

CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE ALMIDONES DE VARIETADES NATIVAS DE *ZEAMAYS* L. DEL NOROESTE ARGENTINO. PROPUESTA METODOLÓGICA Y PRIMEROS RESULTADOS

Marco Giovannetti¹, Irene Lantos², Raquel Defacio³, Norma Ratto⁴

RESUMEN

Se presentan los resultados preliminares de un proyecto interdisciplinario, cuyo propósito es la construcción de un Banco de Datos de Almidones para su caracterización y diferenciación entre distintas variedades nativas actuales de *Zeamays* L. del Noroeste Argentino. Para ello, se seleccionaron un conjunto de variables microscópicas de cuatro variedades (copia blanco, pisingallo, chullpi y dentado amarillo-colorado) que luego fueron analizadas con métodos estadísticos descriptivos y multivariados. Los primeros resultados muestran grados de variabilidad y diversidad entre las razas analizadas, constituyéndose la metodología aplicada en una vía de análisis confiable para la identificación intraespecífica de almidones de maíces arqueológicos. Nuestro aporte contribuye al estudio de las prácticas agrícolas y alimenticias de las poblaciones prehispánicas del Noroeste Argentino.

-
- 1 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Argentina. mgiovannetti@conicet.gov.ar
 - 2 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Museo Etnográfico J. B. Ambrosetti, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Argentina.
 - 3 Grupo Banco de Germoplasma, Instituto Nacional de Tecnología Agraria (INTA-EEA Pergamino). Argentina.
 - 4 Museo Etnográfico J. B. Ambrosetti, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Argentina. norma_ratto@yahoo.com.ar
Las manos en la masa. Arqueologías, Antropologías e Historias de la Alimentación en Suramérica.

M. P. Babot, M. Marschoff, F. Pazzarelli (editores): 2012: 361-385

Palabras clave: banco de datos, variedades nativas de *Zea mays*, microscopía de almidones, tratamiento numérico

ABSTRACT

We present a current interdisciplinary project aimed at the construction of a Starch Grain Database for the characterization and differentiation of modern *Zea mays* L. landraces from Northwest Argentina. A set of microscopic variables were designed, recorded and analyzed with descriptive and multivariate statistical methods. We discuss the scope and limitations of the methodology we applied, and its potential for intra-specific identification of archaeological corn starch grains, which will contribute information on agricultural and food practices of pre-Hispanic populations from Northwest Argentina.

Key words: database, *Zea mays* landraces, starch grain microscopy, treatment of numerical data

INTRODUCCIÓN

La construcción del dato arqueológico, más allá de cualquier discusión de corte teórico, es fundamental para las interpretaciones de las sociedades del pasado. En este sentido, las unidades de análisis utilizadas deben estar conformadas por una escala, un contenido y una definición específica, y además ser confiables y no ambiguas (Ramenofsky y Steffen 1998). Consideramos que la construcción de bases referenciales de cualquier tipo de material arqueológico aporta en esa dirección, siendo fundamental para el fortalecimiento metodológico de nuestra disciplina. Al respecto, el estudio arqueológico de microrrestos vegetales requiere la creación de este tipo de bases referenciales, algunas de las cuales ya han dado sus primeros aportes (Korstanje y Babot 2007). En este sentido nuestro trabajo se centra en la construcción de un banco de datos de almidones de *Zea mays* L. de razas nativas del NOA, que busca sistematizar y ampliar la información existente sobre esta especie. Nuestra intención a largo plazo es que esta base referencial sea de utilidad para el estudio de almidones arqueológicos.

El cultivo y consumo de maíz (*Zea mays* L.) fue de gran importancia en la vida de las poblaciones americanas prehispánicas, dando como resul-

tado el desarrollo de líneas de investigación específicas (Benz 2001; Diehl 1996; Galinat 1988; Johannessen y Hastorf 1994; Lía *et al.* 2009; Matsuoka *et al.* 2002; McBird 1994; Miente Alzogaray y Cámara Hernández 1996; Oliszewski 2008; Oliszewski y Olivera 2009; Pearsall 2002; Raffaele 2005; Rodríguez y Aschero 2007; Staller y Thompson 2000; Würschmidt y Korstanje 1998/9; Zarrillo *et al.* 2008; Zeder *et al.* 2006; entre otros). En los últimos años los estudios de microrrestos botánicos en arqueología han cobrado un gran protagonismo por su hallazgo frecuente y su utilización como marcador de prácticas agrícolas y de procesamiento de vegetales (Babot y Apella 2003; Boyd *et al.* 2006; Coil *et al.* 2003; Dickau *et al.* 2007; Giovannetti 2009; Haslam 2004; Korstanje y Cuenya 2010; Pearsall *et al.* 2004; Perry 2004; Piperno 2009; Piperno y Holst 1998). Esto es producto de la gran cantidad de almidones secundarios que almacena el maíz en su cariopsis -o grano- cuyas características intrínsecas posibilitan su preservación en las matrices arqueológicas.

Dado que la variabilidad interna del maíz es muy grande, a diferencia de muchos otros cultivos, la clasificación de sus múltiples variedades o razas se basó tanto en atributos morfológicos macroscópicos así como apelando a sus usos más comunes (Abiusso y Cámara Hernández 1974; Parodi 1959; Solari y Gómez 1997). Sin embargo, desde el punto de vista microscópico, existen contadas aproximaciones que puedan dar cuenta de la variabilidad intra-específica de sus almidones. La mayoría de los trabajos que sistematizaron la información sobre las diferentes variedades de maíz y los intentos de diferenciarlas a través de sus almidones se circunscribieron a muestras provenientes de zonas caribeñas (Pagán Jiménez 2007) y de las tierras altas mexicanas (Holst *et al.* 2007).

Localmente, existen algunos trabajos que han abordado esta temática para la arqueología, fundamentalmente en el NOA. Si bien el maíz es abordado conjuntamente con otras plantas útiles, es necesario mencionar el aporte hecho para su diferenciación inter-específica. Es así que para un conjunto importante de especies comestibles se construyeron las primeras bases referenciales para lograr identificaciones taxonómicas (Babot *et al.* 2007; Giovannetti *et al.* 2008). Aún así, en el caso del estudio de las razas de maíz en la Argentina, son inexistentes las bases referenciales sistemáticas que nos permitan conocer hasta qué punto se presentan diferencias útiles para su clasificación arqueológica. Al estado del arte, puede decirse que ciertos rasgos de los almidones de maíz son compartidos por la mayoría de las variedades.

Sin embargo, es necesario incorporar nuevas variables para establecer con mayor grado de precisión las diferencias o semejanzas intra-específicas.

En el contexto brevemente reseñado surge el proyecto interdisciplinario *Almidones de Maíces Nativos del Noroeste Argentino*, presentando en este trabajo sus primeros resultados. Su objetivo es generar una base de datos referencial para ser aplicada al estudio de maíces arqueológicos vinculados con diferentes problemáticas del desarrollo cultural americano prehispánico, sin descartar su contribución potencial a otras disciplinas. Este proyecto se programó en etapas progresivas: (a) la primera consiste en la determinación de bio-indicadores microscópicos para identificar almidones de distintas variedades nativas actuales con el apoyo de herramientas estadísticas; (b) la segunda se enfoca en relacionar los bio-indicadores de la base referencial con los ejemplares arqueológicos; y (c) por último, estudiar los procesos de transformación naturales y antrópicos de los almidones. En esta oportunidad presentamos los avances de la primera etapa del proyecto donde especificamos y definimos las variables y sus estados, que fueron utilizados para la identificación de almidones de las primeras cuatro razas nativas analizadas de *Zea mays* L. (capia blanco, pisingallo, chullpi y dentado amarillo-colorado). Luego, los datos obtenidos se sometieron a un tratamiento numérico descriptivo y multivariado para definir las semejanzas y diferencias a nivel intra-específico de cada una de las razas estudiadas.

Finalmente, queremos destacar que el aporte de nuestro trabajo radica en poner en valor las variables que ya fueron utilizadas por otros investigadores en la identificación de almidones de maíces, incorporar otras nuevas y también nuevos atributos y articular los datos mediante análisis estadístico multivariado.

METODOLOGÍA

Materiales y métodos

Las muestras de cariopsis de las variedades nativas estudiadas en este trabajo provienen del Banco de Germoplasma (INTA Pergamino), y son producto de las recolecciones sistemáticas realizadas en diferentes zonas del Noroeste argentino en las últimas cinco décadas. Las mismas son: *Zea mays* L. var. *amylacea* (capia blanco, siglas BG-INTA ARZM09370, ARZM09267,

ARZM09218, ARZM09191), *Zea mays* L. grupo everta (pisingallo, siglas BG-INTA ARZM09063, ARZM09043), *Zea mays* L. var. *saccharata* (chullpi, siglas BG-INTA ARZM09421, ARZM09297) y *Zea mays* L. var. *indentata* (dentado amarillo-colorado, sigla BG-INTA ARZM12001). La filiación genética de las razas nativas del Noroeste argentino ha sido estudiada mediante el análisis de microsatélites de ADN tanto en muestras actuales como en especímenes arqueológicos (Lía *et al.* 2007, 2009; Matsuoka *et al.* 2002). La mayoría de las variedades oriundas de esta región pertenecen al Complejo Andino –caracterizado por maíces de mazorcas pequeñas y redondeadas, y granos elípticos, harinosos y coloreados– mientras que el pisingallo (o *Pi-sinkalla*) ha sido adscrito al Complejo de Reventones Sudamericanos.

La muestra total analizada para este trabajo asciende a 195 gránulos de almidón procedentes de 4 (cuatro) cariopsis de las siguientes variedades de maíz: capia blanco (49:195), pisingallo (48:195), chullpi (48:195) y dentado amarillo-colorado (50:195). Cabe aclarar que la muestra de almidones presentada constituye sólo una parte de la existente a la fecha, debido a que nuestra meta en esta presentación es que los casos actúen como soporte ejemplificativo de la metodología implementada. Por lo tanto, este trabajo tiene un perfil preliminar en relación a los objetivos proyectados a largo plazo pero consistente en la metodología propuesta.

Por otro lado se extrajeron muestras de almidón de diferentes tipos, duro y blando¹, analizándose en este trabajo únicamente los correspondientes al almidón blando. Las observaciones microscópicas fueron realizadas con un microscopio Lancet XSZ-148 a 400 aumentos alternando luz normal con polarizada. Para este último caso se mantuvo constante tanto la intensidad de la luz de entrada del microscopio en el nivel siete (7) como la apertura del diafragma en el nivel cinco (5). El análisis digital de las imágenes micrográficas se hizo con el software de acceso gratuito ImageJ 1.44 (2010, Image Processing and Analysis in Java, rsbweb.nih.gov/ij/index/html).

El registro de datos de cada uno de los estados de las variables relevadas se realizó en planilla de cálculo, utilizándose los paquetes estadísticos SPSS 18.0 y PAST 2.05 para el posterior tratamiento numérico descriptivo y multivariado (ver más adelante). Para este fin se consideraron sólo aquellas variables que dan cuenta de la estructura del gránulo de almidón (ver más adelante).

Análisis microscópico de almidones: variables y métodos utilizados

Para el análisis de almidones de maíces nativos hemos utilizado un conjunto de 14 variables con sus respectivos estados (Tabla 1) que describen tanto la estructura del almidón (siglas A a L) como sus procesos naturales de alteración enzimáticos y de otra naturaleza (siglas M y N). Las primeras dan cuenta de aspectos morfológicos y de tamaño del gránulo en general, del *hilum* y de la cruz de polarización; mientras que las segundas se refieren al estado de conservación y/o degradación posteriores a la formación del gránulo. Por otro lado es necesario aclarar lo siguiente:

a) algunas de las variables que refieren a la estructura del almidón han sido consideradas por otros especialistas desde los trabajos pioneros hasta la actualidad (siglas A a D) constituyendo aspectos básicos al momento de abordar los estudios de almidones tanto en botánica (Winton 1906; Kraemer 1907; Reichert 1913) como en arqueología (Loy 1992).

b) otras variables se sumaron a las investigaciones en tiempos más recientes –siglas E, F, G, K, L, M y N – (Babot 2007; Babot *et al.* 2007; Pagán Jiménez 2007; Horrocks *et al.* 2007; entre otros) existiendo un antecedente en Reichert (1913) para el caso de la variable E.

c) las nuevas variables incorporadas en este trabajo (siglas H, I y J) representan otras características de los gránulos de almidón que aportan elementos para una definición más precisa de su estructura específicamente relacionada con la configuración de la cruz de polarización.

En la Tabla 1 se observa que las variables son del tipo cualitativas tanto nominales como ordinales, con excepción de una (sigla B). Por lo tanto debieron ser transformadas para la realización del tratamiento numérico tanto de hipótesis como multivariado (ver más adelante). Antes de abordar el procedimiento para el manejo de los datos, a continuación se describen brevemente las variables y sus estados considerados para el análisis. A saber:

a. Los estados morfológicos de los gránulos de almidón son uno de los elementos más conspicuos utilizados para caracterizarlos. Para el caso podemos remitir al clásico volumen de Reichert (1913) que ya para aquel momento compila toda la información existente para las principales morfologías presentes en la naturaleza. Para las investigaciones arqueológicas, en general, sus formas básicas son coincidentes o compartidas por la mayoría de las investigaciones aunque existen

Sigla	VARIABLE	Cantidad de estados	Tipo de variable
A	MORFOLOGIA DEL GRÁNULO	6	Cualitativa/Nominal/ Discreta
B	TAMAÑO DEL GRÁNULO	6	Cuantitativa/Continua
C	FORMA DEL HILUM	4	Cualitativa/Nominal/ Discreta
D	POSICIÓN DEL HILUM	2	Cualitativa/Nominal/ Discreta
E	ANILLOS	2	Cualitativa/Nominal/ Discreta
F	ESTRÍAS RADIALES	2	Cualitativa/Nominal/ Discreta
G	BORDE Ó CONTORNO	2	Cualitativa/Nominal/ Discreta
H	MORFOLOGÍA BRAZOS DE CRUZ POLARIZACIÓN	3	Cualitativa/Nominal/ Discreta
I	ESPESOR BRAZOS DE CRUZ POLARIZACIÓN	3	Cualitativa/Ordinal/ Discreta
J	ANGULARIDAD	2	Cualitativa/Ordinal/ Discreta
K	BRILLO ó INTENSIDAD DE LUZ POLARIZADA	3	Cualitativa/Ordinal/ Discreta
L	AGRUPAMIENTO	2	Cualitativa/Ordinal/ Discreta
M	CONSERVACIÓN	3	Cualitativa/Ordinal/ Discreta
N	DEGRADACIÓN ENZIMÁTICA	3	Cualitativa/Ordinal/ Discreta

Tabla 1. Gránulos de almidón: variables, cantidad de estados, tipo de variables y transformación para análisis estadístico multivariado

ligeras diferencias en función de los *taxa* estudiados. Por ejemplo, Babot (2007) y Pagán Jiménez (2007) utilizan una cantidad importante de tipos morfológicos diferentes ya que trabajan en la caracterización de almidones de especies diferentes. En nuestro caso empleamos un total de ocho (8) categorías para dar cuenta de la variabilidad de la muestra, agrupando algunas por su grado de semejanza. Al respecto, circular/subcircular, ovalado/subovalado y poliédrico remiten a morfologías simples y fáciles de observar. El estado morfológico con cara recta remite a aquellos gránulos que presentan contornos curvos pero interrumpidos por una o

dos facetas rectas, sin que por ello se clasifiquen como poliédricos. El tipo campaniforme -o forma de campana- fue reconocido para almidones compuestos al igual que sucede frecuentemente con los almidones de batata (Horrocks *et al.* 2007). Finalmente para aquellos casos que presentan irregularidades muy pronunciadas como protuberancias o asimetrías en su contorno distinguimos el estado “sin forma definida”.

- b. Esta variable ha sido extensamente trabajada para caracterizar a los almidones secundarios de diferentes especies, registrándose rangos de tamaños que van desde 100 micras para *Colocasia esculenta* y de 1 micra para algunos pseudocereales (Jane *et al.* 2010). Un estudio más específico por análisis digital de imágenes micrográficas permite potencialmente ajustar los rangos de tamaño a nivel inter e intraespecífico. No obstante, debe tenerse en cuenta la plasticidad fenotípica de las variedades analizadas en este trabajo, ya que la misma no ha sido aún estudiada en profundidad. Al respecto, la literatura indica en sentido general la existencia de cierta variabilidad intraespecífica en el tamaño de los gránulos de almidón secundarios determinada por las condiciones climáticas y el tipo de suelo en el cual se ha desarrollado la planta y/o por la cantidad de días posteriores a la polinización en que el individuo es recolectado (Jane *et al.* 2010; Lindeboom *et al.* 2004; Singh *et al.* 2003). Sin embargo, cabe recalcar que esta variable no es utilizada linealmente en este estudio sino que es tratada de manera multivariada. Asimismo, se proyecta realizar un trabajo más profundo sobre las condiciones ambientales de las zonas de recolección de las muestras y su relación con posibles cambios estructurales de los gránulos para una misma variedad. En nuestro estudio se establecieron rangos de dos (2) micras para facilitar el posterior tratamiento numérico.
- c. El *hilum*, centro de crecimiento del gránulo de almidón a partir del cual se depositan concéntricamente las capas de amilosa y amilopectina, puede presentar morfologías diversas que muchas veces intervienen como marcadores específicos, como ser, puntos (puntiforme), líneas (filiforme) y una morfología particular similar al signo *lambda*. Es posible que el *hilum* no se distinga al realizarse una observación con luz microscópica normal, identificándose su ubicación a través del centro de la cruz de polarización. Estas morfologías y otras pueden encontrarse en la mayoría de los estudios sobre almidones (Loy 1992, 1994; Babot 2007; Babot *et al.* 2007).

- d. El *hilum* puede ubicarse en el centro geométrico del gránulo como fuera de este, dependiendo si las capas de crecimiento son simétricas o asimétricas (Reichert 1913; Torrence *et al.* 2004).
- e. Las capas de amilosa y amilopectina se distinguen como anillos concéntricos visibles en luz normal, clasificándose como atributo observable (visible) o no (no visible) (Loy 1992, 1994; Babot 2007; Babot *et al.* 2007; Pagán Jiménez 2007).
- f. Las estrías radiales son líneas contrastantes que parten desde el *hilum* hacia la membrana externa del gránulo, distinguiéndose de las fisuras por no presentar cortes en la membrana del almidón. De este modo también puede ser un atributo observable (visible) o no (no visible).
- g. Los bordes externos de los gránulos de almidones presentan atributos básicos que ayudan a su identificación taxonómica (Pagán Jiménez 2007; Babot, 2007; Torrence *et al.* 2004). Se observan como líneas únicas delgadas o gruesas (simple) o como dos líneas concéntricas (doble).
- h. La variable morfología de los brazos de la cruz de polarización remite a atributos que presentan diferencias significativas en los gránulos de almidón tanto a nivel inter como intra-específico. La disposición ordenada de sus moléculas hace que parta desde el *hilum* la conocida cruz de polarización, generalmente compuesta de cuatro brazos oscuros –pueden ser más o menos pero como excepciones- sobre un contrastante fondo luminoso. Con frecuencia es registrado el número de brazos (Babot 2007; Babot *et al.* 2007) que, como decíamos, suele manifestarse en cuatro. Pero nada se ha dicho acerca de cómo se disponen, ya sea por su angularidad o por su morfología. Al respecto, consideramos los siguientes estados: (i) regular, agrupa todos aquellos casos en que los brazos se disponen como líneas rectas que parten del *hilum*; (ii) irregular con brazos curvos, muestran una marcada torsión sin quiebres de uno o varios de los brazos e (iii) irregular con brazos quebrados, presentan un quiebre del brazo recto con cambio de dirección. Si bien por el momento no podemos explicar la razón por la que se presentan diferentes formas de brazos, sabemos que no se debe a planos de facetamiento del gránulo ya que esta característica la hemos observado en casos que presentan forma esférica (Figura 1).
- i. El espesor de los brazos de la cruz de polarización fue dimensionado de acuerdo a la relación proporcional entre la banda de espacio que ocupan efectivamente los brazos y la superficie restante del gránulo de almidón

(Figura 1). Se establecieron tres estados generales para caracterizar la variable: delgado, intermedio y grueso.

- j. La angularidad de los brazos de la cruz de polarización distingue los ángulos que se forman una vez que se proyectan los brazos oscuros de la cruz que parten del *hilum*. Es frecuente que se dispongan como ángulos rectos en su totalidad (estado que hemos denominado regular) o que se constituyan dos ángulos agudos y dos obtusos complementarios (Figura 1). Esta última característica es muy común en los almidones compuestos.
- k. El agrupamiento refiere a una característica que en muchos casos ha contribuido a determinar elementos diacríticos de algunos tipos de almidones. En general los gránulos crecen alrededor de un único *hilum* dentro de un amiloplasto, pero puede darse el caso de que un mismo amiloplasto contenga dos centros de crecimiento por lo que se conformará un almidón de tipo compuesto. En casos como *Ipomoea batatas* este puede resultar un elemento fuertemente diagnóstico debido a su alta frecuencia aunque en el caso del maíz es una característica poco explorada. Existen algunas referencias acerca de variedades de maíz que podrían presentar almidones compuestos (Holst *et al.* 2007). En nuestro estudio estamos encontrando las mismas tendencias aunque la muestra presentada en este trabajo no permite explorar la variable por tener la mayoría de los casos el mismo tipo de estado. Focalizaremos sobre este punto en futuras presentaciones que se basen en una muestra de mayor tamaño.
- l. Para este trabajo se ha establecido una escala ranqueada que permita distinguir diferentes intensidades luminosas de cómo se presenta la cruz de polarización. Para ello se estableció como parámetro de medida una intensidad de valor siete (7) y cinco (5) para la apertura máxima de luz del microscopio y del diafragma, respectivamente. En principio se registró cada gránulo de almidón en valores numéricos en una escala de 1 a 10 siendo el primer valor el que manifestara una cruz de polarización prácticamente apagada y el último el que mostrara brazos de la cruz muy oscuros contrastando con un fondo altamente brillante similar al que suele observarse en *Solanum tuberosum*. Un intento similar para la clasificación inter-específica de almidones de diferentes taxa fue propuesto por Ugent y Cummings (2004) donde incluso pretenden distinguir diferentes variedades de maíz. Lamentablemente esta propuesta no nos ha sido útil

dado que obtiene un único valor estandarizado en tres (3) dentro de una escala que registra valores de uno (1) a cuatro (4). Dado que registramos diferencias intrínsecas entre las variedades estudiadas se decidió realizar una nueva escala jerárquica por rango, clasificándola en suave (1-2), moderada (3-4) y fuerte (5-6).

- m. La variable conservación registra el estado general de conservación en que se presentan los gránulos de almidón. De esta manera se fijaron los siguientes estados: (i) bueno remite a gránulos que no presentan fisuras de ningún tipo ni alteraciones de las membranas externas; (ii) regular indica la presencia de algunas fisuras o perforaciones del centro, y (iii) malo refiere a estados avanzados de degradación con varias fisuras y apertura de la membrana externa, alterando también la percepción de la cruz de polarización.
- n. La variable degradación por enzimas se relaciona directamente con la anterior describiendo específicamente el o los tipos de alteraciones observados en luz normal (ver Babot 2007 para una descripción detallada de estos rasgos).

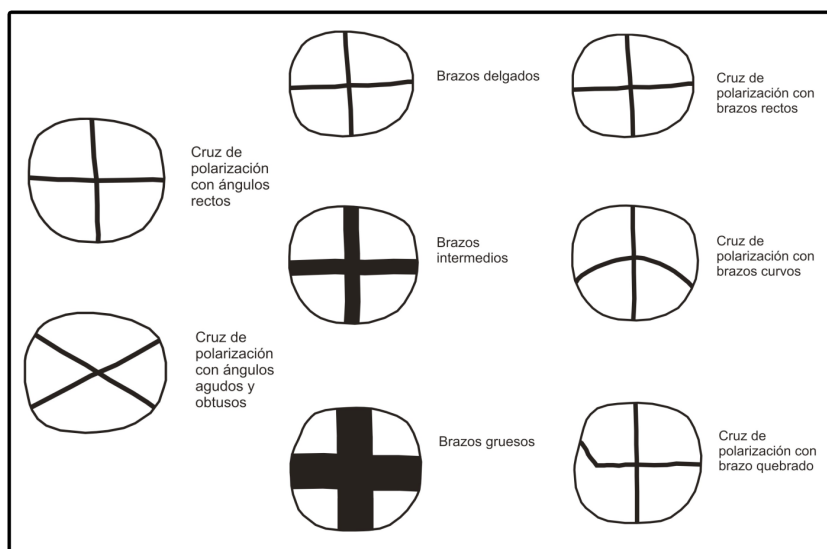


Figura 1. Detalle gráfico de los estados de las variables angularidad, morfología y espesor de los brazos de la cruz de polarización.

Análisis estadístico

La estadística, tanto de hipótesis como multivariada, constituye una herramienta analítica adecuada para integrar los estados de las diferentes variables estructurales que definen a los gránulos de almidón. Para explorar las relaciones bivariadas entre los diferentes cariopsis y los estados de las variables seleccionados se utilizó el método de chi-cuadrado (χ^2), transformando las variables a porcentajes de presencia de cada estado. Luego, para interrelacionar las variables en conjunto se aplicaron métodos estadísticos multivariados. Al respecto, cabe aclarar que cualquier método estadístico tiene alcances y limitaciones debiéndose controlar si las características de las variables utilizadas reúnen las condiciones para la aplicación de tal o cual método. En nuestro caso, dentro de las 10 variables estructurales (A/L) predominan las cualitativas sobre las cuantitativas (Tabla 1). Ante esta situación el método estadístico de Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) es el procedimiento adecuado para integrar estas variables dado que los atributos que las definen pueden ser transformados a escalas ordinales jerárquicas, ya sea por la propia estructura de la variable, por ejemplo las ordinales, y/o aplicando un criterio de clasificación de simple a complejo para el caso de las nominales (Tabla 2). Además, el ACM no sólo permite estudiar las relaciones de interdependencia entre variables cualitativas sino que también permite conocer cómo está estructurada esa relación. Cabe aclarar que ACM se aplicó tanto al nivel de los cariopsis como de los gránulos de almidón de las diferentes variedades de maíz analizadas (capia, dentado amarillo-colorado, chullpi y pisingallo). Para el análisis se tuvo en cuenta la relación entre el tamaño de la muestra y la cantidad de variables interrelacionadas, aplicando los criterios dados por la regla experimental de Henry (1991). Por último, la definición de los grupos predictivos de gránulos de almidón se logró mediante la combinación de métodos factoriales (Pardo y Del Campo 2007), aplicando Análisis de Discriminante (AD) sobre la base de los valores de los ejes del ACM.

RESULTADOS PRELIMINARES

Para el análisis se tuvieron en cuenta únicamente las variables estructurales del gránulo de almidón, con excepción de aquellas denominadas angularidad (J, Tabla 1) y agrupamiento (L, Tabla 1), dado que los casos con-

siderados no muestran variabilidad en los estados en que se presentan esas variables. En la Tabla 2 se expresan en valores porcentuales los estados que registran cada una de las variables consideradas en el análisis de los cariopsis de las cuatro variedades de maíz. En cada variable se consignan los valores del χ^2 , observándose que en todos los casos se rechaza la hipótesis nula del test al nivel de significación estadística de 0,05.

Sigla variable	VARIABLE y resultados del χ^2	Nº estado	Estados	Capia Blanco (n:49) %	Dentado amarillo-colorado (n:50) %	Chullpi (n:48) %	Pisingallo (n:48) %
A	Morfología del gránulo $\chi^2=70.19$, $gl=15$; $p=0.0000$	1	Circular/subcircular	97.96	34.00	72.92	87.50
		2	Oval/suboval	0.00	22.00	12.50	6.25
		3	Con cara recta	0.00	14.00	8.33	4.17
		4	Poliédrico	0.00	10.00	4.17	0.00
		5	Sin forma definida (Irreg.)	2.04	20.00	2.08	0.00
		6	Campaniforme	0.00	0.00	0.00	2.08
B	Tamaño del gránulo $\chi^2=149.42$, $gl=15$; $p=0.0000$	7	Menor 2μ	0.00	0.00	0.00	6.25
		8	Entre 2-4 μ	0.00	16.00	31.25	47.92
		9	Entre 4-6 μ	0.00	48.00	52.08	39.58
		10	Entre 6-8 μ	28.57	24.00	16.67	6.25
		11	Entre 8-10 μ	55.10	12.00	0.00	0.00
		12	Mayor 10 μ	16.33	0.00	0.00	0.00
C	Forma del hilum $\chi^2=31.99$, $gl=9$; $p=0.0002$	13	No visible	24.49	32.00	31.25	29.17
		14	Puntiforme	26.53	50.00	25.00	62.50
		15	Filiforme	46.94	16.00	41.67	8.33
		16	Lambda	2.04	2.00	2.08	0.00
D	Posición del hilum $\chi^2=10.02$, $gl=3$; $p=0.0184$	17	Central/subcentral	93.88	70.00	75.00	72.92
		18	Excéntrico	6.12	30.00	25.00	27.08
E	Anillos $\chi^2=13.46$, $gl=3$; $p=0.0037$	19	No visible	100.00	94.00	81.25	81.25
		20	Visible	0.00	6.00	18.75	18.75

Sigla variable	VARIABLE y resultados del χ^2	N° estado	Estados	Capia Blanco (n:49) %	Dentado amarillo-colorado (n:50) %	Chullpi (n:48) %	Pisingallo (n:48) %
F	$\chi^2=175.33$, gl=3; p=0.0000	21	No visible	2.04	94.00	100.00	100.00
		22	Visible	97.96	6.00	0.00	0.00
G	$\chi^2=37.94$, gl=3; p=0.0000	23	Simple	85.71	72.00	33.33	81.25
		24	Doble	14.29	28.00	66.67	18.75
H	Morfología brazos de cruz polarización $\chi^2=27.28$, gl=6; p=0.0001	25	Regular	97.96	56.00	77.08	79.17
		26	Irregular -Brazos curvos	2.04	30.00	16.67	18.75
		27	Irregular -Brazos quebrados	0.00	14.00	6.25	2.08
I	Espesor brazos de cruz polarización $\chi^2=54.69$, gl=6; p=0.0000	28	Delgado	0.00	50.00	35.42	10.42
		29	Intermedio	100.00	38.00	52.08	79.17
		30	Grueso	0.00	12.00	12.50	10.42
K	Brillo ó intensidad de luz polarizada $\chi^2=100.18$, gl=6; p=0.0000	31	Suave (1-2)	0.00	10.00	12.50	35.42
		32	Moderado (3-4)	8.16	36.00	70.83	58.33
		33	Fuerte (5-6)	91.84	54.00	16.67	6.25

Tabla 2. Porcentaje en que se presenta cada estado de variable de los gránulos de almidón en los cariopsis de las cuatro variedades de maíz.

La primera aproximación a la estructura de la matriz de datos permite observar algunas tendencias generales que fueron posteriormente confirmadas en el tratamiento numérico multivariado (ver más adelante):

- La variable morfología del gránulo da cuenta de un gradiente de mayor a menor homogeneidad de las distintas variedades analizadas. Mientras que el dentado presenta la mayor variabilidad interna, encontrándose representados cinco de los seis estados considerados, capia presenta la mayor homogeneidad con dominio del estado circular/subcircular en todos los casos con excepción de uno. Por otra parte, en pisingallo y chullpi también predomina el estado circular/subcircular pero también se registran otros estados, principalmente oval/suboval y formas que presentan por lo menos una cara recta.

- b. En cuanto a los tamaños de gránulos se observa que nuevamente una tendencia a la polarización pero en este caso las variedades que presentan mayor y menor rango de tamaños son el capia y el pisingallo, respectivamente, distribuyéndose con valores superiores e inferiores a seis *micra*. Las otras dos variedades se caracterizan por expresarse en rangos de tamaño intermedios.
- c. Los estados que describen la morfología del *hilum* se presentan mayormente en los cuatro cariopsis pero exponiendo algunas características interesantes: (i) en todas las variedades pudo ser observado (visible); (ii) predominan las formas puntiforme y filiforme pero con presencia diferencial y alternante entre variedades, y (iii) la forma *lambda* se presenta en muy bajos porcentajes con excepción del pisingallo donde no fue registrada. En general las cuatro variedades presentan alta variabilidad en la forma del *hilum* de los gránulos.
- d. Mayormente la posición del *hilum* es central para las cuatro variedades pero nuevamente capia se diferencia del resto. En esta variedad la centralidad del *hilum* se presenta en casi la totalidad de los gránulos, mientras que en las otras sólo tres cuartas partes de la muestra.
- e. En general los anillos no son distinguibles (no visible) en las cuatro variedades pero presentan proporciones diferenciales entre ellas. Capia se distingue del resto por ausencia absoluta en la muestra de anillos visibles mientras que éstos fueron registrados en las otras variedades aunque en proporciones diferentes.
- f. La visibilidad de las estrías se presentan como un estado característico de la variedad capia mientras que en el resto es prácticamente inexistente.
- g. Los estados simples y dobles para los bordes o contornos se presentan en toda la muestra. Sin embargo, los primeros predominan en capia, pisingallo y dentado mientras que únicamente en chullpi la tendencia mayoritaria es para el tipo doble.
- h. Con respecto a la variable morfología de los brazos de la cruz de polarización, se observa que el estado regular es mayoritario en todas las variedades pero en proporciones diferenciales, donde capia nuevamente se distingue por representar casi la totalidad de la muestra dentro de esa clasificación. Por su parte, los estados irregulares (brazos curvos y quebrados) prevalecen en dentado pero también se presentan en menor

proporción en pisingallo y chullpi. En general, se observa que dentado es el que registra la mayor variabilidad interna.

- i. El espesor de los brazos de la cruz de polarización también diferencia a capia del resto de los cariopsis debido a que el estado intermedio es el único registrado. Las otras variedades dan cuenta de los tres estados (delgado, intermedio y grueso) pero en proporciones diferenciales entre ellos siendo los de mayor heterogeneidad el dentado y el chullpi.
- j. La variable de brillo o intensidad de la cruz de polarización muestra nuevamente que capia se distingue del resto, dado que el estado fuerte es predominante en la muestra. En las otras variedades hay mayor heterogeneidad en proporciones diferenciales.

En la Figura 2, creada sobre la base de la Tabla 2, se expresa en forma multivariada (ACM) las relaciones dentro del espacio factorial de las características estructurales de los almidones registrados en cada uno de los cariopsis analizados. Se observa un comportamiento diferencial de los variedades de maíz: (i) capia se diferencia claramente del resto de las variedades, mientras que (ii) dentado, chullpi y pisingallo se separan entre sí pero presentan mayor grado de similitud que con respecto a capia.

Por su parte, cuando cambiamos de nivel de análisis, pasando de la representación proporcional de cada estado de las variables en los cariopsis a cómo se presentan éstas en cada gránulo, se obtiene la representación de la Figura 3. Nuevamente, se observan diferencias en la distribución de gránulos dentro del espacio factorial. Al respecto, los almidones de capia se separan del resto presentando mayor homogeneidad interna mientras que las otras variedades se solapan parcialmente. Esto significa que almidones de distintas variedades presentan características similares. Aunque los grupos definidos son mayoritariamente pertenecientes a una variedad de maíz también se integran en forma diferencial almidones que pertenecen a otros cariopsis (Figura 4).

CONCLUSIONES PRELIMINARES

El objetivo central de este trabajo fue presentar una propuesta metodológica de creación de una base referencial de almidones de maíz de las variedades capia, dentado amarillo-colorado, chullpi y pisingallo. Para ello se

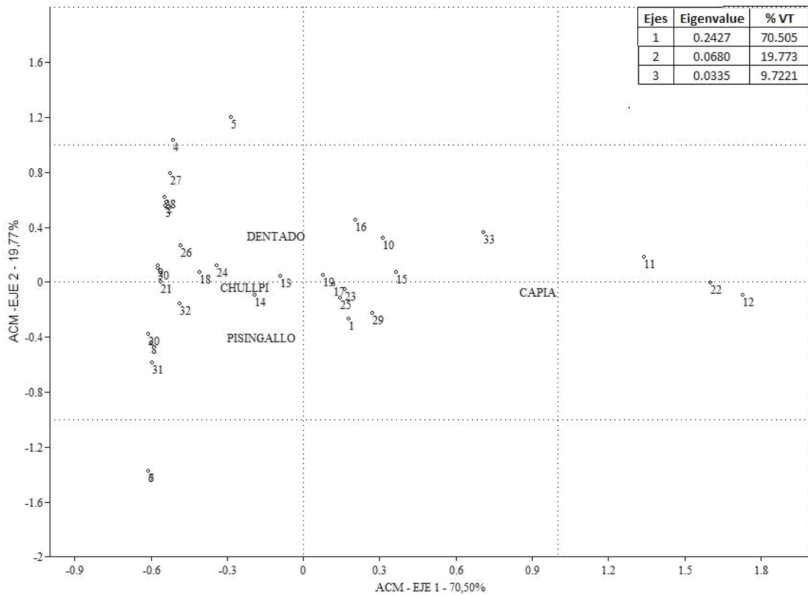


Figura 2. Distribución en el espacio factorial de las variables estructurales (Tabla 2) que caracterizan a capia, dentado amarillo-colorado, chullpi y pisingallo.

crearon unidades analíticas confiables y no ambiguas que dan cuenta tanto de aspectos estructurales como de los procesos de formación de los almidones. Al momento hemos trabajado sólo con las primeras, generando una tendencia preliminar de la variabilidad existente.

La propuesta conlleva una construcción de los datos que posibilita el tratamiento numérico de las variables y sus estados que dan cuenta de la estructura de los almidones que caracterizan cada variedad. Este análisis exploratorio e integral facilitó el ordenamiento inicial de los datos que constituye un paso fundamental para organizar la gran variabilidad de almidones registrada en un único cariopsis de una variedad determinada. Nuestro desafío es ampliar considerablemente la base de registro de gránulos de almidones analizando gran cantidad de granos de una misma variedad. De esta manera podremos identificar aquellas variables que son realmente características y

discriminantes de cada variedad de maíz. Por lo pronto, los resultados preliminares nos permiten decir que:

- Capia se comporta en forma diferente al resto de las variedades analizadas, siendo el tamaño de los gránulos (mayor a seis micras), las estrías (visibles) y el brillo (fuerte) las variables más discriminantes, siguiéndole la morfología (circular/subcircular), la forma del *hilum* (filiforme) y el espesor de los brazos de la cruz de polarización (intermedio).
- Existe variabilidad interna en la forma en que se presentan las variables estructurales relevadas dentro de un mismo grano de maíz. Esta variabilidad debe seguir siendo explorada a través del aumento

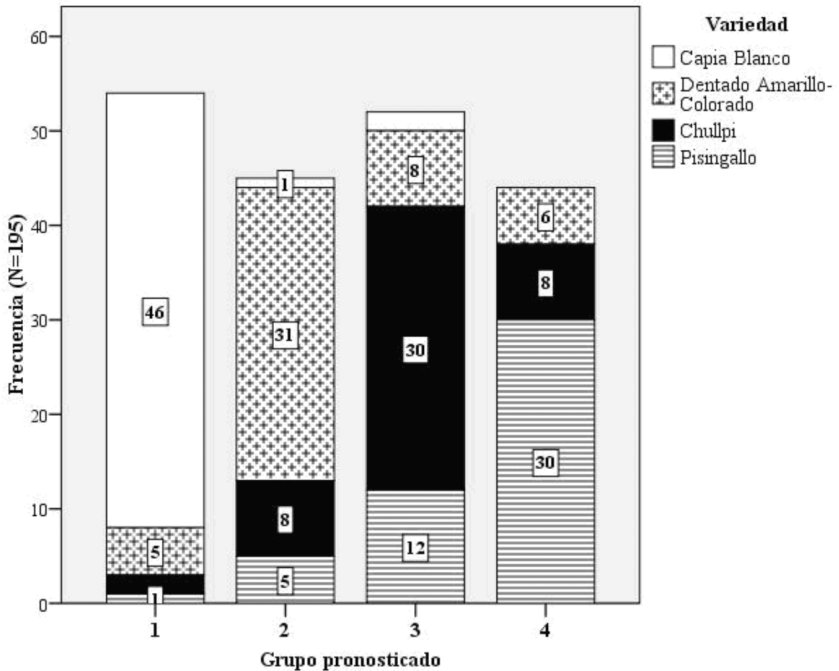


Figura 3. Distribución en el espacio factorial de los gránulos de almidón de las cuatro variedades de maíz.

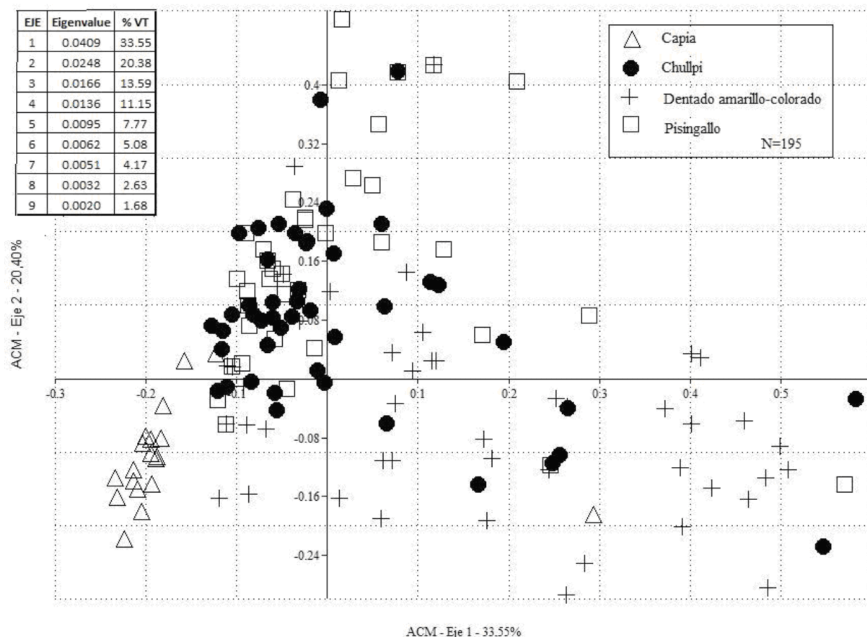


Figura 4. Cantidad de gránulos de almidón de las variedades de maíz que conforman cada uno de los grupos pronosticados (AD) sobre la base del tratamiento numérico multivariado (ACM).

del tamaño de la muestra, especialmente en la cantidad de granos analizados de una misma variedad. Por lo pronto, este resultado preliminar genera un llamado de atención por sus implicancias en los estudios arqueológicos de almidones. Reconocerla es importante dado que no siempre, y especialmente en muestras arqueológicas pequeñas, podría brindarse una determinación taxonómica a nivel de variedades, debiendo consignarla sólo a nivel de especie. Sin embargo, a través de lo observado preliminarmente podemos afirmar que capia presenta mayor homogeneidad interna que el resto de las variedades analizadas.

- Los resultados preliminares también indican que para encarar trabajos de diversidad de variedades de maíz presentes en un

contexto arqueológico a través del estudio de los almidones, debemos necesariamente trabajar con muestras grandes de gránulos. Esto tanto a nivel de la identificación de restos macroscópicos como de contextos de procesamiento como morteros para molienda de granos.

Notas

1. Se diferencié *a priori* el “tipo de endosperma” dado que el maíz presenta dos clases diferentes (blando y duro) que se manifiestan en la forma y compactación de los gránulos (Winton y Winton 1932). Por un lado, el primero se caracteriza microscópicamente por almidones redondeados y laxos; mientras que en el duro los almidones se disponen fuertemente empaquetados definiendo una morfología hexagonal. Esta característica es relevante para la conformación de nuestra base de datos dado que ambos tipos de endosperma fueron analizados por separado, recordando que en esta primera instancia trabajamos con el tipo blando.

Agradecimientos

Este trabajo se llevó a cabo en el marco de una colaboración entre investigadores de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata, la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires y el Grupo Banco de Germoplasma del Instituto de Nacional de Tecnología Agraria, EEA Pergamino. Se agradece a esta última institución por el trabajo realizado en la conservación y facilitación de las variedades nativas de maíz utilizadas en este estudio. Se contó con el apoyo de los subsidios UBACYT F-139, PICT-2007-01539 (Directora Norma Ratto).

BIBLIOGRAFÍA

Abiusso, N. y J. 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*, 3º época L (1-2): 1-25. La Plata.

Babot, M.P.

2007. Granos de almidón en contextos arqueológicos: posibilidades y perspectivas a partir de casos de Noroeste argentino. En M.B Marconetto, M.P Babot y N. Oliszewski (comps.), *Paleoetnobotánica del Cono Sur: estudios de casos y propuestas metodológicas*: 95-125. Córdoba, Ferreyra Editor.

Babot, M.P. y M.C. Apella

2003. Maize and Bone: Residues of Grinding in Northwestern Argentina. *Archaeometry* 45(1): 121-132.

Babot, M.P.; N. Oliszewski y A. Grau

2007. Análisis de caracteres macroscópicos y microscópicos de *Phaseolus vulgaris* (*Fabaceae*, *Faboideae*) silvestres y cultivados del noroeste argentino: una aplicación en arqueobotánica. *Darwiniana* 45(2): 149-162.

Benz, B. F.

2001. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98(4): 2104-2106.

Boyd, M.; C. Surette y B.A. Nicholson

2006. Archaeobotanical evidence of prehistoric maize (*Zea mays*) consumption at the northern edge of the Great Plains. *Journal of Archaeological Science* 33: 1129-1140.

Coil, J.; M.A. Korstanje; S. Archer y C.A. Hastorf

2003. Laboratory goals and considerations for multiple microfossil extraction in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 30: 991-1008.

Dickau, R.; A.J. Ranere y R.G. Cooke

2007. Starch grain evidence for the preceramic dispersals of maize and root crops into tropical dry and humid forests of Panama. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(9): 3651-3656.

Diehl, M.

1996. The Intensity of Maize Processing and Production in Upland Mogollon Pithouse Villages A.D. 200-1000. *American Antiquity* 61(1): 102-115.

Galinat, W.C.

1988. The Origin of Maiz de Ocho. *American Anthropologist* 90(3): 682-683.

Giovannetti, M.A.

2009. *Articulación entre el sistema agrícola, redes de interacción y áreas de molienda como medida del grado de ocupación Inka en El Shincal y Los Colorados (Prov. de Catamarca)*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

Giovannetti, M.A.; V.S. Lema; C.G. Bartoli y A. Capparelli

2008. Starch grain characterization of *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz and *P. flexuosa* DC, and the analysis of their archaeological remains in Andean South America. *Journal of Archaeological Science* 35(11): 2973-2985.

Haslam, M.

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

Henry, R.C.

1991. Multivariate Receptor Models. En P. K. Hopke (ed.), *Receptor modeling for air quality management*, vol. 7. Serie Data Handling and Science and Technology, Holanda, Elsevier.

Holst, I.; J.E. Moreno y D.R. Piperno

2007. Identification of teosinte, maize, and *Tripsacum* in Mesoamerica by using pollen, starch grains, and phytoliths. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(45): 17608–17613.

Horrocks, M.; M. Campbell y W. Gumbley

2007 A short note on starch and xylem of *Ipomoea batatas* (sweet potato) in archaeological deposits from northern New Zealand. *Journal of Archaeological Science* 34(9): 1441-1448

Jane, J.L.; C.C. Maningat y R. Wongsanosup

2010. Starch Characterization, Variety and Application. En: Singh B.P. *Industrial Crops and Uses*. Ed. CABI, Oxfordshire, UK y Cambridge, MA, USA.

Johannessen, S. y C.A. Hastorf

1994. *Corn and Culture in the Prehistoric New World*. Boulder, Westview Press.

Kraemer, H.

1907. *A Text-book of Botany and Pharmacognosy*. Philadelphia, London. Lippincott.

Korstanje M.A. y M.P. Babot

2007. Microfossils characterization from south Andean economic plants. En M. Madella y D. Zurro (eds.), *Plants, people and places: recent studies in phytolith analysis*: 41-72. Oxford, Oxbow Books.

Korstanje, M.A. y P. Cuenya

2010. Ancient agriculture and domestic activities: a contextual approach studying silica phytoliths and other microfossils in soils. *Environmental Archaeology* 15(1): 43-63.

Lia, V.; V.A. Confalonieri; N. Ratto; J. Cámara Hernández; M. A. Miente Alzogaray; L.Poggio y T.A.Browns

2007. Microsatellite typing of ancient maize: insights into the history of agriculture in southern South America. *Proceedings of the Royal Society of Botany* 274: 545-554.

Lia, V.; L. Poggio y V.A. Confalonieri

2009. Microsatellite variation in maize landraces from Northwestern Argentina: genetic diversity, population structure and racial affiliations. *Theoretical and Applied Genetics* 119:1053–1067.

Lindeboom, N.; P.R. Chang y R.T. Tyler

2004. Analytical, Biochemical and Physicochemical Aspects of Starch Granule Size, with Emphasis on Small Granule Starches: A Review. *Starch/Stärke* 56:89–99.

Loy, T.H.

1994. Methods in the analysis of starch residues on prehistoric stone tools. En: Eds. J.G. Hather. *Tropical Archaeobotany, Applications and new developments*. New York, Routledge.

Loy, T.H.; M. Spriggs y S. Wickler

1992. Direct evidence for human use of plants 28,000 years ago: starch residues on stone artefacts from the northern Solomon islands. *Antiquity* 66 (253): 898-912.

- Matsuoka, Y.; Y. Vigouroux; M.M. Goodman; G.J. Sánchez; E. Buckler y J. Doebley
2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99(9): 6080-6084.
- McBird, R.
1994. Manual for the measurement of maize cobs. En S. Johannessen y C. Hastorf (Eds.), *Corn and culture in the prehistoric New World*: 5-22. Boulder, Westview Press.
- Miante Alzogaray, A.M. y J. Cámara Hernández
1996. Restos arqueológicos de maíz (*Zea mays ssp. mays*) de Pampa Grande, Provincia de Salta, Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 21: 149-159.
- Oliszewski, N.
2008. Metodología para la identificación subespecífica de maíces arqueológicos. Un caso de aplicación en el Noroeste de Argentina. En S. Archila; M. Giovannetti y V. Lema (Eds.), *Arqueobotánica y Teoría Arqueológica. Discusiones desde Suramérica*: 181-202. Bogotá, Uniandes-Ceso.
- 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(1): 76-91.
- Pardo C.E y P.C. Del Campo
2007. Combinación de métodos factoriales y de Análisis de Conglomerados en R: el paquete FactoClass. *Revista Colombiana de Estadística* 30(2): 231-245.
- Pearsall, D.M.
2002. Maize is Still Ancient on Prehistoric Ecuador: The View from Real Alto, with Comments on Staller and Thompson. *Journal of Archaeological Science* 29:51-55.
- Pearsall, D.M.; K. Chandler-Ezell y J.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
- Pagán-Jiménez, J.
2007. De antiguos pueblos y culturas botánicas en el Puerto Rico indígena. *El archipiélago boricazo y la llegada de los primeros pobladores agroceramistas*. Paris Monographs in American Archaeology 18. Oxford BAR International Series 1687.
- Parodi, L.
1959. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Buenos Aires, ACME.
- Perry, L.
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, D.R.

2009. Identifying crop plants with phytoliths (and starch grains) in Central and South America: A review and an update of the evidence. *Quaternary International* 193: 146–159.

Piperno, D.R. e I. Holst

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.

Raffaele, L. V.

2005. Preservación diferencial de macro-restos vegetales: Análisis paleoetnobotánicos al sur del Valle de Yocavil, Pcia. de Catamarca, N.O.A. En Austral, A. y M. Tamagnini (comps.), *Problemáticas de la Arqueología Contemporánea*, T° III: 743-749. Río Cuarto, Universidad Nacional de Río Cuarto.

Ramenofsky, A.F. y A. Steffen

1998. Units as Tools Measurement. En A. Ramenofsky y A. Steffen (eds.), *Unit Issues in Archaeology*: 3-17. Salt Lake, University Utah Press.

Reichert E. T.

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

Rodríguez, M.F. y C.A. Achero

2007. Archaeological Evidence of *Zea mays* L. (*Poaceae*) in the Southern Argentinean Puna (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). *Journal of Ethnobiology* 27(2):256-271

Singh, N.; J. Singh; L. Kaur; N. Singh Sodhi; B. Singh Gill

2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry* 81:219–231

Solari, L.R. y S.G. Gómez

1997. *Catálogo de Germoplasma de Maíz. Argentina*. Firenze. Instituto Agronómico per L'Oltremare.

Staller, J.E. y R.G. Thompson

2000. Reconsiderando la introducción del maíz en el occidente de América del Sur. *Buletin del Institutue Francaise d'Études Andines* 30(1): 123-156.

Torrence, R.; R. Wright y R. Conway

2004. Identification of starch granules using image analysis and multivariate techniques. *Journal of Archaeological Science* 31(5): 519-532.

Winton, A.L.

1906. *The Microscopy of Vegetable Foods*. New York, Wiley

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

1932. *The structure and composition of foods. Volume I. Cereals, Starch, Oil Seeds, Nuts, Oils, Forage Plants*. New York, Wiley.

Würschmidt, A.E. y M.A. Korstanje

1998/99. Maíz en la cocina: primeras evidencias de fitolitos en sitios arqueológicos del NO argentino. *Cuadernos del Instituto Nacional de Arqueología y Pensamiento Latinoamericano* 18: 457-468.

Zarrillo, S.; D.M. Pearsall; J.S. Raymond; M.A. Tisdale y D.J. Quon

2008. Directly dated starch residues document early formative maize (*Zea mays* L.) in tropical Ecuador. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(13): 5006-5011.

Zeder, M.A.; E. Emshwiller; B.D. Smith y D.G. Bradley

2006. Documenting domestication: the intersection of genetics and archaeology. *Trends in Genetics* 22(3): 139-155.