

SILICOFITOLITOS: APLICACIONES PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SUBSISTENCIA PREHISTÓRICOS

Laura del Puerto y Hugo Inda

**Laboratorio de Estudios del Cuaternario del Uruguay, UNCIEP – Facultad de Ciencias / Comisión Nacional de Arqueología, MEC. Iguá 4225, Piso 11, Montevideo.
unciep@fcien.edu.uy.*

RESUMEN

En Uruguay, el análisis de silicofitolitos comienza a implementarse en la década de 1990 como una técnica alternativa para el abordaje del registro arqueobotánico, hasta entonces poco explorado dada la mala preservación de restos orgánicos. El desarrollo de las investigaciones, ha permitido trascender este carácter de “último recurso”, y demostrar sus potencialidades, tanto en el marco de investigaciones arqueológicas como paleoambientales.

En este trabajo se presenta, en primera instancia, una síntesis del conocimiento actual sobre los silicofitolitos, su potencial y sus limitaciones. En segundo término, se reseñan sus aportes en el marco de las investigaciones arqueológicas desarrolladas en la Cuenca de la Laguna Merín.

Palabras clave: Laguna. Merín, arqueobotánica, silicofitolitos, recursos vegetales.

INTRODUCCIÓN

Silicofitolitos: ¿Qué son? ¿De dónde vienen?

Los silicofitolitos (figura 1) son partículas biosilíceas de origen vegetal, producto de la total o parcial silicificación de las células y/o los espacios intercelulares de las plantas. Durante el crecimiento del vegetal, la sílice disuelta en el agua subterránea es absorbida por el sistema radicular, transportada vascularmente, y finalmente precipita formando, eventualmente, cuerpos compuestos de sílice hidratada ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) (Pearsall, 1989).

Una vez absorbida, la sílice es transportada para depositarse luego dentro y entre las células epidérmicas, células del mesófilo, del xilema, entre otras. La forma en que se produce la depositación va a determinar el tipo de silicofitolito resultante, existiendo dos grupos de fitolitos distintivos. Por un lado tendremos los fitolitos “*típicos*” (Bertoldi de Pomar, 1975), cuando la depositación es intracelular y tiene lugar en células especializadas síliceas, comunes en tejidos epidérmicos (ej. células cortas de gramíneas) y subepidérmicos (ej. palmáceas), en donde cumplen la función de idioblastos de resistencia. Estos constituyen el cuerpo de fitolitos de mayor utilidad para la identificación de taxones, ya que son los más específicos entre las especies, y muchos pueden considerarse diagnósticos. Dichos fitolitos se forman por una depositación súbita de la sílice, provocada por un mecanismo activo durante los estadios de crecimiento del vegetal, dando lugar a una sílice hialina y compacta (Bertoldi de Pomar, 1975). Por otro lado tenemos los fitolitos “*atípicos*”, resultado de la mineralización de los elementos de las áreas intercostales (células bulliformes, células largas, células adyacentes de los estomas, células basales de los pelos y tricomas) (Bertoldi de Pomar, 1975). Se originan por la depositación de sílice, cuya distribución está influenciada por los procesos de transpiración, mediante un mecanismo pasivo durante la senectud de la planta (Bertoldi de Pomar, 1975), resultando una sílice más porosa y granular. En general, estos fitolitos aportan poca información sobre las plantas progenitoras, aunque pueden llegar a ser buenos indicadores de algunas familias (principalmente las células estomáticas y los tricomas) o de condiciones ambientales.

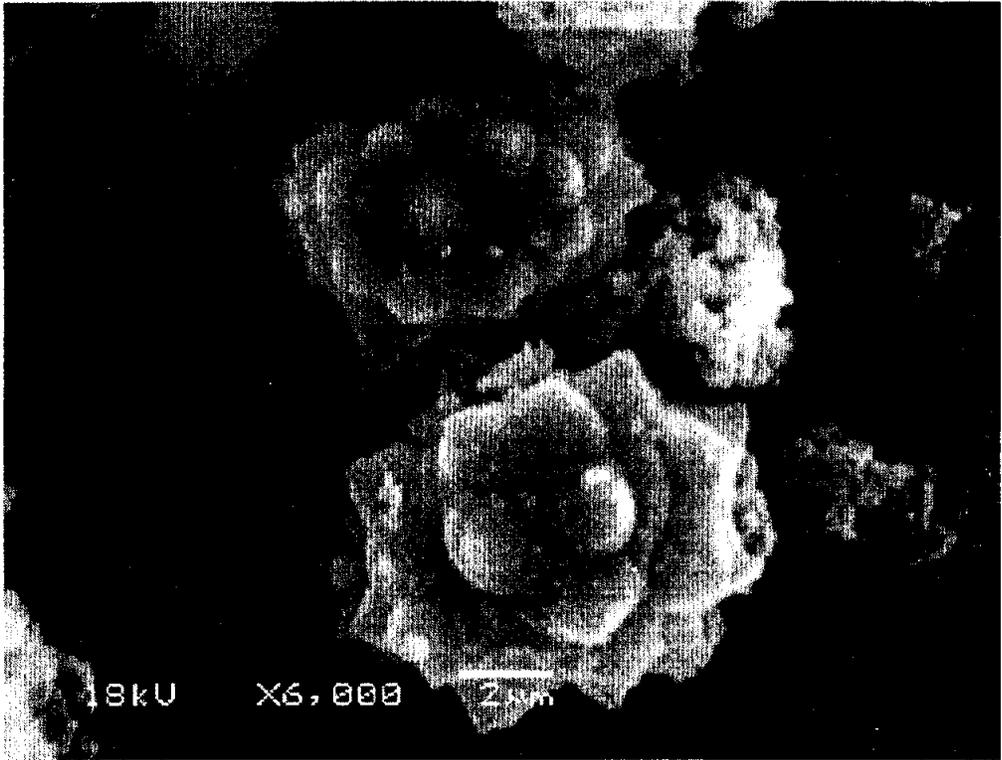


Figura 1 Silicofitolitos producidos en tejidos sub – epidérmicos foliares de la palma *Butia capitata*.

Producción y concentración en plantas

La presencia de sílice en una planta es una característica específica. Una misma planta generalmente produce distintos tipos (morfotipos) de fitolitos, con diferente morfología, tamaño, distribución; fenómeno que se conoce como *multiplicidad* (Rovner, 1971). Por otra parte, un mismo morfotipo puede estar presente en distintas especies de una misma familia; fenómeno conocido como *redundancia* (Rovner, 1971). No obstante, la asociación de morfotipos constituye una característica específica diagnóstica, si bien existe cierto grado de variabilidad en la composición de los morfotipos de las asociaciones fitolíticas específicas.

Son numerosas las plantas productoras de silicofitolitos, pero parecen serlo en especial las monocotiledóneas. Entre ellas se destacan las familias *Gramineae*, *Ciperaceae*, *Palmae* y *Cannanaceae*, por ser grandes productoras de fitolitos silíceos. Las gramíneas son las principales plantas productoras de silicofitolitos, siendo las más intensamente estudiadas desde esta perspectiva.

Muchas especies de esta familia tienen gran valor económico. Entre ellas, los cereales son los que han captado mayor atención, motivando el desarrollo de detallados estudios que hacen posible su identificación en contextos arqueológicos a partir de los silicofitolitos. Por su parte, las gramíneas silvestres han sido generalmente caracterizadas solo a nivel de subfamilia. Esto ha sido de particular relevancia para los estudios de reconstrucción paleoambiental. Las gramíneas se agrupan en cinco subfamilias, las cuales presentan una distribución geográfica particular. De acuerdo a los estudios realizados por Twiss (1992) y Twiss *et al.* (1969), tres de estas subfamilias pueden ser identificadas mediante los fitolitos producidos en las células cortas, posibilitando reconstruir las características paleoclimáticas en que estas plantas se desarrollaron. Estas subfamilias son: *Pooideae* (*Festucoideae*), *Panicoideae* y *Chloridoideae*, y a estas corresponden los tres grupos en que se han dividido los fitolitos de células cortas (*Pooides*, *Panicoides* y *Chloridoides*). En términos generales, los fitolitos *pooides* derivan principalmente de la subfamilia *Pooideae*, que comprende especies de gramíneas C_3 que crecen en zonas templadas a frías, en altas latitudes o altitudes. Los fitolitos *panicoides* corresponden a la subfamilia *Panicoideae*, que comprende principalmente gramíneas C_4 (aunque también algunas C_3 y C_3 - C_4), que habitan regiones cálidas y húmedas, tropicales y subtropicales. Finalmente, los fitolitos *chloridoides*, derivados de la subfamilia *Chloridoideae*, se producen en gramíneas C_4 que predominan en regiones cálidas, áridas a semiáridas, donde la lluvia es escasa o marcadamente estacional (Twiss, 1992).

A diferencia de las monocotiledóneas, las dicotiledóneas y las gimnospermas fueron tradicionalmente relegadas en el estudio de fitolitos silíceos, debido a que la producción en estas últimas es inferior, tanto en la cantidad de fitolitos producidos como en cuanto al número de especies productoras. No obstante, estudios recientes han demostrado la potencialidad de su análisis, su valor taxonómico y la necesidad de profundizar en su conocimiento (Bozarth, 1992). Debido a sus particularidades anatómicas, estas plantas producen fitolitos fácilmente discernibles de los generados en monocotiledóneas, a pesar que en muchos casos su identificación no pueda realizarse más allá del nivel de grupo o familia. En casos excepcionales se han reportado fitolitos diagnósticos a escala de género y hasta de especie (por ej. las *cucurbitas*).

¿Cuándo, cómo y por qué se preservan?: tafonomía y diagénesis

Una vez que la planta muere y se descompone, los silicofitolitos son liberados y pasan a formar parte del sustrato. Esto no sucede solo por degradación natural de los vegetales, sino también a través del tracto digestivo de los animales (incluido el Homo), por agentes naturales como el fuego, o debido al procesamiento humano de los vegetales. Es así que los fitolitos han de depositarse no sólo con los

Silicofitolitos: aplicaciones para la reconstrucción de sistemas de subsistencia prehistóricos.

sedimentos, sino también en el interior de recipientes, filos de instrumentos cortantes, superficies activas de herramientas de molienda, coprolitos, cenizas de fogones, dientes, etc. (Juan-Treserras, 1997). En general, se produce una depositación *in situ*, aunque la acción del fuego, del agua, y de la fuerte erosión eólica pueden producir su transporte. Estos, no obstante, son los casos menos frecuentes (Mulholland y Rapp, 1992). El escaso transporte de los silicofitolitos es una de sus cualidades principales, ya que permite una interpretación acotada al sitio de donde fueron extraídos, con menor peligro de contaminación y perturbación.

Otra ventaja excepcional que presentan es su gran perdurabilidad y resistencia a los procesos diagenéticos y tafonómicos. Su naturaleza silíceo permite que sobrevivan largo tiempo luego de liberados, e incluso en condiciones desfavorables para la conservación de restos orgánicos. Las actividades antrópicas no parecen afectar demasiado su conservación. Pueden ser sometidos al fuego, soportando temperaturas superiores a 700°C. antes de que la sílice comience a alterarse. Tampoco el procesamiento de los vegetales productores parece afectarlos, aunque la molienda puede contribuir a su fragmentación y desgaste. Por otra parte, debido a que no son digeridos por el organismo, permanecen inalterados durante la digestión, siendo eliminados con los restos fecales sin modificaciones aparentes. No obstante, su conservación va a estar sujeta a los efectos químicos, a la abrasión mecánica y/o la fracturación producida en el interior de los suelos que, a la larga, los degradará progresivamente, continuando el ciclo de la sílice (Juan Treserras, 1997).

¿Por qué estudiarlos?: aplicaciones, potencialidades y limitaciones

Muchas de las características enumeradas -principalmente su alto potencial de preservación, su escaso transporte y su producción diferencial en ciertas plantas-, hacen de los silicofitolitos una herramienta de gran aplicabilidad para distintas disciplinas como Botánica, Paleontología, Sedimentología, Edafología, y por supuesto Arqueología. No obstante, su estudio debe tener presente ciertas limitaciones. En primer lugar, no todas las plantas son productoras de silicofitolitos, por lo que nos enfrentamos siempre a un registro parcial. Por otra parte, son pocas las plantas que producen fitolitos con carácter diagnóstico a nivel de especie, e incluso a veces a nivel de género. También los factores de *multiplicidad* y *redundancia* constituyen importantes limitaciones, obligando a los investigadores a trabajar con asociaciones fitolíticas más que con morfotipos particulares. Finalmente, la falta de atlas y de claves de uso universal, o al menos regional, dificulta considerablemente su estudio, haciendo necesario el desarrollo de innumerables trabajos comparativos.

A pesar de estas limitaciones, los silicofitolitos han cobrado cada vez más importancia en estudios de reconstrucción paleoambiental y paleoeconómica, tanto en los casos frecuentes en que son los únicos indicadores disponibles (debido a su preservación), como cuando se aplican en forma combinada con el estudio de otros restos vegetales macro y microscópicos.

Han sido utilizados en estudios de reconstrucción paleoambiental llevados a cabo a partir de sedimentos de edad glaciaria, así como de sedimentos más recientes, en identificación de paleosuelos y de vegetación pasada, e incluso en estudios de modificaciones antrópicas en ambientes pretéritos y modernos. (Mulholland y Rapp, 1992). Recientemente se ha ensayado con éxito su uso para datación por termoluminiscencia (Rowlett y Pearsall, 1993) y por ^{14}C (Mulholland y Prior, 1993), así como para análisis de isótopos estables (Fredlund, 1993)¹.

Las aplicaciones arqueológicas del análisis de los silicofitolitos también son objeto de permanente desarrollo y difusión. Si bien en un principio la atención estuvo centrada en las prácticas agrícolas, el interés se ha extendido a la identificación de vegetales silvestres, con el objeto de abordar en forma integral las estrategias de subsistencia. De gran interés y perspectiva son los estudios que se están realizando sobre instrumentos, particularmente herramientas de molienda y recipientes cerámicos, para determinar procesamiento y almacenaje de vegetales (Juan-Treserras, 1997). Otra línea muy prometedora es la observación de fitolitos en dientes humanos, a partir de cálculos y tártaro dental o directamente sobre el esmalte (Juan-Treserras, 1997).

EL ANÁLISIS DE SILICOFITOLITOS EN URUGUAY

Grandes problemas, soluciones pequeñas: primera evidencia vegetal microscópica en la prehistoria de la región Este

El análisis de silicofitolitos en Uruguay nace y se desarrolla estrechamente ligado al campo de la arqueología; más precisamente a la arqueología de las Tierras Bajas del Este del país.

Esta región, que comprende el sector uruguayo de la cuenca de la Laguna Merín (figura 2), fue – desde el 5000 A.P. al 200 A.P. – el escenario de una de las mayores modificaciones humanas del paisaje que experimentaron las áreas marginales oceánicas del cono sur americano (Bracco *et al.*, 2000a). Miles de estructuras monticulares fueron progresivamente construidas en zonas bien

¹ Tanto las dataciones radiocarbónicas como los análisis isotópicos se efectúan a partir del contenido orgánico que queda atrapado y sellado dentro del gel de sílice amorfa cuando la célula se silicifica.

Silicofitolitos: aplicaciones para la reconstrucción de sistemas de subsistencia prehistóricos.

definidas, principalmente en aquellas que hoy se presentan como núcleo de humedales. Estas estructuras en tierra, conocidas localmente como “cerritos de indios”, alcanzan alturas de hasta 7 metros y presentan plantas circulares del orden de los 30 metros de diámetro. Se encuentran aisladas o formando, la mayoría de las veces, grupos que llegan a superar los 50 componentes (Bracco *et al.*, 2000a).

Desde el inicio de las investigaciones arqueológicas en el área, hacia fines de la década de 1980, uno de los principales objetivos planteados fue el de caracterizar la economía de los grupos constructores de cerritos, esperando encontrar en ésta la clave para interpretar la complejidad cultural observada.

Desde un enfoque adaptativo, propio de las corrientes ecológicas evolutivas y neofuncionalistas, se asumió que los sistemas de subsistencia eran un reflejo de la interrelación hombre-medio ambiente, y que la eficiencia de las estrategias de subsistencia (en especial la habilidad para producir un aceptable insumo alimenticio) era la clave para dimensionar el éxito adaptativo.

Partiendo de estas premisas, se llevaron a cabo, en forma paralela, estudios para la caracterización del ambiente y de los sistemas de subsistencia, integrándose los datos para sustentar un modelo de las estrategias adaptativas de los “constructores de cerritos”: “cazadores-recolectores con economías de alta eficiencia en ambientes de alta productividad” (López y Bracco, 1992, 1994).

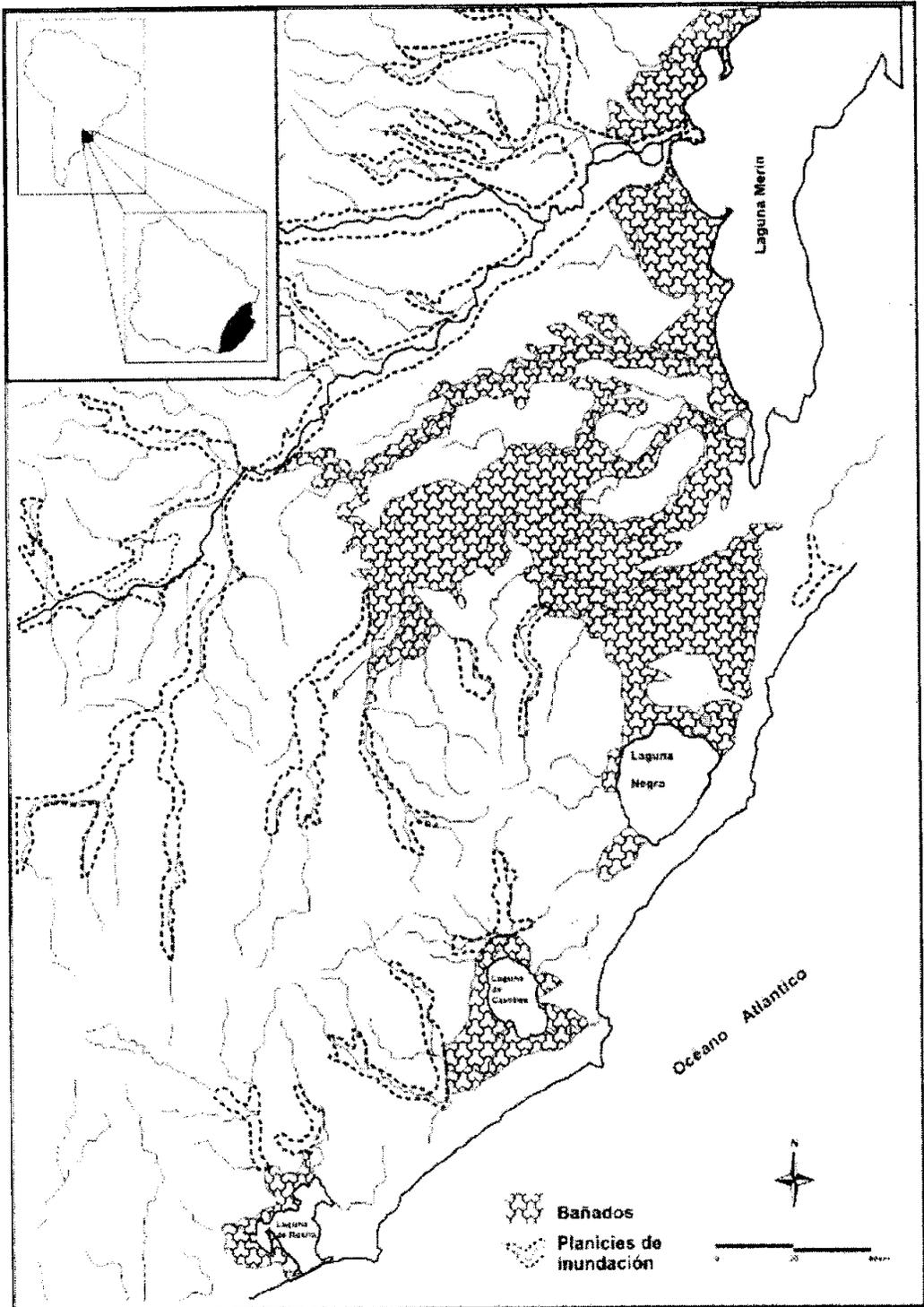


Figura 2. Sector Sur de la Cuenca de la Laguna Merin.

Silicofitolitos: aplicaciones para la reconstrucción de sistemas de subsistencia prehistóricos.

No obstante, a este modelo pueden señalársele dos carencias: por un lado, una base empírica muy limitada, con muy poco conocimiento del rol de los recursos vegetales en la subsistencia de estos grupos prehistóricos; y por el otro, no tener en cuenta la dinámica ambiental, extrapolando las condiciones actuales, como un paisaje estático, hacia el pasado.

El análisis de silicofitolitos comienza a implementarse en nuestro país, como una herramienta complementaria para subsanar estas deficiencias. Las primeras aplicaciones estuvieron abocadas a complementar la base empírica existente en lo que refiere a la subsistencia, más específicamente a la dieta, de los grupos prehistóricos del área. Debido a la escasa o nula preservación de restos vegetales orgánicos², los silicofitolitos constituyeron una vía alternativa para el abordaje del registro arqueobotánico, hasta entonces poco explorado. Mediante análisis efectuados sobre sedimentos de diferentes sitios arqueológicos del área, se registraron diversos recursos silvestres locales (*ciperáceas*, *cannanáceas*, *palmáceas*, etc.), cuyo aprovechamiento, a excepción de las palmeras, no había sido hasta entonces reportado (Campos *et al.*, 2001; del Puerto y Campos, 1999; del Puerto *et al.*, 1999). Por otra parte, la identificación en contextos arqueológicos (desde *ca.* 2000 A.P.) de morfotipos atribuidos a distintos vegetales cultivados (*Zea mays*, *Cucurbita* sp. y *Phaseolus* sp.) abrió una nueva instancia de discusión, incentivando a que se profundizara en las bases, tanto teóricas como empíricas, de los modelos interpretativos propuestos. Si bien los análisis de isótopos estables y elementos traza, realizados sobre la población mortuoria de algunos de los cerritos, desecharon una alta incidencia de los recursos cultivados (especialmente el maíz) en la dieta de las poblaciones prehistóricas del área, las prácticas hortícolas fueron incorporadas al modelo vigente, como un elemento más que estaría reforzando la economía dúctil de estas poblaciones (Bracco *et al.*, 2000b). En un intento por superar la visión estática implícita en este esquema, se propuso, siguiendo el modelo de viajeros/procesadores (Bettinger, 1991), que, de acuerdo a las evidencias arqueológicas, la situación de los “constructores de cerritos” era equiparable a la de los procesadores (Bracco *et al.*, 2000b). Esta propuesta tiene en cuenta el incremento en los niveles de procesamiento como señal de un proceso de intensificación, en el cual se incorpora la agricultura incipiente dentro del sistema de producción. Por otro lado, haciendo referencia al *continuum* que sostiene el modelo, se afirmó que “el estado de desarrollo de las investigaciones arqueológicas en la Cuenca de la Laguna Merín, sólo nos permite ver ‘el estadio terminal’ de este proceso” (Bracco *et al.*, 2000b:239).

² La excepción la constituyen los endocarpios carbonizados de los frutos de las palmeras butiá (*Butia capitata*) y pindó (*Syagrus romanzoffianum*), frecuentemente recuperados en contextos arqueológicos de cerritos (Bracco *et al.*, 2000a).

De esta forma, la información aportada por los silicofitolitos permitió dimensionar el rol de los recursos vegetales, que había sido marginalmente considerado al momento de abordar la interrelación hombre/medio ambiente y de proponer estrategias de subsistencia.

No obstante, toda la evidencia arqueológica reunida no fue suficiente para proponer modelos de subsistencia más allá de un nivel hipotético sustentado en una base empírica limitada. El valor de los mismos, en cuanto a su carácter explicativo/predictivo, es proporcional al grado de exactitud en que todas las opciones de subsistencia son conocidas (Bettinger, 1982). Estas exigencias no pueden ser salvadas en la medida en que se desconozca la productividad de los ambientes, es decir la diversidad y disponibilidad de recursos, en tiempos pasados. Para esto, es necesario un conocimiento preciso de las condiciones ambientales imperantes durante la ocupación humana de la región.

Con la expansión de las cronologías obtenidas para los "cerritos" (desde 2500 A.P. a ca. 5000 A.P.), y a partir de la producción de nuevos datos paleoambientales regionales y locales, aumentó la debilidad de estas asunciones y se comenzó a profundizar en los procesos de evolución ambiental (Bracco *et al.*, 2000c).

Es a partir de entonces que los silicofitolitos cobran una nueva dimensión, exhibiéndose su valor como indicadores ambientales.

La postal que no llegó: conocer la dinámica ambiental a través de los estudios fitolíticos

Mediante abordajes interdisciplinarios, se llevaron a cabo diferentes estudios en la región tendientes a la reconstrucción paleoambiental a partir de registros naturales. Estos estudios se basaron fundamentalmente en registros lacustres, intentando abordar los dos factores principales que han determinado la configuración y la dinámica del humedal: nivel de base y pluviosidad.

El trabajo pionero de García *et al.* (2001), integró diferentes líneas de evidencia, biológicas y físico-químicas, en el análisis de testigos tomados en la laguna de Rocha, con el objetivo de abordar la evolución trófica de este cuerpo de agua y su relación con los niveles marinos y la dinámica ambiental. Integrando la información aportada por los indicadores biológicos (diatomeas, silicofitolitos, espículas de espongiarios, cistos de crisofíceas) y físico-químicos (materia orgánica, P total, N total, y las características físico-texturales del perfil sedimentario), se obtuvo un registro de la historia de este cuerpo de agua para los últimos 2500 años. En primera instancia, se halló una buena correspondencia entre las variaciones del nivel del mar registradas y el modelo propuesto para el sur de Brasil por Martin & Suguio (1989, 1992), corroborado previamente para la costa uruguaya por Bracco y Ures (1998). No obstante, en tanto el modelo

Silicofitolitos: aplicaciones para la reconstrucción de sistemas de subsistencia prehistóricos.

regional propone una regresión constante desde *ca.* 2500 A.P. hasta nuestros días, García *et al.* (2001) encontraron evidencias de una pequeña trasgresión que habría tenido lugar en tiempos recientes. Mediante el análisis de silicofitolitos, y haciendo especial hincapié en aquellos correspondientes a células cortas de gramíneas, se propuso un modelo de evolución climática para el período comprendido: condiciones húmedas y cálidas previas al 2.250 A.P. (edad radiocarbónica), inferidas a partir del predominio de fitolitos *panicoides*; clima cálido, árido a semiárido o con marcada estacionalidad en las precipitaciones, inferido, para el 2.250 A.P., en función de la marcada abundancia de fitolitos *chloridoides*; posteriormente, a partir de la supremacía de fitolitos *pooides*, se propone la transición hacia condiciones templadas, de menor temperatura y humedad relativa. Es interesante destacar que, dentro de este último período climático propuesto, se constata un pulso breve de condiciones más cálidas y húmedas. Este cambio se registra en la misma unidad para la que se propone un evento transgresivo más moderno, próximo al 1000 AP. (García *et al.*, 2001).

Más recientemente, estudios similares llevados a cabo sobre un testigo tomado en la costa de la Laguna Negra (Bracco *et al.*, 2001; Inda *et al.*, 2001), permitieron obtener un registro de los cambios climáticos y ambientales para los últimos 4000 años. A partir del análisis de diatomeas y de silicofitolitos, se observaron evidencias de un período árido que se habría extendido desde *ca.* 4000 A.P. hasta *ca.* 2500 A.P. Para el inicio del mismo, se infieren bajas temperaturas, que habrían ascendido paulatinamente hasta su culminación. Para el período posterior al 2500 A.P., se constatan importantes variaciones de temperatura y humedad. Entre estas se destacan: condiciones áridas a semiáridas y bajas temperaturas para el 1720 ± 50 (^{14}C); condiciones húmedas y cálidas para un período posterior; y finalmente, un evento semiárido y frío para tiempos más recientes. Si bien no se cuenta, hasta el momento, con fechados absolutos para estos dos últimos eventos climáticos, se ha propuesto que el primero de ellos, cálido y húmedo, podría corresponder al Período Cálido Medieval (*ca.* 1000 A.P.), en tanto las condiciones semiáridas frías del segundo podrían ser evidencia de la Pequeña Edad de Hielo (200-800 A.P.) (Bracco *et al.*, 2001).

La información producida por estos trabajos pioneros constituyó un aporte significativo para la discusión e interpretación de la problemática arqueológica regional, permitiendo trascender la visión actualística imperante en los modelos hasta entonces vigentes. Un buen ejemplo de esto, es la alta correspondencia evidenciada entre los cambios en la extensión de los humedales, en función de las variaciones del nivel de base y la pluviosidad y la ubicación y expansión de las estructuras monticulares (Bracco *et al.*, 2001; Inda *et al.*, 2001).

¿Colectar o Cultivar?: las estrategias de subsistencia integrando la información cultural y ambiental

Intentando llevar a cabo un abordaje integral, mediante la producción de datos culturales y ambientales a partir del registro arqueológico y la discusión articulada de los mismos, se llevaron a cabo análisis de partículas biosilíceas en materiales procedentes de dos sitios arqueológicos de la cuenca de la laguna de Castillos: "Cráneo Marcado" y "Guardia del Monte". De esta forma, se pretendió acceder, con un mayor nivel de resolución, a la comprensión de los sistemas de subsistencia, es decir a la interrelación del Hombre con su entorno, en el marco de la prehistoria de las Tierras Bajas del Este del Uruguay.

Para el análisis, se procedió a la extracción, identificación y cuantificación de partículas biosilíceas (fitolitos, diatomeas, *crisofíceas* y espículas de espongiarios) a partir de los siguientes materiales:

- a. Matriz sedimentaria: se analizaron muestras correspondientes a las distintas unidades estratigráficas identificadas a partir de las excavaciones correspondientes a la planicie y al túmulo mayor de cada sitio.
- b. Material cerámico: se llevó a cabo el análisis de partículas biosilíceas extraídas de la cara interna de tuestos provenientes de la planicie y el túmulo de "Cráneo Marcado", con el propósito de identificar posibles restos de contenido.
- c. Instrumentos de molienda: se procedió a la extracción y análisis de fitolitos de la superficie activa de 6 morteros recuperados en el túmulo de "Guardia del Monte", en busca de evidencias sobre el procesamiento de recursos vegetales.

Registro cultural:

El diagrama de la figura 3 muestra la distribución porcentual de los principales grupos de fitolitos identificados en las muestras sedimentarias de cada sitio. Quedan expresamente excluidos los fitolitos pertenecientes a gramíneas silvestres, que serán tratados más adelante cuando se discuta la información ambiental.

Por otra parte, en la figura 4 se presentan gráficamente los valores de riqueza y diversidad obtenidos, a partir de los morfotipos identificados, para cada una de las muestras sedimentarias. Los valores de riqueza corresponden al número de recursos (no de fitolitos) identificados para cada muestra, en tanto que los valores de diversidad (obtenidos a partir del índice de Shanon & Winner) reflejan, además del número, la representación proporcional de los mismos. Como se desprende del gráfico, las muestras procedentes del sitio "Cráneo Marcado", en especial las que corresponden al túmulo, son las que presentan mayor riqueza y diversidad de recursos.

Registro ambiental:

Silicofitolitos: aplicaciones para la reconstrucción de sistemas de subsistencia prehistóricos.

Teniendo en cuenta que los túmulos o “cerritos” son construcciones artificiales en tierra, producto de sucesivos eventos de acumulación de materiales sedimentarios provenientes principalmente del horizonte A del suelo circundante (Castiñeira y Piñeiro, 2000), es posible suponer que cada episodio constructivo halla aportado un registro de la vegetación circundante. De ser así, esto podría aportar importante información de las condiciones ambientales y climáticas imperantes durante la ocupación de los sitios.

Con el propósito de constatar si era factible extraer información ambiental a partir del registro arqueológico, se llevaron a cabo análisis multivariados considerando las frecuencias de los morfotipos correspondientes a células cortas de gramíneas.

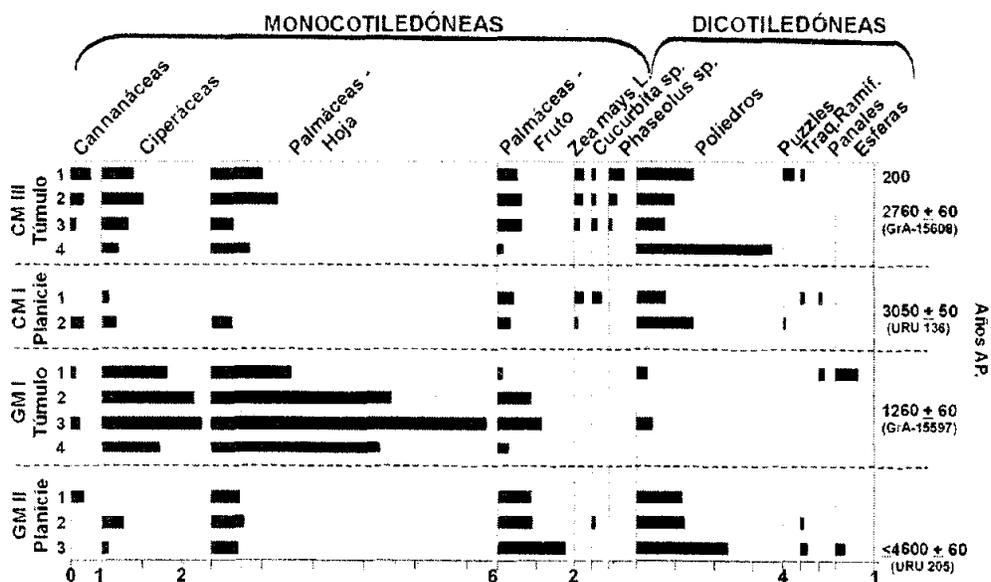


Figura 3. Diagrama de representación porcentual de silicofitolitos identificados en las muestras arqueológicas. Los fechados radiocarbónicos fueron tomados de Capdepont (2000). La antigüedad de 200 años A.P. atribuida a la muestra 1 de Cráneo Marcado III, responde al hallazgo, en esta unidad, de materiales de origen europeo (loza, vidrio, metal).

Al graficar los dos primeros componentes (99% de la variabilidad total), obtenidos mediante el análisis de componentes principales, se obtuvo el gráfico de la figura 5. El factor 1 (59,15%) resume la variabilidad de los fitolitos *chloridoides* (-0.85) y *panicoides* (0.98), en tanto el factor 2 (40,84%) resume la variabilidad de los fitolitos *pooides* (0.96). Si tomamos en consideración las condiciones ambientales, antes mencionadas, en las que predominan las

gramíneas productoras de estos fitolitos, podemos asumir que el factor 1, expresado en el eje de las x , se vincula estrechamente con un gradiente ascendente de humedad, en tanto el factor 2, graficado en el eje de las y , muestra una alta correspondencia con un gradiente descendente de temperatura.

De acuerdo a lo anterior, y considerando las cronologías correspondientes a las muestras analizadas (Capdepont, 2000), se propuso el siguiente esquema de evolución climática:

- 4600 AP.: semiárido-frío
- 3000 AP.: árido-cálido
- 2700 AP.: semiárido-frío
- 1200 AP.: húmedo-cálido
- 200 AP.: semiárido-frío.

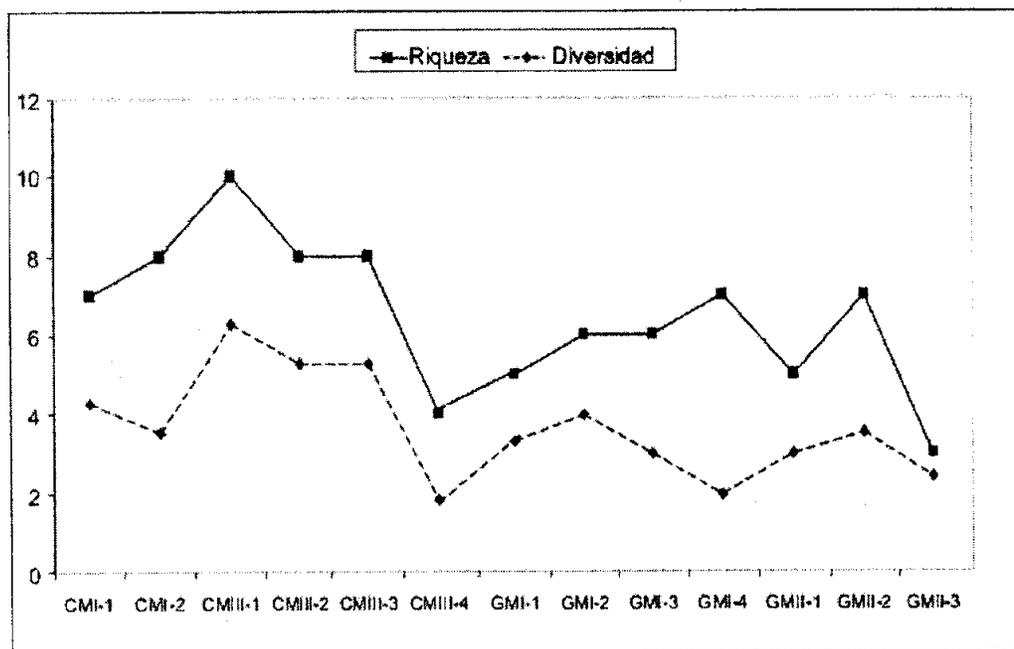


Figura 4. Gráfico de valores de riqueza y diversidad de recursos vegetales identificados en las muestras arqueológicas.

La existencia de un período árido, o marcadamente estacional, entre ~ 4.500 AP. y ~ 2.500 AP. ha sido propuesta por diferentes autores, tanto a nivel macrorregional (Bombín y Klamt, 1974; Iriondo y García, 1993) como a escala local (Bracco *et al.*, 2000c; Inda *et al.*, 2001). No obstante, a partir de los resultados expuestos se evidencian cambio en la temperatura al interior de este período. Si observamos la curva de los niveles marinos propuesta por Martin y Suguio (1989, 1992) para la costa sur de Brasil, y corroborada por Bracco y Ures (1998) y García *et al.* (2001) para la costa uruguaya, encontramos una buena correspondencia entre las

condiciones climáticas inferidas y las fluctuaciones del nivel del mar. Las condiciones semiáridas-frías del 4.600 AP. y 2.700 AP. corresponden a períodos regresivos, en tanto que para el transgresivo del 3.000 AP. se habrían dado condiciones áridas y cálidas. Para el 1.200 AP., con un nivel del mar aproximándose paulatinamente al actual, se evidencian condiciones húmedas y cálidas. Iriondo y García (1993) refieren estas condiciones entre el 1.400 AP. y el 800 AP., atribuyéndolas a la intensificación de la influencia del anticiclón Atlántico Sur. Finalmente, el evento semiárido-frío registrado para el 200 AP. puede ser una nueva evidencia de lo que se ha dado en llamar “La Pequeña Edad de Hielo”, referida entre el 800 AP. y el 200 AP. (Iriondo y García, 1993).

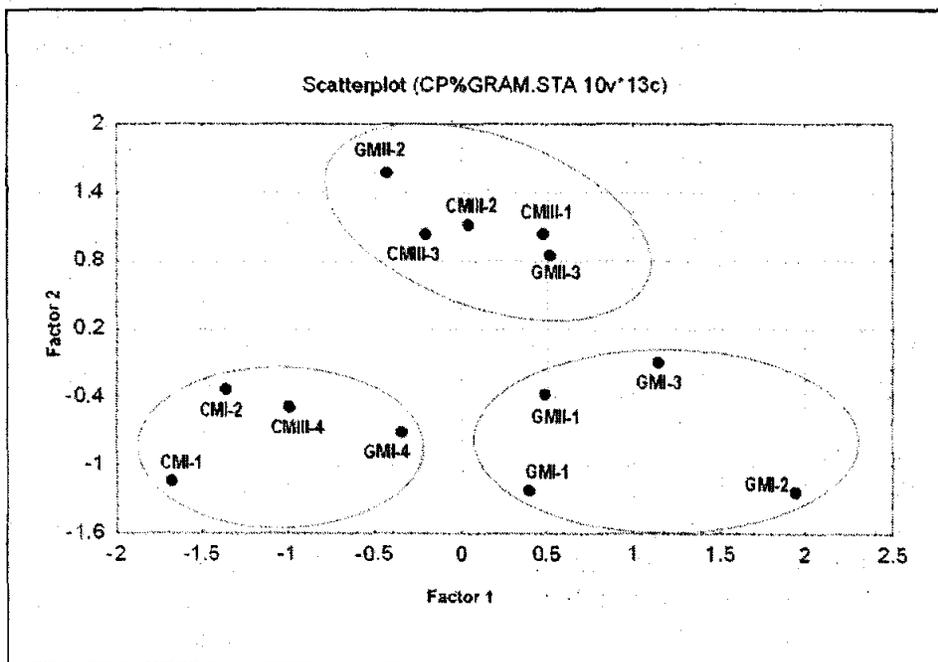


Figura 5. Gráfico de los dos primeros componentes, obtenido a partir del análisis de componentes principales.

Dinámica ambiental y cultural:

El aprovechamiento prehistórico de los recursos vegetales, tanto silvestres como cultivados, reportados en este estudio, fue propuesto en estudios fitolíticos anteriores efectuados para otros sitios de la región (Campos *et al.*, 2001, del Puerto y Campos, 1999; del Puerto *et al.*, 1999). Sin embargo, el registro de algunos de estos recursos en la cara interna de recipientes cerámicos y en la superficie activa de instrumentos de molienda, no cuenta con antecedentes para el área de estudio. Desde esta perspectiva, constituye un aporte significativo al

brindar evidencias más directas del uso y procesamiento de los recursos involucrados.

Aún así, desde el punto de vista de las estrategias de subsistencia, sin dudas lo más destacable de los resultados obtenidos es la variación registrada en la representación de los recursos en las muestras analizadas. Si consideramos la cronología correspondiente a estas muestras, esta disparidad presenta una interesante relación temporal. Los cultígenos, por ejemplo, aparecen en el registro hacia el 3000 AP., y se mantienen hasta *ca.* 2500 AP., apareciendo luego recién en el entorno del 200 AP. Para estas cronologías, a su vez, se registraron los mayores valores de diversidad y riqueza de recursos vegetales.

Ahora bien, si incorporamos la información ambiental obtenida a partir de estas mismas muestras, la variación temporal observada en el registro arqueobotánico cobra una nueva dimensión. Es precisamente para los momentos de mayor estrés ambiental que se registra una mayor diversidad de recursos en el registro, incluyendo vegetales cultivados. La presencia de estos últimos en especial, se halla evidenciada para los momentos áridos y semiáridos, no habiendo sido registrados en las muestras correspondientes al período cálido y húmedo de *ca.* 1.200 AP. Para estas muestras, a su vez, se constató una menor diversidad de recursos, junto a una marcada abundancia de algunos recursos específicos como las palmáceas y ciperáceas.

En función de lo anterior, es posible sustentar que las estrategias de subsistencia de los grupos pre y protohistóricos que ocuparon el área, desde *ca.* 4.600 AP. hasta *ca.* 200 AP., fueron modificándose y ajustándose a las condiciones ambientales imperantes. Es así que, en términos generales, podemos hablar de dos estrategias principales, en lo que a recursos vegetales se refiere:

-Una estrategia especializada, con una baja diversidad de recursos, de los cuales uno o dos se presentan con una marcada abundancia. Esta estrategia habría sido implementada bajo condiciones ambientales benignas, hacia el 1.200 AP., con una mayor abundancia y disponibilidad de recursos. En estas condiciones, con recursos abundantes y tiempo de búsqueda mínimo, se da una fuerte selección hacia aquellos recursos que proveen mayor tasa de retorno inmediato (Bettinger, 1982). La marcada abundancia de fitolitos de palmáceas y ciperáceas (recursos de amplia distribución actual en la región) en las muestras correspondientes a esta cronología, estaría dando cuenta de tal comportamiento.

- Una estrategia generalizada, o de amplio espectro, con mayor diversidad de recursos aprovechados. Esta estrategia se habría implementado bajo condiciones de estrés ambiental, registradas entre *ca.* 4.600 AP. y *ca.* 2.700 A.P., y para *ca.* 200 AP. En estas condiciones, con una menor abundancia de recursos, se incrementa el tiempo de búsqueda y, en compensación, se amplía la dieta incluyendo recursos de contingencia de menor nivel y mayor costo de procesamiento (Bettinger, 1982). La mayor diversidad de recursos vegetales registrada en las muestras correspondientes a estas cronologías, estaría

Silicofitolitos: aplicaciones para la reconstrucción de sistemas de subsistencia prehistóricos.

evidenciando la implementación de este tipo de estrategia. Por otra parte, el registro de recursos cultivados para los momentos áridos a partir del 3.000 AP., estaría indicando que los mismos fueron parte de esta estrategia de amplio espectro. Desde esta perspectiva, es posible sustentar que los recursos cultivados fueron incorporados en procura de disminuir los riesgos y aumentar el retorno energético por tiempo de búsqueda y traslado.

El hecho de que una estrategia de subsistencia denote determinada preferencia por algunos recursos en tiempos de abundancia no es un descubrimiento, más aún, es un comportamiento constatado a través del tiempo para numerosos grupos nativos de todo el continente. Lo esencial entonces es el comportamiento frente a constricciones ambientales. La disminución de aquellos recursos preferidos llevó a una ampliación de la base de subsistencia para, mediante una menor selectividad, satisfacer las demandas del grupo. Por otra parte, la inclusión de recursos cultivados en este espectro más amplio, ofrece indicios invaluable en términos de estrategias de subsistencia: todo parece indicar que estos grupos se sirvieron del cultivo como recurso de contingencia, pero esto no implicó una transformación del resto de su cultura.

Finalmente, si bien los resultados obtenidos y la discusión planteada para estos sitios no pueden extrapolarse a toda la región, constituyen un punto de partida hacia una percepción más profunda de la problemática abordada. Este mayor nivel de detalle abre nuevas puertas a la interpretación de la prehistoria de los "constructores de cerritos" y, lejos de proporcionar respuestas simples y directas para su entendimiento, genera nuevas interrogantes que permiten vislumbrar una compleja interrelación de fenómenos cuya dinámica no siempre es fácil de interpretar a través de aquello que ha prevalecido hasta nuestros días.

En este sentido, retomando el modelo económico interpretativo propuesto, parece innegable la eficiencia de la economía de los "grupos constructores de cerritos". Pero no hablamos ya de una economía basada en la explotación de ambientes altamente productivos; hablamos de una economía dúctil, eficiente en cuanto a su capacidad de adaptarse exitosamente a importantes variaciones de un ambiente que decididamente no fue siempre tan benefactor como lo es hoy. Por otro lado, tampoco podemos hablar de una economía en "proceso de intensificación", con la connotación evolutiva implícita en el modelo de viajeros/procesadores (Bettinger, 1991). Es evidente, al menos para el contingente humano que ocupó estos sitios, que ambas estrategias formaron parte de esa economía dúctil, y que fueron implementadas reiteradamente como respuesta a la disponibilidad de recursos determinada por las variaciones ambientales.

DISCUSIÓN FINAL

Arqueología y silicofitolitos: El futuro del pasado

Hemos intentado ejemplificar, a través de distintos estudios llevados a cabo en Uruguay, el potencial del análisis de silicofitolitos para estudios paleoeconómicos y paleoambientales. Al mismo tiempo, esta reseña de lo que ha sido la evolución de la técnica y su integración en diversos proyectos de investigación, pretende mostrar cómo, al igual que cualquier herramienta analítica, sus aplicaciones se hallan estrechamente vinculadas a los intereses y las interrogantes planteadas para cada estudio en particular. No quedan dudas de que aún queda mucho por explorar, y que estamos lejos de haber agotado las posibilidades de aplicación de este tipo de análisis.

Finalmente, y de acuerdo a lo expuesto a través del presente artículo, se debe hacer hincapié en el hecho que, si bien los análisis fitolíticos han aportado datos relevantes a las investigaciones arqueológicas y paleoambientales, deben ser considerados como parte integral de las mismas. Ninguna técnica, por novedosa o promisoría que sea, debe ser entendida como una panacea capaz de aplicarse en forma aislada y descontextualizada para resolver los problemas que enfrenta el investigador. Por lo tanto, la intención última de este emprendimiento es que estas nuevas herramientas formen parte del diseño de la investigación, contribuyendo así a la generación de datos, hipótesis de trabajo y modelos de interpretación de esa realidad que la mayoría de las veces se presenta lejana, confusa, esquiva, pero no necesariamente indescifrable.

Trabajo recibido en 2003 y aceptado para publicar en 2004.

BIBLIOGRAFÍA

- Bertoldi de Pomar, H. 1975. Los silicofitolitos: Sinopsis de su conocimiento. *Darwiniana* 19:173-206.
- Bettinger, R. 1982. Explanatory/Predictive Models of Hunter-Gatherer Adaptation. En Schiffer, M.B. (Ed.): *Advances in Archaeological Method and Theory*, selections Vol. 1-4: 157-210.
- Bettinger, R. 1991. *Hunter-Gatherers. Archaeological and Evolutionary Theory*. Plenum Press. New York.
- Bombin, M. y E. Klamt. 1974. Evidencias paleoclimáticas em solos do Rio Grande do Sul. *Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS*, 3:183-193.
- Bracco, R. y C. Ures. 1998. Las variaciones del nivel del mar y el desarrollo de las culturas prehistóricas del Uruguay. En: *Actas del II Congreso Uruguayo de Geología*, Sociedad Uruguaya de Geología, Facultad de Ciencias: 16-20.
- Bracco, R., Cabrera, L. y J.M. López. 2000a. La Prehistoria de las Tierras Bajas de la Cuenca de la Laguna Merín. En: Durán, A. y R. Bracco (Eds.) *Arqueología de las Tierras Bajas*. Ministerio de Educación y Cultura, Montevideo: 13-38.
- Bracco, R., Fregeiro, M., Panarello, H., Odino, R. y B. Souto. 2000b. Dietas, modos de producción de alimentos y complejidad. En Durán, A. y R. Bracco (Eds.): *Arqueología de las Tierras Bajas*. Ministerio de Educación y Cultura, Montevideo: 227-248.
- Bracco, R., Montaña, J., Bossi, J., Panarello, H. y C. Ures. 2000c. Evolución del humedal y ocupaciones humanas en sector Sur de la Cuenca de la Laguna Merín. En Durán, A. y R. Bracco (Eds.): *Arqueología de las Tierras Bajas*. Ministerio de Educación y Cultura, Montevideo: 99-116.
- Bracco, R., del Puerto, L., Castiñeira, C. y H. Inda. 2001. Expansión de los constructores de cerritos. *X Congreso Nacional de Arqueología Uruguaya. Libro de Resúmenes*: 21. Montevideo.
- Campos, S., del Puerto, L. y H. Inda. 2001. Opal phytoliths analysis: its application to the archaeobotanical record in the East of Uruguay. En Meunier, J.D. y F. Colin (Eds.): *Phytoliths: Applications in Earth Sciences and Human History*: 129-142. Balkema.
- Capdepon, I. 2000. *Manifestaciones Funerarias de los "Constructores de Cerritos". Laguna de Castillos*. Tesis de Grado, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Montevideo. 180pp.

Bozarth, S.R. 1992. Classification of opal phytoliths formed in selected dicotyledons native to the Great Plains. En: Rapp, G. Jr. y S.C. Mulholland (Eds.) *Phytolith Systematics. Emerging Issues, Advances in Archaeology and Museum Science* 1: 193-214.

Castiñera, C. y G. Piñeiro. 2000. Análisis estadístico textural para el estudio de las columnas estratigráficas de las excavaciones I y II del Bañado de los Indios. En: Durán, A. y R. Bracco (Eds.): *Arqueología de las Tierras Bajas*, Ministerio de Educación y Cultura, Montevideo: 469-478

del Puerto, L. y S. Campos. 1999. Silicofitolitos: un abordaje alternativo de la problemática arqueobotánica del Este de Uruguay. En Aschero, C.A., Korstanje, M.A. y P.M. Vuoto (Eds.): *En los Tres Reinos: Prácticas de Recolección en el Cono Sur de América*: 141-150. Ediciones Magna Publicaciones, Tucumán.

del Puerto, L., Inda, H. y S. Campos. 1999. Análisis de silicofitolitos de la matriz sedimentaria del sitio CG14E01, Rocha (R.O.U.). *Ameghiniana*, T.36. N°4-Suplemento: 41R.

Fredlund, G.G. 1993. Paleoenvironmental interpretations of stable Carbon, Hydrogen and Oxygen isotopes from opal phytoliths, Eustis Ash Pit, Nebraska. En: D.M. Pearsall y D.R. Piperno (Eds.) *Current research in phytolith analysis: applications in archaeology and paleoecology*. MASCA Research Papers in Science and Archaeology 10: 37-46.

García, F., del Puerto, L., Castiñera, C., Inda, H., Bracco, R., Sprechmann, P. y B.W. Scharf. 2001. Preliminary Paleolimnological Study of Rocha Lagoon, SE Uruguay. *Limnologica* 31 (2001) 221-228.

Inda, H., del Puerto, L., Castiñera, C. y D. Panario. 2001. Dinámica Ambiental: Aportes para una nueva interpretación en la Prehistoria de la Cuenca de la Laguna Merín. *XIV Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Libro de Resúmenes*: 396. Rosario.

Iriondo, M. y N. García. 1993. Climatic variations in the Argentine Plain during the last 18.000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 101: 209-220

Juan-Treserras, J. 1997. *Procesado y preparación de alimentos vegetales para consumo humano. Aportaciones del estudio de fitolitos, almidones y lípidos en yacimientos arqueológicos prehistóricos y protohistóricos del cuadrante NE de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, Facultad de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología.

López, J.M. y R. Bracco. 1992. Relación Hombre-Medio Ambiente en las poblaciones prehistoricas de la zona este del Uruguay. En: Ortiz-Troncoso, O. y T. Van der Hammen (Eds.): *Archaeology and Environment in Latin America*, 259-282, Amsterdam.

López, J.M. y R. Bracco. 1994. Cazadores recolectores de la Cuenca de la Laguna Merín: Aproximaciones Teóricas y Modelos Arqueológicos. En Lanata, J.L. y L. Borrero (Comp.): *Arqueología de Cazadores-Recolectores. Límites, Caos y Aperturas. Arqueología Contemporánea*: 51-64. Argentina.

Martín, L. y K. Suguio. 1989. Excursion Route along the Brazilian coast between Santos (SP) and Campos (RJ) (North of State of Rio de Janeiro). *International Symposium on Global Changes in*

Silicofitolitos: aplicaciones para la reconstrucción de sistemas de subsistencia prehistóricos.

South American during the Quaternary. Special Publication, N°2. ABEQUA-INQUA, Sao Paulo. 136p.

Martín, L. y K. Suguio. 1992. Variation of Coastal dynamics during the last 7000 years recorded in the beach ridge plains associated with rivers mouths: example from de central brazilian coast. *Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 99:119-140.

Mulholland, S. y G. Rapp Jr. 1992. Phytolith systematics: an introduction. En Rapp G. y S. Mulholland (Eds.): *Phytolith Systematics. Emerging Issues. Advances in Archaeological and Museum Science*, 1: 1-15.

Mulholland, S. & C. Prior. 1993. AMS Radiocarbon dating of phytoliths. En Pearsall, D.M. y D.R. Piperno (Eds.): *Current research in phytolith analysis: applications in archaeology and paleoecology*. MASCA Research Papers in Science and Archaeology 10: 21-24.

Pearsall, D.M. 1989. *Paleoethnobotany: A handbook of procedures*. Academic Press, San Diego.

Rovner, I. 1971 Potential of opal phytolith for use in paleoecological reconstruction. *Quaternary Research* 1:343-359.

Rowlett, R.M. y D.M. Pearsall. 1993. Archaeological age determinations derived from opal phytoliths by thermolumuniscence. En Pearsall, D.M. y D.R. Piperno (Eds.): *Current research in phytolith analysis: applications in archaeology and paleoecology*. MASCA Research Papers in Science and Archaeology 10: 25-30.

Twiss, P.C. 1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. En Rapp, G. Jr. y S.C. Mulholland (Eds.): *Phytolith Systematics. Emerging Issues. Advances in Archaeology and Museum Science* 1: 113-128.

Twiss, P.C., Suess, E. y R.M. Smith. 1969. Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Science of America, Proceedings* 33: 109-115.