

PALEOETNOBOTÁNICA
DEL CONO SUR:
Estudios de caso y propuestas metodológicas

B. Marconetto, P. Babot y N. Oliszewski
Compiladores

PALEOETNOBOTÁNICA
DEL CONO SUR:
Estudios de caso y propuestas metodológicas

Lista de evaluadores

Babot, Pilar - Instituto de Arqueología y Museo, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán -? Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.
Instituto Superior de Estudios Sociales, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Bonnin, Mirta – Museo de Antropología, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Chevalier, Alexandre - Dep. of Anthropology, University of California Berkeley, Berkeley, CA 94720-3710

Del Puerto, Laura - Museo Nacional de Historia Natural y Antropología – Ministerio de Educación y Cultura del Uruguay.

Figini, Aníbal - Laboratorio de Tritio y Radiocarbono, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Hocsman, Salomón - Instituto Superior de Estudios Sociales, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Inda, Hugo - Investigador Independiente (Uruguay)

Laguens, Andrés - Museo de Antropología, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Marconetto, María Bernarda - Museo de Antropología, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Oliszewski, Nurit - Instituto Superior de Estudios Sociales, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Perez de Micou, Cecilia – Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Pocchettino, María Lelia - Laboratorio de Etnobotánica y Botánica Aplicada, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Quiroga, Laura - Programa de Historia de América Latina, Instituto de Historia Argentina y Americana Prof. Emilio Ravignani, Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Rodríguez, María Fernanda – Instituto de Botánica Darwinion - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Scattolin, María Cristina - Museo Etnográfico, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Solari, María Eugenia - Laboratorio de Arqueobotánica e Historia Ambiental, Instituto de Ciencias Sociales, Universidad Austral de Chile.

Williams, Verónica - Instituto Ciencias Antropológicas, Sección Arqueología, Facultad Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Zaburlin, María Amalia -

GRANOS DE ALMIDÓN EN CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS: POSIBILIDADES Y PERSPECTIVAS A PARTIR DE CASOS DEL NOROESTE ARGENTINO

María del Pilar Babot*

RESUMEN

En este trabajo se efectúa una propuesta metodológica para el análisis de granos de almidón en contextos arqueológicos, en el marco de un enfoque que implica el estudio del conjunto completo de microfósiles. Se describen y discuten protocolos para cada etapa del proceso de análisis. Por último, a partir de la experiencia desarrollada en casos de estudio prehispánicos del Noroeste argentino, se efectúa una evaluación crítica de las posibilidades y perspectivas de la metodología para la asignación taxonómica y anatómica en distintos casos, poniendo esto en relación con el papel de los granos de almidón en la resolución de diversos problemas de índole arqueológico, tales como la domesticación vegetal y las cadenas de procesamiento de recursos útiles.

PALABRAS CLAVE: granos de almidón, microfósiles, plantas útiles, domesticación vegetal, Área Surandina

ABSTRACT

A methodological proposal for the starch grain analysis in archaeological contexts is made within the framework of a broader approach that implies the whole microfossil assemblage study. Protocols for different analytical stages are described and discussed. Finally, a critic evaluation of possibilities and perspectives of starch grain methodology for taxonomic and anatomic appointments, is made on the base of study cases from Northwestern Argentina. Besides, starch's ability for the answering of several archaeological questions, such as plant domestication and sequences of processing for useful plants, is pointed out.

KEYWORDS: starch grains, microfossils, useful plants, plant domestication, South Andean Area

* Instituto de Arqueología y Museo, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. shy pb@arnet.com.ar

INTRODUCCIÓN

Los microfósiles con valor arqueológico

En una definición amplia (Brasier 1980, modificada por Coil *et al.* 2003: 992) un *microfósil* es «(...) cualquier sustancia biogénica microscópica que sea vulnerable a los procesos naturales de sedimentación y erosión (...) independientemente de la manera en que se preserve o el tiempo transcurrido desde su muerte». Diversas clases de micropartículas con valor arqueológico son abarcadas por este concepto (Babot 2004; Coil *et al.* 2003) (Tabla 1). Entre ellas, se encuentran los *microrrestos botánicos* que incluyen distintos tipos de partículas microscópicas de origen vegetal, tales como granos de almidón, silicofitolitos -cuerpos de sílice hidratada opalina-, fitolitos de calcio o calcifitolitos -cristales de oxalato, carbonato o fosfato cálcico-, granos de polen y esporas. Estos constituyen elementos con diferente origen anatómico y/o fisiológico cuya producción diferencial está controlada genéticamente y cuyos atributos pueden poseer valor taxonómico (Esau 1976; Loy 1994; Mulholland y Rapp 1992).

En un sentido más amplio, el análisis de micropartículas incluye también, la observación de otros elementos vegetales con un significado taxonómico menor, tales como anillos de celulosa y fragmentos de tejido en estado carbonizado o deshidratado. Asimismo, deben mencionarse, por un lado, restos de organismos protistas, tales como frústulas de diatomeas y escamas y quistes de crisofíceas y por otro lado, partículas de origen animal como esferulitas de carbonato cálcico y espículas de esponjas.

Debido a sus características particulares de supervivencia a diferentes procesos tafonómicos, a su estabilidad general como componentes de suelos, sedimentos y artefactos y a su valor taxonómico los microfósiles han sido utili-

Tabla 1. Clases de microfósiles con valor arqueológico.

Microfósiles de origen vegetal	Inclusiones celulares (sustancias ergásticas) Partículas intercelulares y moldes de células completas Órganos Fragmentos de tejido	Granos de almidón Silicofitolitos Cristales de calcio Anillos de celulosa Silicofitolitos Granos de polen Esporas Tejido deshidratado Microcarbones
M. de origen animal	Partes de organismos Productos metabólicos	Espículas de esponjas Esferulitas de origen animal
M. de origen protista	Organismos completos o partes	Frústulas de diatomeas Escamas y quistes de crisofíceas

zados sistemáticamente desde la década de 1970 en el ámbito de la Arqueología, como indicadores de la presencia de plantas aún en lugares en donde no se ha favorecido la preservación de macrorrestos vegetales (Juan-Tresserras 1992; Loy 1994; Mulholland y Rapp 1992; Pearsall 2000; Piperno 1990; Radley 1943; etc.). Probablemente, la supervivencia diferencial de las distintas clases de micropartículas depende, por un lado, de su susceptibilidad al ataque de microorganismos y, por el otro lado y en una medida importante, de una combinación de su fragilidad, dureza y solubilidad. Estas propiedades se vinculan directamente con la composición inorgánica de la mayor parte de ellos -como en el caso de los silicofitolitos, fitolitos de calcio y otros cuerpos de sílice-, y/o con su naturaleza cristalina o pseudocristalina -como en el caso de los cristales de calcio y granos de almidón-.

Los granos de almidón

Los granos de almidón son constituyentes comunes de las células de la mayoría de las plantas superiores y la manera principal en que éstas almacenan carbohidratos. También se encuentran en hongos, algas y otros organismos (Esau 1976; Radley 1943). El almidón está constituido por dos formas diferentes de la misma sustancia, los polímeros denominados amilosa y amilopectina, de las cuales depende el comportamiento físico de los granos (Masterton *et al.* 1991; Radley 1943). La primera es una sustancia soluble responsable de la coloración azul-violeta a negro con Lugol¹ (I₂-KI); mientras que la segunda, se comporta como una pasta viscosa y gelatinosa con agua, dando una reacción que va de incolora, rosa, marrón y rojo-azulada a violeta luminoso (Fitt y Maywald Zinder 1984; Radley 1943). Las moléculas de ambas se disponen de manera ordenada y alternada conformando cada uno de los estratos de crecimiento, los cuales se suceden generando una estructura pseudocristalina (De Robertis y Hib 1998).

El almidón es insoluble en agua fría y en solventes orgánicos, lo cual favorece su supervivencia; sin embargo, es propenso a disolverse en condiciones ácidas, excepto que se encuentre protegido de la degradación por tejidos, sellos bacterianos u otros elementos (Juan-Tresserras 1992; Radley 1943). Los granos son higroscópicos, es decir, que poseen la capacidad de absorber agua fría e hincharse en un proceso reversible que tiene su contraparte en el encogimiento por deshidratación. Sin embargo, al ser calentados en un medio húmedo, en rangos de temperatura que dependen de la especie, gelatinizan irreversiblemente, pudiendo incrementar varias veces su tamaño original, perdiendo la birrefringencia y, ocasionalmente, reventando y derramando su contenido en el punto de solubilización -proceso de gelatinización- (Radley 1943). El almidón constituye una de las principales fuentes alimenticias de hongos, bacterias y microfauna edáfica, siendo ésta una de las causas más importantes de su

degradación -biodegradación-. Está demostrado que los granos se preservan mejor en artefactos y sustancias adheridas que en suelos y sedimentos, en donde solo describen movimientos descendentes acotados (Therin 1994). Las variantes en las propiedades de estos últimos -pH, temperatura, textura y contenido de humedad, entre otras- definen de una manera importante las posibilidades de supervivencia en los contextos de depositación (Haslam 2004).

Las plantas producen dos clases de granos de almidón en el interior de plástidos, los que contienen *almidón de reserva* y los que llevan *almidón transitorio*. Los granos que poseen el denominado «almidón de reserva» se depositan generalmente en amiloplastos de semillas y el parénquima de órganos de almacenamiento especializados, tales como raíces carnosas, tubérculos, rizomas y bulbos. También pueden formarse en frutos maduros y en el parénquima-esclerénquima de los tejidos vasculares secundarios de tallos y raíces, y desarrollarse dentro de cloroamiloplastos. Almacenan energía para situaciones de *stress* y la germinación.

El almidón de reserva es el que posee valor arqueológico ya que se produce en abundancia, frecuentemente, en tamaños mayores que el «almidón transitorio» -típicamente entre 1 y 100 μ m- y bajo un considerable control genético. Esto último se manifiesta en la presencia de atributos con significado taxonómico entre los que pueden mencionarse: anisotropía óptica y doble refracción o birrefringencia que ocasiona la formación de una cruz de extinción negra -también denominada cruz de Malta o cruz de Maltesse- al ser observados con analizador², tendencias morfológicas y dimensionales, presentación de hilo, *lamella* y fisuras, ordenamiento como partículas simples o compuestas, etc. (Figura 1).

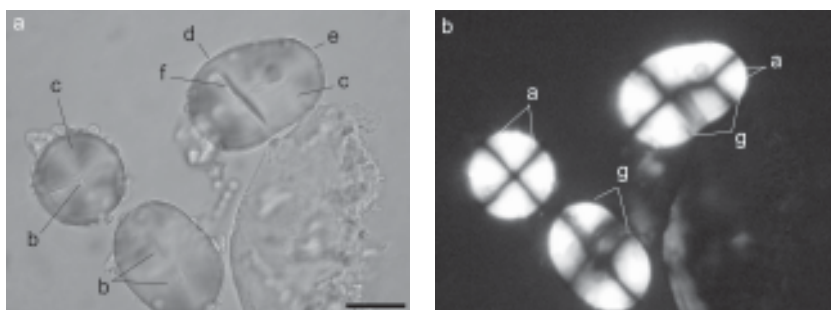


Figura 1. Atributos de los granos de almidón. Granos de almidón simples y compuestos -dobles- de semilla de *Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris*. Las imágenes corresponden a vistas con luz normal (a) y polarizada (b). Referencias: a) ramas o brazos de la cruz de extinción, b) hilo, c) *lamella*, d) contorno, e) extremo o terminación, f) fisuras típicas del grano inalterado, g) *granula* en un grano compuesto. Escala: 20 μ m.

Por su parte, los granos que contienen «almidón transitorio» o «almidón de asimilación» se acumulan en cloroamiloplastos de hojas, tallos verdes, puntos de crecimiento, frutos inmaduros, capullos de flores, granos de polen y tejidos secretores pero, a diferencia del almidón de reserva, carecen de propiedades diagnósticas. Varían entre 0,2 y 7 μm , generalmente, son discoidales. Esta clase de almidón, que constituye una fuente transitoria de energía, se produce durante la fotosíntesis y en la noche se hidroliza y distribuye hacia otros tejidos (Fredriksson 1998; Juan-Tresserras 1992; Manners 1968; Shannon y Garwood 1984; Sterling 1968). Constituye la materia prima a partir de la cual se resintetiza el almidón de reserva en los amiloplastos.

Como ocurre con las restantes clases de microfósiles, en el estudio de granos de almidón deben tenerse en cuenta dos fenómenos vinculados con su producción que limitan las potencialidades de filiación taxonómica y anatómica de los mismos: la *multiplicidad* y la *redundancia*. El primero de ellos se refiere a que una misma planta puede producir diferentes clases morfológicas de una determinada micropartícula aunque, en el caso de los granos de almidón, el conjunto de formas es reducido y reconocible en su asociación. La redundancia hace mención a la posibilidad de que diferentes taxones puedan producir morfologías idénticas o similares de una misma clase de micropartícula (Boyd *et al.* 1998; Pearsall 2000). En efecto, ciertas formas y tamaños de granos de almidón son tan frecuentes en distintas plantas que su valor taxonómico o anatómico es nulo en un análisis de partícula por partícula; sin embargo, su significado se potencia cuando son estudiados en conjunto con otras formas más diagnósticas.

Las aplicaciones de los granos de almidón en problemáticas de índole netamente arqueológica son muy diversas: a) las características y cronologías de la domesticación vegetal (Babot 2004, 2005b; Hocsman *et al.* 2003; Iriarte *et al.* 2001; Oliszewski y Babot 2005; Pearsall *et al.* 2004; Perry 2004; Piperno *et al.* 2000; Ugent *et al.* 1981, 1982, 1984, 1985, 1987); b) la asignación funcional de artefactos, la organización de las prácticas sociales y cuestiones relevantes a la dieta (Babot 2001a, 2004, 2005b; Babot y Apella 2003; Babot *et al.* 2005, 2006; Fullagar y Field 1997; Haslam 2003; Iriarte *et al.* 2001; Kealhofer *et al.* 1999; Loy 1994; Loy *et al.* 1992; Pearsall 2003; Pearsall *et al.* 2004; Perry 2004; Piperno y Holst 1998; Piperno *et al.* 2000; Therin 1994); c) las secuencias de procesamiento de alimentos (Babot 2001a, 2004; Babot y Apella 2003; Checa *et al.* 1999; Juan-Tresserras 1992, 1998); d) la presencia y/o utilización de vegetales en estudios de uso del espacio y áreas de actividad incluyendo ámbitos productivos (Korstanje 2005); e) los cambios vegetacionales ligados a la acción antrópica (Boyd *et al.* 1998), f) el estudio de procedencia y circulación de bienes y conocimientos y g) la identificación de macrorrestos vegetales de difícil asignación (Cortella y Pochettino 1994; Oliszewski y Babot 2005; Pochettino y Scattolín 1991; Ugent *et al.* 1981, 1982, 1984, 1985, 1987); entre otros.

Asimismo, desde una mirada arqueológica, se han desarrollado investigaciones de base para: h) facilitar la identificación taxonómica y anatómica (Babot 2004, 2005a; Babot *et al.* 2003; Cortella y Pochettino 1990, 1995; Korstanje y Babot 2007; Pearsall 2000; Piperno y Holst 1998); i) evaluar las posibilidades de contaminación de las muestras (Barton *et al.* 1998; Haslam 2006); j) controlar los aspectos tafonómicos pre y postepositacionales que afectan su supervivencia (Babot 2003, 2004, 2005c; Babot y Bru 2005; Checa *et al.* 1999; Haslam 2004; Juan-Tresserras 1992, 1998; Korstanje 2003; Lu 2003; Therin 1994) y k) evaluar protocolos de análisis (Babot 2001b, 2004; Coil *et al.* 2003; Loy 1994; Perry 2004; Torrence *et al.* 2004), entre otros. Este listado es meramente ejemplificador de la riqueza del estudio de granos de almidón en contextos arqueológicos y no constituye una recopilación exhaustiva de las publicaciones sobre dicha línea de investigación, las cuales se han incrementado notablemente en los últimos años. *Ancient starch research* (Torrence y Barton 2005, eds.), el primer texto que constituye un manual para el estudio del almidón arqueológico, da cuenta de esto.

METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE GRANOS DE ALMIDÓN

El análisis conjunto y completo de micropartículas constituye la metodología marco para el tratamiento de microfósiles que posibilita la obtención de la información más rica (Boyd *et al.* 1998; Campos *et al.* 2001; Coil *et al.* 2003; Iriarte *et al.* 2001; Juan-Tresserras 1992; Korstanje y Babot 2007, entre otros). El empleo de todas ellas como múltiples líneas de evidencia permite cubrir las limitaciones del estudio de cada una por separado. En efecto, esto es particularmente evidente en circunstancias en las que los procesos tafonómicos de origen cultural o natural (Loy 1994), o el control genético determinan la ausencia de una o más clases de microfósiles, o bien cuando la presencia de los mismos es escasa o carente de significado diagnóstico. Por otro lado, la asignación anatómica y/o taxonómica puede ser mejor sustentada con el registro de diferentes micropartículas de idéntica procedencia potenciando, de este modo, las interpretaciones de los resultados

Como se discutirá más adelante durante el abordaje de los estudios de granos de almidón surandinos en el Noroeste argentino, existen circunstancias y problemáticas particulares para las que ciertas clases de microfósiles brindan la información más significativa. Estas se refieren a casos que involucran por un lado, taxones en los cuales la producción de ciertos microfósiles es diagnóstica, y por el otro, el procesamiento, tratamiento o empleo de ciertas partes de la planta en donde la producción de determinadas clases de micropartículas se encuentra genéticamente favorecida. Por su parte, en situaciones en las que la asignación anatómica y taxonómica de la muestra constituye un objetivo cen-

tral, el registro de silicofitolitos, fitolitos de calcio, granos de almidón y anillos de celulosa merece un cuidado especial. La principal información que pueden aportar las demás clases de microfósiles se vincula principalmente con los procesos tafonómicos que afectaron las muestras y con ciertas características del entorno ambiental.

El tratamiento arqueológico de cualquiera de las clases de microfósiles mencionados puede involucrar los siguientes niveles de trabajo: a) confección de colecciones de referencia, b) realización de ensayos tafonómicos, c) recuperación o extracción, montaje, observación y registro de las muestras arqueológicas, d) interpretación de los resultados en términos de la asignación taxonómica y anatómica de los microfósiles y la identificación de procesos tafonómicos de origen antrópico o natural involucrados y e) implementación de controles para la evaluación de variables supervivencia y contaminación. Estas etapas de investigación se enumeran aquí en un orden lógico, sin embargo, pueden presentarse o ser necesarias más de una vez durante el proceso de investigación completo. De hecho, la generación y ampliación de las colecciones de referencia, atraviesa todo el proceso de análisis e incluso trasciende el límite impuesto por los casos de estudio particulares, desde el momento en que es deseable que las mismas recojan la mayor cantidad de muestras posibles, ya sean estas de especies actuales inalteradas o modificadas por distintos procesos-tratamientos, o bien arqueológicas recuperadas de diferentes contextos de depositación.

A continuación se abordarán las alternativas de la metodología de estudio para el caso de los granos de almidón. Estos procedimientos han sido evaluados en diferentes situaciones arqueológicas y sustratos materiales que involucran el estudio de residuos de uso en artefactos líticos, cerámicos y de cestería, sustancias adheridas, materias primas vegetales y macrorrestos carbonizados y/o deshidratados, principalmente, en el ámbito del Noroeste Argentino (Babot 2001a, 2004, 2005b; Babot y Apella 2003; Babot *et al.* 2005, 2006; Hocsmán *et al.* 2003; Oliszewski y Babot 2005). Otras variantes en los protocolos para el análisis de granos de almidón que se refieren puntualmente a las estrategias de recuperación y montaje de las muestras arqueológicas pueden consultarse en Torrence y Barton (2005, eds.), así como en Loy (1994) y Perry (2004).

Confección de colecciones de referencia

Las colecciones de referencia constituyen bases de datos de las que se dispone a los fines de comparar las muestras arqueológicas para su identificación. El conocimiento botánico tradicional (*sensu* Cotton 1998) es un prerrequisito para comenzar el montaje de una colección, dado que señala la diversidad de recursos vegetales potencialmente útiles (por ejemplo, Babot 1999a,

1999b, 2001b). Este constituye una guía en el proceso de selección de taxones para el muestreo limitando su número a aquellos de los que se tiene alguna referencia etnográfica o histórica de uso. Sin embargo, esto mismo introduce un sesgo en la representatividad de las colecciones desde el momento en que muchas prácticas tradicionales se han visto históricamente modificadas o reducidas en sus manifestaciones. En este sentido, es sumamente importante considerar, además, el registro macrobotánico local, regional y macrorregional, el cual, salvando cuestiones relacionadas con el descarte y la supervivencia diferencial, destaca a las especies introducidas intencionalmente en los sitios (por ejemplo, Babot 2004; Korstanje y Babot 2007). A este conjunto pueden sumarse recursos sin referencia etnográfica, histórica o arqueológica pero que presenten características o propiedades comparables a otros cuya utilidad está documentada. Para reforzar el carácter diagnóstico de los microfósiles identificados en plantas útiles, es preciso que la colección de referencia incluya, asimismo, otras plantas aunque no estén emparentadas con las primeras. Cuanto más amplia sea esta colección, más rigurosas serán las identificaciones.

El muestreo de plantas actuales requiere de un trabajo de herborización a largo plazo cuyas fuentes pueden ser tan variadas como recolecciones sistemáticas en el campo, entrevistas con usuarios actuales, intercambios con otros profesionales, búsquedas en herbarios institucionales o recorridos de mercados tradicionales. Los órganos de almacenamiento ricos en granos de almidón no suelen ser herborizados por lo que su consecución requiere, en buena medida, del trabajo personal.

Es importante que las colecciones de referencia alberguen muestras obtenidas de ejemplares arqueológicos con diferente cronología en tanto los procesos de selección pueden alterar las características del almidón (Por ejemplo, Babot *et al.* 2003; Oliszewski y Babot 2005). Asimismo, progresivamente deben introducirse ejemplares procedentes de ancestros silvestres y congéneres, fundamentalmente en los casos en los que la asignación taxonómica constituye un objetivo de importancia. Es esperable también, que se incluyan preparados en los que puedan ser apreciables diferentes efectos antrópicos y naturales que puedan alterar las características de los granos de almidón, tales como los que suelen observarse en productos y subproductos, a fin de potenciar su identificación. Sin embargo, debe destacarse que el alcance de las colecciones de referencia en cuanto al número de taxones y de muestras por taxón -,y, por lo tanto, el tiempo y trabajo involucrados en el montaje de las mismas-, se vincula estrechamente con las áreas y problemas de investigación que guían cada caso de estudio así como con las hipótesis de trabajo (Tabla 2).

Un muestreo básico prioriza las partes útiles de las plantas y, en lo posible, de éstas en diferentes estados de maduración, dado que los atributos del almidón varían durante este proceso. Sin embargo, es altamente deseable documentar también los atributos de las partes sin utilidad conocida, sobre todo

Tabla 2. Factores que intervienen en el proceso de confección de colecciones de referencia y clases de especímenes a seleccionar para muestreo.

<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento botánico tradicional - Registro arqueológico macrobotánico - Afinidad anatómica con plantas útiles - Relaciones taxonómicas - Evaluación del proceso de selección y domesticación - Evaluación de procesos tafonómicos antrópicos y naturales 	<ul style="list-style-type: none"> → plantas actuales y modernas de utilidad conocida → variedades nativas de plantas útiles → plantas de uso potencial con utilidad no conocida → ancestros silvestres de plantas útiles domésticas → congéneres y especies de géneros afines → especímenes arqueológicos domésticos de diferente cronología y procedencia → muestras de ensayos taxonómicos → subproductos y recursos en diferentes estadios de procesamiento
<p>PROBLEMÁTICA Y ÁREA DE ESTUDIO</p>	

cuando su hallazgo es común en contextos arqueológicos. En cualquier caso, es importante para el estudio de granos de almidón contar, al menos, con un registro de los tejidos de almacenamiento que son los que aportan la información más importante de índole taxonómica y anatómica.

A nuestro juicio, las técnicas de extracción y montaje de preparados de referencia deben reunir dos requisitos: preservar una porción representativa de la riqueza y diversidad de microfósiles y ser comparables en su presentación con muestras arqueológicas. El empleo de un cortante o un instrumento punzante para raspar o escarbar suavemente las partes seleccionadas en una planta favorece la liberación de micropartículas del tejido vegetal que las contiene. De esta manera, los elementos desagregados se preservan inalterados y móviles en buena medida, facilitando la observación clara de sus atributos (Cortella y Pochettino 1994, 1995). Mediante la utilización de un medio de montaje equivalente al de las muestras arqueológicas, se obtienen imágenes comparables.

El proceso de observación y registro debe reflejar aceptablemente la variabilidad de microfósiles y, en este caso, del almidón en cada taxón. Por esto, la atención debe dirigirse a las características de los conjuntos completos de granos incluyendo tanto los diagnósticos o típicos, así como los raros o no comunes ya que ambas clases poseen probabilidades de integrar las muestras arqueológicas, ya sea de manera individual o combinada. Ciertamente, las probabilidades de supervivencia son teóricamente mayores para los morfotipos que se producen en mayor cantidad; no obstante, independientemente de su abundancia en un mismo taxón, aún no se conoce bien cual es el efecto del tamaño y composición de los granos en sus posibilidades reales de resistencia al paso del tiempo. Las variables o atributos cuali-cuantitativos considerados en las descripciones son aquellos que, para la clase de microfósil en particular, se consideran como diagnósticos en una evaluación total e integral. Los que corresponden a los conjuntos de granos de almidón se resumen en la Tabla 3 y Figuras 1 y 2.

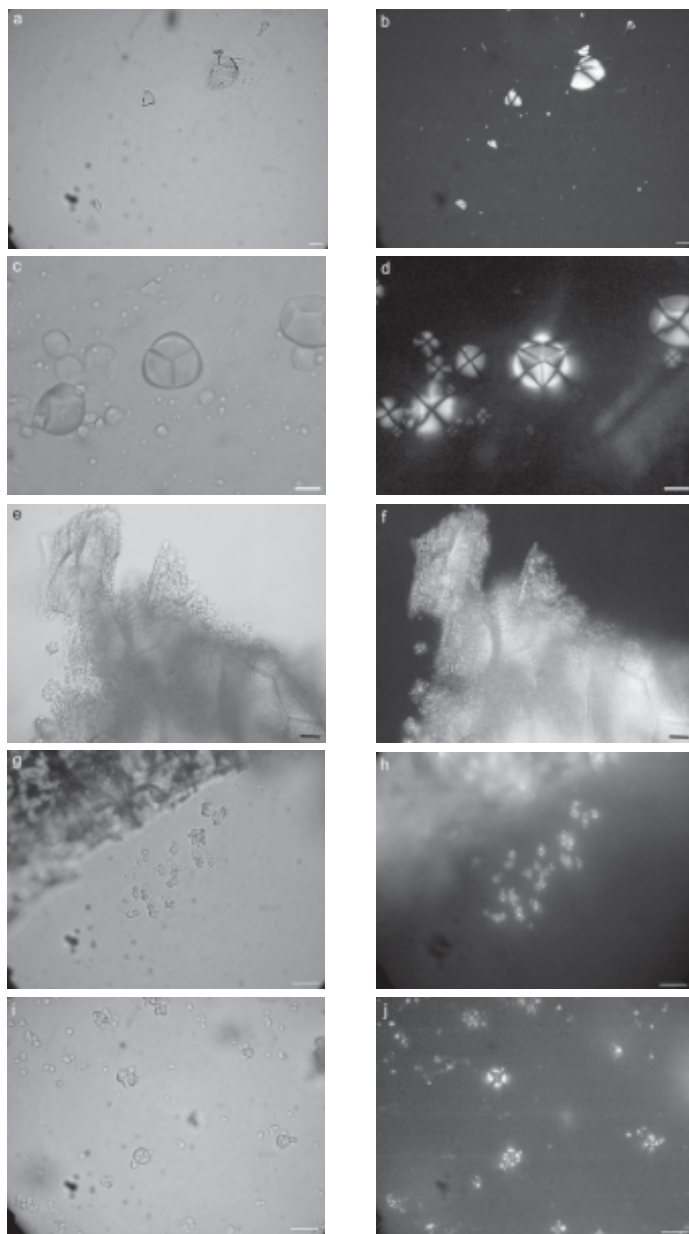


Figura 2. Granos de almidón de acuerdo con su multiplicidad. a y b) Granos de almidón simples de tubérculo de *Cana edulis*; c y d) granos de almidón compuestos de raíz de *Ipomoea batatas*; e y f) granos de almidón semi-compuestos, tipo «trozos de almidón», de semilla de *Amaranthus caudatus*; g y h) granos de almidón semi-compuestos, tipo

«agregados», de semilla de *Cucurbita maxima*; i y j) posible grano de almidón pseudo-compuesto de semilla de *Cucurbita moschata*. En todos los casos las imágenes corresponden a vistas con luz normal -izquierda- y polarizada -derecha-. Escala: 20 μ m.

Una propuesta para la *descripción sintética del conjunto* sugiere lo siguiente (*sensu* Babot 2004; Korstanje y Babot 2007): a) efectuar una caracterización de los granos de almidón por cada parte de la planta muestreada -por ejemplo: hoja, tallo, tubérculo, inflorescencia, semilla, fruto y, a su vez, endocarpo, pericarpo, etc., según el nivel de detalle del muestreo-; b) discriminar cada tipo de grano de almidón según su multiplicidad por separado; c) diferenciar los ejemplares distintos dentro de cada categoría según su multiplicidad, cuando el caso lo amerite; d) dentro de cada tipo separado en a, b y c, describir de manera secuencial los atributos de los granos de almidón mencionados en la Tabla 2.

Los resultados del estudio de muestras de referencia pueden organizarse paralelamente en una base de datos fotográfica y como fichas con las características de los patrones o estándares de comparación (por ejemplo, Babot 2004; Korstanje y Babot 2007), los cuales se completan con datos procedentes de otras fuentes editadas -entre las que pueden ser destacadas por su extensión, Reichert (1913) y Winton y Winton (1932)-.

Análisis tafonómicos

La información sobre el uso tradicional de recursos vegetales permite hipotetizar sobre la posible puesta en marcha de una serie de procedimientos destinados a la preservación, procesamiento y cocción y procesamiento en el pasado. Entre ellos pueden mencionarse: deshidratación por aireamiento, tostado, calcinado, congelado, desaponificación-lavado, pelado, hervido, molienda y maceración o fermentación. Estos podrían haber afectado de manera importante a órganos almacenadores de almidón y por lo tanto, a los propios granos de almidón en propiedades tales como el grado de cristalinidad, completitud y apariencia en algunos granos, dependiendo de la historia particular del producto derivado. En este sentido, la realización de análisis tafonómicos que reproduzcan esos procedimientos constituye una herramienta para registrar y evaluar los patrones de daño y modificaciones generados por esas prácticas en los microfósiles, a los fines de posibilitar su identificación como *modalidades de procesamiento* en las muestras arqueológicas (Por ejemplo, Babot 2001a, 2003, 2004, 2005c; Babot y Apella 2003; Checa *et al.* 1999; Juan-Tresserras 1992, 1998).

Además de los mencionados ensayos de laboratorio, los procesos tafonómicos pueden ser estudiados mediante el análisis de micropartículas en productos artesanales elaborados a partir de las técnicas de procesamiento mencionadas. Dado que la fuente botánica de los granos de almidón tiene un rol

Tabla 3. Variables o atributos cuali-cuantitativos considerados para la caracterización de los conjuntos de granos de almidón en muestras de referencia (*sensu* Babot 2004).

1.	<i>Rango de tamaño de los granos y apreciación de su abundancia relativa:</i> principalmente referido al largo máximo y mínimo en μm
2.	<i>Distribución de tamaños:</i> en términos de isodimetría o variedad de tamaños
3.	<i>Dimensiones relativas del largo/ancho:</i> largo=ancho, largo \neq ancho.
4.	<i>Formas presentes y apreciación de su abundancia relativa:</i> esférica, oval, "en bowl" o plano-convexa, triangular, arriñonada, ovoide, elipsoidal o ahusada, "en lágrima" o "en gota", "en pera", "en corazón", lobulada irregular o irregular, poliédrica -con indicación del número de lados-, ahusada, "en campana", discoidal, "en botella", "en hoz" o cóncavo-convexa aguzada, "en salchicha" o cóncavo-convexa redondeada, "en concha de ostra", "en timbal", "en boomerang", prismática, "en roseta".
5.	<i>Distribución de formas:</i> en términos de isomorfismos o variedad de morfologías
6.	<i>Simetría de la forma:</i> simétrica, asimétrica; según el largo, el ancho o el espesor
7.	<i>Redondeamiento de la forma:</i> redondeada, angular, irregular, facetada
8.	<i>Otros elementos de la forma:</i> <ol style="list-style-type: none"> <i>extremo o terminación de los granos en general:</i> con proyecciones, en bisel, aguzado, redondeado; para granula en granos compuestos: truncado horizontal, en ángulo u oblicuo, cóncavo, convexo, cóncavo-convexo u ondulado, cóncavo-cóncavo, facetado. <i>depresión o cavidad central de los granos en general:</i> presencia/ausencia; forma: oval, circular, con forma similar al contorno del grano, etc.
9.	<i>Atributos del hilo:</i> presencia/ausencia, visibilidad (visible, no visible), distinción (claro o nítido, no claro), forma ("de punto", circular, oval, "de lunar", "en v", "en x", triangular, en línea, "en cavidad"), ubicación (variable, central, excéntrico, con indicación del extremo en el que se dispone), multiplicidad (simple, doble)
10.	<i>Lamella *:</i> presencia/ausencia, visibilidad (visible, no visible), distinción (clara o nítida, no clara)
11.	<i>Cruz de extinción:</i> presencia/ausencia, forma, número de brazos o ramas visibles, apariencia y regularidad de los brazos (regulares o bien definidos, irregulares, "fibrosos", incompletos) tamaño relativo de los brazos (iguales, dos largos y dos cortos), intersección (en el centro o "de dos en dos"; en un punto, círculo, óvalo o línea), visibilidad (visible, no visible), distinción (clara o nítida, no clara), ubicación (variable, central, excéntrica; extremo en el que se dispone), simetría (simétrica, asimétrica)
12.	<i>Fisuras:</i> presencia/ausencia, visibilidad (visible, no visible), distinción (clara o nítida, no clara), ubicación (en el hilo, centrales, en el cuerpo del grano, en el contorno o extremos), forma (radiadas, "en estrella", en línea recta", en línea irregular, ondulada, "en cicatriz" o línea ramificada)
13.	<i>Contorno o borde:</i> visibilidad (visible, no visible), multiplicidad (simple, doble)
14.	<i>Brillo:</i> suave, moderado, fuerte
15.	<i>Multiplicidad en los granos **:</i> simples, compuestos (doble, triple, múltiple; número variable o indefinido de granula), semi-compuestos (agregados, <i>starch chunks</i> o "trozos de almidón"), pseudo-compuestos. Abundancia relativa de estas clases.
16.	<i>Características de los granos múltiples:</i> <ol style="list-style-type: none"> <i>En granos compuestos o pseudo-compuestos:</i> número de granula, visibilidad, equivalencia en tamaño, orientación y forma de cada uno de sus integrantes; presencia/ausencia de cobertura exterior, grado de transparencia de ésta (transparente, translúcida). <i>En granos semi-compuestos:</i> máximas dimensiones, forma, presentación (redondeados, lineales, en pequeños grupos, arracimados, en forma de fibra); visibilidad, rango de tamaño, forma y elementos distintivos (cruz, hilo, contorno, etc.) en los individuos que los constituyen; presencia de cobertura exterior única y su transparencia; número de componentes (indefinido; constante o variable).

Referencias:

* En muchas plantas los gránulos muestran una disposición de capas concéntricas más o menos difractivas alternadas, lamella, que se depositan sucesivamente alrededor del hilo. La disposición en capas no es visible en granos deshidratados (Esau 1976).

** Los granos de almidón pueden considerarse, respecto de su multiplicidad de la siguiente manera:

-simples: ocurren cuando solo un gránulo se forma en un amiloplasto

-compuestos: ocurren cuando dos o más gránulos se forman en un mismo amiloplasto. Pueden tener una cobertura exterior única que los une o bien carecer de ella y estar simplemente mutuamente adheridos. Cada componente se denomina «granula» (French 1984, Badenhuizen 1965). Una característica típica es que suelen presentar uno o más extremos facetados debido a su origen comprimido; cada granula puede aún exhibir su propia cruz de extinción y, el compuesto, además, mostrar a veces una cruz propia del conjunto (Loy 1994).

-semi-compuestos: pueden ser de dos clases a) Agregados o aquellos en los que granos inicialmente simples se unen, después, por la depositación de una capa cobertora de

almidón. En estos, los componentes conservan sus formas originales. b) *Starch chunks* o «trozos de almidón» son las estructuras celulares compuestas por numerosos granos pequeños cementados por almidón amorfo (Goering *et al.* 1970, Goering 1967). Se parten en formas irregulares como en el caso de *Amaranthus* spp.

-pseudo-compuestos: son aquellos granos que inicialmente se presentan como individuales y que, después, desarrollan varias facetas internas aunque permanecen como una entidad única, como en el caso de la arveja (French 1984) o de *Hypseocharis pimpinellifolia* y *Cucurbita moschata* probablemente.

central en sus propiedades fisicoquímicas (Fredriksson 1998), y son éstas las que se ven alteradas o modificadas por los procesos tafonómicos, es central estudiar los efectos de los mismos en diferentes taxones.

Desde luego, también se precisa del control de los procesos tafonómicos que afectan la supervivencia y estado de los granos de almidón en suelos, sedimentos y artefactos en los casos de estudio. También esto puede implicar la realización de ensayos o experimentos de replicación, así como una exploración de las variables intervinientes (por ejemplo, Babot y Bru 2005; Lu 2003; Therin 1994). En Haslam (2004) puede encontrarse una síntesis completa y crítica del efecto que tienen distintos procesos naturales sobre el almidón arqueológico.

Es importante destacar que la valoración de los posibles procesos antrópicos y naturales sufridos por una muestra dada permiten una evaluación crítica de la coherencia, tanto de los resultados positivos como negativos obtenidos del análisis de microfósiles.

Al igual que con el muestreo de especies actuales, la elaboración de muestras de referencia de procesos tafonómicos, implica la utilización de técnicas de extracción y montaje compatibles con las que se emplean en muestras arqueológicas. Debe evitarse el uso de agua para prevenir la pérdida de atributos diagnósticos durante la rehidratación y la identificación de ejemplares muy dañados puede requerir del empleo del test de Lugol y/o Congo Red.

El almidón de cada muestra debe ser observado, fotografiado y comparado con el de las especies sin procesar. Los resultados pueden ser descriptos en términos de conjuntos de características factibles de aparecer en los granos de almidón, esto es, como *patrones de daños* o *estándares de comparación*, como en el ejemplo de la Tabla 4. Los atributos más útiles para esta caracterización son (*sensu* Babot 2003): rasgos del contorno y la superficie, forma del hilo y tamaño, localización y forma de las fisuras, visibilidad de la *lamella*, tamaño de grano individual y rango de tamaños del conjunto; propiedades de la birrefringencia, atributos de la cruz de extinción, profundidad del relieve, visibilidad de los granos mediante luz normal, completitud, apariencia de vacío o relleno completo, estado de empaquetamiento de los gránulos compuestos, presencia de emplastos y otros indicadores (presencia de partículas de carbón, tejido vegetal y modificaciones del medio de montaje).

Tabla 4. Daños y modificaciones en el almidón generados por procesos de elaboración de alimentos, mostrando los diferentes patrones que les son atribuibles (*sensu* Babot 2002, 2003, 2004).

Daños y modificaciones en el almidón	PROCESAMIENTOS DE ALIMENTOS					Molienda
	Deshidratación por aireamiento	Tostado	Calcinado	Congelado	No desaponificación	
Fisuras	+	+		+		+++
Fracturas				+++		+++
Alteraciones del hilo	+	+++		++		++
Relieve deprimido	+	++	++	+++		+++
Baja visibilidad	+	++		+++	+++	+++
Reventado				++		++
Daños en la superficie				+		++
Daños en el contorno				+		++
Vaciamiento				++		++
No visibilidad de <i>lamella</i>	++			+++		++
Desagregación			++	+		+++
Gelatinización		++	+++			
Emplastos		++	+++			
Alteraciones en la birrefringencia	+	+	+	+++		+++
Alteraciones en la cruz de extinc.	+	++	+++	+++		+++
Alteraciones en tamaño de los individuos				++		+++
Alteraciones en rango d/tamaños				++		+++

Referencias: El incremento en la intensidad y frecuencia de cada tipo de daño para un proceso dado se indica por una, dos o tres cruces (+).

Recuperación, análisis e identificación de las muestras arqueológicas

Los residuos de uso y sustancias adheridas pocas veces son macroscópicos, esto es, que se presenten a modo de manchas o impregnaciones visibles a simple vista. Sin embargo, en ningún caso se debe descartar *a priori* la posibilidad del análisis de microfósiles, aún cuando las condiciones del medio de depositación sugieran una pobre preservación. En la medida de lo posible, las muestras o los soportes de las que éstas serán extraídas deben ser preservados de cualquier fuente de contaminación, siendo embalados individualmente en bolsas plásticas, evitando su excesiva exposición y manipuleo desde el momento mismo del hallazgo, y obviando su limpieza previa al análisis de microfósiles (Loy 1994).

El procedimiento de muestreo comienza con una inspección a ojo desnudo, con el auxilio de una lupa o un microscopio de luz reflejada, de los sectores seleccionados para el muestreo, tales como las partes activas de los artefactos, cuando el objetivo de su estudio es definir su funcionalidad³. Dentro de ellos, los sectores con residuos visibles o bien las irregularidades de la superficie como poros, vesículas y grietas deben recibir especial atención, por cuanto son estos elementos de la microtopografía los que posibilitan la captura y retención de microfósiles.

Las diferentes estrategias de muestreo corresponden a dos tipos básicos de procesos, los que ocurren en seco y en húmedo. Ambos pueden ser empleados para la extracción de residuos que no son apreciables a simple vista, tanto *in situ* en campo como en laboratorio. El muestreo en seco se recomienda particularmente para aquellos de tipo macroscópico.

Dentro de los muestreos en húmedo se encuentran los que actúan localmente de manera no invasiva, por goteo (por ejemplo, Loy 1994; Loy y Fullagar 2005), y los que proceden mediante lavados del objeto-muestra (por ejemplo Babot 2004; Juan-Tresserras 1992; Perry 2004). Estos últimos suelen incluir mecanismos de desincrustación -baño de ultrasonidos-, desecado y separación/concentración -centrifugado-.

En el caso del muestreo en seco, la extracción comienza con una limpieza mecánica gruesa mediante el cepillado de estos sectores para separar el sedimento superficial y posibles fuentes de contaminación postdescarte; asimismo, puede ser preciso el uso de pequeñas espátulas. Por lo general, esta primera muestra de control brinda un espectro de microfósiles muy similar al que ofrece el sedimento de la matriz de procedencia, debido a que corresponde a eventos de sedimentación posteriores a la depositación final del objeto-muestra y por lo tanto, no proviene necesariamente del uso. La segunda muestra procede del raspado y/o escarbado cuidadoso para separar las partículas de interés de la matriz que las aloja; la misma puede contener parte del sedimento superficial y fragmentos del soporte desprendidos durante el muestreo. Esto se efectúa mediante un instrumento punzante o cortante, dependiendo de la visibilidad, adherencia y presentación general del residuo-muestra.

El muestreo puede tener como parámetro un tamaño de área fijo. Sin embargo, al menos en el caso de materiales manufacturados sobre diferentes clases de rocas, es aconsejable una modalidad alternativa, sobre todo si se busca obtener resultados comparables cuantitativamente. El tiempo de muestreo puede estandarizarse, por ejemplo en 5 a 7 minutos por muestra, concentrando la búsqueda en las irregularidades de la microtopografía, de modo que las texturas más lisas pueden requerir del barrido de una superficie mayor. De este modo se reduce el efecto de la textura petrográfica -su potencialidad diferencial para albergar microfósiles (*sensu* Babot y Bru 2005)- en el conteo final de micropartículas por muestra. En los casos en los que se precisa de resultados

cuantitativos de exactitud sobre la representación de diferentes clases de microfósiles y/o morfotipos, pueden aplicarse diseños de muestreo que contemplan cálculos estadísticos de tamaño óptimo de muestra, lo cual depende de la variabilidad intrínseca que se registra en cada caso.

Es aconsejable que el raspado se realice directamente sobre los portaobjetos para evitar pérdidas de muestra; éstas pueden montarse con glicerina como preparados semi-permanentes. Debido a su viscosidad e índice refractivo la glicerina constituye un medio de montaje adecuado para los microfósiles ya que por un lado, permite el desplazamiento de las partículas entre el cubreobjetos y el portaobjetos facilitando la observación de sus tres dimensiones, y por el otro lado, provee de contraste y relieve necesarios para la observación de cuerpos transparentes como los silicofitolitos y otras partículas de sílice (Frelund y Tieszen 1994). Para obtener preparados permanentes o de reserva, los montajes pueden hacerse también con Bálsamo de Canadá, con el impedimento de que este medio no permite la movilidad de los microfósiles. El aceite de inmersión, agua, Permout, Entellan y otros, constituyen medios alternativos y de uso común en el análisis de microfósiles (ver especificaciones en Coil *et al.* 2003).

Para los muestreos *in situ*, como en el caso de artefactos de molienda fijos que no pueden volcarse para la toma de muestra en seco, el procedimiento varía levemente (modificado de Loy 1994). Las superficies seleccionadas se humedecen con agua destilada suministrada con una pizeta en forma de hilo a presión; el líquido conteniendo las micropartículas se extrae con la ayuda de pipetas Pasteur, en lo posible, descartables, y se coloca en viales para su evaporación. Se requieren de dos a tres lavados, incluyendo los del sedimento más superficial y los de la superficie del objeto-muestra en estado de avanzada limpieza. Es aconsejable evitar el uso de otros mecanismos para deshidratar, como el secado en estufas, para prevenir cualquier tipo de modificación de los granos de almidón. Los residuos desecados por aireación se levantan del vial en que se encuentran utilizando pequeñas cantidades de alcohol para su posterior montaje.

Consideramos que la intención del muestreo debe ser preservar los escasos microfósiles que suelen ser extraídos de los objetos-muestra, y de este modo, recuperar toda la evidencia disponible. Por ello, ante la sospecha de conteos bajos de microfósiles y siempre que la observación esté permitida por el tipo de sedimento de la matriz, se propone evitar la utilización de procedimientos técnicos para la separación de los distintos componentes entre sí y del sedimento asociado, los cuales emplean procesos físicomecánicos y/o químicos más agresivos, como es habitual en el tratamiento de muestras de suelos y sedimentos y en los muestreos de artefactos en húmedo. Diversos autores han mencionado las dificultades de preservación del conjunto completo de microfósiles cuando se siguen parcial o totalmente dichos protocolos (por ejemplo,

Coil *et al.* 2003; Korstanje 2005), y aún las manipulaciones de laboratorio más sencillas, incluyendo la extracción y montaje de las muestras, así como los trasvases entre distintas clases de recipientes pueden dejar marcas en los granos de almidón, ocasionar pérdidas de partículas de los residuos o bien introducir elementos foráneos. Ciertamente las técnicas de concentración, defloculación, eliminación del sedimento más grueso por tamizado y flotado, favorecen la observación de las muestras, sin embargo, en ciertos casos es conveniente prevenir sus efectos aún cuando el costo implica un tiempo mayor de observación por preparado.

La observación directa está imposibilitada cuando se trabaja con matrices sedimentarias cuyo contenido de materia orgánica es mayor al 5% o cuyos valores de arcillas son superiores al 10%. En tales casos se hace imprescindible deflocular y eliminar parte de la arcilla y la materia orgánica por decantación, sin recurrir a ataques químicos. Ciertas muestras con elevada participación de la matriz sedimentaria pueden requerir de un tamizado previo.

Otras precauciones contra la contaminación por procedimientos de laboratorio incluyen: evitar el uso de guantes -ya que su proceso industrial requiere del tratamiento con almidón-; lavar todo el instrumental de uso frecuente y desechable utilizando detergentes suaves y enjuagando tres veces con agua potable y luego con agua destilada; y limpiar los porta y cubreobjetos, al menos, con un algodón o papel tisú embebido en alcohol antes de su utilización.

La observación de los microrrestos -mayoritariamente, entre 1 y 200 μ m- implica típicamente el empleo de medianos aumentos -entre 100 y, al menos, 400 magnificaciones- en un microscopio petrográfico. Dadas las particularidades ópticas de las micropartículas se utiliza una combinación de campo claro y oscuro; para la observación de elementos birrefringentes se usan el polarizador y analizador del equipo. Para la identificación de los granos de almidón, principalmente de aquellos dañados o de asignación dudosa, y su diferenciación de las esferulitas de origen animal, se puede interpolar la lámina de cuarzo (Ribes 1983, en Juan-Tresserras 1992). Conjuntamente se puede observar el efecto de cruz al girar la platina y utilizar también el test de tinción con Lugol (Fitt y Maywald Zinder 1984; Loy 1994), pero el empleo de este último debe ser ocasional dado que altera la imagen real de la preparación y elimina el efecto de cruz de extinción (Ribes 1983, en Juan-Tresserras 1992).

El tamaño del área escaneada en cada preparación y el número de preparaciones por muestra dependen de la riqueza y variabilidad del material que se está analizando, así como de la concentración del preparado. En el caso de muestras de residuos que no son apreciables microscópicamente, se aconseja el escaneo completo y sistemático de cada preparado obtenido -equivalente al tamaño de un cubreobjeto de 18x18 mm o mayor por preparado- mediante transectas paralelas (horizontales o verticales). También para estos casos exis-

ten herramientas estadísticas y gráficas que permiten apreciar el número óptimo de observaciones.

Se sugiere el registro sistemático de los distintos tipos de microfósiles considerados, sus coordenadas y rasgos, los que deben ser documentados fotográficamente cubriendo su variabilidad. En lo posible, los diferentes tipos deben ser contabilizados o, al menos, efectuar una apreciación cualitativa de su abundancia que, a su vez, posea una referencia cuantitativa -por ejemplo, «muy abundante» corresponde a «más de n ejemplares por campo o muestra» o a «más del n% de las observaciones por muestra»-. Para la identificación posterior de los microfósiles se utiliza el material de referencia, así como la información provista por bibliografía de base y casos de estudio.

Es aconsejable controlar la posible contaminación actual o subactual con microrrestos: a) aportados por especies dominantes de crecimiento en el área de emplazamiento mismo de los sitios arqueológicos, principalmente para los artefactos recuperados de contextos superficiales; b) suministrados por otras actividades desarrolladas sincrónicamente en los contextos de recuperación de los objetos-muestra, tanto para los que se extraen de sitios arqueológicos, como para los que se hallan en depósitos de museos; c) procedentes del registro macrobotánico local y extralocal recuperado de estratigrafía. Para ello deben observarse muestras del sedimento superficial del sitio y de su estratigrafía, así como el recuperado de la primera etapa de limpieza del objeto-muestra.

Las observaciones con microscopio óptico pueden ser complementadas con análisis por microscopía electrónica de barrido (MEB) (Fitt y Maywald Zinder 1984; French 1984), fundamentalmente en el caso de granos de almidón que se encuentran en el límite de observación permitido por los aumentos convencionales y sólo cuando la cantidad de muestra disponible es suficiente y la concentración de almidón, importante. El siguiente procedimiento puede ser empleado en estos casos: se seleccionan extractos en agua destilada obtenidos *in situ* según el procedimiento descrito más arriba; se obtiene una pequeña cantidad de los mismos utilizando una micropipeta; esto se coloca sobre un fragmento de cubreobjetos de vidrio adherido al portamuestras mediante cinta de carbón; posteriormente se deshidratan en desecador y metalizan para su observación. La Figura 3 muestra ejemplos del tipo de imagen que puede ser obtenida mediante esta técnica.

LA INFORMACIÓN APORTADA POR LOS GRANOS DE ALMIDÓN EN LOS CASOS ARQUEOLÓGICOS DEL NOROESTE ARGENTINO

En este acápite se discuten las posibilidades del análisis de granos de almidón sobre la base de la experiencia desarrollada en nuestros casos de estudio arqueológicos en el Noroeste argentino. En Korstanje y Babot (2005) y

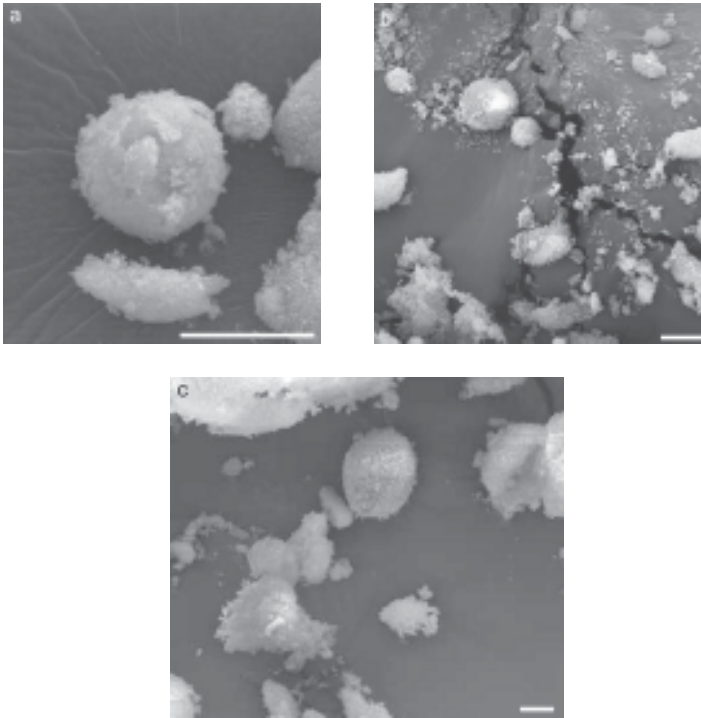


Figura 3. Microfotografía MEB de Granos de almidón de *Zea mays* (a y b) y *Solanum tuberosum* (c) procedentes de residuos de uso de un molino arqueológico (5.CC1), sitio Cueva de los Corrales 1, Tafi del Valle, Tucumán, Argentina. Escala: 20 μ m.

Babot (2004, 2005a) se presenta una caracterización de granos de almidón y fitolitos de alrededor de 40 taxones surandinos, y se discuten las posibilidades y limitaciones de su asignación taxonómica a partir de ambas clases de microfósiles. En este trabajo se retoman las principales conclusiones que atañen en particular, a los granos de almidón.

Es importante recordar que es el almidón de reserva el que se emplea como principal indicador taxonómico y de la parte-fuente, para cualquier clase de tejidos adaptados para el almacenamiento, ya sea que estos se encuentren en semillas, raíces carnosas, tubérculos, rizomas o bulbos. Por su importancia arqueológica, es esta clase de recursos la que ha merecido especial importancia durante la generación de la mencionada colección de referencia de almidón. En los órganos subterráneos de almacenamiento de 7 especies silvestres y domésticas (*Hypseocharis pimpinellifolia* J. Rémy, Ann. «soldaque», *Tropaeolum*

tuberosum Ruiz & Pav. «mashua», *Oxalis tuberosa* Mol. «oca», *Ullucus tuberosus* Caldas «ulluco», *Ipomoea batatas* L. «batata», *Solanum tuberosum* L. «papa común», *Canna edulis* Ker-Gwal. «achira») y en las semillas de 13 especies y variedades silvestres y domésticas (*Zea mays* L. «maíz», *Chenopodium quinoa* Willd. «quinoa», *Amaranthus caudatus* L. «coimi o quiwicha», *A. mantegazzianus* Pass. «chaclión», *Arachis hypogaea* L. «maní», *Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris* L. «poroto común cultivado» y *P. vulgaris* L. var. *aborigineus* (Burk.) Baudet «poroto común silvestre», *C. edulis*, *Cucurbita máxima* Duchesne ex Lam. «zapallo», *C. moschata* Duch. ex Poir. «calabaza», *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz. «algarrobo», *Bixa orellana* L. «urucú o achiote» y *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Bren. «cebil o vilca») se han observado conjuntos de granos de almidón característicos y, dentro de ellos, ejemplares con morfologías que poseen un especial valor diagnóstico. Con algunas excepciones, en la mayoría de ellas, las tuberosidades o semillas constituyen las partes que han sido señaladas como «de utilidad».

En nuestra investigación se han considerado como *diagnósticos a nivel de especie o variedad*, a aquellos morfotipos de granos de almidón o asociaciones de granos de almidón cuyos atributos tomados en conjunto permiten una asignación no ambigua. Estos no se ven alcanzados por el fenómeno de redundancia. En una proporción importante, corresponden a recursos domésticos que han sido sistemáticamente estudiados y/o en los que el almidón ha adquirido caracteres especiales a través del proceso de selección antrópica o natural. Este es el caso, por ejemplo, de la papa común y la achira, dentro de los tubérculos domésticos andinos, del maíz y del poroto común en sus variedades doméstica y silvestre.

Por su parte, son considerados como *diagnósticos a nivel de género* los morfotipos que presentan redundancia entre congéneres. Sólo provisoriamente, también se incluyen en este grupo a especies domésticas cuyos congéneres -entre los que se incluyen los ancestros silvestres-, no han sido sistemáticamente estudiados. Este último es el caso, por ejemplo, de especies silvestres de *Ipomoea*, *Oxalis*, *Chenopodium*, *Amaranthus* y *Cucurbita*, entre otros, en su relación con los respectivos parientes domésticos para los que si se cuenta con una buena caracterización e inclusive, con conjuntos de almidón muy típicos, los que son resultado del proceso de selección. Las especies domésticas de estos géneros tampoco presentan redundancia, al menos, cuando se los compara con otros taxones muestreados, hasta el momento, en nuestra colección o publicados por otros autores. Del mismo modo, pueden mencionarse grupos de recursos silvestres para los que se han estudiado algunas especies, como es el caso de *Prosopis*, *Hypseocharis* o *Geoffroea*. Para todos estos taxones, la asignación puede referirse sin dudas al género y, con precaución, a la especie. El límite de la asignación en estos casos está dado por el conocimiento del investigador sobre el tema y área de estudio. Esta constituye una de las principales líneas en desarrollo en lo que respecta a estudios de base sistemáticos sobre

granos de almidón -y de microfósiles en general- en especies actuales, fundamentalmente por su importancia para las primeras manifestaciones de la domesticación vegetal.

En ciertos casos, los granos de almidón vinculados con el procesamiento o tratamiento de tejidos almacenadores aparecen en asociación con microfósiles procedentes de otras partes de la planta, tales como las glumas, flores, endocarpos y cortezas. Los mismos pueden ser interpretados como remanentes de una mala limpieza de las partes útiles o aún de etapas anteriores que impliquen la manipulación de la planta completa. Este es el caso de silicofitolitos de glumas y hojas de maíz, corteza de mate o semilla de achira, o bien de polen de diferentes especies en registros de artefactos de molienda, por ejemplo (Babot 2001a, 2004; Babot y Apella 2003).

En varios taxones cuya utilidad reside en hojas, tallos y frutos, el almidón no se ha presentado como un componente con atributos típicos en esas partes útiles. Tal es el caso de la pulpa del fruto de algunas Cucurbitáceas (*C. maxima* y *C. moschata*) y leguminosas comestibles (*Geoffroea decorticans*, *P. chilensis*, *Acacia visco*), otros frutos silvestres como *Zizyphus mistol*, la hoja de *Erythroxylum coca*, *Tillandsia* spp y *Acrocomia* spp y de *Nicotiana tabacum*. En los mismos, los granos de almidón únicamente aportan información adicional a la más diagnóstica que procede de los silicofitolitos y/o que anticipa un futuro estudio sistemático de los cristales de calcio (Babot 2005a; Korstanje y Babot 2007). Algunas excepciones las constituyen granos de almidón típicos de corteza de *Lagenaria siceraria*, pulpa del fruto de *Cucurbita ficifolia* y endocarpo de *G. decorticans*.

Debido a esta producción diferencial de clases de microfósiles con valor diagnóstico en distintas partes de una planta e incluso en grupos de recursos, a cada tipo de micropartícula se le puede asignar un valor relativo como indicador potencial para diferentes problemáticas (Korstanje y Babot 2007). De esta manera, los granos de almidón constituyen los indicadores por excelencia del cultivo, almacenamiento o procesamiento de tuberosidades y semillas de cereales, pseudocereales y legumbres en general, en tanto que adoptan un papel complementario en estudios que se vinculan con el aprovechamiento o tratamiento de hojas, tallos y ciertos frutos en los que se espera una mayor representación de silicofitolitos, fitolitos de calcio y anillos de celulosa.

Nuestra experiencia de trabajo sugiere que las tendencias mencionadas para especímenes actuales no siempre pueden ser aplicadas a muestras arqueológicas. Los conjuntos arqueológicos de almidón se caracterizan por estar integrados por: un número limitado de granos, individuos que pueden o no corresponder a las morfologías más diagnósticas y granos fragmentados, desagregados -en el caso de los compuestos- o alterados, que carecen de ciertos atributos y por lo tanto presentan menores potencialidades para la asignación. Estas

circunstancias ciertamente limitarían las posibilidades de asignación taxonómica a los casos en los que pueden reconocerse, al menos, algunas formas diagnósticas. A nuestro juicio, en tales situaciones, la consideración del conjunto completo de microfósiles constituye la mejor estrategia posible. En efecto, aunque los demás tipos de microfósiles adolecen de las mismas limitaciones que los granos de almidón en muestras arqueológicas, muchas veces la ausencia o escasez de morfologías diagnósticas de una clase, respectivamente, puede suplirse o complementarse con la presencia de otras (Korstanje y Babot 2007). Por ejemplo, algunas combinaciones de microfósiles -en un orden decreciente de habilidad diagnóstica- que han potenciado la asignación de género o especie e incluso, de variedad, en nuestros casos de estudio son: grano de *Z. mays*: granos de almidón y silicofitolitos; semilla de *C. quinoa*, granos de almidón + fitolitos de calcio + silicofitolitos; semilla de *A. caudatus/mantegazzianus*, granos de almidón + fitolitos de calcio + silicofitolitos; tubérculo de *C. edulis*: granos de almidón + silicofitolitos y fitolitos de calcio; vaina de *P. chilensis*: fitolitos de calcio y silicofitolitos + granos de almidón; tubérculo de *H. pimpinellifolia*: granos de almidón + cristales de calcio + silicofitolitos; corteza de *L. siceraria*: silicofitolitos + granos de almidón.

Aun considerando el conjunto completo de microfósiles, algunas muestras arqueológicas no pueden ser asignadas a género o especie. Esto se debe, por un lado, a que se componen únicamente de formas redundantes al nivel de familias o inter-familias, como en el caso de silicofitolitos de hoja y fruto de *Arecaceae* (*sensu* Boyd *et al.* 1998; Korstanje 2005; Korstanje y Babot 2007; Pearsall 2000); plaquetas perforadas opacas típicas de partes aéreas de *Asteraceae*, reportadas también en semilla de *C. edulis* (Babot 2005a; Pearsall 2000); cristales de calcio poliédricos procedentes del fruto de especies de varios géneros silvestres -*A. visco*, *G. decorticans*, *Z. mistol*- (Babot 2005a); la arena cristalina que se encuentra en *C. quinoa* y *O. tuberosa* ente otros; estructuras compuestas de granos de almidón con forma de cinta que se han registrado en diferentes familias -semilla de *A. mantegazzianus*, *P. vulgaris* y *A. colubrina*, vaina de *A. visco*- (Babot 2004; Korstanje y Babot 2007); y ciertas morfologías de granos de almidón bastante generalizadas en distintas tuberosidades (*ibid.*). Esta situación se refleja en asignaciones que llegan de un modo general a la filiación taxonómica -una o varias familias, varios géneros- o a su procedencia anatómica -por ejemplo, tubérculos/raíces no diferenciados que podrían corresponder tanto a especies incluidas en la colección de referencia así como a otras que aún no han sido estudiadas-.

Una circunstancia diferente presentan algunos ejemplares de granos de almidón que carecen de características de forma y tamaño diagnósticos o que, en cambio presentan atributos muy típicos pero no corresponden a taxones sistemáticamente analizados, por lo que no pueden ser asignados en el estado actual del conocimiento; éstos se denominan como *no identificados*. Deben

mencionarse también los casos en los que la asignación del almidón es tan ambigua que remite únicamente a la presencia de un componente vegetal o una estructura almacenadora en la muestra.

A modo de síntesis y de acuerdo con nuestra experiencia en el Noroeste argentino podría decirse que, de preferencia, las asignaciones taxonómicas deben basarse sobre comparaciones estrictas con materiales de referencia de distinto tipo, y partiendo, en lo posible, de la consideración de varias clases de microfósiles atribuibles a un mismo taxón. En los casos en que esto no es posible, se consideran las partículas que presentan elementos diagnósticos o bien, los conjuntos de varias formas asociadas con valor taxonómico incluyendo morfotipos diagnósticos y no diagnósticos. Por esto, los ejemplares aislados, carentes de elementos típicos, se agrupan como no identificados, evitando las asignaciones dudosas o ambiguas.

Un ejercicio de importancia para controlar la exactitud de los resultados, consiste en evaluar los registros microbotánicos en su recurrencia, esto es, la concordancia entre los repertorios taxonómicos contemporáneos procedentes de diferentes clases de muestras; además, de comparar con otras evidencias de dieta o consumo vegetal como las aportadas por los análisis isotópicos.

En cualquiera de las situaciones precedentes, la correspondencia general entre el registro microbotánico documentado y los conjuntos macrobotánicos de los sectores específicos estudiados constituye una medida de control adicional. Esto ha sido particularmente útil en nuestras investigaciones, sobre todo en el caso de registros tempranos de cultígenos (Babot 2004, 2005b). Cuando esto no es así, debido mayormente a problemas de preservación en dichos contextos, aún se tienen datos que proceden de áreas más amplias para la mayoría de los taxones que se hallan representados en las muestras de microfósiles. Ciertos recursos como los tubérculos y raíces constituyen la excepción ya que su presencia es escasa en cualquier registro macrobotánico en general.

De cualquier manera, es importante destacar que la *coincidencia parcial* entre las dos clases de registros es una situación esperable, dadas las diferentes posibilidades de preservación de ambos y, a su vez, la multiplicidad de fuentes de información microbotánica a las que puede recurrirse -artefactos, sustancias adheridas, suelos y sedimentos, los propios macrorrestos botánicos carbonizados no identificados, etc.-. Estas particularidades de la metodología de microfósiles permiten evaluar críticamente los tipos de resultados que la misma está aportando a nivel mundial. Por ejemplo, nuestros datos sobre uso de especies silvestres y domésticas obtenidos a partir del análisis instrumental de molienda del NOA para contextos arcaicos y formativos, se encuadran bien en el marco del conocimiento vigente sobre el uso prehispánico de recursos vegetales en la región y el área Centro-Surandina (Babot 2004, 2005b; Hocsman *et al.* 2003). Sin embargo, en buena medida nuestros registros más tem-

pranos se sitúan en, o bien exceden, los extremos de las cronologías macrorregionales, las cuales se han confeccionado y sustentado, mayormente sobre la base de los conjuntos macrovegetales. Dado que esto forma parte de una tendencia que están marcando las investigaciones de microfósiles a nivel mundial, esta «aparente anomalía» parecería corresponder más bien a una potencialidad del registro microvegetal que sólo recientemente se ha incorporado a la discusión del manejo de recursos vegetales en el pasado.

Ciertos aspectos condicionan el tipo de respuestas que pueden brindarse desde el análisis del registro de microfósiles. A nuestro juicio, los mismos se encuentran entre los temas prioritarios de investigación en la actualidad. En primer lugar, deben mencionarse las limitaciones de los materiales de referencia, y para el Área Surandina en particular, lo que respecta a especies afines y ancestros de cultígenos, y a taxones silvestres en general.

En segundo lugar, se encuentra la magnitud de las inferencias sobre modalidades de procesamiento que pueden efectuarse a partir de los estándares de comparación actuales. Ciertamente los tipos de daños que se atribuyen a diferentes procedimientos en muestras actuales, pueden aparecer solapados en las arqueológicas. En este sentido es importante evaluar la correlación entre el tipo de recurso, el tipo de efecto documentado y la clase de procedimiento esperado en cada caso, así como sus potenciales combinaciones.

Por último, debe mencionarse que, al menos en las muestras obtenidas directamente de las superficies de artefactos y de sustancias adheridas y, a diferencia de lo que ocurre con muestras de suelos y sedimentos, las identificaciones suelen partir de un conjunto limitado de microfósiles y de un número menor aún, de partículas taxonómicamente diagnósticas, lo cual no permite el tratamiento estadístico complejo de los datos (Babot y Bru 2005). Sin embargo, esto no ha impedido el tratamiento cualitativo de los mismos y la diversidad de inferencias sobre diferentes prácticas que la metodología de microfósiles ha aportado a la discusión arqueológica.

AGRADECIMIENTOS A Laura del Puerto por sus valiosas observaciones sobre una versión previa de este texto. A mis alumnos y colegas de los cursos de microfósiles, por sus exigencias, discusiones y comentarios que, de algún modo están reflejados en este trabajo.

NOTAS

¹ La presencia de ceras u otras sustancias hidrofóbicas densas puede ralentizar o reducir la intensidad de la reacción. La intensidad del teñido depende también de la concentración de la solución (Juan-Tresserras 1992). Algunos autores han señalado que los granos de almidón dañados pueden ser mejor teñidos con Congo Red en rosa-negro, aunque nuestra experiencia ha mostrado que aún estos especímenes son susceptibles a la tinción con Lugol.

² Las estructuras *anisotrópicas*, a diferencia de las *isotrópicas*, son aquellas en las que la luz polarizada se propaga a diferentes velocidades, dependiendo de la dirección del plano de incidencia. Estos materiales se denominan *birrefringentes* porque presentan dos índices de refracción distintos, los cuales corresponden a dos velocidades de propagación de la luz diferentes (De Robertis y Hib 1998).

³ Se ha sugerido la realización de muestreos en distintos sectores de los instrumentos, sosteniendo que los residuos relacionados con el uso en sí permanecerían solamente en las zonas activas y que, los restantes, podrían atribuirse a fuentes de contaminación (por ejemplo, Loy 1994). Sin embargo, observaciones personales del proceso de molienda en la actualidad, por ejemplo, nos permitieron constatar que los residuos de las sustancias molidas quedan distribuidos en diferentes sectores de los artefactos. Esto ocurre principalmente en las zonas activas de los artefactos pasivos pero también en sus sectores neutros y zonas de presión, así como en el espacio circundante. La totalidad de la superficie de los útiles activos puede ser alcanzada por los mismos residuos, en diferentes proporciones y éstos superponerse a otros, como los procedentes de sustancias empleadas en el enmangue. Sobre esta base, los residuos ubicados fuera de las zonas activas de diferentes clases de artefactos y su entorno inmediato, al menos en residuos *de facto* (*sensu* Schiffer 1987), podrían no ser considerados como el resultado de eventos de contaminación sino del uso propio. A su vez, los restos hallados en las zonas activas y de presión deben ser tomados como los más indicativos de uso y enmangamiento, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

Babot, María del Pilar

1999a *Un estudio de artefactos de molienda. Casos del Formativo*. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina. Inédito.

1999b Recolectar para moler. Casos actuales de interés arqueológico en el Noroeste Argentino. En: (CA. Aschero, MA. Korstanje y PM. Vuoto, eds.) *En los tres reinos: prácticas de recolección en el cono sur de América*, pp. 161-170. Ediciones Magna Publicaciones, San Miguel de Tucumán.

2001a La molienda de vegetales almidonosos en el noroeste argentino prehistórico. *Publicación Especial Asociación Paleontológica Argentina* 8:59-64.

2001b Almidones y fitolitos: desentrañando el papel funcional de los artefactos de molienda arqueológicos. En prensa en: *Actas del XIV Congreso Nacional de Arqueología Argentina*. Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

2003 Starch grain damage as an indicator of food processing. En: (DM. Hart and LA. Wallis, eds.) *Phytolith and starch research in the Australian-Pacific-Asian regions: the state of the art*, pp.69-81. Terra Australis 19, Pandanus Books for the Centre for Archaeological Research and the Department of Archaeological and Natural History, The Australian National University, Canberra.

2004 Tecnología y utilización de artefactos de molienda en el Noroeste Prehis-

Babot, María del Pilar

pánico. *Tesis de Doctorado en Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán, Argentina. Inédito.*

2005a *Silicophytoliths and calcium crystals in useful wild and domestic plants of the Southern Andes*. *The Phytolitharien. Bulletin of the Society for Phytolith Research* 17(2): 20-21.

2005b Plant resource processing by Argentinian Puna hunter-gatherers (ca. 7000-3200

B.P): microfossil record. *The Phytolitharien. Bulletin of the Society for Phytolith Research* 17(2): 9-10.

2005c Damage on starch from processing Andean food plants. En (R. Torrence y H Bardon, eds.) *Ancient starch research*, pp. 66-67, 71, 31-32. Left Coast Press, California.

Babot, María del Pilar y María Cristina Apella

2003 Maize and bone: residues of grinding in Northwestern Argentina. *Archaeometry* 45(1):121-132.

Babot, María del Pilar y Elena Bru de Labanda

2005 Analysis of three factors that have an influence on the preservation of microfossils in archaeological artifacts. *The Phytolitharien. Bulletin of the Society for Phytolith Research* 17(2): 4-5.

Babot, María del Pilar; Patricia Susana Escola y Salomón Hocsmán

2005 Microfossils in largest module sidescrapers in agro-pastoralist contexts of the Argentinian Northwest: a contribution to their functional assignment. *The Phytolitharien. Bulletin of the Society for Phytolith Research* 17(2): 13-14.

Babot, M. del Pilar, Natalia Mazzia y Cristina Bayón

2006 Procesamiento de recursos en la región pampeana bonaerense: aportes del instrumental de molienda de las localidades arqueológicas El Guanaco y Cerro La China. En prensa en *Libro del IV Congreso de Arqueología de la Región Pampeana Argentina* (CARPA), Bahía Blanca.

Babot, María del Pilar; Nurit Oliszewski y Alfredo Grau

2003 Estudio morfológico y de estructuras de *Phaseolus Vulgaris* L. (Fabaceae) silvestres y cultivados arqueológicos y actuales. En prensa en: *Parodiána* 13(1-2).

Barton, Hugh, Robin Torrence y Richard Fullagar

1998 Clues to stone tool function re-examined: comparing starch grain frequencies on used and unused obsidian artifacts. *Journal of Archaeological Science* 25: 1231-1238.

Boyd, William, Carol Lentfer y Robin Torrence

1998 Phytolith analysis for a wet tropics environment: methodological issues and implications for the archaeology of Garua Island, West New Britain, Papua New Guinea. *Palyology* 22: 213-228.

Campos, Sara; Laura del Puerto y Hugo Inda

2001 Opal phytolith analysis: its applications to the archaeobotanical record

- in the East of Uruguay. En: (J.D. Meunier y F. Colin, eds) *Phytoliths: applications in Earth Sciences and Human History*, pp. 129-142. A. A. Balkema Publishers.
- Checa, A.; A. Jimeno; Jordi Juan-Tresserras; J.P. Benito y A. Sanz
1999 Molienda y economía doméstica en Numancia. En: *Actas del IV Simposio sobre Celtíberos. Economía*, pp. 63-68. Institución «Fernando el Católico» (CSIC), Excma. Diputación Provincial, Zaragoza.
- Coil, James, María Alejandra Korstanje, Steven Archer y Christine A. Hastorf
2003 Laboratory goals and considerations for multiple microfossil extraction in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 30:991-1008.
- Cortella, Alicia R. y María Lelia Pochettino
1990 South American grain Chenopods and Amaranths: a comparative morphology of starch. *Starch/Stärke* 42(7): 251-5.
1994 Starch grain analysis as a microscopic diagnostic feature in the identification of plant material. *Economic Botany* 48(2): 171-81.
1995 Comparative morphology of starch of three Andean tubers. *Starch/Stärke* 47(12): 455-61.
- Cotton, C.
1998 *Ethnobotany. Principles and applications*. Wiley and Sons, Chichester.
- De Robertis, E. y J. Hib
1998 *Fundamentos de biología celular y molecular de De Robertis*. Librería Editorial El Ateneo, Buenos Aires.
- Esau, Catherine
1976 *Anatomía vegetal*. Ediciones Omega, Barcelona.
- Fitt, L. y E. Maywald Zinder
1984 Photomicrographs of starches. En (R. Whistler, J. Bemiller y E. Paschall, eds.) *Starch: chemistry and technology*, pp. 675-689. Academic Press, San Diego.
- Fredlund, Glen G. y Larry T. Tieszen
1994 Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. *Journal of Biogeography* 21: 321-335.
- Fredriksson, H.
1998 *Characterization of starch from different sources*. PhD thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. Unpublished
- French, D.
1984 Organization of starch granules. En (R. Whistler, J. Bemiller y E. Paschall, eds.) *Starch: Chemistry and Technology*, pp. 183-247. Academic Press, Florida.
- Fullagar, Richard y Judith Field
1997 Pleistocene seed-grinding implements from the Australian arid zone. *Antiquity* 71: 300-307.

Babot, María del Pilar

Haslam, Michael

2003 Evidence for maize processing on 2000-year-old obsidian artefacts from Copán, Honduras. En: (DM. Hart and LA. Wallis, eds.) *Phytolith and starch research in the Australian-Pacific-Asian regions: the state of the art*, pp.153-161. Terra Australis 19, Pandanus Books for the Centre for Archaeological Research and the Department of Archaeological and Natural History, The Australian National University, Canberra.

2004 The decomposition of starch grains in soils: implications for archaeological residue analyses. *Journal of archaeological science* 31: 1715-1734.

2006 Potential misidentification of in-situ archaeological tool-residues: starch and conidia. *Journal of archaeological science* 33: 114-121.

Hocsman, Salomón, María del Pilar Babot, Sebastián Mamaní Segura, Cecilia Haros, Alfredo Calisaya, Aldo Jerónimo, Lucía González Baroni y Ezequiel Milena

2003 La transición de cazadores-recolectores a sociedades agro-pastoriles en Antofagasta de la Sierra (Catamarca) vista desde el sitio Peñas Chicas 1.3. En: *Resúmenes de las VI Jornadas de Comunicaciones de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo*, p. 17. San Miguel de Tucumán.

Iriarte, J.; I. Holst; J. López y L. Cabrera

2001 Subtropical Wetland Adaptations in Uruguay during the Mid-Holocene: An Archaeological Perspective. En: (B. Purdy, Ed.) *Enduring records. The environmental and cultural heritage of wetlands*, pp. 61-70. Oxbow Books.

Juan-Tresserras, Jordi

1992 *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, Universitat de Barcelona, Barcelona. Inédito.

1998 La cerveza prehistórica: Investigaciones arqueobotánicas y experimentales. En (JL. Maya, F. Cuesta y J. López Cachero, eds.) *Genó: un poblado del Bronce Final en el Bajo Segre (Lleida)*, pp. 241-252, Publicaciones de la Universitat de Barcelona, Barcelona.

Kealhofer, Lisa; Robin Torrence y Richard Fullagar

1999 Integrating phytoliths within use-wear/residue studies of stone tools. *Journal of Archaeological Science* 26: 527-546.

Korstanje, María Alejandra

2003 Taphonomy in the laboratory: starch damage and multiple microfossil recovery from sediments. En: (DM. Hart and LA. Wallis, eds.) *Phytolith and starch research in the Australian-Pacific-Asian regions: the state of the art*, pp.105-118. Terra Australis 19, Pandanus Books for the Centre for Archaeological Research and the Department of Archaeological and Natural History, The Australian National University, Canberra.

2005 *La organización del trabajo en torno a la producción de alimentos en sociedades agropastoriles formativas (Pcia. de Catamarca, Rep. Argentina)*. Tesis de Doctorado en Arqueología. Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad

- Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán, Argentina Inédito.
- Korstanje, María Alejandra y María del Pilar Babot
2005 A microfossil characterization from South Andean economic plants. En: (M Madella, MK. Jones y D. Zurro, eds.) *Pleaces, people and plants: using phytoliths in Archaeology and Palaeoecology*. Proceedings of the 4th International Meeting on Phytolith Research. Oxbow Books, Cambridge, UK.
- Loy, Thomas
1994 Methods in the analysis of starch residues on prehistoric stone tools. En (J. Hather, ed.) *Tropical Archaeobotany: Applications and New Developments*, pp. 86-114. Routledge, New York.
- Loy, Thomas y Richard Fullagar
2005 Residue Extraction. En (R. Torrence y H Bardon, eds.) *Ancient starch research*, pp. 197-198. Left Coast Press, California.
- Loy, Thomas; M. Spriggs y S. Wickler
1992 Direct evidence for human use of plants 28,000 years ago: starch residues on stone artifacts from the northern Solomon Islands. *Antiquity* 66: 898-912.
- Lu, Tracey
2003 The survival of starch residue in a subtropical environment. En: (DM. Hart and LA. Wallis, eds.) *Phytolith and starch research in the Australian-Pacific-Asian regions: the state of the art*, pp.119-126. Terra Australis 19, Pandanus Books for the Centre for Archaeological Research and the Department of Archaeological and Natural History, The Australian National University, Canberra.
- Manners, D.
1968 The biological synthesis of starch. En: *Starch and its derivatives*, pp. 66-90. Chapman and Hill Ltd., Londres, 4^{ta} Edición.
- Masterton, William L.; Emil J. Lsowinski y Conrad L. Stanitski
1991 *Química general superior*. McGraw Hill, México DF, 6^a Edición.
- Mulholland, S. y G. Rapp
1992 Phytolith systematics: an introduction. En (G. Rapp y S. Muholland, eds.) *Phytolith Systematics*, pp. 1-13. Plenum Press, New York.
- Oliszewski, Nurit y María del Pilar Babot
2005 Selection processes of the common bean in the high valleys of the Prehispanic Northwestern Argentina. Micro and macroscopical analysis of archaeological specimens. Enviado para su publicación en: *Economic Botany*.
- Pearsall, Deborah
2000 *Palaeoethnobotany: a handbook of procedures*. Academic Press, New York. Segunda edición revisada.
2003 Integrating biological data: Phytoliths and starch grains, health and diet, at Real Alto, Ecuador. En: (DM. Hart and LA. Wallis, eds.) *Phytolith and starch research in the Australian-Pacific-Asian regions: the state of the art*, pp.187-200.

Babot, María del Pilar

Terra Australis 19, Pandanus Books for the Centre for Archaeological Research and the Department of Archaeological and Natural History, The Australian National University, Canberra.

Pearsall, Deborah M.; Karol Chandler-Ezell y James A. Zeidler

2004 Maize in ancient Ecuador: results of residue analysis of stone tools from the Real Alto site. *Journal of Archaeological Science*: 31: 423-442.

Perry, Linda

2004 Starch analyses reveal the relationship between tool type and function: an example from the Orinoco valley of Venezuela. *Journal of Archaeological Science* 31: 1069-1081.

Piperno, Dolores R.

1990 Aboriginal agriculture and land usage in the Amazon Basin, Ecuador. *Journal of Archaeological Science* 17: 665-677.

Piperno, Dolores R. e Irene Holst

1990 Aboriginal agriculture and land usage in the Amazon Basin, Ecuador. *Journal of Archaeological Science* 17: 665-677.

1998 The presence of starch grains on prehistoric stone tools from the Humid Neotropics: indications of early tuber use and agriculture in Panama. *Journal of Archaeological Science* 25: 765-776.

Piperno, Dolores R., A. J. Ranere, Irene Holst y P. Hansell

2000 Starch grains reveal early root crop horticulture in the Panamanian tropical forest. *Nature* 407: 894-897.

Pochettino, María Lelia y María Cristina Scattolín

1991 Identificación y significado de frutos y semillas carbonizados de sitios arqueológicos de la ladera occidental del Aconquija, Prov. de Catamarca, Rca. Argentina. *Revista del Museo de La Plata* (nueva serie) Antropología 9(71): 169-181.

Radley, J.A.

1943 *Starch and its derivatives*. Chapman y Hall Ltd., Londres. Segunda Edición.

Reichert, C.T.

1913 *The differentiation and specificity of starches in relation to genera, species, etc.* Carnegie Institution of Washington D.C., Publication 173.

Schiffer, Michael

1987 *Formation processes of the archaeological record*. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Shannon, J. y D. Garwood

1984 Genetics and physiology of starch development. En (R. Whistler, J. Bemiller y E. Paschall, eds.) *Starch: chemistry and technology*, pp. 26-85. Academic Press, San Diego.

Sterling, C.

1968 The structure of the starch grain. En *Starch and its derivatives*, pp. 139-167. Chapman and Hill Ltd., Londres, 4th Edición.

Therin, Michael

1994 *Subsistence through starch: the examination of subsistence changes on Garua Island, West New Britain, Papua New Guinea, through the extraction and identification of starch from sediments*. BA (Honours) Thesis, Prehistoric and Historical Archaeology, Sydney University, Sydney. Unpublished

Torrence, Robin y Huw Barton (eds.)

2005 *Ancient starch research*. Left Coast Press, California.

Torrence, Robin; Richard Wright y Rebecca Conway

2004 Identification of starch granules using image analysis and multivariate techniques. *Journal of Archaeological Science* 31: 519-532.

Ugent, Donald; Tom Dillehay y Carlos Ramirez

1987 Potato remains from a Late Pleistocene settlement in Southcentral Chile. *Economic Botany* 41(1): 17-27.

Ugent, Donald, Shelia Pozorski y Thomas Pozorski

1981 Prehistoric remains of the sweet potato from the Casma Valley of Peru. *Phytologia* 49(5): 401-415.

1982 Archaeological potato tuber remains from de Casma Valley of Peru. *Economic Botany* 36(2): 182-192.

1984 New evidence for ancient cultivation of *Canna edulis* in Peru. *Economic Botany* 38(4): 417-432.

1985 Archaeological manioc (*Manihot*) from Coastal Perú. *Economic Botany* 40(1): 78-102.

Winton, A. L. y K. B. Winton, K.B.

1932 *The structure and composition of foods*. John Wiley, New York.

ÍNDICE

PRÓLOGO	7
CONFECCIÓN DE CORDELES EN LA PUNA SEPTENTRIONAL Y MERIDIONAL ARGENTINA. MOVILIDAD E INTERACCIONES SOCIOECONÓMICAS	11
<i>M. Fernanda Rodríguez y Carlos A. Aschero</i>	
PRIMERA EVIDENCIA ARQUEOLÓGICA DE CULTIVOS DEL VIEJO MUNDO (TRIGO, CEBADA Y DURAZNO) EN EL NOA: SU SIGNIFICACIÓN A TRAVÉS DEL REGISTRO DE “EL SHINCAL DE QUIMIVIL”	25
<i>Aylén Capparelli, Marco Giovannetti y Verónica Lema</i>	
EL ALGODÓN (<i>Gossypium</i> sp.) EN EL REGISTRO ARQUEOLÓGICO DEL NOROESTE ARGENTINO: SU PRESENCIA PRE Y POST HISPÁNICA	49
<i>Verónica Lema y Aylén Capparelli</i>	
IDENTIFICACION DE LEGUMINOSAS MIMOSOIDEAS PROVENIENTES DE REGISTROS ARQUEOLOGICOS. CAMPO DEL PUCARA (CATAMARCA, ARGENTINA) COMO CASO DE ESTUDIO	79
<i>Nurit Oliszewski</i>	
GRANOS DE ALMIDÓN EN CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS: POSIBILIDADES Y PERSPECTIVAS A PARTIR DE CASOS DEL NOROESTE ARGENTINO	95
<i>María del Pilar Babot</i>	
DISCUSIONES EN TORNO A LA ANTRACOLOGÍA Y LOS SITIOS ARQUEOLÓGICOS DE LA REGIÓN SUR-AUSTRAL DE CHILE	127
<i>María Eugenia Solari</i>	
ANTRACOLOGÍA Y SUBSISTENCIA: PALEOETNOBOTÁNICA DEL FUEGO EN LA PREHISTORIA DE LA REGIÓN ESTE DEL URUGUAY - PUNTAS DEL SAN LUIS, PASO BARRANCAS, ROCHA, URUGUAY	137
<i>Hugo Inda y Laura del Puerto</i>	

ESTUDIO ANTRACOLÓGICO EN TEBENQUICHE CHICO (DPTO. ANTOFAGASTA DE LA SIERRA, PROVINCIA DE CATAMARCA)	153
<i>Ivana Carina Jofré</i>	
ARQUEOBOTÁNICA DEL SITIO PEÑAS CHICAS 1.3 (ANTOFAGASTA DE LA SIERRA, CATAMARCA, ARGENTINA)	179
<i>María Gabriela Aguirre</i>	
APORTES DE LA ANTRACOLOGÍA A LA CRONOLOGÍA DEL VALLE DE AMBATO	197
<i>María Bernarda Marconetto</i>	