

# Primeras aproximaciones a la identificación de técnicas de procesamiento en carporrestos de *Zea mays* L.: detección de granos hervidos en restos arqueobotánicos secos y carbonizados

Natalia Petrucci y Verónica S. Lema

Recibido 13 de julio 2015. Aceptado 30 de octubre 2015

## RESUMEN

Restos arqueológicos de maíz (*Zea mays* L.) han sido encontrados en diversos contextos arqueológicos, ya sea en forma de macro- o de microrrestos, a lo largo de gran parte de la historia prehispánica del Noroeste argentino. Diversos estudios experimentales y arqueobotánicos se han realizado procurando detectar procesamiento en este tipo de restos. A pesar de lo anterior, no se cuenta, para el caso del maíz, con estudios que aborden las alteraciones que el procesamiento ocasiona en la anatomía de los granos, tanto en su nivel tisular, como celular y subcelular. El objetivo del presente trabajo es contribuir a la identificación de una técnica de procesamiento, el hervido de granos enteros, mediante estudios experimentales y el análisis de caracteres cualitativos y cuantitativos a nivel anatómico y morfológico que puedan ser aplicados al estudio de restos arqueológicos secos y carbonizados. Como resultado se presentan una serie de rasgos que se asocian al hervido de los granos y su aplicación a un caso arqueológico. Finalmente, se discute el alcance de los estudios llevados a cabo como parte de una primera aproximación a esta línea de análisis que se avizora como muy prometedora para el estudio de prácticas culinarias pasadas.

**Palabras clave:** Granos de maíz; Experimentación; Procesamiento.

## ABSTRACT

FIRST APPROACHES TO IDENTIFYING PROCESSING TECHNIQUES ON ZEA MAYS L MACRORREMAINS: DETECTING BOILED GRAINS ON DRY AND CHARRED ARCHAEOBOTANICAL REMAINS. Archaeological remains of corn (*Zea mays* L.) have been found in several archaeological contexts, as both macro and microremains, thought much of the pre-Hispanic history of Argentine Northwest. Different experimental and archaeobotanical studies have been conducted with the aim of detecting processing in archaeological remains. Despite this, there are no studies addressing the changes that processing and charring cause in the kernel anatomy at tissue, cellular and subcellular levels. The aim of this paper is to contribute to the identification of one processing technique, boiling of whole kernels, through experimental studies and the analysis of qualitative and quantitative anatomical and morphological traits which can be applied to dry and charred archaeological remains. As a result, several characters linked to boiling of whole kernels and their applications to an archaeological case are presented. Finally we discuss the scope of these analyses as the first approximation to an analytical pathway which seems to be promising for the detection of past culinary practices.

**Keywords:** Corn kernels; Experimentation; Processing.

Natalia Petrucci. Museo Etnográfico Juan B. Ambrosetti, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Moreno 350 (1901), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. E-mail: nataliapetrucci@hotmail.com

Verónica S. Lema. Laboratorio de Etnobotánica y Botánica Aplicada, División Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque s/n° (1900), La Plata, Buenos Aires, Argentina. E-mail: vslema@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

Diversos restos arqueológicos de maíz (*Zea mays* L.), tanto como macro- o como microrrestos, han sido encontrados en variados contextos arqueológicos tales como fogones, entierros, basurales, estructuras de almacenamiento, vasijas y morteros a lo largo de gran parte de la historia prehispánica del Noroeste argentino. La interpretación acerca de sus usos, así como los espacios y artefactos relacionados, requiere de mayor conocimiento sobre los rastros que pueden dejar las prácticas comúnmente asociadas con la producción, procesamiento y consumo de este cereal. Numerosos estudios se han realizado al respecto, concentrados, por un lado, en los cambios externos producidos en los granos de maíz por distintas técnicas de procesamiento (Goette *et al.* 1994; Dezendorf 2013) y, por el otro, en las modificaciones generadas en los granos de almidón recuperados como microrrestos (Radley 1943, 1968; Fitt y Maywald Snyder 1984; Babot 2003, 2006). Sin embargo, no se cuenta para el caso del maíz con estudios experimentales que aborden las alteraciones que el procesamiento y la carbonización ocasionan a nivel anatómico en los granos –tanto a nivel tisular, celular o subcelular– tal como se ha analizado en otros casos (Pochettino y Scattolin 1991; Valamoti *et al.* 2008; Wollstonecroft *et al.* 2008). En el caso de los cereales Valamoti *et al.* (2008) demuestran que, bajo ciertas condiciones, la estructura distintiva de los almidones sobrevive al proceso de carbonización, lo cual permite la identificación de formas pretéritas de procesamiento.

El objetivo del presente trabajo es contribuir a la identificación del hervido en granos de maíz arqueológicos secos y carbonizados, a partir de la determinación de caracteres cualitativos y cuantitativos, internos (anatómicos) y externos (morfológicos) que sean propios de dicha técnica, a partir de trabajos experimentales. Los resultados obtenidos fueron aplicados a una muestra de granos de maíz carbonizados recuperados en los sitios Rincón Chico 1 y Rincón Chico 15, correspondientes a la localidad arqueológica de Rincón Chico, Valle de Santa María, Provincia de Catamarca, siglos XIII a XVI DC (Tarragó 2011).

### Antecedentes

El maíz cuenta con una gran cantidad de razas nativas en Argentina, las cuales tienen en parte su origen en las cultivadas por los habitantes precolombinos de la región (Rex González 1965; Tarragó 1978; Cámara Hernández y Arancibia de Cabezas 2007; Oliszewski 2008, 2011). La enorme variedad de este cereal se ha mantenido en el tiempo debido en gran medida a la influencia que tienen las comidas tradicionales, así como también a la diversidad de ambientes donde puede ser cultivado y los tiempos de siembra-cosecha

a lo largo del calendario anual. Algunos de los elementos que definen los distintos usos que se le dan al maíz como alimento son las características de los granos. Estos consisten en un cariopse con una cubierta, el pericarpio fusionado al espermodermo, que envuelve al embrión y al endosperma. Este último está formado por una única capa de aleurona y un parénquima de reserva constituido por numerosas capas de células que contienen amiloplastos, cada uno de los cuales posee, a su vez, un grano de almidón (Winton & Winton 1932).

La compactación que presentan los almidones en el endosperma resulta en la distinción de tres tipos de granos de maíz. En las variedades con endosperma córneo, los amiloplastos están estrechamente empaquetados, con granos de almidón cementados entre sí por zeína u otras proteínas, que forman una masa sólida (Winton & Winton 1932). Debido a este empaquetamiento, los granos de almidón tienen generalmente formas poligonales. En las variedades con endosperma harinoso, los granos de almidón están poco comprimidos; se encuentran bastante sueltos y tienden a tener formas redondeadas (Winton & Winton 1932). Además, se encuentran también los mixtos, que combinan ambos tipos de endosperma con disposición variable dentro del grano. En los granos de maíz de tipo dulce, su parte cristalina se debe a la dextrina y no a los almidones comprimidos (Parodi 1959; Cámara Hernández 2009; Oliszewski 2011).

El maíz continúa siendo uno de los principales recursos alimenticios de las comunidades andinas, y en los registros arqueológicos prehispánicos del NOA es la planta con mayor ubicuidad, con una profundidad temporal de ca. 4000 años AP (Oliszewski 2011). Dentro de los estudios sobre esta especie se deben mencionar las propuestas clasificatorias que se han hecho de maíces arqueológicos a partir de tipos, variedades o razas actuales (Parodi 1959; Abiusso y Cámara Hernández 1974). Los autores referidos sentaron las bases que hoy se siguen utilizando para la identificación de macrorrestos botánicos (Raffaëlle 2006; Oliszewski 2007, 2008; Oliszewski y Olivera 2009).

## MATERIALES Y MÉTODO

### Colección de referencia

Para elaborar el diseño experimental y conformar la colección de referencia se consultó bibliografía referida a diversas preparaciones culinarias en el NOA que involucraran al maíz como principal ingrediente, procurando abarcar la mayor cantidad posible de variedades o razas (Cámara Hernández y Arancibia de Cabezas 2007; Abdo *et al.* 2012). A partir de allí se listaron las variedades de maíz y las técnicas de procesamiento más frecuentes que involucraran a los

granos enteros, las cuales resultaron ser: remojo, hervido y tostado. En función de la información recabada, se decidió trabajar con la técnica de hervido de los granos, por considerar que dejaría marcas susceptibles de ser reconocidas en macrorrestos arqueobotánicos, tanto a nivel morfológico como anatómico. Luego se consideró que los granos carbonizados que se recuperan en los sitios arqueológicos pudieron constituir desechos de comidas o desechos de alguna de las etapas de cocción (Munson *et al.* 1971).

Considerando todo lo antes dicho, se diseñó el protocolo experimental para elaborar la colección de referencia. Tomando en cuenta las diversas variedades de maíz registradas, se decidió trabajar con dos grandes categorías que agruparan a la mayor parte de aquellas: maíces de endosperma vítreo y maíces de endosperma harinoso; para el primer caso se trabajó con granos de la variedad “pisingallo”, y para el segundo, con granos de la variedad “capia”. A fin de contar con ejemplares que representaran granos cocidos y granos semicocidos, se decidió trabajar con dos tiempos de hervor: siete horas para el primer caso y dos horas para el segundo. El hervido experimental se realizó con granos enteros: se colocaron los granos de un tipo de endosperma en un recipiente metálico con agua fría, sin ningún tipo de agregado extra, y se llevó a fuego de hornalla (300° C) hasta que el agua entrara en ebullición al alcanzar los 100° C, momento a partir del cual se comenzaron a contar las horas. Esto se repitió luego con los granos del otro tipo de endosperma. En ambos casos se fue agregando agua fría a medida que la del contenedor se reducía. Luego los granos se retiraron del agua con una espumadera y se dejaron secar al aire.

Granos hervidos y no hervidos de ambos tipos fueron envueltos individualmente en papel aluminio, puestos en un sobre de alambre (confeccionado de manera que no aplastara el grano) y colocados al rescoldo de un fogón, por 20 minutos. Este tiempo se constató –tras sucesivas repeticiones experimentales– como óptimo para que los granos quedaran completamente carbonizados. El objetivo de la carbonización no era tener un registro controlado de temperaturas en un horno mufla, sino replicar condiciones de carbonización en un fogón. La carbonización se realizó 24 horas después de cada tipo de hervido. De esta manera, la colección de referencia terminó incluyendo: 1- granos sin procesar secos. 2- granos sin procesar carbonizados. 3- granos procesados secos. 4- granos procesados carbonizados.

### **Análisis morfológico**

Todos los granos de la colección de referencia fueron medidos con calibre, teniendo en cuenta: largo, ancho y espesor en centímetros. Además, se registraron

los cambios cualitativos observados en ellos luego de cada tipo de hervido y carbonización. Para llevar a cabo estos registros, previamente los granos hervidos se dejaron secar durante siete días.

### **Análisis anatómico**

Se realizaron cortes longitudinales y transversales de los granos de la colección de referencia para efectuar su análisis anatómico. Las observaciones de los granos carbonizados se realizaron en superficie y en corte (fractura) longitudinal o transversal. El pericarpio y la capa de aleurona se observaron en vista superficial; y el parénquima del endosperma y los almidones, en vista longitudinal y transversal. Se empleó microscopio óptico, tanto de transparencia como de incidencia, para observar los cambios ocurridos en la anatomía de los granos hervidos y/o carbonizados, respecto de los granos sin hervir ni carbonizar. Se midieron 24 almidones internos de cinco granos de maíz en distintos estados: secos (sin hervir), hervidos, secos carbonizados y hervidos carbonizados, con el fin de comparar los cambios posprocesamiento y combustión, tomando dos medidas de diámetro máximo, las cuales fueron transversales entre sí. Para estos análisis biométricos de caracteres microscópicos se emplearon dos *softwares*: Image Tool 3.0 y Motic Image Plus 2.0.

### **Análisis arqueobotánico**

Los restos arqueobotánicos de cariopses de maíz carbonizados –obtenidos por la técnica de flotación– provienen de estructuras domésticas del sitio Rincón Chico 1 (RCh1) y de estructuras de uso múltiple del sitio Rincón Chico 15 (RCh15) (Tarragó 2007). En total, se recuperaron siete granos de maíz en RCh1 y 14 en RCh15. Todos los granos se presentaron total o parcialmente fragmentados. Los materiales usados para su análisis morfoanatómico fueron los mismos que los de la colección de referencia.

## **RESULTADOS**

### **1) Colección de referencia**

La colección de referencia quedó conformada por un total de 216 granos de endosperma vítreo y harinoso con y sin hervor y carbonización (Figura 1).

#### **1.1) Análisis morfológico**

Las medidas de ancho, largo y espesor tomadas en los granos de maíz de la colección de referencia se resumen en la Figura 1.

**1.1.1) Grano de tipo vítreo**

En el caso de los granos sin carbonizar, el largo y el ancho mostraron pocos valores distintivos, ya que prácticamente todo el rango de distribución de estas variables en los ejemplares hervidos por dos y siete horas coincide con el rango de ejemplares no procesados; el espesor, en cambio, aumentó notablemente con el hervido, lo que permitió diferenciar a los granos procesados de los no procesados, si bien no es posible distinguir entre ambos tipos de hervor.

En el caso de los granos carbonizados, los cariopses que habían sido previamente hervidos por dos horas mostraron una disminución notable de las tres variables métricas respecto de aquellos granos que no se habían procesado; y hubo un solapamiento parcial con los valores registrados en estos últimos. En cambio, los granos que habían sido previamente hervidos por siete horas mostraron rangos de valores de largo y ancho que coinciden con los de granos sin procesar; y se distinguen por un rango de valores de espesor mucho más amplio que el de granos hervidos por dos horas y que el de granos sin hervir.

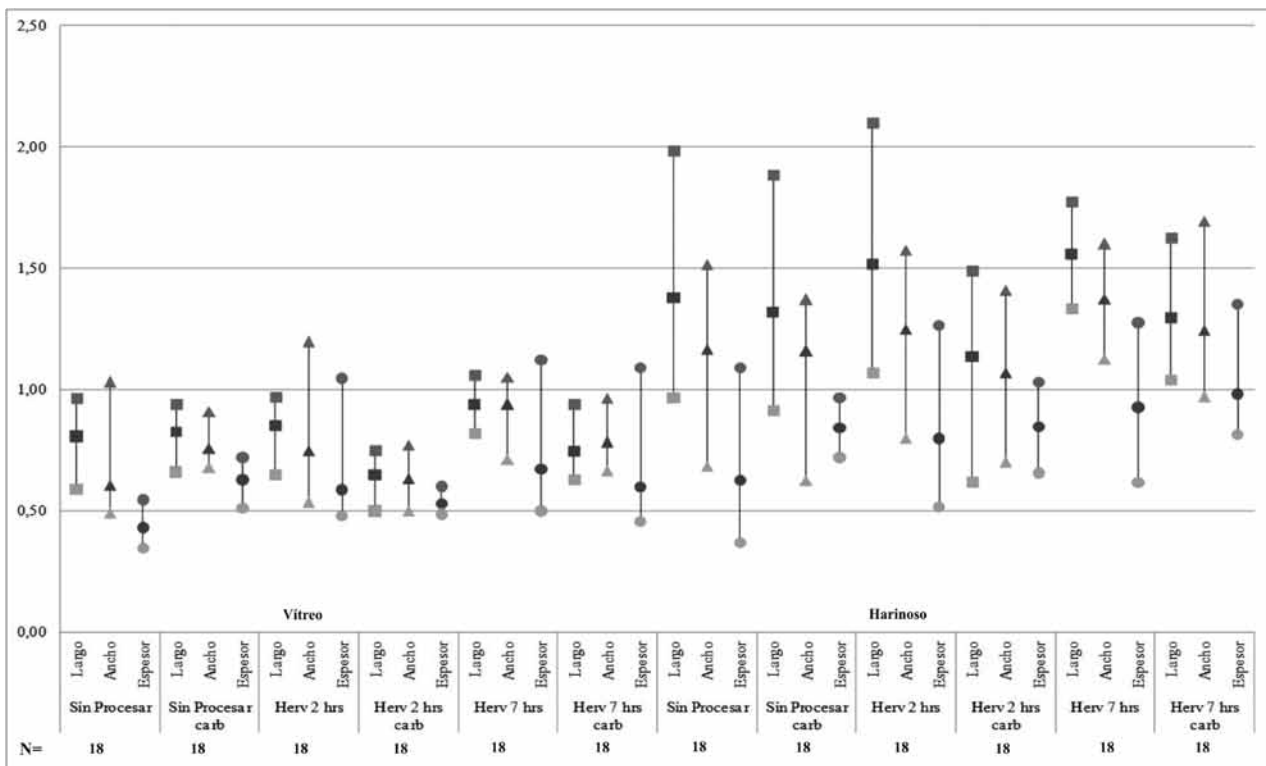
La preeminencia que la variable espesor ha tenido puede vincularse a la observación que se hizo luego del hervor de siete horas, en la cual el pericarpio se abrió en sentido longitudinal al embrión, con extrusión del endosperma.

**1.1.2) Grano de tipo harinoso**

En el caso de los granos sin carbonizar, el largo, ancho y espesor de ejemplares hervidos por dos horas mostraron pocos valores distintivos, ya que en las tres medidas el rango de valores es muy similar al de los granos sin hervir, salvo por un leve corrimiento general de todos los rangos a valores mayores. En ejemplares hervidos por siete horas, el rango de medidas de largo y ancho es notablemente menor y se encuentra incluido en el de valores de largo y ancho de granos hervidos por dos horas y no hervidos; el rango de valores del espesor, en cambio, no mostró reducción. Por lo tanto, en ejemplares hervidos por siete horas, lo distintivo es la relación entre las tres variables: el espesor exhibe valores que constituyen un rango mayor que el rango de valores de largo y espesor.

En el caso de los granos carbonizados, aquellos que no habían sido previamente procesados mostraron una reducción notable del espesor. Respecto de estos, los cariopses hervidos por dos horas antes de la carbonización presentaron valores menores de largo; y aquellos hervidos por siete horas, valores mayores de ancho y espesor.

En esta variedad, los granos se abrieron en sentido transversal al embrión, con lo cual disminuyó su ancho y aumentó su espesor; características que se mantuvieron luego de la carbonización.



**Figura 1.** Rango de tamaños (máximos, mínimos y promedios) para el largo (cuadrados), ancho (triángulos) y espesor (círculos) de los granos de maíz, con endosperma vítreo y harinoso, de la colección de referencia. Medidas en cm. Se indica la cantidad de granos (N) por tipo.

**Análisis anatómico**

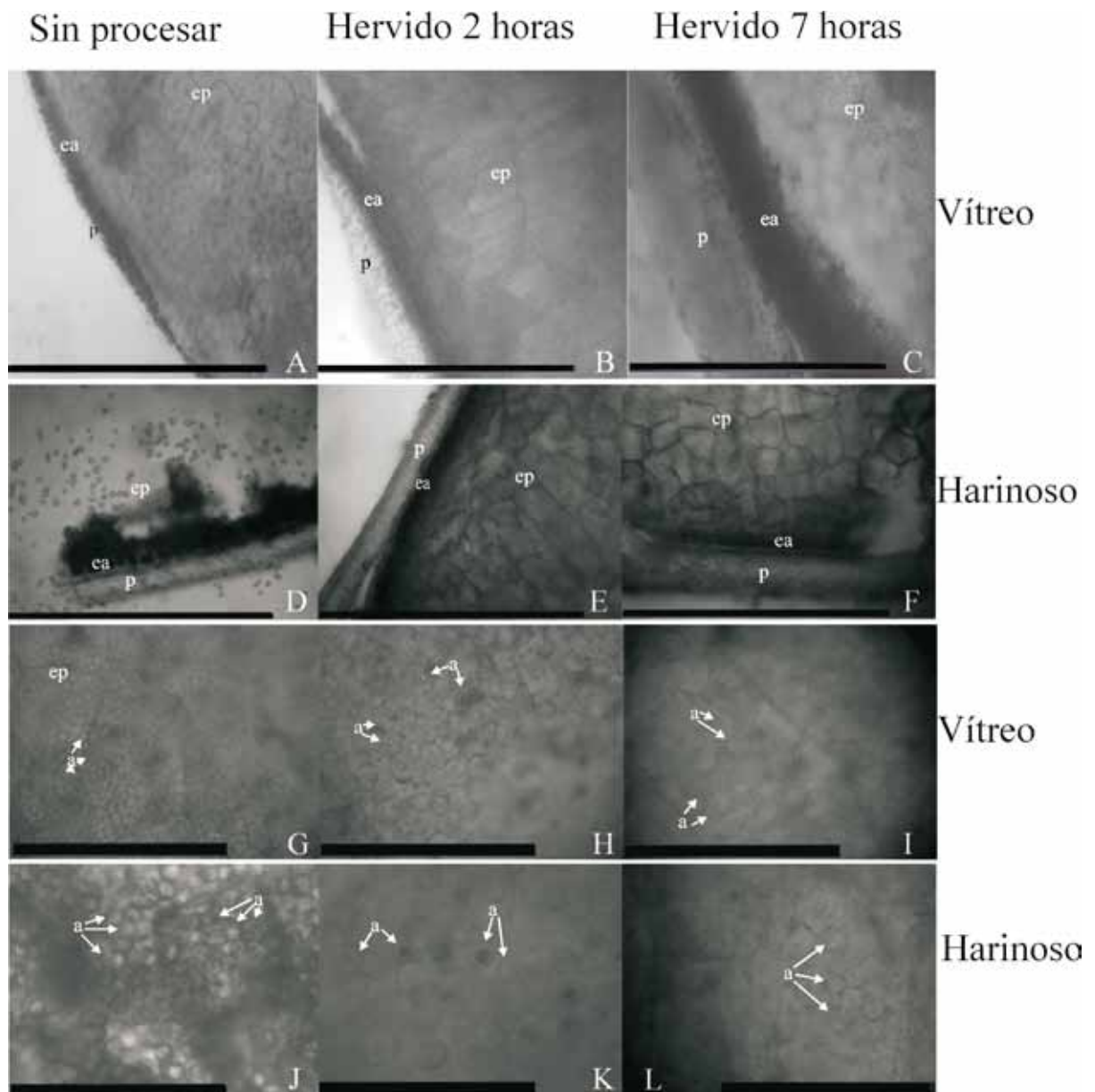
**1.2.1) Granos de tipo vítreo**

1.2.1.1) Granos secos

Las observaciones anatómicas permitieron constatar que el pericarpio y las células de la capa de aleurona no presentaron modificaciones significativas a nivel cualitativo tras someter los granos a distintos tipos de hervor (Figura 2A-C).

En el endosperma, tanto las células del parénquima como los granos de almidón mantuvieron parcialmente –tras ambos tipos de hervido– la forma poligonal característica de esta variedad. A pesar de lo anterior, los granos de almidón presentaron distintos grados de

modificación, lo cual se relaciona con la posición de estos dentro del cariopse y con el tiempo de hervor. Los granos de almidón más externos (más próximos a la cubierta del grano) hervidos por dos horas, así como los expuestos a hervor por siete horas (tanto los más externos como los próximos al embrión) mostraron las mismas características: los almidones incrementaron varias veces su tamaño y el hilio dejó de ser visible, producto de la ruptura de la estructura cristalina, atestiguada por la concomitante pérdida de la birrefringencia. Los almidones más internos de los granos de maíz hervidos por dos horas mantuvieron su forma con una débil birrefringencia, pero mostraron un orificio circular en el área del hilio, que se observó como un centro oscuro bajo luz normal y polarizada (Figura 2H).



**Figura 2.** Comparación de los granos de maíz con distintos tipos de hervido. Referencias: p.: pericarpio, ea.: endosperma-aleurona, ep.; endosperma- parénquima, a.: almidones. A-C: Corte longitudinal de granos con endosperma vítreo. D-F: Corte longitudinal de granos con endosperma harinoso. G-I: Corte transversal donde se observa el endosperma vítreo. J-L: Corte transversal donde se observa el endosperma harinoso. A-F: escala = 100µ. G-L: escala= 20µ.

Las medidas de diámetro tomadas de los granos de almidón internos expuestos a los distintos hervores mostraron gran variación con respecto a los granos sin hervir. En el hervor de dos horas, los valores promedio de diámetro menor y mayor aumentaron en un 125% y 140% respectivamente. Se observó que los almidones continuaron modificando su tamaño, que llegó a la mayor variación en el hervor de siete horas, con un aumento del diámetro mayor que alcanzó el 182%; y del diámetro menor, el 166% respecto de los granos de almidón en cariopses sin procesar.

### 1.2.1.2) Granos carbonizados

Tras la carbonización se pudo constatar que ni el pericarpio ni las células de la capa de aleurona mostraron modificaciones cualitativas (Figura 3A-C y G-I). El tejido parenquimático del endosperma fue el que sufrió mayores alteraciones: se mostró fusionado (formando una matriz) e interrumpido por numerosas cavidades irregulares (Figura 3M-O). La matriz continua de aspecto brillante es, posiblemente, producto de la fusión de almidones, proteínas y otros componentes que conforman este sector del cariopse; los almidones se distinguieron en esta matriz (Valamotti *et al.* 2008). Estos conservaban su forma facetada, aunque levemente distorsionada, con alguna de sus caras no tan planas. En los granos hervidos por dos horas y carbonizados se observó que los almidones ubicados hacia el centro del cariopse poseían un orificio circular en la zona del hilio (Figura 3N), al igual que lo observado en ejemplares que sufrieron el mismo procesamiento y sin carbonizar (Figura 2H). En los granos hervidos por siete horas y carbonizados, sólo quedó la impronta o negativo de los almidones, cuya forma presentó modificaciones, con paredes algo redondeadas y ocasionalmente fisuradas (Figura 3O).

En los granos hervidos carbonizados, la matriz se observa interrumpida, no sólo por cavidades irregulares, como en los granos no procesados y carbonizados, sino también por vesículas de contornos circulares, las cuales se presentan sin contenido, lo que hace que puedan ser confundidas con los rastros dejados por los almidones, si bien se distinguen de estos últimos por sus contornos y gran tamaño (Figura 3N, O, Q y R).

La carbonización afectó el tamaño de los almidones en los granos de maíz no hervidos, lo que provocó un aumento en el diámetro mayor de 118%, y de 103% en el diámetro menor, al compararse con los granos sin hervir y sin carbonizar. Respecto de estos últimos, la carbonización en granos hervidos por siete horas provocó que el diámetro mayor aumentara en un 163%, y el diámetro menor, en un 147%. En el hervor por dos horas, la carbonización produjo en los almidones un aumento de 200% del diámetro mayor y un 53% del diámetro menor. Pero al comparar los

almidones de los granos hervidos carbonizados con los valores de diámetro obtenidos de los almidones hervidos sin carbonizar se observa que la variación fue nula e, incluso, que se revierte la tendencia al aumento de tamaño. En la muestra carbonizada y hervida por dos horas, los diámetros de los almidones disminuyeron: 17% el mayor y 32% el menor. No se registró variación en los almidones de los granos carbonizados y hervidos por siete horas al compararlos con los almidones procesados de igual manera, pero sin carbonizar.

### 1.2.2) Granos de tipo harinoso

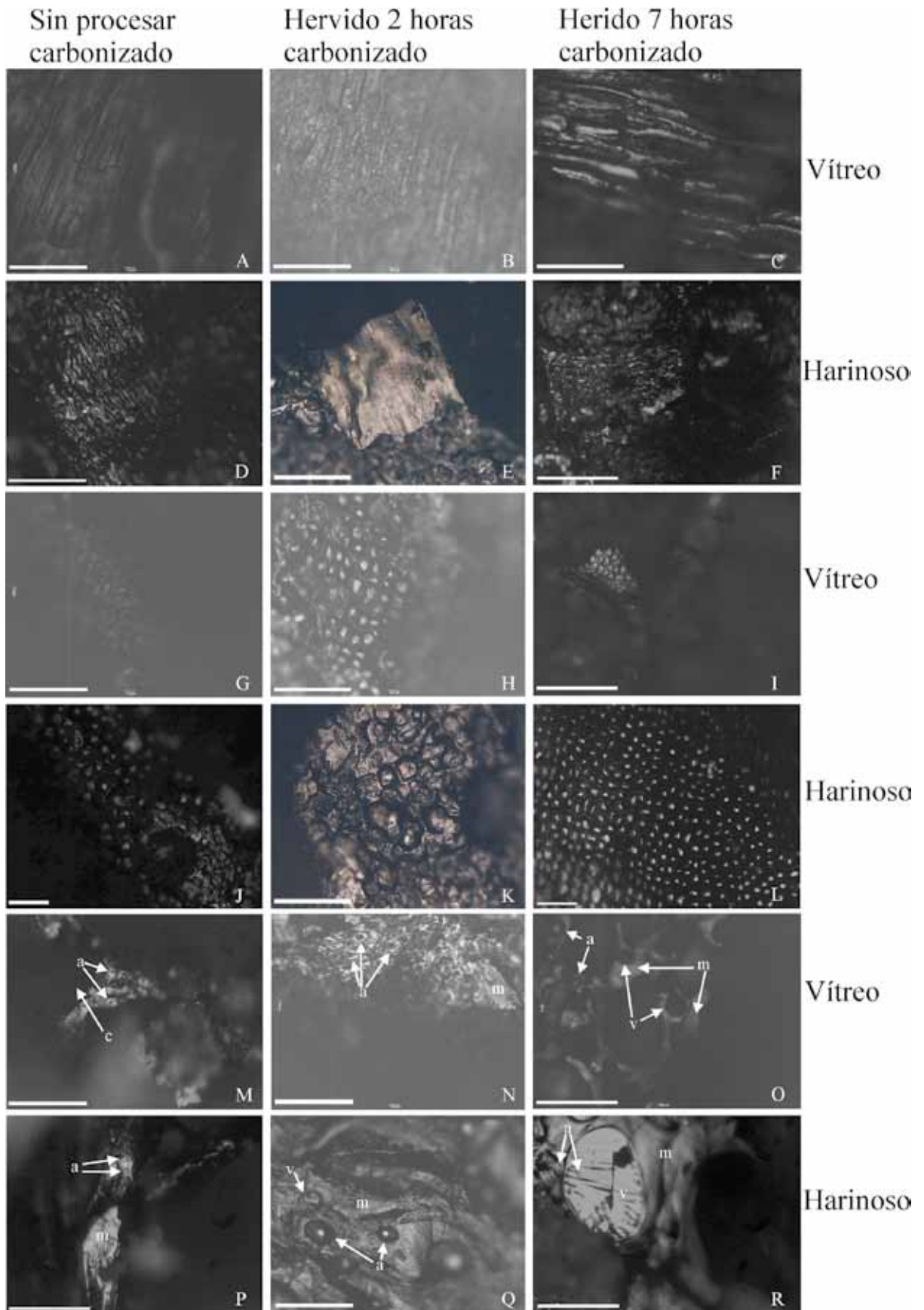
#### 1.2.2.1) Granos secos

En este caso tampoco se observaron cambios en el pericarpio ni en las células de la capa de aleurona tras los dos tipos de hervido realizados (Figura 2D-F). Al igual que en la variedad anterior, los granos de almidón mostraron alteraciones relacionadas con la posición dentro del cariopse y con el tiempo de hervor (Figura 2J-L). Los granos de almidón más externos hervidos por dos horas, así como la totalidad de los almidones en cariopses hervidos por siete horas, se hincharon, sin que se observara el hilio bajo luz normal ni la birrefringencia con luz polarizada (Figura 2K y L). Los almidones más internos hervidos por dos horas evidenciaron un orificio circular en el área donde se ubica el hilio, al igual que la variedad anterior (Figura 2K), el cual aparece como un centro oscuro bajo luz normal y polarizada. La forma redondeada de los almidones se mantuvo, aunque al observarlos bajo luz polarizada la birrefringencia fue débil.

En cuanto a las medidas microscópicas tomadas, se observó en los almidones de granos hervidos por dos horas un aumento del 38% tanto en el diámetro mayor como en el menor respecto de las medidas tomadas en los granos sin procesar. En los almidones de granos hervidos por siete horas también se registró un aumento del 48% para ambos diámetros al compararlos con los almidones de granos sin procesar. Podemos decir que en esta variedad no hubo un cambio considerable en el tamaño de los almidones al compararse un tipo y otro de hervido; asimismo, tanto el diámetro mayor como el menor tuvieron la misma variación, por lo tanto, se puede decir que los almidones se hincharon de manera uniforme, sin cambiar significativamente su forma.

#### 1.2.2.2) Granos carbonizados

Las observaciones de granos carbonizados indican que el pericarpio y las células de la capa de aleurona no presentaron cambios ni en granos que fueron sometidos a los dos tipos de hervor antes de



**Figura 3.** Comparación en vista superficial de pericarpio y endosperma en granos de maíz carbonizados, hervidos y sin hervir, de ambas variedades. A-F: pericarpio. G-L: endosperma, aleurona. M-R: endosperma, parénquima. Referencias: a.: almidones, c.: cavidades irregulares, m.: matriz, v.: vesículas. Escala= 100 $\mu$ .

la carbonización ni en los que no fueron procesados (Figura 3D-F y J-L). En todos estos casos, el parénquima del endosperma también se fusionó al igual que en el tipo de maíz de endosperma vítreo, lo que generó una matriz interrumpida por numerosas cavidades irregulares, con los granos de almidón en estos espacios de fusión. Los almidones conservaron la forma redondeada típica de las variedades harinosas, aunque algunos presentaron deformaciones (Figura 3R). En los cariopses hervidos por dos horas y carbonizados se distinguieron en el centro del grano los almidones con un orificio circular en la zona del hilio (Figura 3Q), observados en los granos procesados de igual forma y sin carbonizar (Figura 2K). En los granos hervidos por siete horas y carbonizados, las improntas o negativos de los almidones mantuvieron la forma redondeada, pero al igual que en la variedad anterior, algunas paredes presentaron fisuras.

En esta variedad también se registraron, en los granos hervidos y carbonizados, grandes vesículas, las cuales en algunos casos poseían almidones que sobrevivieron a la carbonización, y cavidades irregulares (Figura 3R).

La carbonización produjo un aumento en los diámetros mayores y menores de los almidones, tanto en los granos no procesados como en los hervidos, al compararlos con los almidones de granos sin procesar y sin carbonizar. Respecto de estos últimos, en el caso de granos hervidos por dos horas antes de la carbonización, el diámetro mayor aumentó 150%, y el menor, 118%. En el caso de granos hervidos por siete horas, el aumento fue de 376% para el diámetro mayor y de 314% para el diámetro menor. Si se comparan los valores de diámetro de los almidones de los granos sometidos a ambos tipos de hervor con los hervidos y luego carbonizados, se observa también un incremento. Para los almidones de granos hervidos por dos horas, la carbonización provocó un incremento del diámetro mayor en un 81% y del menor, en 59%. En los almidones de granos hervidos por siete horas el aumento fue de 228% para el diámetro mayor y de 186% para el diámetro menor.

### **1.3) Resumen de caracteres ligados al hervido y carbonización de granos de maíz**

A nivel morfológico, resulta característica en los granos de endosperma vítreo la ruptura de la cubierta y apertura del grano en sentido longitudinal al embrión tras siete horas de hervido, lo cual causa el aumento del espesor. En el caso de los granos de tipo harinoso, la ruptura del pericarpio ocurre en sentido transversal. En cuanto a los rasgos biométricos, pudo constatarse que, en ambos tipos, granos cuyo espesor es menor al rango de medidas del largo, o que están parcialmente incluidos en el rango de medidas de este

último, indicaría ausencia de procesamiento tanto en ejemplares secos como carbonizados. En el caso de los granos vítreos, el hervido por dos horas produjo que el rango de medidas del espesor esté incluido –y no sea menor como antes de ser procesado– en el rango de medidas del ancho, relación que se mantuvo en ejemplares carbonizados. En cambio, rangos de medidas de espesor mayores a rangos de medidas de largo y ancho indicarían hervido de siete horas en ejemplares secos y carbonizados. En el caso de granos de endosperma harinoso, tras los dos tipos de hervido, las relaciones entre largo, ancho y espesor se mantuvieron similares a las de los granos sin procesar. Tras la carbonización, en los tres casos (sin procesar, hervido dos y siete horas), el rango de valores del espesor queda completa o casi completamente comprendido en el rango de valores del ancho. A su vez, en ambos tipos de hervido, la carbonización provocó que el rango de valores del espesor quedara comprendido dentro del largo también.

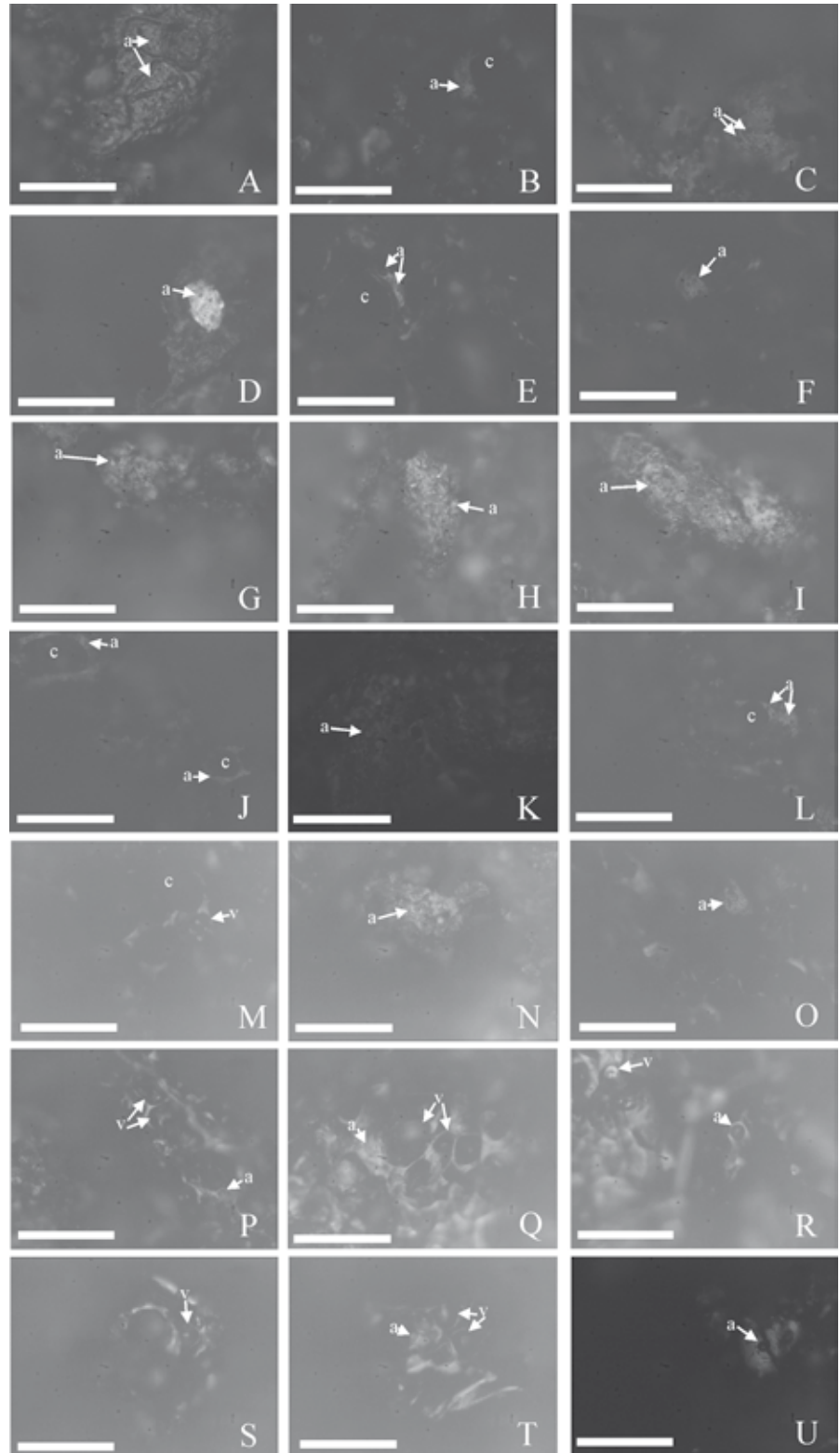
A nivel anatómico, en todos los casos se observaron modificaciones tras el hervido y/o carbonización sólo en el parénquima del endosperma y en los almidones que este contiene, ya que el pericarpio y la capa de aleurona no mostraron modificaciones. Independientemente del tipo de endosperma, ejemplares secos de granos de maíz en los que los almidones presentan aumento de tamaño e hilio no visible tanto en sectores más próximos como más alejados del embrión, indicarían que se trata de ejemplares completamente cocidos por hervor. En cambio, ejemplares donde este aspecto se presenta sólo en los almidones próximos a la cubierta del grano, pero en que los almidones cercanos al embrión poseen orificios circulares en el lugar donde estaría el hilio, serían ejemplares no completamente cocidos por hervor. Este último aspecto es detectable también en ejemplares carbonizados; en cambio, el hervido por siete horas y la posterior carbonización producen deformación y rotura de las paredes de las improntas dejadas por los granos de almidón. Independientemente del tipo de grano de maíz, el cambio de apariencia general del parénquima del endosperma tras la carbonización es semejante; este aparece como una matriz fusionada con numerosas cavidades irregulares. La presencia de vesículas, vacías o no, sí constituye un rasgo que se observó sólo en granos hervidos.

En general, la forma característica de los almidones se mantuvo en ambos tipos de granos luego de la combustión y del hervido y combustión, con escasas deformaciones de las paredes, lo cual indica la posibilidad de reconocimiento de tipos de endosperma en los granos de maíz arqueológicos carbonizados. En el caso de los granos de endosperma vítreo, ambos tipos de hervido provocaron aumento de los diámetros; por lo tanto, ejemplares secos con almidones cuyo rango de medidas de diámetro se sitúa entre 10,6 y 17,8



$\mu\text{m}$  y 9,5 y 19  $\mu\text{m}$ , sugieren hervido incompleto; si en cambio, el rango está entre 28,4 y 30,5  $\mu\text{m}$  y 25 y 29  $\mu\text{m}$ , sugiere hervido completo. En el caso de ejemplares carbonizados, un rango de medidas de entre 12,4 y 13,4  $\mu\text{m}$  y 10 y 13  $\mu\text{m}$  se registró en los ejemplares sin hervir. El rango entre 11,8 y 14,8  $\mu\text{m}$  y 14,5 y 18,2  $\mu\text{m}$  sugiere hervido incompleto; y entre 21 y 28,5  $\mu\text{m}$  y 18 y 25,7  $\mu\text{m}$  sugiere hervido completo. En el caso de los granos de endosperma harinoso, ambos tipos de hervido provocaron aumento de los diámetros, aunque en este caso los rangos de medidas en ejemplares secos (entre 9,3 y 19,7  $\mu\text{m}$  y 9,7 y 20  $\mu\text{m}$ ) sugieren hervido, sin que se pueda asegurar si este fue incompleto o completo. En cambio, en el caso de ejemplares carbonizados sí se pueden distinguir ambos hervidos: un rango de medidas entre 22 y 29  $\mu\text{m}$  y 15 y 28  $\mu\text{m}$  sugiere hervido incompleto; y entre 37,4 y 67,8  $\mu\text{m}$  y 31,5 y 54,4  $\mu\text{m}$ , sugiere hervido completo.

observó el negativo que dejaron aquellos en la matriz (Figura 4P, Q, T-U). Además, los cariopses analizados de RCh15 (Figura 4P-U) presentaron vesículas, similares a las observadas en las muestras experimentales hervidas y carbonizadas.



**Figura 4.** Granos de maíz arqueológicos pertenecientes a los sitios RCh1 (A-O) y RCh15 (P-U). Todas las imágenes corresponden al endosperma. A-C: grano 1, D-F: grano 2, G-I: grano 3, J-L: grano 4. P- R: grano 1, S-U: granos 2. Escala = 100  $\mu\text{m}$ .

#### 1.4) Análisis arqueobotánico

Las variables métricas externas de los granos recuperados en RCh1 y RCh15 no pudieron emplearse, debido a que se encontraban fragmentados o incompletos. En muy pocas muestras se conservó el pericarpio y la capa de aleurona. Se observaron los almidones, tanto los más próximos como los más alejados del embrión. La mayoría de los almidones de granos del sitio RCh1 mostraron un orificio circular en donde estaría el hilio (Figura 4A-D, F, I, L, N y O); en el caso de RCh15, en cambio, sólo se

En los restos de maíz recuperados de RCh1, los almidones presentaron en general paredes aplanadas con alguna de ellas un poco redondeada, semejante a lo observado en granos carbonizados tanto sin hervir como hervidos de la variedad con endosperma vítreo. En los cariopses recuperados en RCh15, en cambio, los almidones presentaron formas redondeadas, y algunos exhibían paredes fisuradas semejantes a las muestras de referencia de granos carbonizados de endosperma harinoso hervido por siete horas.

Se analizaron también las medidas de los almidones de los granos de maíz de cada sitio (Figura 5). Los almidones de los granos del sitio RCh1 presentaron valores próximos, si bien menores, a los que se registraron en las muestras de granos de tipo vítreo sin procesar carbonizados. Esto coincide con el tipo de endosperma que sugiere la forma de los granos de almidón, aunque estos parecen estar hervidos sin cocción completa, debido a que tienen el área del hilio alterada. Investigaciones posteriores permitirán dilucidar si este rasgo es propio del hervido o si puede causarlo también otra técnica como el tostado, por ejemplo, al igual que ocurre con almidones sueltos. De ser así, ello explicaría la falta de aumento de tamaño de los granos de almidón al no haber absorbido agua.

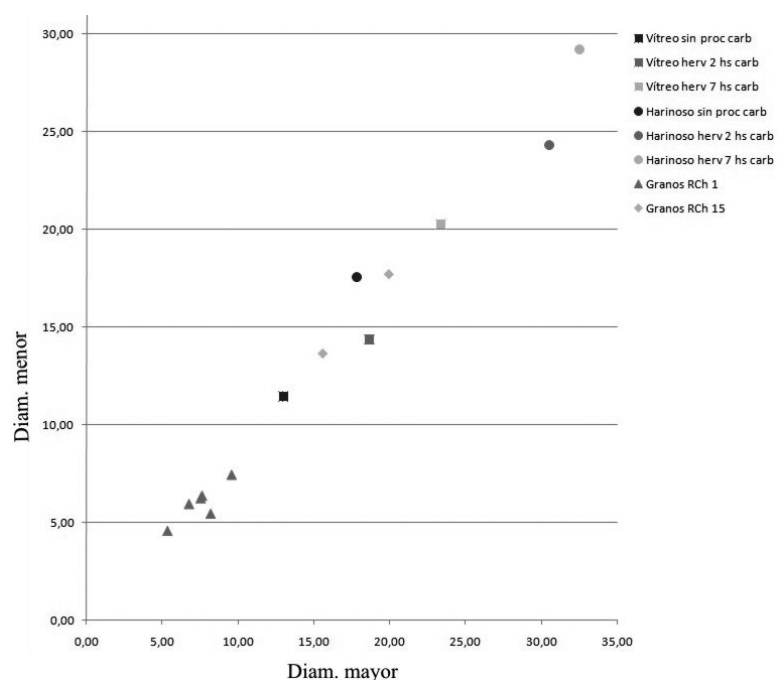
Los granos recuperados del sitio RCh15 presentaron almidones con valores semejantes a los registrados en granos carbonizados de la variedad vítreo hervidos por dos y por siete horas. En este caso, la presencia de vesículas y fisuras indica granos hervidos de manera completa; la forma de los almidones, en

cambio, sugiere endosperma harinoso y no vítreo, por lo cual puede ocurrir que las medidas de los almidones no sea buen indicador de hervido en este tipo de grano, aspecto que deberá ahondarse con un mayor número de ensayos experimentales sobre técnicas de procesamiento.

## DISCUSIÓN

Los estudios aquí presentados sugieren que la mayor cantidad de rasgos característicos del hervido de granos de maíz se hallan al analizar el parénquima del endosperma y los almidones en su interior, tanto en ejemplares secos como carbonizados. El valor diagnóstico de estos rasgos característicos del hervido será evaluado al realizar experimentaciones con otras técnicas de procesamiento (tostado, remojado, etc.), con granos enteros y fragmentados y con un mayor número de variedades de maíz.

En lo que respecta a la biometría de los granos de maíz, consideramos que la variación en las relaciones entre las tres medidas asociadas a hervidos y carbonización es un indicador con potencial de aplicación en restos de granos de maíz arqueológicos secos y carbonizados y, si bien los resultados aquí presentados necesitan ser reconfirmados con más experimentación, advierten que las diferencias métricas que pueden encontrarse en conjuntos arqueológicos de granos de maíz pueden ser el resultado de la carbonización y/o de ciertos procesamientos pasados y no necesariamente de la presencia de diferentes variedades o tipos de maíz.



**Figura 5.** Gráfico de dispersión del diámetro menor y mayor de los almidones registrados en las muestras experimentales de maíz carbonizadas (hervidas y sin hervir) y de los almidones de los granos de maíz recuperados en Rincón Chico 1 y 15.

Los rasgos provocados por el hervido de los granos enteros, en ambas variedades, se relacionan con la difusión del agua hacia el interior del grano durante la cocción, lo cual genera diferencias en el modo en que se afectan los granos de almidón de acuerdo con su ubicación dentro del cariopse (Valamotti *et al.* 2008). Por lo tanto, además de la temperatura, el tiempo de cocción es un factor determinante para la preservación de los almidones (Wollstonecroft *et al.* 2008). Los almidones expuestos a altos contenidos de agua y altas temperaturas se gelifican. Si bien la gelificación es un proceso, se detecta por un aumento máximo de tamaño de los almidones de modo irreversible, pérdida de la birrefringencia, los granos facetados se redondean y los redondeados se llenan de orificios y se arrugan. En un cierto punto y en algunos casos puede verse además que una suerte

de cáscara rodea a una solución interior; la cáscara está formada por la amilopectina; y la solución, por la amilosa (Radley 1943, 1968; Tester y Debon 2000; Babot 2003, 2006; Haslam 2004; Zarillo *et al.* 2008; Henry *et al.* 2009). La gelificación completa causa la desnaturalización total de los almidones que ya no son reconocibles como granos, y se forma un gel amorfo (Tester y Debon 2000; Henry *et al.* 2009). En el caso de los tubérculos, los almidones dentro de los tejidos parenquimáticos pueden gelificarse totalmente y perder su forma por hervor (Wollstonecroft *et al.* 2008), lo cual no ha sido el caso de los cariopses de maíz con mayor tiempo de hervido, en que pudo apreciarse el contorno de los granos de almidón.

Tal como se sugiere en otros casos (Goethe *et al.* 1994), algunos rasgos fueron propios de cada tipo de endosperma; en tanto otros parecen ser propios del hervido, independientemente del tipo de grano de maíz. El análisis de restos arqueobotánicos demostró que, a nivel anatómico, los caracteres cualitativos fueron útiles para reconocer tipo de endosperma y presencia o no de hervido. Surgieron discrepancias entre estos rasgos y los cuantitativos, por lo cual el valor de estos últimos para la detección de hervido debe ser revisado, lo que torna indispensable el incremento del número de observaciones y ensayos experimentales.

### CONCLUSIÓN

A partir de un diseño experimental basado en antecedentes bibliográficos sobre técnicas de procesamiento en el Noroeste de Argentina, se pudo constatar que dos tipos de hervido de los granos de maíz que provocan su cocción parcial y completa tanto en ejemplares de endosperma vítreo como harinoso, ofrecen rasgos morfológicos (sentido de la apertura del pericarpio y cambio en las relaciones métricas de largo, ancho y espesor) y anatómicos (vesículas en el parénquima del endosperma y cambios cualitativos de los almidones) característicos. Pudo verse además que estos rasgos se encuentran presentes tanto en ejemplares secos como carbonizados. Una primera aproximación a su identificación en carporrestos dio resultados positivos, los cuales deben reforzarse con el estudio de un mayor número de ejemplares arqueológicos. Por otra parte, esta propuesta requiere, para su plena confirmación, aumentar el número de ensayos y variables experimentales, y también el número y tipos de granos a analizar. A pesar de ello, consideramos que los resultados aquí presentados sirven para considerar la posibilidad de detectar variedades de maíz de distinto endosperma en el registro arqueológico, al igual que diversos tipos de procesamiento. La sumatoria de experimentación con otras técnicas (remojado, tostado) y con diferentes condiciones de carbonización (temperatura, tiempo) permitirá evaluar el valor diagnóstico de los caracteres aquí presentados.

Finalmente, este trabajo permite ver que la combinación de análisis morfológicos y anatómicos en restos carpológicos se presenta como una vía promisoriosa y complementaria con otras aproximaciones, para el estudio e identificación de preparaciones culinarias a partir del registro arqueológico.

### Agradecimientos

A la Dra. María Lelia Pochettino, la Dra. Aylén Capparelli, la Lic. María Laura Pérez y la Dra. María Laura López por su asistencia en los análisis, armado del trabajo y acceso al instrumental. A la Dra. Myriam Tarragó, que generosamente nos dio acceso al material. A Marcelo Méndez por su ayuda en las experimentaciones. A los evaluadores por sus atinadas sugerencias. Los trabajos fueron financiados, entre otros, por (ANPCyT) PICT 34511, PICT 2010-00113; Beca inicial en el marco de este proyecto desde el 1-7-2012 a 1-7-2015. UBACYT (2011-2014) 20020100100632.

### REFERENCIAS CITADAS

- Abdo, G., M. Bonillo, R. Patzy, M. Patzy y V. Hamity  
2012 *Mahís. Biodiversidad y cultura*. Ministerio de Desarrollo Social de la Nación, Argentina.
- Abiusso, N. y J. A. Cámara Hernández  
1974 Los maíces autóctonos de la Quebrada de Humahuaca (Jujuy, Argentina), sus niveles nitrogenados y su composición en aminoácidos. *Revista de la Facultad de Agronomía* 3: 1-25.
- Babot, M. P.  
2003 Starch grain damage as an indicator of food processing. En *Phytolith and Starch Research in the Australiane Pacífice Asian Regions: The State of the Art*, editado por D. M. Hart y L. A. Wallis, pp. 69-81. Pandanus Books, The Australian National University, Canberra.  
2006 Damage on starch from processing Andean food plants. En *Ancient starch research*, editado por R. Torrence y H. Barton, pp. 66-67. Left Coast Press, California.
- Cámara Hernández, J.  
2009 Las tradiciones culinarias de los pueblos del noroeste argentino como base de la conservación de la diversidad de los maíces nativos. En *Tradiciones y transformaciones en Etnobotánica*, editado por M. L. Pochettino y A. Ladio, pp. 166-172. Cyted, San Salvador de Jujuy.
- Cámara Hernández, J. y D. Arancibia de Cabezas  
2007 *Maíces andinos y sus usos en la quebrada de Humahuaca y regiones vecinas*. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

- Dezendorf, C.  
2013 The effects of food processing on the archaeological visibility of maize: an experimental study of carbonization of limetreated maize kernels. *Ethnobiology Letters* 4: 12-20.
- Fitt, L. y E. Maywald Snyder  
1984 Photomicrographs of starches. En *Starch 2*, editado por R. L. Whistler, J. N. Bemiller y E. F. Paschall, pp. 675-689. Academic Press, Nueva York.
- Goette, S., Willians, M., Johannssen, S. y C. Hastorf  
1994 Toward reconstruction ancient maize: experiments in processing and charring. *Journal of Ethnobiology* 14 (1): 1-21.
- Haslam, M.  
2004 The decomposition of starch grains in soils: implications for archaeological residue analyses. *Journal of Archaeological Science* 31: 1715- 1734.
- Henry, A. G., Hudson, H. F y D. R. Piperno  
2009 Changes in starch grain morphologies from cooking. *Journal of Archaeological Science* 36: 915-922.
- Munson, P. J., P. W. Parmalee y R. A. Yarnell  
1971 Subsistence ecology of Scovill, a terminal Middle Woodland village. *American Antiquity* 36: 410-431.
- Oliszewski, N.  
2007 El recurso maíz en sitios arqueológicos del noroeste argentino: el caso de la Quebrada de Los Corrales, El Infiernillo, Tucumán. *Treballs d'Etnoarqueologia* 7: 83- 96.  
2008 Metodología para la identificación subespecífica de maíces arqueológicos. Un caso de aplicación en el noroeste de Argentina. En *Arqueobotánica y teoría arqueológica. Discusiones desde Suramérica*, editado por S. Archila, M. Giovannetti y V. Lema, pp. 181-202. Uniandes-Ceso, Bogotá.  
2011 La variabilidad racial del maíz y los cambios sociales durante el 1º y 2º milenio d. C. en el noroeste argentino. En *Las manos en la masa: arqueologías y antropologías de la alimentación en Suramérica*, editado por P. Babot, F. Pazzarelli y M. Marschoff, pp. 271- 297, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- Oliszewski, N. y D. E. Olivera  
2009 Variabilidad racial de macrorrestos arqueológicos de *Zea mays* (Poaceae) y sus relaciones con el proceso agropastoril en la Puna Meridional Argentina (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). *Darwiniana* 47: 76-91.
- Parodi, L.  
1959 *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería* 1. ACME, Buenos Aires.
- Pochettino, M. L. y M. C. Scattolin  
1991 Identificación y significado de frutos y semillas carbonizados de sitios arqueológicos formativos de la ladera occidental del Aconquija (Catamarca, República Argentina). *Revista del Museo de La Plata* 71: 169-181.
- Radley, J. A.  
1943 *Starch and its derivatives*. 2da. ed. Chapman and Hall, Londres.
- Radley, J. A. (editor)  
1968 The a-amylases. En *Starch and its Derivatives*, 4ta. Ed., pp. 430-476. Chapman and Hall, Londres.
- Raffaele, L.  
2006 Espigas de maíz carbonizado: avances paleoetnobotánicos al sur del Valle de Yocavil, Pcia. de Catamarca. Tesis de Licenciatura inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Rex González, A.  
1965 La cultura de la Aguada del noroeste argentino. *Revista Investigación Antropológica* 2-3: 205-253.
- Tarragó, M. N.  
1978 El proceso de agriculturalización en el Noroeste argentino, zona valliserrana. *Actas V Congreso Nacional de Arqueología. Argentina*. San Juan: 181-218.  
2007 Ámbitos domésticos y de producción artesanal en el Noroeste Argentino prehispánico. *Intersecciones en Antropología* 8: 87-100.  
2011 Poblados tipo *pukara* en Yocavil. El plano de Rincón Chico 1 (Catamarca, Argentina). *Estudios Sociales del NOA (nueva serie)* 11: 33-61.
- Tester, R. F. y S. J. J. Debon  
2000 Annealing of starch. *International Journal of Biological Macromolecules* 27: 1-12.
- Valamoti, S., D. Samuel, M. Bayram y E. Marinova  
2008 Prehistoric cereal foods from Greece and Bulgaria: investigation of starch microstructure in experimental and archaeological charred remains. *Vegetation History and Archaeobotany*. 17 (1): 265-276.
- Winton, A. L. y K. B. Winton  
1932 *The structure and Composition of foods (Cereals, starch, oil seeds, nuts, oils, forage plants)*. Wiley, Nueva York.
- Wollstonecroft, M., Ellis, P., Hillman, G. y D. Fuller  
2008 Advances in plant food processing in the Near Eastern Epipalaeolithic and implications for improved edibility and nutrient bioaccessibility: an experimental assessment of *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla (sea club-rush). *Vegetation History and Archaeobotany* 17 (1): 19-27.
- Zarrillo S., D. Pearsall, J. Raymond, M. A. Tisdale y D. Quon  
2008 Directly dated starch residues document early formative maize (*Zea mays* L.) in tropical Ecuador. *PNAS* 105 (3): 5006-5011.