

APORTACIONES DEL ANÁLISIS DE FITOLITOS, ALMIDONES Y OTROS REFERENTES MICROSCÓPICOS AL ESTUDIO DE LA PREHISTORIA Y ARQUEOLOGÍA DE LAS ISLAS CANARIAS: RESULTADOS PRELIMINARES

José A. Afonso Vargas*

RESUMEN

Nuestro propósito es dar a conocer una serie de trabajos iniciados con el fin de valorar la aplicación de los análisis de fitolitos, y otros microrreferentes vegetales, a los contextos prehistóricos y arqueológicos de las Islas Canarias. Buscamos con ello dotarnos de una herramienta de trabajo que, desde el potencial botánico de las Islas, llegue a permitirnos comprender la utilización que sus poblaciones hicieron del medio, cuáles eran las características de sus relaciones con éste y cómo se articularon los mecanismos socioeconómicos derivados de ello. La vía experimental para conseguirlo ha pasado por analizar la flora de la isla de Tenerife, conocer qué tipo de información microscópica puede ofrecer para utilizarla a nivel arqueobotánico y paleoambiental. Para ello se han puesto en marcha aquellas metodologías que permitieran la extracción e identificación de fitolitos, almidones y microalgas desde suelos, sedimentos, residuos y restos humanos del pasado insular.

PALABRAS CLAVE: fitolitos, oxalatos, microrreferentes vegetales, arqueobotánica, colección de referencia, microalgas, almidones, prehistoria de Canarias, paleobotánica, sílice amorfo, alimentación.

ABSTRACT

Our purpose is to make known some studies that try to value the application of the phytoliths analysis and other vegetables microreferents, to Canary Islands prehistoric and archaeological context. We try to get a procedure that allow us to understand how did the settlers of Canary Islands use the environment, the features of their relation with it and the socioeconomic consequences derived from that relation. The experimental studies have included the analysis of the Tenerife island's flora to know what kind of microscopic information can it provide for its use in archaeobotanic and paleoenvironment field. For these analyses we have used procedures that allow the extraction and identification of phytoliths, starches, and microalgas extracted from soils, sediments and human remains of the islands past.

KEY WORDS: phytoliths, oxalates, vegetables microreferents, archaeobotany, Reference Collection, microalgas, starches, Prehistory of Canary Islands, paleobotany, amorphous silica, diet.

INTRODUCCIÓN: OBJETIVOS Y ANTECEDENTES

El objetivo de este trabajo es ofrecer algunos aspectos sobre la aplicación práctica de los estudios analíticos basados en la extracción y reconocimiento de fitolitos y almidones, si bien los primeros han sido la base teórico-práctica de actuación. Junto a éstos hemos creído oportuno introducir las posibilidades de estudio que presentan algunos tipos de microalgas como diatomeas y crisofíceas por su capacidad de generar datos complementarios a la lectura de los primeros. Y de todo ello la experiencia con el instrumental microscópico abre la puerta a la arqueología desde nuevas perspectivas de investigación.

Con ello pretendemos obtener toda la información disponible en los materiales arqueológicos sujetos a examen, que pueden ser desde sedimentos, residuos contenidos en distintas industrias hasta restos humanos o animales. Con los datos obtenidos es posible acercarse fehacientemente a la estructura economicosocial de los grupos humanos del pasado. Esto se lograría caracterizando los patrones de consumo de determinados productos vegetales enmarcados en sus actividades cotidianas (J. Juan-Tresserras, 2000). Basándonos en la experiencia aportada desde distintos ámbitos de actuación, a nivel nacional e internacional, nos hemos propuesto desarrollar una herramienta de análisis que permitiera estudiar todos aquellos aspectos relacionados con el uso de los recursos vegetales por parte de las comunidades prehistóricas de las Islas Canarias.

Con este tipo de análisis podemos abordar numerosos apartados de investigación pero sobre todo aquellos derivados de dos grandes temas: la historia natural de un lugar o bien las complejas relaciones establecidas entre el medio ambiente y las poblaciones humanas que lo han habitado y explotado. De todo ello queda constancia a nivel microscópico en suelos, sedimentos, industrias de variado tipo y algunas zonas de los restos humanos.

El vehículo que debe llevarnos a realizar preguntas complejas sobre estos temas son partículas microscópicas de origen vegetal que llegan a esos contextos una vez la planta muere o es consumida. Los estudios basados en fitolitos y almidones comienzan por analizar estas partículas hasta llegar a realizar inferencias sobre procesos o secuencias históricas sujetas a examen, siempre desde la perspectiva social propia de disciplinas como la Prehistoria y la Arqueología.

De esta forma pueden abordarse todos los temas relacionados con el pasado humano donde estén implicados los recursos vegetales, siendo especialmente importante la reconstrucción de las pautas alimenticias. No obstante, aspectos como el papel del fuego o la a veces desconocida industria vegetal, entre otros, pueden ser abordados desde prácticas analíticas como las que se intentan definir en este trabajo.

* Alumno de Tercer Ciclo del Dpto. de Prehistoria, Antropología e Historia Antigua en colaboración con el Departamento de Edafología y Geología de la Universidad de La Laguna.





La posibilidad de aplicación de estas metodologías, en distintos contextos arqueológicos de las Islas Canarias, suponía poner en marcha todos aquellos aspectos metodológicos que nos permitieran obtener resultados reales. Si esto se producía podríamos disponer de una herramienta de estudio complementaria al resto de técnicas analíticas utilizadas en una investigación arqueológica de tipo interdisciplinar. Los planteamientos que esbozamos en este trabajo abordan algunos aspectos teóricos, una imagen de nuestra propuesta de investigación así como una somera descripción de los resultados obtenidos en el transcurso del primer año de trabajos relacionados con el tema¹.

Los primeros microrreferentes que deben permitirnos estos objetivos son los fitolitos, cuerpos microscópicos con distintas composiciones químicas (sílice y oxalatos) y generados principalmente por las plantas Fanerógamas, aunque también se los encuentra en algunas Criptógamas. Las monocotiledóneas tienden a producir más sílice que las dicotiledóneas, siendo las gramíneas la familia que más silicofitolitos produce. Por ello han acaparado la mayor parte de las investigaciones (J. Juan-Tresserras, 1997).

Los silicofitolitos se forman a nivel intra y extracelular como derivación del propio metabolismo vegetal así como de la relación con el medio que ocupa. Por el contrario, los fitolitos de oxalato cálcico, o solamente *oxalatos*, se producen siempre a nivel intracelular. Derivado de su distinta composición y génesis distinguimos entre éstos dos grandes grupos que denominamos silicofitolitos y oxalatos.

En el primer caso su composición química es el sílice amorfo hidratado y por ello son los mejor conservados en contextos edáficos, geológicos y arqueológicos. Se constituyen a partir de la sílice vehiculada por la savia bruta, a través de los vasos, en forma de ácido monosilícico presente en la solución del suelo. El origen de éste habría que buscarlo en la alteración de los silicatos primarios o en la disolución de la roca madre. Por ello el estudio de los sustratos de origen tiene mucho que explicar sobre la producción de silicofitolitos. Este ácido es absorbido desde la solución edáfica por el sistema radicular de la planta y transportado, junto con otras sustancias minerales, hacia las distintas partes de aquélla (Juan-Tresserras, 1997). Por un proceso de desecación progresiva, ligado a la transpiración de la planta, el agua escapa en parte a la atmósfera mientras que la sílice soluble polimeriza en los tejidos vegetales bajo el estado de gel. Posteriormente adquiere la forma de ópalo o sílice amorfo hidratado, que constituye los silicofitolitos. La variedad de formas que encontramos en estos microcuerpos (no superan la mayoría de las veces 50 micras) está directamente relacionada con los tejidos vegetales donde se ha depositado adquiriendo la forma de ese espacio intracelular, hablamos así de morfotipos como

¹ El inicio de éstos se sitúa en otoño de 2001 con nuestra primera entrevista a J. Juan-Tresserras (Universidad y Museo Arqueológico de Barcelona) para evaluar las posibilidades de formación en el análisis de fitolitos y almidones. Gracias al asesoramiento de este investigador, en 2002 pudimos comenzar los trabajos prácticos relacionados con la observación e identificación de fitolitos en suelos y sedimentos de Tenerife.

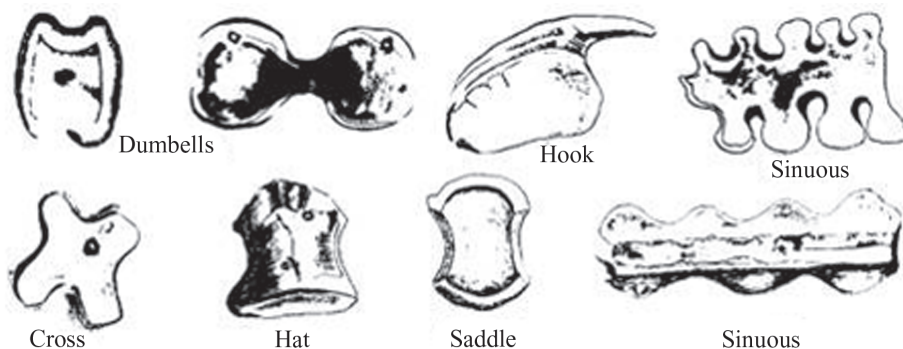


Figura 1. Formas más representativas de silicofitolitos en gramíneas y algunas denominaciones elementales. Sg. Collins, 1979.

mancuernas (dumbbells) o sinuosos (sinuous). En otros casos el depósito se produce a nivel extracelular y está en relación con las particularidades propias de tejidos externos de la planta, caso de los apéndices epidérmicos, pelos o también denominados *hooks*.

Como podrá suponerse esta heterogeneidad morfológica o *multiplicidad*, junto con la *redundancia* entre especies vegetales, constituye el principal problema para llevar a cabo una clasificación de fitolitos, algo ya planteado por Rovner (1971).

Las primeras investigaciones fitolíticas tienen que ver con la botánica y la geología. Si bien las primeras observaciones de células silíceas en gramíneas y equisetáceas parece que se producen a principios del siglo XIX, será a mediados de siglo cuando contemos con obras que hacen referencia expresa a las partículas de sílice en plantas (Struve, 1835). Pero será Ehremberg (1848) quien detecte su presencia en distintos contextos, acuñando el término *Phytollitaria* y proporcionando el primer sistema clasificatorio.

Hasta llegar a la época actual, se pueden distinguir varias etapas que han permitido, desde puntos de vista exploratorios, botánicos, ecológicos y arqueológicos, observar un proceso de diversificación de estos estudios a escala mundial. Antes de la publicación clásica de Twiss, Suess & Smith (1969), se producen algunos intentos de determinar tipos morfológicos centrados en la caracterización de las gramíneas, familia que como hemos dicho encabeza la producción de silicofitolitos. Será a principios de los años setenta cuando I. Rovner (1971) aborde sus posibilidades a nivel paleoambiental, desde entonces hasta la actualidad se han producido notable avances en cuanto a obras de referencia tanto de carácter internacional como nacional. En nuestro caso seguimos los trabajos de A. Pinilla² (CCMA, CSIC,

² A quien agradecemos el haber compartido con nosotros su trabajo y experiencia científica.

Madrid, 1997, 2000), R. Albert (1999, 2002), J. Juan-Tresserras (1996, 1997, 2000), L. Scott-Cummings (1992, 1995) y D. Piperno (1988) entre otros. En su conjunción nos han aportado el punto de partida teórico-práctico desde la ecología, el estudio paleoambiental, la arqueobotánica, la micromorfología, y otros aspectos, para iniciarnos en el estudio de los fitolitos.

Con respecto a los *oxalatos* su estudio es diferente al tipo anterior, algo que deriva de una génesis también distinta. Ésta parece estar relacionada con el metabolismo de los carbohidratos y la foto-respiración de las plantas (Franceschi & Horner, 1980). Los cristales de oxalato cálcico se degradan rápidamente en el suelo, su conservación se relaciona entonces con la transformación en calcita tras la combustión o su preservación por sellado en residuos bacterianos (Juan-Tresserras, 1997). También puede combinarse con los elementos químicos presentes en el suelo produciendo una variación de minerales fosfatados (Albert, R. 2002). Si bien su abanico de posibilidades puede ser restringido en este campo de estudio, deben ser tenidos en cuenta porque su presencia en las plantas es más frecuente que el caso de los silicofitolitos (A. Pinilla, comunicación personal). Durante la puesta en marcha de la primera fase de nuestro proyecto hemos podido constatar plenamente esta afirmación, así hemos identificado las morfologías cristalinas habitualmente descritas para este tipo de elementos como drusas, paquetes de rafidios y prismas entre otras (J. Juan-Tresserras, 1997).

Por su parte el estudio de los gránulos de almidón también puede funcionar como elemento de identificación taxonómica aunque sus posibilidades de permanencia en los sedimentos se vean limitadas por su propia composición química. Los procesos con actividad ácida u oxidante provocan una rápida degradación de los gránulos, por ello su permanencia en suelos y sedimentos está condicionada a las características de éstos. No obstante, allí donde se conservan, la variabilidad morfológica de los almidones permite definir criterios diferenciales para el estudio de las pautas alimenticias humanas, siendo especialmente importantes en la identificación y determinación de la presencia de tubérculos, raíces, frutos y semillas de origen vegetal.

Decidimos asumir el estudio de las microalgas porque suponen un referente ambiental de excepción, presente en casi todos los contextos analizados de forma experimental. Dado que existe una variedad enorme de éstas, los grupos a los que hemos dado cabida en nuestro trabajo son los formados por las diatomeas y las crisofíceas. En el primer caso se trata de plantas unicelulares microscópicas que tienen la particularidad de desarrollar un esqueleto o caparazón silíceo, el *frúsculo*, constituido por dos valvas que encajan una en la otra a modo de caja. La concentración de sílice de las frústulas puede superar perfectamente el 50% del peso del alga e incluso alcanzar el 95%, dependiendo de las condiciones del medio circundante. (Patrick, 1977)

Actualmente el grupo de las diatomeas comprende más de 12.000 especies y su estudio fósil se inicia también en la segunda mitad del siglo XIX. Como podrá observarse, esa diversidad limita su uso a los verdaderos especialistas en la materia, biólogos en su mayoría. En nuestro caso se trata de integrarlas en el resto de las lecturas paleoambientales utilizándolas también como referente bioarqueológico



de actividades antrópicas. Para Renfrew & Bahn (1993), la presencia de una determinada especie indica, de forma directa, la composición de la flora y la productividad de las comunidades de algas acuáticas e indirectamente ofrece aspectos relacionados con los índices de salinidad, alcalinidad, nutrientes o aquellos derivados de la calidad del medio acuático o húmedo donde se desarrollan. Con ambos datos podemos hacernos una idea completa de cuál era el entorno inmediato en diferentes épocas. Sin embargo, creemos que su presencia o ausencia puede ser interpretada como un claro referente bioarqueológico en aquellos materiales donde se produzcan muestreos para llevar a cabo el resto de las lecturas analíticas.

Otros referentes de este tipo son las crisofíceas, grupo de algas con cerca de 1.000 especies conocidas donde son más numerosas las de agua dulce (Duff, Zebb & Smol, 1995). Una de sus formas de propagación es bajo la apariencia de quistes o estomatocistos, con formas cilíndricas pero distintas ornamentaciones y algunos rasgos característicos como la presencia de un poro que facilita su identificación. Como las diatomeas, estas algas poseen capacidad para sintetizar sílice amorfo, compuesto que está presente en la membrana de los quistes. Por ello pueden preservarse en distintos contextos sedimentarios y ser utilizados como marcadores de cambios ambientales pero también como referentes arqueobotánicos, ya que su presencia siempre responde a unas condiciones de desarrollo restringidas. Como se verá, contamos con el primer ejemplo de su identificación en contextos arqueológicos canarios (El Tendal, fig. 9).

MATERIALES Y MÉTODOS

Hemos creído oportuno apostar por la puesta en marcha de una metodología ecléctica, basada en las aportaciones científicas de varios investigadores. Obviamente nuestro punto de partida teórico es, por el momento, de similares características³. De esta conjunción creímos que podía salir una propuesta de análisis que tuviera en cuenta, de forma directa y completa, el medio natural canario así como su participación en las pautas sociales, económicas y culturales de las poblaciones prehistóricas de las Islas⁴. Desde nuestro punto de vista las dos principales ramas de investigación fitolítica, la paleoambiental y la arqueobotánica, podían ser utilizadas en Canarias si conseguíamos llevar a la práctica un esquema metodológico similar al empleado en otros contextos geográficos.

³ El interés por la interrelación comunidad-medio así como las lecturas sociales derivadas de ésta han sido una premisa inicial para poner en marcha al menos la primera parte de nuestra investigación.

⁴ Para el caso de la Prehistoria de la isla de El Hierro también se ha propuesto utilizar el análisis de silicofitolitos, con objetivos similares, por parte de M. Machín Álamo y M.J. Melián Aguilar, 2001.



Derivado de ello, el estudio de la flora del Archipiélago era una premisa fundamental, de cumplimiento prioritario e inmediato. Y junto a ella el de todas aquellas plantas que pudieran haber estado presentes en el pasado de las Islas. El estudio a nivel microscópico incluía todos los referentes botánicos que habitualmente se utilizaban en reconstrucciones paleoambientales y arqueobotánicas. Así asumimos, primeramente, las posibilidades derivadas del estudio del polen y la formación en una disciplina como la palinología ya que, en la actualidad, existen trabajos conjuntos con la fitolitología que ofrecen interesantes lecturas bioarqueológicas y paleobotánicas. Por ello, y conociendo algunos intentos de puesta en marcha de trabajos paleopalinológicos en la Universidad de La Laguna, comprobamos que las metodologías utilizadas por esta disciplina son similares, en algunos aspectos, a las llevadas a cabo con los fitolitos (Erdtman, 1969). Las tareas de laboratorio con especialistas palinólogos de flora actual⁵ nos permitieron afrontar los trabajos encaminados a la extracción e identificación microscópica del resto de microrreferentes de nuestra investigación. Igualmente fueron una referencia inicial los trabajos desarrollados en el campo de la antracología (Machado, 1994), así como aquellos relacionados con la explotación de los recursos vegetales por parte de las poblaciones aborígenes tinerfeñas (Del Arco *et al.*, 2000).

Los materiales involucrados en nuestro estudio estaban encabezados por aquellas especies vegetales que presumiblemente se encontraban dentro de los patrones de aprovechamiento aborígen. La consulta de las obras de referencia señaladas pasaban igualmente por estudiar las fuentes etnohistóricas, recurso habitual en Canarias a la hora de evaluar la economía aborígen, sobre todo de aquella relacionada con la rica flora de las Islas. Tampoco hemos descartado estas fuentes ya que suponen, en nuestro caso, un excepcional medio de aproximación, valoración y contrastación directa con nuestros propios resultados analíticos. Sin embargo, son éstos los que han primado, en esta fase inicial de los trabajos, porque directamente deben permitirnos un conocimiento preciso de las potencialidades vegetales canarias desde sus microrreferentes vegetales. Estamos de acuerdo en que la conjunción de ambas fuentes aún puede ofrecer lecturas sumamente atractivas.

Los materiales elegidos para poner en marcha nuestro proyecto fueron: plantas endémicas de los distintos pisos bioclimáticos de la isla, plantas introducidas en distintas etapas históricas y todos los materiales arqueológicos, edáficos y geológicos susceptibles de contener evidencias de tipo paleobotánico. La necesidad de contar con una colección de referencia nos obligó a realizar una serie de trabajos con todos los taxones que debían ser sometidos a examen. Como ya hemos mencionado, un

⁵ Prácticas realizadas en la Unidad de Botánica de la Facultad de Farmacia (2002), donde desarrollamos los procesos de extracción de pólenes, desde flores canarias, mediante acetólisis así como su reconocimiento utilizando microscopía óptica. Desde aquí agradecemos a la doctora I. La Serna la toma de contacto con esta disciplina y la oportunidad para establecer futuras colaboraciones entre la paleopalinología y los análisis de fitolitos.

paso previo fue el estudio de algunas fuentes bibliográficas que contuvieran referencias sobre las características de la flora endémica canaria y su posible utilización aborígen. Siguen siendo importantes las valoraciones sobre especies introducidas, algo que sigue alimentado el debate entre botánicos y arqueobotánicos. Las recientes aportaciones desde el campo de la carpología (J. Morales, 2001) y las potencialidades del medio vegetal en el entorno de yacimientos arqueológicos del NO de Tenerife (A. Santos, 1991) nos permitieron contar con algunas ideas antes de iniciar las oportunas recolecciones de material botánico.

Un aspecto que tuvimos que asumir es la desigual producción de silicofitolitos por parte de las distintas familias vegetales (Bozarth, 1992), algo que debía comprobarse en las Islas. Esto restringía nuestra búsqueda pero, dado que nuestra investigación partía de cero por la inexistencia de trabajos de similares características, entendimos que la experimentación y la comprobación directas era lo más adecuado⁶. La confección de la colección de referencia pasó así por la tarea de realizar recolecciones de la mayoría de las familias vegetales presentes en Tenerife. Ésta se realiza aún en la actualidad bajo la supervisión de A. Santos⁷, contando con su asesoramiento procedimos también a la confección de un herbario de referencia que se halla depositado en el Jardín de Aclimatación de La Orotava (ORT). En iguales términos debía desarrollarse la labor de conocimiento de la flora de Las Cañadas, marco elegido para llevar a cabo una aplicación práctica de nuestra propuesta metodológica⁸, lo que determinó la puesta en marcha de un exhaustivo análisis sobre las especies mayoritarias de la zona. En la actualidad se han procesado la casi totalidad de las muestras procedentes de Las Cañadas⁹ como primer paso antes de analizar materiales arqueológicos y suelos de estos lugares¹⁰.

Las recolecciones de material botánico endémico se han completado con aquellos taxones introducidos en las Islas en distintos, y a veces indeterminados, momentos históricos. Han primado, en este caso, la recopilación de numerosos taxones de gramíneas (o *Poaceae*) existentes en los campos de labor donde aún se

⁶ Esta opción nos obligaba a un completo trabajo de recolección donde no podían faltar todos los representantes mayoritarios de especies vegetales endémicas y autóctonas. Sin embargo, con ello ganábamos en visión de conjunto, algo que posteriormente, tras un año de trabajo, fue ratificado positivamente.

⁷ Unidad Botánica del Jardín de Aclimatación de La Orotava (Tenerife). Desde aquí agradecemos su inestimable apoyo científico-humano en la recolección, identificación y posibles pautas de aprovechamiento vegetal por parte de las poblaciones de las Islas.

⁸ Enmarcado en nuestro proyecto de tesis doctoral y que asume el análisis de todos los materiales susceptibles de contener información arqueobotánica en Las Cañadas del Teide.

⁹ Agradecemos a la Administración del Parque Nacional del Teide su apoyo a nuestro proyecto así como su beneplácito para llevar a cabo el estudio analítico de la flora de Las Cañadas, en especial a A. Baniare, E. Carqué y su equipo de la Sección de Rescate Genético, por su asesoramiento «a pie de planta».

¹⁰ Lamentablemente no podemos ofrecer resultados totales de estos análisis, de los que esperamos dar cuenta en próximos trabajos.

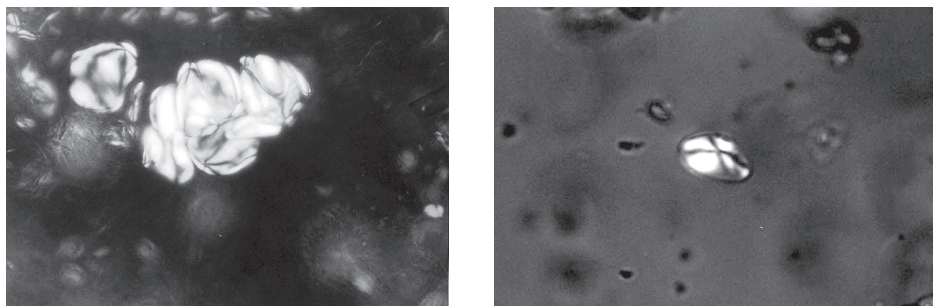


Figura 2. Aspecto de los almidones del plátano (izq.) y del rizoma del helecho (dcha.) bajo luz polarizada. 250× y 400× respectivamente. Fotos: José Afonso.

cultivan especies de aprovechamiento frumentario o ganadero. En realidad hemos intentado procesar todos aquellos vegetales susceptibles de contener referentes microscópicos que pudieran conservarse en contextos antiguos e incluso prehistóricos. Pero sin descartar plantas de aprovechamiento agrícola reciente como el plátano, el tomate (*Musa cavendishii* y *Lycopersicon esculentum*) o la vid (*Vitis vinifera*) que han sido procesadas, con distintos métodos, para evaluar su potencial informativo a nivel microbotánico. Siguiendo esos referentes, se ha buscado información microscópica tanto en las especies endémicas como autóctonas con claros indicios de producción de frutos comestibles. Éste era el caso de palmera canaria (*Phoenix canariensis*) o los del bicácaro (*Canarina canariensis*) entre otros, siendo dos de los parámetros básicos de nuestro trabajo la extracción e identificación de microrreferentes en las plantas patrones. Este objetivo determina que los métodos empleados requieran de una minuciosa labor para evitar contaminaciones o, por lo menos, tratar de detectar éstas incluso en los materiales naturales o arqueológicos analizados.

Junto a este tipo de materiales hemos realizado muestreos de suelos, sedimentos y cálculos dentales procedentes de restos humanos de distinto origen y adscripción histórica. Debe entenderse que los análisis realizados sobre ellos fueron a nivel experimental¹¹ y no con la total complejidad requerida en este tipo de estudios. Estamos en deuda con los materiales de La Concepción¹², ya que fueron los primeros en ser sometidos a los protocolos que debían evidenciar la presencia de referentes microscópicos como fitolitos y almidones. Estos primeros análisis permitieron ratificar la idoneidad de la metodología de extracción y el reconocimiento de

¹¹ Prácticas fundamentales para la formación en temas tan especializados. Agradecemos desde aquí la comprensión de este hecho por parte de M. Arnay y J. F. Navarro, que nos ofrecieron los primeros materiales para proceder a su análisis.

¹² Ceditos por M. Arnay bajo cuya dirección se realizaron los trabajos de excavación del templo, en todos los casos se intentó que fueran materiales de revuelto con escaso valor arqueológico, con todo su contenido se ha revelado muy valioso a nivel microscópico.



los primeros silicofitolitos en contextos arqueológicos canarios, si bien ya habíamos realizado algunos ensayos fuera de las Islas¹³.

Suelos y sedimentos son de los materiales con los que hemos tenido mayor contacto¹⁴, en el primer caso porque contienen numerosa información¹⁵ susceptible de ser puesta en relación con muchos procesos arqueológicos. Y junto con los sedimentos nos han permitido la posibilidad de familiarizarnos con numerosos morfotipos microscópicos a la par que contar con contextos reales donde poner en práctica toda la metodología de extracción e identificación de los microrreferentes buscados como fuentes de información.

Los análisis de suelos han llevado implícitos muestreos que, en la mayoría de los casos, han aprovechado las recolecciones vegetales. Buscamos con ello dotarnos de una colección de muestras de suelos representativos de las principales formaciones vegetales de la isla donde se evidencien aquellos morfotipos fitolíticos propios de los esquemas vegetales de cada zona (R. Albert, 2002; A. Rodríguez, 2003)¹⁶. En este sentido hemos tenido la oportunidad de aplicar algunos protocolos de actuación con suelos de varios pisos bioclimáticos de Tenerife (vertisoles, alfisoles e incepsisoles) para valorar los contenidos microrreferenciales enmarcados en las características propias de cada uno de ellos. En el caso de los sedimentos, fueron los de El Tendal, tras La Concepción, las primeras muestras arqueológicas donde pudieron ser identificados fitolitos y almidones en nuestro trabajo.

La familiarización con los materiales edáficos tiene otra importante función y es la de ofrecernos, a través de la representación fitolítica, un esquema botánico basado en la diferenciación de los distintos mecanismos vegetales de fijación del carbono. Sabemos que las plantas han desarrollado al menos tres mecanismos de fotorrespiración para adaptarse a las condiciones imperantes en el medio que habitan, esto ha permitido distinguir entre plantas C3, C4 y CAM (Gabriel y Galán Moris, 2002, entre otros). Siguiendo ese esquema se han desarrollado trabajos que utilizan el estudio de fitolitos en los suelos como referentes vegetales con los que establecer lecturas paleoambientales (Twiss *et al.*, 1969, 1992; Pinilla, 1997, entre otros).

La metodología utilizada para analizar los materiales mencionados ha seguido los protocolos al uso por distintos investigadores y distintos ámbitos de actuación. Para el caso de las plantas actuales los tratamientos implican una recogida de material en buen estado, su clasificación taxonómica a nivel de familia, género y

¹³ Museo Arqueológico de Barcelona.

¹⁴ Expresamos desde aquí nuestro agradecimiento a todo el departamento de Edafología de la ULL y en especial a la doctora C.D. Arbelo por permitirnos hacer realidad esta investigación.

¹⁵ Toda la relacionada con su génesis, características físico-químicas e información medioambiental.

¹⁶ ICREA/SERP/ Departament de Prehistoria, Historia Antiga i Arqueologia (Universitat de Barcelona) y Departamento de Edafología de la Universidad de La Laguna respectivamente. Comunicaciones personales.



especie, así como su tratamiento para evidenciar sus contenidos fitolíticos o de almidones. Éste se basa en la eliminación de la materia orgánica mediante incineración y/o tratamientos ácidos (A. Pinilla, 1997; R. Albert, 1999) con el fin de indentificar la fracción insoluble de las muestras que contienen los fitolitos. Los protocolos deben ser variados, en función de los referentes buscados y las características de las muestras, llevando a cabo tests de contenidos.

Para el caso de los restos humanos la metodología también varía según el tipo de materiales sujetos a examen. Éstos pueden ser estudiados analizando dientes, restos fecales, sedimentos en torno al cadáver, etc. En el primer caso consiste en el estudio a nivel microscópico de los residuos que forman los cálculos dentales y aquellos relacionados con las estrías dentarias. Igualmente se pueden analizar paquetes intestinales o estomacales pero también las zonas de depósito funerario correspondiente a las vísceras (C. Lalueza, J. Juan, R. Albert, 1996). Los protocolos aluden a la eliminación de impurezas, materia orgánica y carbonatos tras lo cual la muestra está en disposición de ser analizada para determinar su contenido en información microscópica, mediante instrumental óptico o electrónico. En el segundo caso, la observación debe hacerse mediante microscopía de barrido para revelar la relación existente entre las estrías dentarias y restos asociados donde son frecuentes los fitolitos, incluso clavados en el esmalte (C. Lalueza Fox, J. Juan y A. Pérez Pérez, 1993).

Sedimentos y suelos pueden ser tratados con el mismo protocolo siempre que se tengan claros los referentes buscados, ya que un tratamiento muy agresivo puede eliminar información, caso de los oxalatos si son atacados por ácidos más fuertes que el acético glacial. Los tratamientos varían de un autor a otro, por lo que ratificamos la necesidad de valorar materiales y objetivos buscados. A nivel orientativo éstos incluyen someter a la muestra a pesado, tamizado, eliminación de materia orgánica, ataque ácido para eliminar carbonatos y fosfatos, separación de fracciones, montaje y observación de las muestras mediante microscopía óptica o de barrido (Scott-Cummings, 1995; Albert *et al.*, 1999; Pinilla *et al.*, 1997; Juan-Tresserras 1997, 2000, entre otros). En nuestro caso se han probado y adaptado aquellos tratamientos que se ajustaran en lo posible a las características de los sustratos canarios. En la actualidad, seguimos en esta fase de la investigación¹⁷.

Tras los tratamientos de todos los materiales disponibles se requiere de su preparación para poder ser observados al microscopio. La utilización de distintos medios de inclusión permite fijar la muestra para ser convenientemente analizada y la rutina de trabajo impone la utilización de todos los medios de observación microscópica a nuestro alcance. Desde la experiencia adquirida por varios investigadores del SERP¹⁸ se aconseja la utilización conjunta de lupa binocular, microscopio

¹⁷ La labor de estudio de plantas, suelos y sedimentos se desarrolla en los laboratorios de Edafología y Geología de la Facultad de Biología de la ULL y en el Centro de Ciencias Medioambientales del CSIC en Madrid.

¹⁸ *Seminari d'Estudis i Recerques Prehistòriques, Departament Prehistoria, Historia Antiga i Arqueologia*, Facultad de Geografia i Història, Universitat de Barcelona.



óptico con contraste de fases Zernike y microscopio electrónico de barrido equipado con microanalizador de rayos X (EDS) para realizar los análisis (J. Juan-Tresserras, 2000). En nuestra investigación, si bien hemos tenido ocasión de utilizar todos estos medios, los análisis rutinarios se llevan a cabo mediante microscopio petrográfico equipado con sistema asistido de fotografía. Como se entenderá, la importancia de este apartado de la investigación es crucial ya que debe permitirnos familiarizarnos con todo un micromundo donde la observación cotidiana es casi obligatoria. Y dentro de esa observación ha sido necesaria la identificación de los morfotipos fitolíticos presentes en los materiales de las Islas. Para ello hemos debido recurrir a la experimentación directa y a la información bibliográfica sobre otros contextos biogeográficos. En ellos se plantea que, como en el resto de prácticas científicas, el estudio de fitolitos debe adoptar algún sistema de clasificación que permita expresar las excepciones taxonómicas de cada morfotipo o por lo menos intentar hallarlas (Twiss, 1992). En la práctica este apartado debe asumirse contando con cierta falta de consenso internacional. No obstante, los resultados deben expresarse siguiendo un esquema clasificatorio que permita insertarlos, de forma comprensible, en el resto de investigaciones de este tipo. Nuestra opción ha sido seguir aquellas indicaciones que plantean la utilización de parámetros descriptivos introduciendo puntos de referencia basados en morfologías botánicas comúnmente aceptadas, caso de los tricomas y estomas entre muchas otras. Esta propuesta también contempla el intento de desarrollar parámetros descriptivos que permitan documentar las diferentes variables con valores específicos como morfologías y dimensiones (J. Juan-Tresserras, 1997). Buscando esta afinidad con la experiencia desarrollada en la materia se han revisado aquellos sistemas de clasificación que atienden a la localización de los cuerpos fitolíticos en los tejidos vegetales (Piperno, 1988), a sistemáticas aplicadas exclusivamente a las gramíneas (Twiss, 1992) y otras aportaciones recientes a este particular (Mullholland y Rapp, 1992; Pearsall, 1992).

Por último hemos de citar una metodología de trabajo basada en el estudio microhistológico de las epidermis foliares y que ha sido utilizada para evaluar el impacto de la fauna sobre la vegetación endémica de Las Cañadas del Teide (Alfayate, 1990) y Madeira (Marrero Rodríguez, 2003). Hemos llegado a la conclusión de que existen ciertas afinidades metodológicas entre el análisis de fitolitos y el de las epidermis foliares, ya que ambas disciplinas tienen como punto de partida estudiar algunos microrreferentes botánicos con criterios taxonómicos. Algunos casos de epidermis foliares funcionan como fracción insoluble después de sufrir el ataque ácido del sistema digestivo animal¹⁹, siendo posible identificar en los excrementos de éste aquellas plantas que le sirvieron de alimento²⁰. En la actualidad estamos

¹⁹ Los tratamientos llevados a cabo para eliminar la materia orgánica de las plantas patrón son más agresivos que el símil experimental del estómago animal utilizando solamente reactivos ácidos. Las incineraciones a baja temperatura suelen acabar con cualquier rastro de materia orgánica.

²⁰ Probablemente la capacidad de funcionar como fracción insoluble de estas estructuras epidérmicas depende de la propia capacidad de sintetizar sílice amorfo por parte de la planta. No

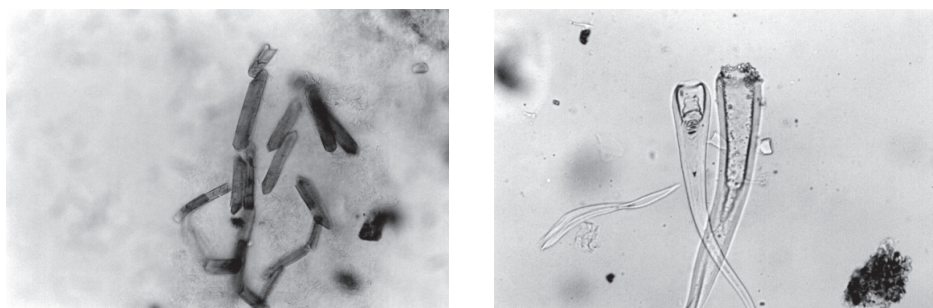


Figura 3. Imagen de la izquierda: fitolitos de oxalato en la corteza de *Pinus canariensis*, a la derecha silicofitolitos en la hoja de *Ficus carica*. 250× y 400× respectivamente. Fotos: José Afonso.

valorando las posibilidades de una colaboración interdisciplinar, entre ambos métodos, para la identificación de la anatomía articular de algunas plantas que quedan de forma estable en el sedimento, como se ha descrito para contextos geológicos antiguos (Barrón y Brandes, 2002).

RESULTADOS PRELIMINARES

Desde el principio de nuestros análisis, sobre materiales recolectados para dar forma a la colección de referencia, se pusieron de manifiesto algunas máximas fitolíticas como las que hemos definido anteriormente. El estudio de las distintas familias vegetales presentes en Tenerife parece indicar que la mayoría de las existentes producen más oxalatos que silicofitolitos²¹, lo que no ha sido interpretado como algo negativo sino como estímulo para potenciar la obtención de información desde este grupo mayoritario. Los primeros análisis realizados con infraestructura de laboratorio²² permitieron identificar algunos de los fitolitos característicos de especies cultivadas como la vid (*Vitis vinifera*), la higuera (*Ficus carica*), algunos taxones endémicos como el pino canario (*Pinus canariensis* Chr. Sm. Ex DC.) y otros autóctonos como el brezo (*Erica arborea* L.) Sobre estos últimos fue fundamental la realización de algunas prácticas experimentales confeccionando estructuras de combustión alimentadas con distintos tipos de madera (fig. 3).

obstante existen posibilidades reales de que esto se produzca tal y como hemos podido comprobar, de forma preliminar, mediante el cruce de información de ambas disciplinas, fitología y estudios microhistológicos.

²¹ Algo probablemente extrapolable al resto de las Islas pero que debe confirmarse con datos reales.

²² Departamentos de Edafología, Prehistoria y Geografía de la Universidad de La Laguna.

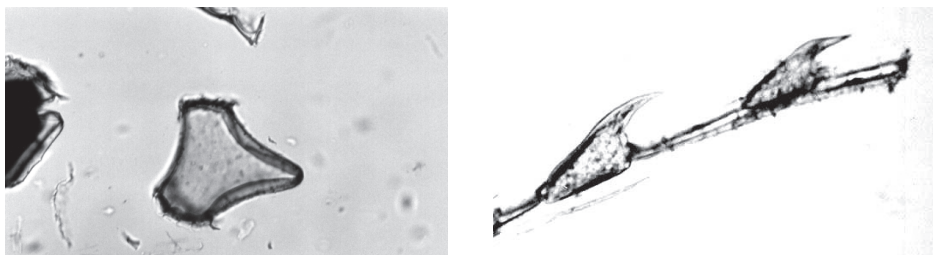


Figura 4. Izquierda: Célula buliforme en *Arundo donax*. Derecha: fitolitos apuntados en la epidermis de *Bromus tectorum*, 400×. Fotos: José Afonso.

Obviamente las plantas han sido las protagonistas indiscutibles de nuestros trabajos (tanto de campo como de laboratorio) y las que nos han permitido contar con los primeros resultados. Su análisis cotidiano, pese a la experiencia dictada desde la bibliografía, no ha dejado de contener altas dosis de expectación ante la posible identificación de morfotipos en alguna de sus partes aéreas y sistema radicular.

Algunos ejemplos de familias y especies vegetales que nos permiten afirmar la producción de silicofitolitos en la flora de las Islas son, aparte de los ya expuestos, las correspondientes a la familia de las *Gramineae* o *Poaceae* como la avena canaria (*Avena canariensis*), el cañizo (*Arundo donax*) o lolium (*Lolium canariense*) entre muchas otras. En ellas hemos podido aislar la mayoría de morfotipos citados en las obras de referencia (Twiss *et al.*, 1992, entre otros) como varas dendriformes (inflorescencias), células buliformes o los fitolitos apuntados correspondientes a la superficie extracelular de las hojas, uno de los esqueletos silíceos más típicos (Juan-Tresserras, 1997). A partir de nuestras observaciones, y de la bibliografía citada, ratificamos la importancia de esta familia a la hora de aportar información arqueobotánica y paleoambiental (fig. 4).

En la familia *Palmae* hemos podido confirmar la alta producción, y originalidad, de silicofitolitos esféricos y espinosos (Scott-Cummings, 1992; Pinilla, 1997, entre otros) a través del estudio de la palmera canaria (*Phoenix canariensis* Chabaud). Igualmente hemos podido reconocer otras morfologías rectangulares menos abundantes en esta planta (Pinilla, 1997). Su estudio, por partes, nos ha permitido elaborar un auténtico mapa anatómico, definiendo la cantidad y calidad de los morfotipos presentes en cada una de ellas. A falta de analizar su sistema radicular, podemos concluir que en todo el tejido aéreo se encuentran silicofitolitos, incluso hemos podido identificarlos en la epidermis del fruto, arriostados a ambos lados de los vasos conductores²³ (Juan-Tresserras, 1997) acompañados de grandes rafidios de

²³ Que junto con los elementos traqueales o traqueidas forma parte del xilema que también puede ofrecer silificación y permitir su utilización a nivel de aproximación taxonómica.

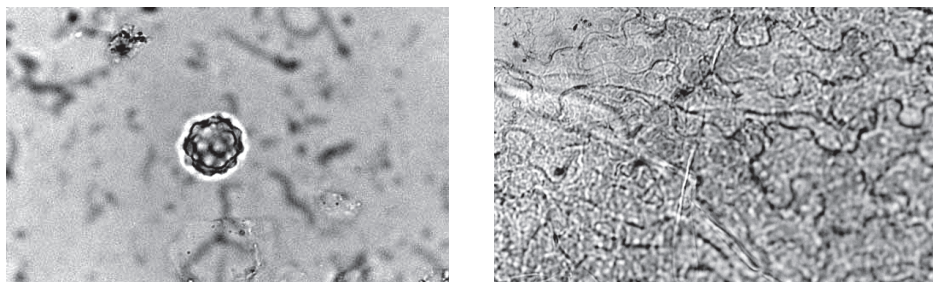


Figura 5. Izquierda: Fitolito en *Phoenix canariensis*. Derecha: Epidermis silificada en *Pteridium aquilinum*. 630× y 200× respectivamente. Foto: José Afonso.

oxalatos. La referencia aportada por *Phoenix canariensis* nos permitió identificar sus morfotipos en los sedimentos contextuales de un fragmento de mandíbula de La Concepción, Fase III, campaña de 1995²⁴ (fig. 5).

Los referentes identificados en la familia de las *Ciperáceas* son igualmente positivos. Hemos aislado las denominadas *plaquetas con expansiones cónicas* (entre otros morfotipos), que se consideran los fitolitos característicos de esta familia (Cohen, 1984) y que permiten distinguirlas de otras familias de herbáceas con algunas formas similares, como las gramíneas. En este caso *Carex canariensis* Künkenth, procedente de la zona norte de Tenerife, y *Carex paniculata* spp. *calderae*, como representante de la alta montaña tinerfeña, han permitido contar con estos morfotipos como fuente de información fitolítica inicial.

Con respecto a los helechos (pteridofitos), si bien aún no ha sido analizada la totalidad de las especies presentes en la isla, hemos podido comprobar la presencia de estructuras silificadas en las epidermis de *Pteridium aquilinum*, especie emblemática por su clara aportación dietética a las poblaciones insulares. Sobre ella son numerosos los trabajos que citan este particular (Del Arco *et al.*, 2000, entre otros) adscribiéndolo a la dieta aborígen. Hemos identificado estructuras *tipo puzzle* (forma anticlinal de Piperno, 1988) o de membranas onduladas (J. Juan-Tresserras, 1997) en los tejidos foliares de esta especie, igualmente es apreciable la silificación de los elementos de intercambio gaseoso o *estomas*. Con respecto a su potencial alimenticio, cabe destacar la presencia de un alto contenido de almidones en su raíz rizomatosa, lo que permite, no sólo confirmar su alto potencial nutritivo, sino proceder a realizar estudios micrométricos y morfológicos a fin de incluirlos en las muestras de referencia arqueobotánica. Desde ahí podrían ser utilizados para rastrear su presencia en los materiales arqueológicos sometidos a examen.

²⁴ Se trataba de los sedimentos adheridos a una mandíbula hallada en la Fosa 272, revuelto, Zona III, Est. C. Junto a los silicofitolitos de palmera fueron halladas varas dendriformes, fitolitos rectangulares rugosos y diatomeas.

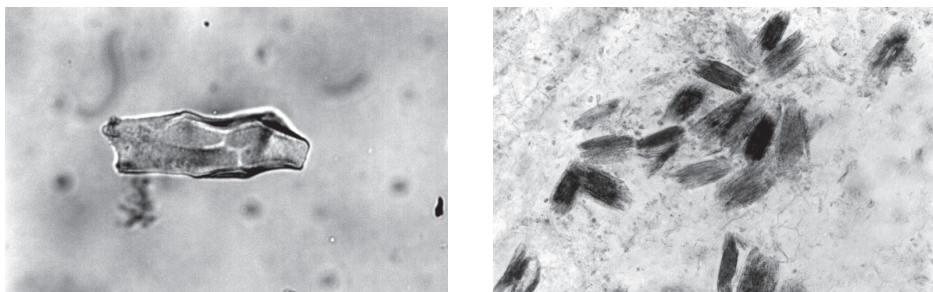


Figura 6. Izquierda: fitolito facetado en *Ocotea foetens*. Derecha: rafidios en *Semele androgyna*. 400x y 250x respectivamente. Fotos: José Afonso.

Por el momento las especies analizadas parecen indicar esa mayor tendencia a la formación de oxalatos que a la síntesis de sílice amorfo²⁵. No obstante, y en espera de sistematizar los datos existentes, podemos afirmar la interesante muestra de morfotipos silicofitolíticos aportada por la familia *Lauraceae* entre otras propias de la laurisilva. Hemos podido identificar varias formas de grandes fitolitos multifacetados en el til (*Ocotea foetens* (Aiton) Benth.) junto con traqueidas; epidermis silificadas, y también traqueidas en el laurel (*Persea indica* (L.) Spreng.) como también en el barbusano (*Apollonias barbujana* (Cav.) Bornm.) Igualmente especies citadas como posible aporte nutritivo de esta formación vegetal (Del Arco, 2000), tal que la Gibalbera (*Semele androgyna* (L.) Kunk.), presentan abundantes rafidios de oxalato en su tejido foliar (fig. 6).

En el caso de Las Cañadas, de forma preliminar, podemos confirmar una abundante presencia de silicofitolitos. Tres de las familias con mayor tasa de silificación parecen ser la *Boraginaceae*, *Poaceae* y *Cyperaceae*. En el primer caso, dos de las especies analizadas, el taginaste rojo (*Echium wildpretii* Pearson ex Hook fil. Subs. *Wildpretii*) y el taginaste picante (*Echium auberianum* Webb & Berth.) presentan grandes tricomas²⁶ y otros elementos silificados en sus epidermis, como era de esperar más contundentes en la segunda de ellas. También resultan espectacular-

²⁵ También podemos ratificar su presencia en las familias *Compositae* y *Rhamnaceae*, entre otras.

²⁶ Como hemos podido comprobar con nuestros compañeros del Departamento de Citología y Edafología de la ULL, la tendencia general de la flora de Las Cañadas es presentar abundancia de tricomas. Este particular ha sido propuesto como mecanismo adaptativo a las duras condiciones ambientales de la zona ya que parecen controlar las pérdidas de agua por transpiración. Estos morfotipos son un parámetro muy a tener en cuenta en la determinación taxonómica de las especies allí representadas. Lamentablemente hemos podido comprobar, en nuestros análisis, que no todas las plantas que producen tricomas tienen mecanismos de sílice similares, por lo que algunos no se conservarían en contextos edáficos o sedimentarios.



res las grandes bases de apoyo de tales tricomas y otros morfotipos silificados, creemos que de esta familia deben hacerse estudios en profundidad dado que protagonizan, en su amplia representación en las Islas, un claro proceso de dispersión adaptativa (Bramwell, 1997). Por ello hemos acometido su recolección sistemática para conocer las características micromorfométricas de los numerosos representantes de aquella en el Archipiélago (Bramwell & Bramwell, 2001).

El estudio de las especies mayoritarias presentes en Las Cañadas, como la retama del Teide (*Spartocytisus supranubius* (L.) Webb & Berth.) y el codeso (*Adenocarpus viscosus* (Willd.) Webb & Berth. Var. *Viscosus* (Willd.) Webb & Berth.), ha supuesto toparnos con uno de los grandes retos de nuestro trabajo. Ambas se encuentran en la actualidad sujetas a amplios muestreos para determinar qué tipo de microrreferentes podemos utilizar a nivel arqueológico y paleoambiental. Los primeros resultados indican que no presentan rasgos palpables de un mecanismo sintetizador de silicofitolitos, aunque *Adenocarpus viscosus* sí desarrolla numerosos elementos traqueales del xilema silificados que pudieran servirnos como criterios taxonómicos. Ya que ambas especies constituyen un referente botánico zonal de excepción, también como recurso vegetal fundamental en épocas pasadas y vinculado a numerosos tipos de explotación, no hemos dado por concluido su estudio.

Igualmente esperanzadores nos parecen los *representantes de altura* de la familia *Poaceae* y *Cyperaceae*, del tipo *Bromus tectorum* L. y *Carex paniculata* L., entre otros, que existen en Las Cañadas (Wildpret de la Torre & Martín Osorio, 2000), en los que hemos vuelto a reconocer los morfotipos fitolíticos ya expresados para estas dos familias. Como para el resto de éstas su estudio debe seguir análisis tendentes a establecer criterios taxonómicos en sus morfotipos. Creemos que entrar en el debate *endemismo-foraneidad* botánica de las especies presentes en el Archipiélago es, en esta zona, de obligado cumplimiento. En ella hemos entendido que puede operarse la máxima de conocer primero para evaluar después. La familia *Poaceae* se convierte así en uno de esos referentes con valor suficiente como para entrar en cuestiones arqueobotánicas y paleoambientales complejas²⁷. El conocimiento de estas gramíneas *de altura* podría permitirnos acometer aspectos relacionados directamente con la economía aborigen. Sería interesante llegar a identificar las especies explotadas económicamente, distinguiendo los tipos endémicos de los introducidos²⁸. Esperando estar capacitados para acometer lecturas de este tipo, a corto y medio plazo, citamos lo emblemático de la aparición de *Poa annua* a 3.700

²⁷ Sin descartar la importancia que esta familia tiene a nivel general, sobre todo con la presencia de los cereales pero sin desestimar su valor ecológico así como los múltiples usos que hombre y animales hacen de ellas.

²⁸ El estudio de las gramíneas presentes en Canarias es fundamental, sobre todo aquellos encaminados a identificar y diferenciar las distintas familias presentes en los distintos momentos de ocupación humana de las Islas. Esto requiere de detallados estudios micromorfométricos para conocer las diferencias entre los numerosos *taxa* existentes en la actualidad y aquellos desaparecidos de los contextos canarios.

m.s.m., en el mismo Pico del Teide (Wildpret & Martín, 2000), una pequeña gramínea que podría ser, entre otras lecturas, testigo material de la continua antropización de esta zona.

Con respecto a Las Cañadas, compartimos la opinión de que contienen un ingente potencial de información a muchos niveles de conocimiento. También a nivel arqueológico este potencial está aún por evaluar «como corresponde a lugares que fueron escenario de una intensa actividad económica aborigen y donde aún quedan muchas preguntas sin respuesta» (Arnay, 2000). Un mayor conocimiento de esta zona puede ofrecernos mucha información sobre el «dinamismo de la población insular, junto con sus peculiaridades económicas y el modo tan especial de explotar el suelo» que planteaba Luis Diego Cuscoy (1968) asumiendo la importancia de los factores naturales, en el estudio de los aborígenes tinerfeños y su relación con el medio.

La información aportada por los almidones de la flora de Canarias es también importante, más cuando existe una relación alimenticia y económica directa con plantas que los aportan desde la primera presencia humana en las Islas²⁹. El consumo de cereales no sólo constituye un aporte de proteínas y carbohidratos, también puede ser puesto en relación con factores cariogénicos que afectaron negativamente a la dentición³⁰ de los aborígenes canarios (Delgado Darías, 2001, entre otros). Por ello los cereales son los primeros referentes en que nos hemos basado para poner en marcha nuestro trabajo. Se ha intentado identificar distintos tipos, entendiendo que su presencia en las Islas es temprana y generalizada, tal y como atestiguan la información etnohistórica y arqueológica³¹. En este caso los trabajos de arqueología experimental y el estudio de los materiales etnográficos resultan decisivos para la obtención de las muestras patrones, éstas son utilizadas para caracterizar determinados productos en yacimientos arqueológicos (Juan-Tresserras, 1997). La labor desempeñada en este campo ha pasado por dotarnos de una colección de harinas experimentales con el fin de familiarizarnos con los distintos morfotipos de almidones. Como ya hemos afirmado, nuestra intención es también determinar la producción de estos en especies introducidas (fig. 2), así como en aquellas autóctonas (endémicas o no) que también generan tales sustancias de reser-

²⁹ Secuencias de estructuración socioeconómica que aún deben ser definidas para cada tipo de asentamiento.

³⁰ En este caso la propuesta de análisis fitolítico y de almidones enlaza con el campo de la Antropología dental entendiendo que existen líneas de colaboración claras para el esclarecimiento de los patrones alimenticios y, por derivación, de todos aquellos relacionados con la reconstrucción de los procesos sociales.

³¹ La utilización de molinos manuales, de basalto vacuolar, ha sido puesta en relación con el desgaste de las superficies oclusales de la dentición. Éstos generarían un fino polvillo, de origen mineral, derivado de la degradación de la piedra por rozamiento entre las dos piezas del molino, Delgado Darías, T. ¿?, 2001: 223. Igualmente existen evidencias paleocarpológicas claras que nos hablan de la presencia de gramíneas cultivadas tipo cebada (*Hordeum*), entre otras, en algunos yacimientos del norte de Tenerife (Del Arco *et al.*, 2000:88-90).

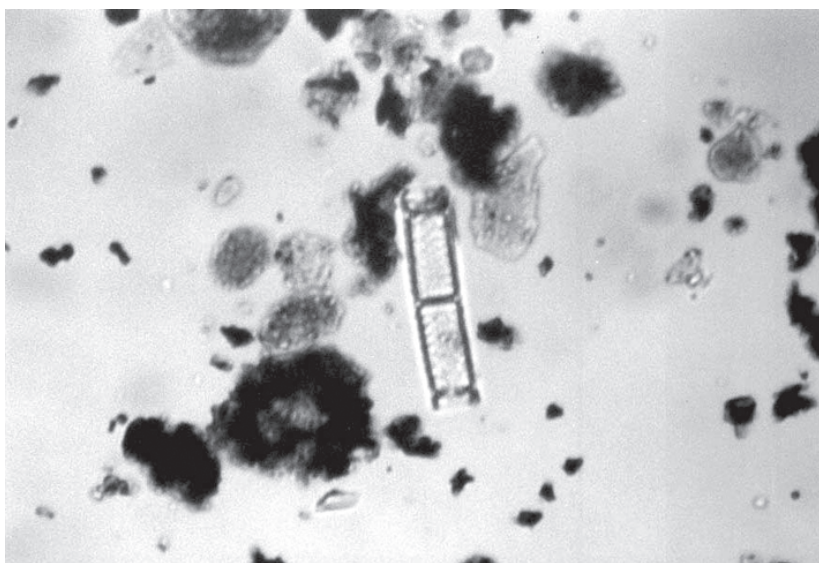


Figura 7. Diatomea del tipo *céntrico* y grupo de las *Melosiras* identificada en los sedimentos de La Concepción 95. 400x. Foto: José Afonso.

va. El motivo de ello es poder diferenciar, todo lo posible, aquellos microrreferentes vegetales que pudieran indicarnos secuencias diacrónicas mediante la presencia de un tipo de vegetación o cultivo determinado.

En el caso de las microalgas, diatomeas y crisofíceas, el camino desde el punto de vista arqueobotánico y paleoambiental es complejo. En este caso hemos intentado identificar correctamente aquellos taxones que aparecen en las muestras de origen arqueológico y edáfico. A todas ellas se les otorga un valor indiscutible como indicadores ambientales, por ello se intenta averiguar sus requerimientos biológicos con el fin de conocer las condiciones del medio donde se desarrollan, por ello no descartamos su inserción en las lecturas globales realizadas sobre materiales procedentes de distintos yacimientos. La ampliación de su estudio pasa por buscar la valiosa colaboración interdisciplinar con especialistas en la materia aunque puede adelantarse bastante procediendo a la identificación de taxones por zonas y contextos de aparición. Esperando dar cumplida cuenta de otros hallazgos realizados, citamos el caso de La Concepción, donde aparecieron diatomeas *céntricas* que suelen estar presentes en lugares en que existe agua dulce bajo alguna de sus formas habituales de aparición, natural o antrópica (fig. 7).

Si bien los resultados a nivel botánico han sido relativamente prometedores, a nivel arqueológico aún son muy escasas las lecturas que podemos ofrecer. Asumimos que esta limitación se debe a causas directamente relacionadas con nuestro plan de trabajo por objetivos y a una incipiente experiencia en esta compleja disciplina. Los escuetos resultados que podemos ofrecer sólo han sido posibles una



vez se han controlado, someramente, las fuentes documentales, las distintas metodologías de análisis y las rutinas de laboratorio.

Así los primeros resultados, a nivel experimental, corresponden a los sedimentos y restos humanos excavados en la parroquia de La Concepción (Campaña de 1995). Se analizaron, aún con protocolos someros³², muestras correspondientes a varias fosas de inhumación y algunos cálculos dentales extraídos de maxilares en muy mal estado de conservación. Las muestras analizadas, de sedimentos adheridos a los restos humanos de algunas fosas, contenían referentes fitolíticos representativos de todas las partes aéreas de la familia *Poaceae* con claros ejemplos de varas dendriformes (denominada *sinuous* en la fig. 1) correspondientes a las inflorescencias de las gramíneas, rectangulares lisos y sinuosos (tallos y hojas) así como apéndices extracelulares (*hooks*) de la epidermis foliar. El registro florístico parece completarse con *Phoenix canariensis* en la presencia de fitolitos esféricos espinosos y otros rectangulares propios de sus partes aéreas. También fueron patentes algunos gránulos de almidón, muy degradados, de varios tipos, entre los que identificamos los de tendencia lenticular propios de gramíneas e igualmente estaban presentes algas diatomeas tanto del tipo *pennales* como *céntricas*. Posteriormente los análisis llevados a cabo en el servicio de microscopía de barrido del Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC, Madrid), permitieron ratificar la presencia de estos materiales en los sedimentos de la Fosa 148³³ así como de estomatocistos de crisofíceas (relacionados con la presencia de agua) y espículas de esponjas³⁴. Las lecturas globales proporcionadas por estos referentes pueden asumirse desde los procesos postdeposicionales que afectaron a los enterramientos y no tanto a sus características intrínsecas. Podemos hipotetizar que las gramíneas y las palmeras representadas en el sedimento son muy probablemente indicadores de la vegetación existente en las inmediaciones de La Concepción, de donde procedían los suelos que se utilizaron para completar la inhumación. De hecho no existe una concentración lo suficientemente esclarecedora para opinar que los restos de palmera y gramíneas, que dieron lugar a esos silicofitolitos, tenían otro origen. Los procesos postdeposicionales están aquí ratificados por la presencia de diatomeas, crisofíceas y espículas de esponjas. Estos organismos siempre hacen referencia expresa a la presencia de agua o de condiciones de alta humedad, en este caso aparecen en los suelos utilizados como relleno o en los propios sedimentos del enterramiento. Con el fin de disponer de un

³² Análisis llevados a cabo en el verano de 2002 alternativamente a los trabajos encaminados a la elaboración de las muestras patrones de vegetales de referencia.

³³ Se intentó el análisis de los sedimentos sobre los que se apoyaba el cuerpo y la zona visceral del mismo ya que contábamos con la oportuna diferenciación de muestras llevada a cabo durante el proceso de excavación.

³⁴ Procedentes de las partes silicificadas de este animal acuático, organismos muy primitivos que también se desarrollan sobre sustratos húmedos y que no son exclusivos de agua salada. Son referentes arqueofaunísticos a tener en cuenta, ya que hemos podido identificarlos en otros muchos contextos arqueológicos y edáficos.



grado mayor de certezas hemos propuesto la realización de análisis más completos que nos permitan evaluar las características de sedimentos y restos humanos. Como ya hemos mencionado, las esponjas no tienen que ser exclusivamente de ambiente marino y no debemos olvidar que la zona donde se halla La Concepción, y sobre todo sus cimientos, se ven afectados tanto por la humedad propia del espacio intermareal inmediato como por la cercanía del cauce del Barranco de Santos, del cual sería oportuno realizar un estudio paleoambiental para conocer sus características en el pasado.

Dentro del apartado de los restos humanos sólo hemos podido estudiar cálculos dentales y algunos sedimentos contextuales a éstos. Los materiales disponibles al comienzo de nuestro trabajo también fueron de origen histórico, y también procedentes de la parroquia de La Concepción³⁵ (Santa Cruz de Tenerife), campaña de 1995. Posteriormente, una vez conocida la rutina analítica para este tipo de muestras, dado que nuestro estudio involucra directamente a los materiales de origen prehistórico³⁶, se han llevado a cabo varios análisis con el material dental disponible, en este caso de la colección Cabrera Pinto³⁷. Se analizaron varias muestras de dientes que presentaban acumulaciones de sarro calcificadas. En ambos casos las piezas procedían de maxilares inferiores y, salvo el maxilar superior CP-X, los cálculos fueron extraídos de molares y premolares.

Los restos fragmentados que pudimos estudiar de La Concepción no fueron muy prolíficos en datos, al menos en un principio. No obstante, se identificó la presencia de almidones en escasa cantidad y muy deteriorados (pérdida parcial de la cruz de extinción de luz) y que asumimos relacionados con una dieta donde sin duda existieron productos alimenticios basados en harinas de cereal. La no identificación de fitolitos en los cálculos puede deberse a que estos productos sufrían un proceso de refinamiento que restringía los restos de la cubierta externa de los granos (glumillas) donde pueden situarse tales esqueletos silíceos³⁸. No obstante, esto nos ha servido para constatar diferencias sustanciales entre las muestras de cálculo dental de la población histórica (La Concepción) y las de filiación aborígen (Cabrera Pinto), algo muy evidente en la observación de las dos matrices que componen los cálculos. Mientras que en el primero de ellos existe una clara tendencia a la escasez de impurezas y restos vegetales, en el segundo esto se opera a la inversa, con abundantes microrrestos insertos en la matriz. Entre otros referentes aún por definir,

³⁵ Que contaba con una serie de enterramientos del siglo XVIII y que fueron excavados como fase previa a los trabajos de rehabilitación llevados a cabo en el templo en los años noventa (s. XX).

³⁶ Ya que involucran todos los procesos relacionados con la explotación de los vegetales desde la evidencia directa de la alimentación, capítulo a desarrollar conjuntamente por los datos ofrecidos desde los distintos materiales a los que tengamos acceso.

³⁷ Por estar depositada en el Instituto del mismo nombre y que incluye una serie de restos humanos claramente enmarcados en el mundo aborígen de Tenerife.

³⁸ Los análisis sobre granos de cebada y trigo han permitido observar esqueletos silíceos en la zona de su cubierta externa (pericarpio).

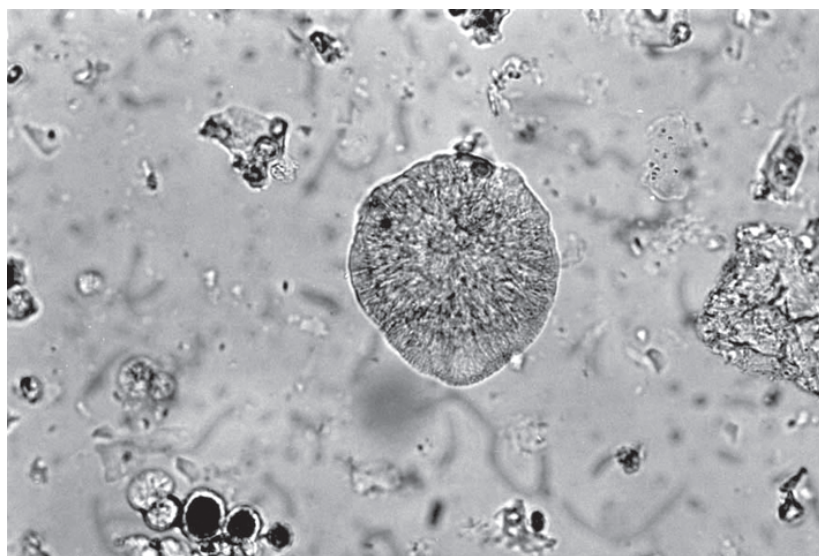


Figura 8. Esfera de fosfato cálcico en los cálculos dentales del fragmento de maxilar CP-X. 312.5×. Foto: José Afonso.

abundan cristales polarizantes aciculares similares a los contenidos en los rafidios de oxalato cálcico (Muestra CP 142). Esto bien podría indicar la presencia en la dentición de restos de la pulpa de algunos frutos pero por el momento, dado que aún no conocemos la totalidad de micropatrones vegetales que pudieran formar parte de la dieta aborigen, no podemos precisar³⁹.

Igualmente importante fue la presencia de *esferas de fosfato cálcico* en la muestra CP-X de esta colección⁴⁰. Este análisis fue complejo ya que inicialmente se realizó mediante microscopia convencional y las propiedades ópticas de estas esferas se interpretaron como almidones o carbonatos degradados. El análisis mediante microscopio electrónico de barrido y microanalizador del CCMA (CSIC Madrid) determinó una composición química basada en cristales de fosfato cálcico. Inicialmente se asumieron como algún tipo de degradación ósea derivada de los procesos postdeposicionales que afectaron a los restos, pero en la actualidad creemos que tales elementos están relacionados directamente con los hábitos alimenticios de la

³⁹ Se han detectado rafidios de oxalato cálcico en algunos frutos tanto de flora endémica canaria como introducida. En este caso la investigación debe seguir el rastro a todos aquellos productos vegetales, en especial frutos y bayas, que pudieron dejar este tipo de cristales en la dentición.

⁴⁰ Correspondiente a cálculo en molar de fragmento de maxilar superior del cráneo identificado como CP-X.



población aborígen haciendo referencia expresa a varias lecturas e incluso, a la conjunción de algunas de ellas. Por un lado podrían ser un referente claro de la ya conocida falta de higiene bucal de estas poblaciones, relacionada con múltiples aspectos, lo que generaría la formación de placas dentales calcificadas (White, 1997). Igualmente se ha sugerido una relación entre el ácido silícico (derivado de la presencia de sílice natural en el cálculo dental humano) y la formación de precipitados de fosfato cálcico, aunque no podemos descartar que tal proceso se viera complementado por algunas prácticas que favorecerían su formación. En este caso los dientes podrían haber servido para realizar alguna operación donde estuvieran presentes huesos, tanto relacionados con la alimentación (descarnado o similar) como con el tratamiento de éstos. Con ello también podrían generarse este tipo de residuos de formas esféricas y con esta composición (J. Juan-Tresserras 2003). Como en otros aspectos, estos datos deben ser completados con análisis sobre muestras más amplias y, sobre todo, intentar ponerlos en relación con el resto de informaciones generadas, desde distintos ámbitos de estudio, sobre las pautas alimenticias aborígenes, aunque no descartamos prácticas de otro tipo (fig. 8).

Por otro lado, el estudio de las muestras de La Concepción nos permitió contrastar nuestro propio trabajo ya que realizamos dos tipos de pruebas y con ello, obviamente, obtuvimos dos tipos de resultados. Por una parte el maxilar al que extrajimos los cálculos dentales correspondía a una pieza hallada en revuelto, muy deteriorada y con sedimento adherido. Como ya hemos mencionado, si bien el sedimento fue relativamente prolífico en datos, en el caso de los cálculos dentales no encontramos, salvo almidones de los que habría que valorar su origen, ninguno de los referentes presentes en el sedimento contextual. Esto nos sirvió para confirmar las diferencias sustanciales que deben establecerse entre ambos materiales, intrínsecamente afectados por los mismos procesos postdeposicionales pero que deben ser analizados por separado, conforme a su distinta naturaleza y origen.

Un ejemplo de material sedimentario, analizado⁴¹, de origen prehistórico, podría ser el de algunas zonas del yacimiento de El Tendal (La Palma) que permitió aplicar un protocolo completo de extracción de fitolitos con la observación de todas las fracciones (Pinilla, 1997). Solamente nos referiremos aquí a una de las muestras analizadas (Campaña 83, D/S II, «contenido hoyo») y que presentó una gran complejidad por los materiales allí representados. Pudimos constatar la presencia de fitolitos de sílice, correspondientes a distintas partes de gramíneas y abundantes oxalatos cálcicos muy probablemente provenientes de especies arbóreas de la laurisilva, del tipo del brezo (*Erica arborea*) entre otros. Los análisis mediante microscopía óptica permitieron evidenciar gran cantidad de elementos con propiedades similares a almidones pero que resultaron ser compuestos de carbonatos (MEB con microanalizador). Esto nos hizo plantear la posibilidad de estar ante el proceso de degradación de las abundantes conchas de malacofauna existentes en la fracción

⁴¹ Entre otras muestras de la Isla de Tenerife y sur de Portugal.

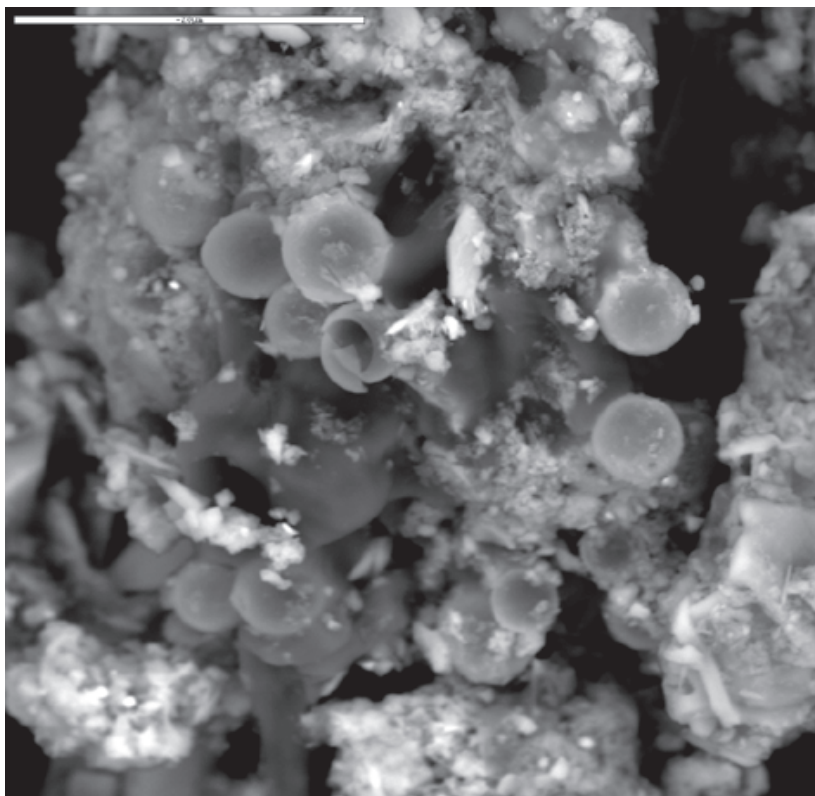


Figura 9. Estomatocistos de crisofíceas en los sedimentos de El Tendal.
Foto: Fernando Pinto, CCMA (CSIC), Madrid.

arena (mayor de 50 micras) de los sedimentos. En ellos también aparecía un elevado número de estomatocistos de crisofíceas, lo que claramente se pone en relación con la presencia de agua, estancada o no, o bien con su llegada desde el mar acompañando las numerosas conchas de malacofauna presentes en el sedimento. Estas microalgas aparecen inmersas en zonas de alto contenido en fosfatos, lo que hace referencia a la presencia de materia orgánica. Llegamos a la conclusión de que lo que estábamos analizando era la derivación del aporte de distintos materiales, de procedencia orgánica, que habían sido depositados allí a modo de desperdicios y con varios posibles orígenes⁴². Con ello ratificamos en parte las lecturas que se nos

⁴² Como con el resto de materiales, los de El Tendal deberían ser analizados en profundidad para estimar su contenido bioarqueológico de forma más exhaustiva.

habían propuesto sobre las características del lugar de donde procedían los sedimentos en cuestión (J.F. Navarro, 2002, comunicación personal).

También se han llevado a cabo trabajos con suelos actuales y paleosuelos con el fin de dotarnos de una imagen clara de los referentes fitolíticos existentes en ellos. Los resultados con algunos tipos de los suelos representados en Tenerife, tierras de labor, sedimentos aluviales, entre otros, han sido completamente esclarecedores en cuanto a su contenido en información microscópica. En este caso, y sin desdeñar todos los objetivos que pueden derivarse de esta fase de la investigación⁴³, es importante señalar la determinación de especies vegetales asociadas a cada piso bioclimático e incluso a la variedad microclimática propia de las Islas, así como a diferentes procesos edáficos en los que los suelos se hallan inmersos y que afectan a la conservación de los restos microscópicos que nos sirven como base material de estudio.

CONCLUSIONES

Hemos querido poner de manifiesto las posibilidades reales de aplicar esta herramienta de trabajo *microarqueológica* a los contextos prehistóricos canarios, y afirmar que desde la gama de microreferentes expuestos, pueden ser acometidos estudios de muy distinta índole como la alimentación, la bioantropología, los recursos vegetales o de tipo paleoambiental. No dudamos que, desde este tipo de análisis, se pueden formular numerosas inferencias sobre las relaciones establecidas entre el medioambiente insular y las poblaciones que lo han habitado y explotado. Igualmente, desde los datos aportados, pueden ser asumidos complejos objetivos globales como la ampliación del conocimiento de la dieta aborigen, el papel de los recursos vegetales así como su inserción en los esquemas de estructuración y comportamiento social.

Ha sido especialmente enriquecedor comprobar la existencia de mecanismos de colaboración interdisciplinar entre la Arqueología, la Botánica y la Edafología, y una serie considerable de prácticas analíticas que favorecen tanto a las lecturas globales como a cada una de estas disciplinas por separado. Creemos que el resultado no es, ni más ni menos, que otorgarnos el privilegio de acercarnos a la realidad humana del pasado y con ello abrir una puerta a la reflexión actual.

En nuestro caso el punto de partida ha sido la observación de la flora de Canarias y el uso que de ella pudo hacerse en el pasado, pero existen posibilidades reales de ampliar su rango de aplicación. Esperamos, con ello, aportar otra herramienta de trabajo que nos permita acercarnos al conocimiento integral de las antiguas poblaciones canarias.

⁴³ Entre ellos la determinación de especies con aprovechamiento alimenticio desde los requerimientos humanos o animales.



BIBLIOGRAFÍA

- ALBERT, Rosa María (2002): En busca del fuego... los análisis de fitolitos, *Revista de Arqueología del Siglo XXI*, Madrid, núm. 248, pp. 6-15.
- ALBERT, Rosa María, LAVI, Ofer, ESTROFF, Lara y WEINER, Steve (1999): Mode of Occupation of Tabun Cave, Mt Carmel, Israel During the Mousterian Period: A Study of the Sediments and Phytolith. *Journal of Archaeological Science*, Academic Press, 26: pp. 1249-1260.
- ALFAYATE CASAÑAS, María del Carmen (1990): *Estudio histológico de una comunidad endémica de la alta montaña canaria*, Universidad de La Laguna. Tesina.
- ARNAY DE LA ROSA, Matilde (2000): *Arqueología*. En GARCÍA CANSECO, Vicente: *Parque Nacional del Teide*, Esfagnos, Talavera de la Reina, pp. 200-212.
- BARRÓN, E. y BRANDES, A. (2002): Aportaciones al estudio de las epidermis foliares de las especies vivientes de la familia Taxodiaceae (Coniferales, Coniferophyta), *R. Soc. Esp. Hist. Nat.* (Sección Biología), 97, pp. 5-18.
- BOZARTH, S.R. (1992): Classification of opal phytolith formed in selected dicotyledons native to the Great Plains. En RAPP, George Jr. & MULHOLLAND, Susan C.: *Phytolith Systematic, Emerging Issues*, New York, London, Plenum Press, pp. 19-214.
- BRAMWELL, David (1997): *Flora de Canarias*, Madrid, Editorial Rueda.
- BRAMWELL, David y BRAMWELL, Zoë (2001): *Flores silvestres de las Islas Canarias*, Madrid, Editorial Rueda.
- COHEN, A.D.; CASAGRANDE, D.J.; ANDREJKO, M.J. y BEST, G.R. (1984): The Okefenokee Swam: Its Natural History, Geology and Geochemistry. Los Álamos, New Mexico. Wetland Surveys: pp. 468-491.
- COLLINS, S.M. (1979): Phytoliths as indicators of plant use and ancient Troy. M.S. thesis, Univ. Minnesota.
- DEL ARCO AGUILAR, M. del C.; GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, C., DEL ARCO AGUILAR, M^a.M., ATIENZAR ARMAS, E., DEL ARCO AGUILAR, M.J. y ROSARIO ADRIÁN, C. (2000): El menceyato de Icod en el poblamiento de Tenerife: D. Gaspar, Las Palomas y Los Guanches. Sobre el poblamiento y las estrategias de alimentación vegetal entre los guanches. *Eres (Arqueología)*, Santa Cruz de Tenerife, vol. 9, pp. 67-129.
- DELGADO DARIAS, Teresa (2001): *Los antiguos canarios a través de sus dientes*, El Museo Canario, Las Palmas de Gran Canaria.
- DIEGO CUSCOY, Luis (1968): *Los Guanches, vida y cultura del antiguo habitante de Tenerife*. Santa Cruz de Tenerife, Museo Arqueológico de Tenerife.



- DUFF, Katherine E.; ZEBB, Barbara A., & SMOL, Jhon P. (1995): *Atlas of Chrysophycean Cysts*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- EHREMBERG, C.G. (1848): On organic substances, recognizable by the microscope, found in the meteoric ashes which fell on the 1st of May 1812 in the island of Barbados and changed day into night. *Quaternary Journal of the Geological Society of London*, 4, núm. 2: 19-23.
- ERDTMAN, G. (1969): *Handbook of Palynology*. Munksgaard, Copenhagen.
- FRANCESCHI, V.R. y HORNER, H.T. (1980): Calcium oxalate crystals in plants. *Botanical Review* 46: 361-427.
- FREDLUNG, G.G. y TIESZEN L.T. (1994): Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains, *Journal of Biogeography*, 21, pp. 321-335.
- GABRIEL Y GALÁN MORIS, José María (2002): *Biología Vegetal*, Madrid, Bellisco Ediciones.
- JUAN-TRESSERRAS, Jordi (1997): *Preparación y procesado de productos vegetales. Aportaciones del estudio de fitolitos, almidones y lípidos en yacimientos arqueológicos prehistóricos y protohistóricos del cuadrante NE de la Península Ibérica*, Universidad de Barcelona. Tesis doctoral inédita.
- (2000): Estudio de los residuos vegetales conservados en recipientes asociados a material de molienda en yacimientos de la Edad del Hierro del NE de la Península Ibérica. En BUXÓ, Ramón & PONS, E. (dir.): *Els products alimentaris d'origen vegetal a l'Edat del Ferro de l'Europa Occidental: de la producció al consum*. Actes del XXII Col·loqui Internacional per a l'Estudi de l'Edat del Ferro. Girona: Museo d'Arqueologia de Catalunya, Serie Monogràfica 18: pp. 317-377.
- LALUEZA FOX, Carles; JUAN-TRESSERRAS, J. y PÉREZ PÉREZ, A. (1993): Análisis por SEM de fitolitos en el esmalte dentario: información sobre la reconstrucción paleoambiental y la dieta vegetal. VIII Congreso de la Sociedad Española de Antropología Biológica, Madrid
- LALUEZA FOX, Carles; JUAN-TRESSERRAS, Jordi y ALBERT, Rosa María (1996): Phytolith Analysis on Dental Calculus, Enamel Surface, and Burial Soil: Information About Diet and Paleoenvironment, *American Journal of Physical Anthropology*, 101:101-113.
- MACHADO YANES, María del Carmen (1994): *Primeros estudios antracológicos en la Prehistoria de Canarias: el NW de Tenerife, las comarcas de Icode y Daute*. Universidad de La Laguna. Tesis doctoral inédita.
- MACHÍN ÁLAMO, Martín y MELIÁN AGUILAR, Manuel Julián (2001): Bimbaches y vegetales. De la complementariedad a la reconstrucción global de los procesos productivos en la prehistoria de El Hierro. El Pajar, Cuadernos de Etnografía Canaria, núm. 10, ed. Especial, pp. 16-22.
- MARRERO RODRÍGUEZ, Patricia (2003): *Alimentación estacional de la paloma Trocaz, Columba trocaz (Heinekel 1829) en la Isla de Madeira: un estudio basado en Métodos MicroHistológicos*, Universidad de La Laguna, Tesina.
- MORALES MATEOS, Jacob (2001): *DE TEXTOS Y SEMILLAS*. Una aproximación carpológica a la explotación de los productos vegetales por la población prehistórica del yacimiento de El Tendal (San Andrés y Sauces, La Palma). *Faycag, Revista Canaria de Arqueología*, año 1, núm. 0, pp. 1-12
- PATRICK, Ruth (1977): Ecology of freshwater diatoms and diatom communities. En WERNER, Dieter: *The biology of diatoms*. Great Britain: University of California Press, Monographs 13: pp. 285-326.
- PEARSALL, D.M. y PIPERNO, D.R. (1992): Developing a phytolith classification system. En RAPP, George Jr. & MULHOLLAND, Susan C.: *Phytolith Systematic, Emerging Issues*, New York, London, Plenum Press: pp. 37-64.



- PINILLA, Ascensión y BUSTILLO, María de los Ángeles (1997): Silicofitolitos en secuencias arcillosas con silcretas, Mioceno Medio, Madrid /CCMA, CSIC, pp. 255-265.
- PINILLA, Ascensión; JUAN-TRESSERRAS, Jordi y MACHADO, María José (1997): *Estado actual de los estudios de fitolitos en suelos y plantas*. Monografías del Centro de Ciencias Medioambientales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- PINILLA, Ascensión; MARTÍN, Amalia y DÍAZ, Josefina (2000): Phytoliths from various organs of *Pinus sylvestris* on a Typic Xerumbrept soil in the supramediterranean belt of Sierra de Guadarrama. *Ann. Royal Museum Central África*, Bélgica (en prensa).
- PIPERNO, Dolores (1988): Phytolith Analysis-An archaeological and geological perspective. London. Academic Press: p. 280.
- RAPP, George Jr. y MULLHOLLAND, Susan C. (1992): *Phytolith Systematic, Emerging Issues*. Archaeological and Museum Science, New York, Plenum Press.
- RENFREW, Colin y BAHN, Paul (1993): *Arqueología, teoría, métodos y práctica*. Madrid, Akal.
- ROVNER, Irvin, (1971): Potential of opal phytolith for use in paleoecological reconstruction. *Quaternary Research*, 1: pp. 343-359.
- SANTOS GUERRA, Arnoldo (1991): La vegetación y la flora. En GALVÁN SANTOS, Bertila: *La Cueva de Las Fuentes (Buenavista del Norte-Tenerife)*. Publicaciones Científicas Museo Arqueológico, Santa Cruz de Tenerife, Act. Cabildo de Tenerife, núm. 5: pp. 27-34.
- SCOTT CUMMINGS, Linda (1992): Illustrated Phytoliths from assorted food plants. En RAPP, George Jr. & MULLHOLLAND, Susan C.: *Phytolith Systematic, Emerging Issues*. New York. Archaeological and Museum Science. Plenum Press: pp. 177-192.
- 1995: Paleoenvironmental Interpretations for the Mill Iron Site, based on Stratigraphic Pollen and Phytolith Analysis. En FRISON, George C.: *The Mill Iron Site, 24CT30, and the Goshen-Plainview Paleoindian Cultural Complex on the Northern High Plains*. Albuquerque. University of New Mexico Press.
- STRUVE, G.A. (1835): *De silicea in plantis nonnullis*. University of Berlin. Tesis doctoral, (ms). Citado por Juan-Tresserras (1997: 29).
- TWISS, P.C.; SUSS, E. y SMITH R.M. (1969): Morphology classification of grass phytoliths. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 33: pp. 109-115.
- (1992): Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. En RAPP, G.Jr. & MULLHOLLAND, S.C. (eds.): *Phytolith Systematic. Emerging Issues, Advances in Archaeological and Museum Science 1*: pp. 113-128.
- WHITE, D.J. (1997): Dental calculus: recent insights into occurrence, formation, prevention, removal and oral health effects of supragingival and subgingival deposits, *European Journal of Oral Science*, 105 (5 Pt 2): pp. 508-522.
- WILDPRET DE LA TORRE, Wolfredo y MARTÍN OSORIO, Victoria Eugenia (2000): Flora vascular y vegetación, en *Parque Nacional del Teide*, Talavera de La Reina, Editorial Esfagnos, pp. 97-142.