(0.5/50) = \text{ppm} * 200 \\ \mu\text{g Zn / g ceniza} &= \text{ppm Zn} * (8/4)/(0.5/50) = \text{ppm} * 200\end{aligned}$$

El Ca se expresa en mg/g por ser un elemento mayoritario en hueso:

$$\text{mg/g Ca} = \mu\text{g/g Ca} / 1000 = \text{ppm} * 10$$

1.8.2. Índices de Sr/Ca y Zn/Ca

Los índices de Sr/Ca y Zn/Ca reflejan las concentraciones de Sr y Zn obtenidas en $\mu\text{g/g}$ respecto al total de Ca en mg/g:

$$\begin{aligned} \text{Sr/Ca} &= \mu\text{g/g Sr} / \text{mg/g Ca} \\ \text{Zn/Ca} &= \mu\text{g/g Zn} / \text{mg/g Ca} \end{aligned}$$

El índice corregido de Sr/Ca(c) o índice observado (O.R.) se obtiene dividiendo los valores calculados de Sr/Ca de cada individuo de un yacimiento por el promedio considerado de los herbívoros del mismo yacimiento.

$$\text{Sr/Ca(c)} = \text{Sr/Ca (muestra)} / \text{Sr/Ca (precursor)}$$

Los datos fueron almacenados en un fichero de Lotus 123 donde se calcularon todas las fórmulas. Las variables obtenidas finalmente son:

BURIAL	HUESO	LADO	
SEXO	EDAD	MUESTRA	
ABSCA	PPMCA	PPMSR	PPMZN
MGGCA	UGGSR	UGGZN	
SRCA	ZNCA	SRCAC	

2. Patrón de estriación dentaria

El estudio del patrón de estriación dentaria se ha realizado mediante **Microscopía Electrónica de Scanning (SEM)** y **Análisis de Imagen (IBAS)**, a partir de réplicas en plástico de la cara vestibular del primer molar (M1) y segundo premolar (Pm4). Dado que son prácticamente inexistentes los estudios sobre la aplicación de estas técnicas al análisis de la estriación dentaria en nuestro país, se describe a continuación, y con cierto detalle, la técnica empleada.

2.1. Obtención de réplicas dentarias

Se obtuvieron réplicas de la dentición yugal media (Pm4 y M1) de la mayoría de los individuos adultos de la población de La Olmeda y de otras series en los que dichos dientes estaban presentes. El material utilizado para la obtención de la réplica fue **Triafol (Balzers Union BU 008 002 T)**. Es un polímero plástico de color azulado, sólido a temperatura ambiente, que se presenta en forma de cinta de 5 cm de ancho y se distribuye en rollos de 10 m, con una cara brillante y otra mate.

En primer lugar, se prepara una solución del Triafol de 50 g/l (2 g en 50 ml) en cloroformo (Cl_3CH , p.m. 119.38) estabilizado con etanol (**Montplet & Esteban S.A.**). Esta concentración resulta la más apropiada, habiéndose probado soluciones desde 30 g/l hasta 70 g/l. La solución se mantiene en una botella de 50 ml hermética, preferiblemente coloreada para evitar la luz, con cierre de plástico resistente a disolventes orgánicos y con un pincel de cerdas finas en su interior para utilizarlo como aplicador. La solución se renueva periódicamente para mantener la concentración óptima.

A continuación se recortan pequeñas láminas poligonales de Triafol que servirán como soporte de la réplica propiamente dicha, en forma de pequeños rectángulos de 5 mm de base y aproximadamente 15 mm de altura el lado mayor y 10 mm el menor (figura III.2.). A cada lámina así definida la denominaremos **flecha** ya que, al no ser rectangular, presenta un extremo con

un ángulo agudo que define una **dirección**. Se define como **lado positivo** la cara de la flecha donde se realizará la réplica, que será la **cara mate** (aconsejada por el fabricante). Por extensión, la flecha consta de una **base** y una **punta** que marca el sentido, de forma que situando la punta de la flecha hacia arriba y en el lado derecho del poliedro, tendremos el lado positivo a la vista.

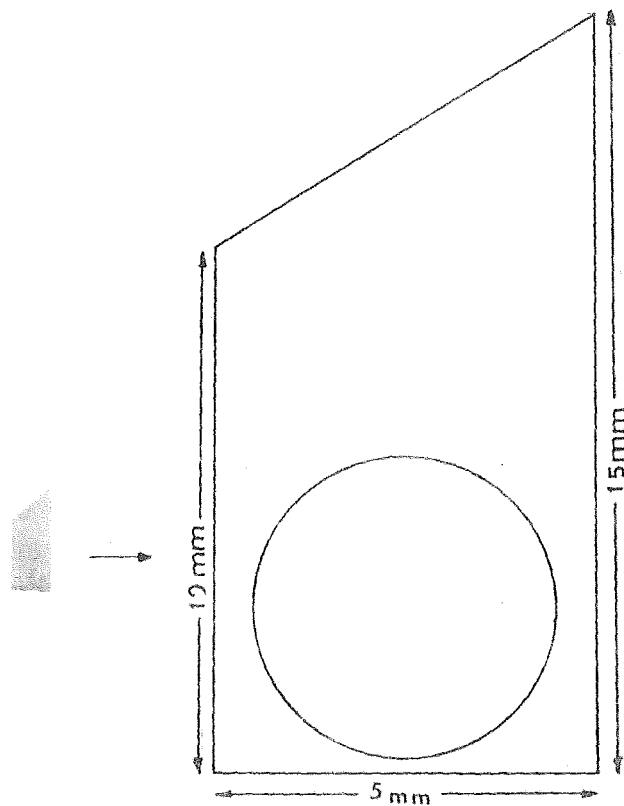


Figura III.2. Esquema de la flecha de Triafol sobre la cual se obtiene la réplica dentaria

Para obtener la réplica se sujeta la flecha con unas pinzas por la punta y se depositan con el pincel unas gotas de la solución de triafol sobre el lado positivo y en la zona próxima a la base. A continuación se hace girar la flecha hasta que el lado positivo quede hacia abajo y caiga el exceso de solución aplicada. Inmediatamente se deposita sobre la superficie que se desea replicar sin hacer presión alguna.

La zona seleccionada del diente para realizar la réplica responde a dos criterios básicos: 1) en el primer molar (M1) se obtiene la réplica de la mitad proximal del diente encarada hacia el Pm4. En el segundo premolar (Pm4) la réplica, aunque ocupa prácticamente la totalidad de la superficie, se sitúa preferentemente en la zona más distal encarada hacia M1; 2) la réplica se sitúa entre la cara oclusal y la línea amelocementaria en la zona media de la corona dentaria en la cara vestibular, abarcando aproximadamente los 3/6 centrales definidos por PUECH *et al.* (1980).

Las réplicas, una vez aplicadas sobre la superficie del diente, y antes de que se sequen, se orientan, con ayuda de las pinzas, de forma que la punta de la flecha presente siempre una dirección perpendicular a la línea amelocementaria y un sentido hacia la cara oclusal del diente. Así, la punta de la flecha define una dirección aproximadamente perpendicular al plano oclusal.

Todas las réplicas se obtienen de dientes en posición anatómicamente correcta, donde la orientación de la flecha sea fácil de determinar, para evitar analizar dientes cuya posición anómala pudiera afectar al patrón de estriación dentaria.

De cada diente se obtuvieron dos réplicas iniciales que sirven para limpiar el depósito que pueda haber sobre la superficie del esmalte. Si la superficie está suficientemente limpia, la tercera réplica se considera definitiva y se reserva.

Una vez colocadas, las réplicas se dejan secar sobre el diente durante 10-15 minutos, excepto la definitiva que se mantiene en posición sobre el diente unos 20-30 minutos antes de extraerla y guardarla en una bolsa de plástico con cierre hermético, debidamente siglada.

Cada bolsa se etiquetó con el número identificador del individuo al que pertenece, seguido de un indicador de tres dígitos (abc) que define el diente, el lado y el maxilar de la forma siguiente:

a) indicador de maxilar	b) indicador del lado	c) indicador del diente
0: mandíbula	0: izquierdo	0: M1
1: maxila	1: derecho	1: Pm4

Una vez obtenida la réplica, se preparó para su análisis con el microscopio de scanning.

2.2. Preparación de las réplicas para Microscopía

La preparación consiste básicamente en un recubrimiento metálico de las réplicas.

Se sitúan las réplicas en grupos de 15 sobre un disco de latón de 7 cm de diámetro fijadas a él con una solución coloidal de plata en metil-isobutil cetona, con las flechas situadas en la periferia del disco y apuntando hacia su centro. La plata coloidal se dispone de forma que toque el lado positivo de la flecha y sirva de puente entre el disco y el recubrimiento metálico.

Los discos obtenidos se metalizan colocándolos en un diodo de "Sputtering" marca Polaron modelo E-5000, recubriéndose con una capa de oro puro de 400 Å de espesor. Una vez metalizadas, las réplicas están preparadas para el microscopio electrónico.

2.3. Microscopía Electrónica

Se obtuvo una fotografía de cada réplica con el Microscopio Electrónico de Scanning marca JEOL LTD. modelo JSM 840. En la réplica se seleccionó una zona apropiada donde no se observara ningún defecto y donde la densidad de las estrías fuera máxima.

2.3.1. Condiciones de operación

La técnica de microscopía de escaning se basa en el análisis de los electrones reflejados por la muestra estudiada al ser barrida por un haz de alta energía. Hay dos tipos de electrones reflejados, los cuales se distinguen por su energía: los electrones primarios o **retrodispersados** (*backscattered*) son reflejados con una energía prácticamente igual a la energía incidente y los electrones secundarios, muy mermados en energía después de colisionar con la muestra. Los electrones secundarios pueden no ser capaces de escapar de la muestra o regresar a ella describiendo trayectorias no rectilíneas. La acumulación de electrones secundarios sobre la muestra determina la acumulación de una carga electrostática que puede afectar a los electrones primarios.

La intensidad de los electrones retrodispersados depende básicamente de dos factores: 1) **Número Atómico** de los elementos que constituyen la muestra y 2) **ángulo de inclinación** de la superficie de la muestra donde inciden los electrones. Atendiendo al **Número Atómico (Z)**, la intensidad de reflexión de los electrones es tanto mayor cuanto más alto es el peso atómico del elemento con el que colisiona. La curva se estabiliza a partir de valores de Z entre 60 y 80. En cuanto a la inclinación, la dirección hacia la que la intensidad de los electrones retrodispersados es máxima coincide generalmente con la dirección hacia la que se reflejaría un haz de luz incidente sobre un espejo. Por tanto, la intensidad de reflexión es máxima hacia arriba en superficies dispuestas horizontalmente y disminuye la intensidad en esa misma dirección a medida que se inclina la superficie de incidencia de los electrones.

Los electrones retrodispersados tienen, pues, dos componentes que determinan la formación de la imagen: uno determinado por los números atómicos de los elementos que componen la muestra en el área irradiada por los electrones (componente de **composición**), y otro definido por la inclinación de la superficie irradiada (componente **topográfico**).

En microscopía de scanning las imágenes que se pueden obtener dependen de los electrones que se consideren. Podemos distinguir tres tipos de imágenes principales: 1) **Imagen Secundaria (SEI)**, 2) **Imagen de Composición (COMPO)** y 3) **Imagen Topográfica (TOPO)**.

2.3.1.1. Imagen Secundaria (SEI)

La imagen secundaria (SEI) está formada por los electrones secundarios de baja energía captados por un detector lateral polarizado, situado a 90° de la muestra, aproximadamente. Los electrones que por su baja energía regresarían a la muestra son atraídos por el polarizador.

La imagen se forma por electrones de baja intensidad rebotados en cualquier dirección, detectándose principalmente la irregularidad de la muestra, no sólo en cuanto a relieve, sino también composición, pulido, textura, etc.

Es una imagen apropiada para superficies con un contraste acusado del relieve. Presenta el inconveniente de que, al estar el detector situado lateralmente, hay una tendencia a que los electrones situados en ese lado sean captados con mayor facilidad que los del otro lado, más lejanos. Ello produce diferencias de iluminación del campo visual.

En la foto III.1. se muestra una imagen SEI obtenida a partir de los electrones secundarios de baja energía. En ella se observa que la topografía no es el factor determinante. Las zonas más brillantes, más que a acumulaciones de elementos de elevado peso molecular (dado que el paquete de la muestra está formado, de abajo a arriba, por el disco de latón, la plata coloidal, el polímero orgánico y el oro del recubrimiento, dispuestos de forma homogénea), corresponderían a zonas de relieve, pulido o textura diversa, o a impurezas del diente que hayan quedado adheridas a la réplica. Las estrías son, en su mayoría, visibles con la imagen SEI.

Otro tipo de imagen que se puede obtener utilizando el mismo detector lateral de la imagen SEI consiste en desactivar el polarizador. En este caso, se detectarán electrones retrodispersados de alta energía que sean reflejados 90° hacia el detector. La imagen obtenida presentará un relieve excesivamente marcado. Se trata de una imagen conocida como de *puesta de sol*, característica de la microscopía de escaning. Tiene el inconveniente de que algunas zonas del relieve pueden quedar ocultas por efecto del sombreado intenso de la imagen. Además, las proporciones de los objetos quedan distorsionadas. Es apropiada cuando el relieve es poco acusado.

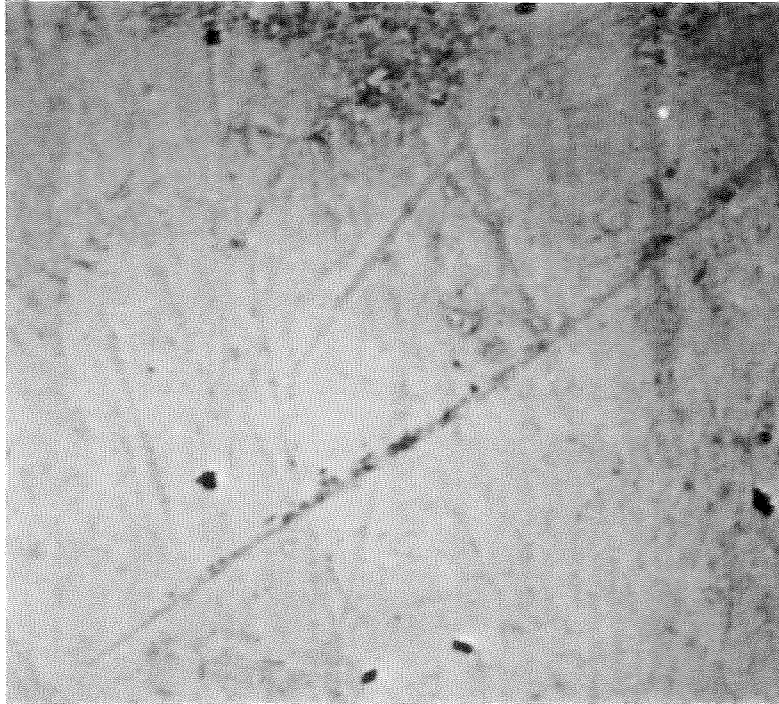


Foto III.1. Imagen SEI obtenida a partir de electrones secundarios captados por un detector lateral polarizado mediante microscopía de escaning

2.1.3.2. Imagen Primaria

La imagen primaria se forma mediante el análisis de los electrones retrodispersados captados por dos detectores situados simétricamente respecto al eje del haz electrónico. Se trata de una unión denominada PNJ en el caso del microscopio JEOL utilizado, formada por dos detectores semi-anulares

entre los que pasa el haz de electrones. Se define como **distancia de trabajo (WD)** a la distancia en mm desde el detector PNJ a la muestra. Cuanto menor sea esta distancia, mayor será el ángulo de reflexión de electrones retrodispersados captados por el detector. La distancia mínima posible en el JEOL es de 8 mm.

De los dos componentes citados en la formación de la imagen primaria, en el de composición o **contraste Z**, ambos detectores de la unión PNJ se comportan de la misma forma que en la imagen secundaria. La señal de salida formada por los detectores es tanto mayor cuanto mayor el número atómico (**Z**). En cuanto al componente topográfico, la inclinación de la superficie de la muestra hacia un lado determina que en el detector del mismo lado se amplifique la señal al recibir electrones retrodispersados de mayor intensidad, mientras que en el del lado contrario se reducirá en la misma proporción.

La combinación de las imágenes captadas por ambos detectores determinará la formación de dos tipos de imagen distintas.

Imagen de Composición (COMPO)

Si las señales de salida de los dos receptores de la unión PNJ se **suman**, los efectos de aumento de la señal en un receptor y disminución en el otro, debidos a la inclinación, se anulan mutuamente y la señal resultante será nula. De esta forma, se consigue enfatizar el contraste **Z**.

La imagen COMPO se caracteriza por estar determinada principalmente por la composición elemental de la muestra analizada. Los elementos de elevado número atómico se manifiestan como superficies brillantes. La gradación de grises está determinada por la composición de la muestra. En el caso que nos ocupa, las réplicas dentarias están formadas por el material plástico del triafol recubierto por la aleación de oro (Au) del recubrimiento metálico. La imagen COMPO dependerá de dos factores principales: 1) la **homogeneidad** en la distribución elemental tanto del Triafol como del recubrimiento metálico y 2) la **uniformidad** del recubrimiento metálico en todos los puntos de la réplica, incluyendo depresiones y crestas.

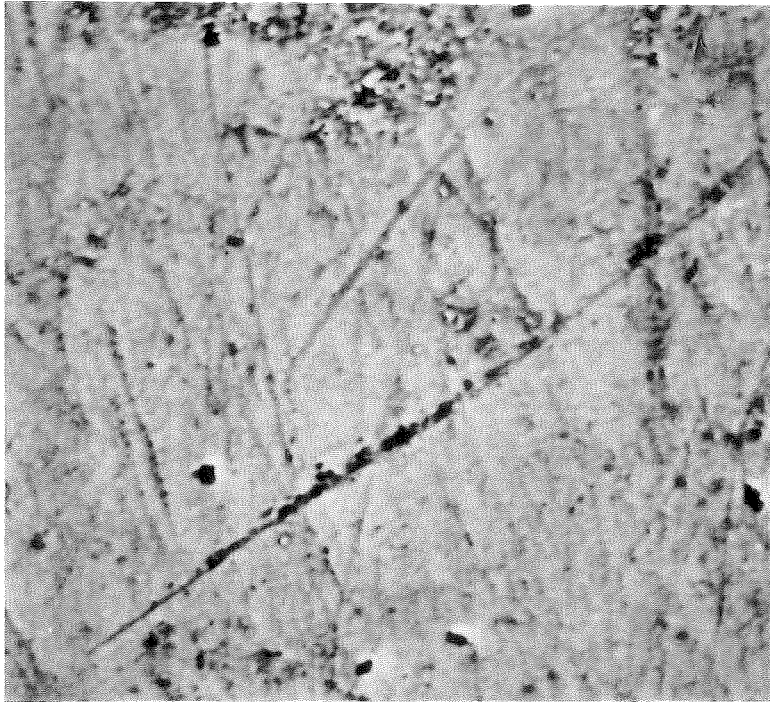


Foto III.2. Imagen COMPO obtenida a partir de electrones retrodispersados captados por los detectores de la unión PNJ mediante microscopía de escaning

Imagen Topográfica (TOPO)

Si, por el contrario, las señales de ambos receptores se **restan**, al actuar ambos detectores de forma idéntica respecto al componente de composición, el contraste Z se anulará, mientras que el efecto topográfico se verá realzado.



Foto III.3. Imagen TOPO obtenida a partir de electrones retrodispersados captados por los detectores de la unión PNJ mediante microscopía de escaning

La imagen topográfica se caracteriza por depender básicamente del relieve de la superficie analizada. Es una imagen apropiada para superficies no exageradamente ricas en relieve ya que potencia de forma considerable las pequeñas diferencias que puedan existir.

2.3.2. Obtención de fotografías

Todas las fotografías se han obtenido a cien aumentos (100X) utilizando el sistema topográfico (TOPO), que se considera el más apropiado para el estudio de la estriación dentaria. El objetivo que se plantea es contrastar al máximo las estrías dentarias observables en la réplica de la superficie del diente a fin de detectar el relieve prescindiendo al máximo de cualquier otro efecto. Sin embargo, la imagen TOPO puede presentar otros inconvenientes, como veremos más adelante.

La flecha se orienta en el microscopio de forma que se disponga en dirección vertical en relación a los márgenes de la pantalla de visualización.

La réplica de Triafol constituye el *negativo* de la superficie dentaria, donde las estrías, que son hendiduras en el esmalte, se manifiestan como crestas en la réplica. El negativo fotográfico puede considerarse como el equivalente a la superficie dentaria, mientras que los positivos en papel son negativos de la superficie del diente.

El carrete fotográfico utilizado ha sido KODAK Tri-X y TMY Pan 120 de 400 Asa con 10 negativos por carrete. El revelado ha sido realizado en el propio servicio de microscopía. Los negativos se conservan en fundas, numerados con su identificador completo.

2.4. Análisis de imagen (IBAS)

El análisis de imagen se ha realizado sobre el negativo de cada fotografía con un equipo IBAS (Interactive Image Analysis System) dotado de una unidad IBAS 1 de evaluación semiautomática (*Semiautomatic Evaluation Unit*) y de una unidad IBAS 2 de procesamiento de imágenes digitalizadas y vectores (*Image Memory Array Processor*).

Se coloca el negativo sobre una superficie blanca translúcida iluminada por debajo de forma homogénea. Por encima se sitúa una cámara de video, montada sobre un macrostático, con un objetivo de aproximación de luminosidad 1:4 y de 23-50 mm.

El negativo fotográfico se orienta de forma que el borde horizontal (el lado más largo en la base del negativo) coincida con el eje X del recuadro definido por la pantalla del analizador de imagen. Se intenta abarcar así un área máxima dentro del negativo, excluyendo el identificador y la escala que quedan sobreimpresionados sobre el negativo al realizar la fotografía.

La orientación de la muestra a analizar incide en el error de medición a tres niveles: 1) orientación de la réplica sobre el diente, 2) orientación de la réplica metalizada en el microscopio y 3) orientación del negativo fotográfico bajo la cámara del analizador de imagen. Es probable que, si el error cometido al orientar en cada paso sucesivo no es de tipo sistemático, los errores aleatorios acumulados se compensen, al menos en parte.

Se ha utilizado un programa semiautomatizado (tabla III.4.) en el sistema del IBAS confeccionado a tal efecto, capaz de realizar el procesado de todas las fotografías bajo unas condiciones estandarizadas de trabajo.

Un programa completamente automático sería más adecuado. Sin embargo, se descartó su utilización debido a tres problemas que presenta un programa de estas características: imposibilidad de discriminación de 1) estructuras entrecruzadas y 2) objetos lineales entrecortados y dificultad de 3) reconocimiento de objetos (discriminación entre estrías, depresiones, líneas de crecimiento, hipoplasia, incisiones, etc).

Sin embargo, se están realizando estudios automatizados de las superficies dentarias (WALKER, 1990), bajo la suposición de que el patrón obtenido, aunque no se ajuste a las estriaciones reales presentes, esté influenciado por la dieta y la mecánica masticatoria.

Tabla III.4. *Programa de Analizador de Imagen IBAS para el procesamiento de las fotografías de Escaning*

TVON	Puesta en marcha de la cámara de video.
TVIN	Captación de la imagen fotográfica.
SCALE	Calibrado de la escala.
LOWPAS	Caracterización de la iluminación.
SHDEF	Definición del sombreado diferencial.
SHADE	Compensación del efecto de sombreado.
NORMGR	Ampliación de los niveles de gris.
ID.NO	Identificación de la muestra analizada.
DMAX	Definición del parámetro longitud del diámetro máximo.
ANGDM	Definición del parámetro ángulo de orientación.
MESINT	Entrada de objetos y evaluación de parámetros.
OUTSGL	Grabación e impresión de resultados.
RESET	Reinicialización del sistema.
PAUSE	Pausa y reinicio del programa.

El programa definido en el analizador realiza, pues, tres tipos de funciones básicas: 1) **captación** de la imagen, 2) **contrastado** y realce y 3) **cuantificación** de parámetros.

2.4.1. Captación (foto III.4.)

El proceso de captación de la imagen consta de tres pasos:

TVON: Puesta en marcha de la cámara de video. Orientación del negativo, enfoque y definición de la abertura del diafragma.

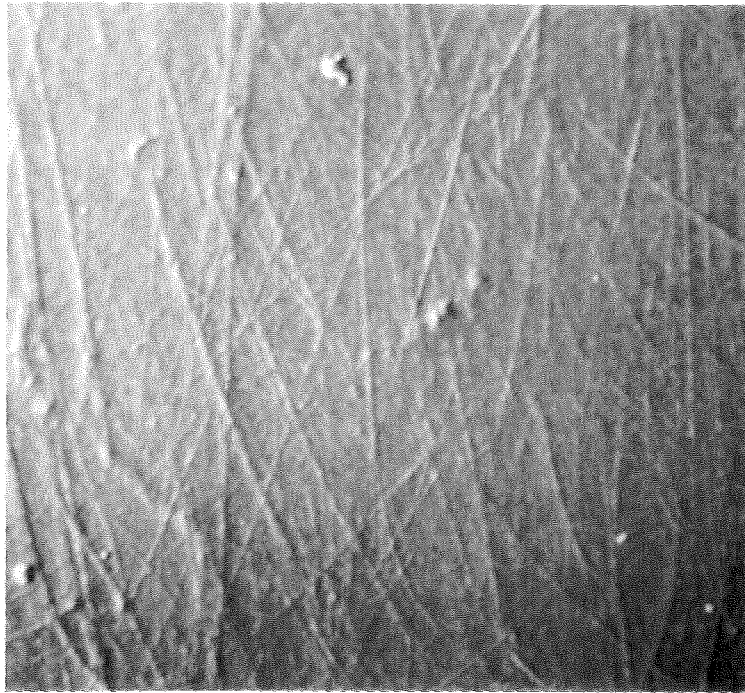


Foto III.4. Imagen captada por el analizador IBAS a partir del negativo

TVIN: Captación de la imagen por la cámara de video y digitalización de la información.

SCALE: Calibrado de la escala para obtener mediciones reales de los parámetros definidos. Se realiza a partir de la línea de escala presente en los negativos de las fotografías obtenidas, marcando el principio y el final de la misma y definiendo su longitud, que en este caso siempre ha sido de 100 μm .